
CHAPTER 14

SUMMARY

WITH DUTCH AND SWEDISH TRANSLATIONS

SUMMARY

We eat several times a day and most of the time we are actively aware of what we eat. The food we eat undergoes many events on its way from the plate to the stomach. In the oral cavity, the food is subjected to several mechanical and chemical processes. It is diluted and broken down by saliva, heated or cooled by the ambient temperature of the mouth, formed into a bolus and finally swallowed. The numerous receptors in the oral cavity and nose respond to the initially ingested food and monitor the changes during processing. This leads to central perceptions of taste, odour, irritation and texture of the food.

Texture is an important descriptor of food products and is defined as: “Texture is the attribute of a substance resulting from a combination of physical properties and perceived by the senses of touch (including kinesthesia and mouthfeel), sight, and hearing. Physical properties may include size, shape, number, nature and conformation of constituent structural elements”¹.

Previous research on food texture has focused mainly on rheological measurements, frequently correlated with sensory data of the same food. However, conventional rheological measurements are not based on the oral system. Most sensations associated with food texture occur only when the food is manipulated, deformed, or moved across the oral receptors. In addition, people assessing the same stimulus differ in their ratings of that stimulus and their oral physiological parameters also exhibit inter-individual variations. In this light, oral physiology is thought to be the “missing link” in understanding the relationship between food structure and texture perception.

The aim of this research was to improve the understanding of oral texture perception. In particular to examine the role of oral physiological processes on oral texture perception of semi-solids and to investigate whether individual differences in perception could be attributed to differences in oral physiology among subjects.

The research was divided into four different topics (fig 6, chapter 1): Oral sensitivity and particles; manipulations of tongue movements; oral and product temperature; and saliva. A summary of the separate studies is presented in chapter 13.

The approach to investigate the effect of oral physiology was as follows:

1. Individual parameters of oral physiology were studied. These include tongue movements and different characteristics of saliva, oral sensitivity to temperature and to particle sizes ranging from 2 μm to 9 mm.

¹ Jowitt R. The terminology of food texture. *J Text Stud* 1974; 5:351-358.

2. Physiological parameters were artificially altered, such as the addition of extra saliva or modification of oral temperature and tongue movements.
3. Stimuli were modified by changing the temperature, or by adding particles or fluid.
4. Sensory tests were performed on trained subjects for both unmodified and modified stimuli (as in 3) and for artificially altered physiological parameters (as in 2).
5. Sensory data was correlated with individual physiological parameters (4 and 1).

A combination of two or more of these methods was applied in each study. The main results of the research are presented below. These reveal that:

- Large inter-individual differences in oral physiology and sensory ratings were confirmed.
- Oral size perception results from a combination of sensory inputs from the palate and the tongue. Size itself determines the size perception of single objects, while material and weight are negligible factors.
- For particles mixed into a medium, size and type of particle influenced size perception, which is suggested to be mediated by vibration. Soft and round particles are perceived as smaller than hard and irregular particles.
- The two methods - direct-scaling and forced ranking - produce similar results on size perception.
- Some measurements of oral sensitivity correlate, such as masticatory performance and size perception of spheres. Subjects who are poor chewers are more sensitive to particles in sizes which could cause then discomfort on swallowing.
- The natural volume of saliva did not affect the texture perceptions, presumably because the subjects were used to their inherent levels of saliva. In contrast, a change in the natural amounts of saliva, realized by an artificial addition of saliva or saliva related fluids, did affect attributes related to dilution and breakdown of the product, such as thickness and melting.
- The composition of saliva exhibited correlations with the perception of numerous texture attributes. The fractions of solubles in the saliva, many of which have enzymatic, lubricative or other actions important for mastication, do seem to be important for the perception of semi-solids. Accordingly, the attributes for custard dessert, which is thickened mainly by starch, were especially sensitive to the activity of amylase and proteins.
- The sensation of virtually all flavour and mouth-feel attributes requires at least some tongue movement. Most attributes showed a similar pattern, with lowest attribute ratings where the tongue's movement was restricted and gradually increasing ratings with increasing complexity of the tongue movements. An individual's normal

mastication behaviour, which exhibited the largest diversity and complexity of movements, typically resulted in the most intense sensations of flavour and mouth-feel. This suggests that consumers aim to maximize their food sensations.

- The addition of particles to a custard dessert had large effects on perception of the texture attributes. Roughness increased with increasing particle size and hardness, while smooth, slippery, creamy and fatty decreased, irrespective of type of particle. Very small particles (2 μm) also have strong effects on the perception. Subjects who perceive particles of a certain size to be large, do not perceive that same stimulus to be rough. Hence, particles need to be sufficiently small to be considered part of the stimulus.
- The primary result of an increase in stimulus temperature probably was the decrease in stimulus viscosity, which was reflected in decreased perception of thickness. With the decrease in viscosity, a number of secondary effects were observed, such as facilitated migration of fat to the surface of the product, resulting in more fatty sensations.

The results demonstrate that the oral physiological parameters oral sensitivity, tongue movements, temperature and saliva composition are of importance for texture perception of semi-solids. Many parameters of oral physiology correlated with various texture attributes. This implies that inter-individual differences in texture perception could be attributed to variations in oral physiology. Oral physiology thus plays a role in texture perception of semi-solids and should be taken into account in future texture research.

SAMENVATTING

Wij eten meerdere malen per dag en zijn ons dan meestal actief bewust van wat we eten. Op de weg van het bord naar de maag ondergaat het voedsel vele bewerkingen. In de mondholte vinden mechanische en chemische processen plaats. Het voedsel wordt verdund en afgebroken door het speeksel, opgewarmd of afgekoeld door de temperatuur van de mond, vervormd tot een bolus en uiteindelijk doorgeslikt. De vele receptoren in de mondholte en de neus reageren op het voedsel en zij detecteren de veranderingen die het voedsel ondergaat. Dit leidt tot de centrale perceptie van smaak, geur, irritatie en textuur van het voedsel.

Textuur is een belangrijke eigenschap van levensmiddelen. Het wordt als volgt gedefinieerd: “Textuur is het kenmerk van een substantie en het is het resultaat van een combinatie van fysische eigenschappen en van de waarneming door de zintuigen tast (inclusief kinestese en mondgevoel), zicht en gehoor. De fysische eigenschappen omvatten o.a. grootte, vorm, aantal, aard en configuratie van de structurele elementen¹.

Eerder textuuronderzoek was voornamelijk gericht op rheologische metingen, veelal gecorreleerd aan sensorische gegevens van hetzelfde voedsel. Echter, conventionele rheologische metingen hebben weinig van doen met wat er in het orale systeem plaats vindt. De meeste waarnemingen, die geassocieerd worden met textuur van voedsel, vinden juist plaats wanneer het voedsel gemanipuleerd en vervormd wordt in de mond en langs de orale receptoren beweegt. Het blijkt, dat mensen die hetzelfde voedsel beoordelen, verschillen in hun waardering van dat voedsel. Tevens blijkt dat de oraal fysiologische eigenschappen verschillen van persoon tot persoon. Orale fysiologie wordt daarom mogelijk gezien als de ontbrekende schakel in het begrijpen van de relatie tussen de structuur van het voedsel en de textuurperceptie van dat voedsel.

Het doel van dit onderzoek was om de kennis van orale textuurperceptie te vergroten. Met name werd de rol van oraal fysiologische processen op orale textuurperceptie van zacht voedsel bestudeerd. Verder werd onderzocht of individuele verschillen in perceptie verklaard konden worden door verschillen in orale fysiologie tussen personen. Het onderzoek werd onderverdeeld in vier onderwerpen (zie hoofdstuk 1, figuur 6): 1. orale sensitiviteit en kleine voedseldeeltjes, 2. manipulatie van tongbewegingen, 3. mond- en producttemperatuur, 4. speeksel. Een samenvatting van de verschillende studies werd in hoofdstuk 13 gepresenteerd.

¹ Jowitt R. The terminology of food texture. *J Text Stud* 1974; 5:351-358.

Het effect van orale fysiologie werd als volgt bestudeerd:

1. Individuele parameters van de orale fysiologie werden bestudeerd. Dit omvat tongbewegingen, verschillende eigenschappen van speeksel, orale sensitiviteit voor temperatuur en voor korrelgroottes variërend van 2 μm tot 9 mm.
2. Fysiologische parameters werden kunstmatig veranderd, bijvoorbeeld door het toevoegen van extra speeksel of door het aanpassen van mondtemperatuur en tongbewegingen.
3. Stimuli werden gemodificeerd door de temperatuur te veranderen of door het toevoegen van korrels of vloeistof.
4. Sensorische testen werden uitgevoerd bij getrainde proefpersonen met zowel niet-gemodificeerde als gemodificeerde stimuli (punt 3) en met kunstmatig veranderde fysiologische parameters (punt 2).
5. Sensorische gegevens werden gecorreleerd met individuele fysiologische parameters (punt 4 en 1).

In elke studie werd een combinatie van twee of meer van deze methoden toegepast. Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste resultaten:

- De eerder gevonden grote verschillen tussen proefpersonen in orale fysiologie en sensorische beoordelingen werden bevestigd.
- Orale perceptie van deeltjesgrootte is het resultaat van een combinatie van sensorische input van het gehemelte en de tong. De grootte van de deeltjes zelf bepaalt de grootteperceptie van die deeltjes, terwijl materiaal en gewicht niet belangrijk bleken te zijn voor grootteperceptie.
- Grootte en soort van deeltjes, die door een substantie worden gemengd, beïnvloeden de perceptie van de grootte. Dit wordt waarschijnlijk tot stand gebracht door vibratie. Zachte en ronde deeltjes worden kleiner waargenomen dan harde en onregelmatig gevormde deeltjes.
- Twee methodes – directe schaling en geforceerde rangschikking – leveren vergelijkbare resultaten op voor de perceptie van de grootte van deeltjes.
- De resultaten van sommige metingen van de orale sensitiviteit zijn significant gecorreleerd, zoals bijvoorbeeld van kauwvermogen en grootteperceptie van bolletjes. Proefpersonen met een slecht kauwvermogen zijn gevoeliger voor deeltjes met afmetingen die ongemak zouden kunnen veroorzaken bij het doorslikken.
- Het natuurlijke volume van het speeksel van een persoon heeft geen invloed op de perceptie van textuur. Dit komt waarschijnlijk, omdat een persoon gewend is aan zijn

eigen hoeveelheid speeksel. Een verandering in de natuurlijke hoeveelheid speeksel daarentegen, gerealiseerd door kunstmatig toevoegen van speeksel of van op speeksel gelijkende vloeistoffen, had wel effect op bepaalde kenmerken van het voedsel. Deze kenmerken waren gerelateerd aan verdunning en afbraak van het product, zoals bijvoorbeeld dikte en smelten.

- De samenstelling van speeksel vertoont correlatie met de perceptie van diverse textuurkenmerken. Stoffen in het speeksel, waarvan vele een enzymatische, smerende of andere werking hebben, die nodig zijn voor het kauwen, lijken belangrijk te zijn voor de perceptie van zacht voedsel. Derhalve zijn de attributen van vla, die voornamelijk verdikt zijn door zetmeel, speciaal gevoelig voor de activiteit van amylase en eiwit.
- Voor de gewaarwording van vrijwel alle smaak en mondgevoelattributen is enige tongbeweging noodzakelijk. De meeste attributen vertonen een vergelijkbaar patroon, met de laagste attribuutwaarden voor de meest beperkte tongbeweging. De attribuutwaarden namen toe voor complexere tongbewegingen. De hoogste waarden voor smaak en mondgevoel werden verkregen tijdens normaal kauwen. De tongbeweging is dan het meest complex. Dit zou kunnen betekenen, dat consumenten hun voedselgewaarwording zo maximaal mogelijk proberen te maken.
- De toevoeging van deeltjes aan vla had grote effecten op de perceptie van textuur attributen. De ruwheid nam toe bij toenemende deeltjesgrootte en hardheid, terwijl glad, glibberig, romig en vettig afnamen, onafhankelijk van het type deeltjes. Heel kleine deeltjes (2µm) hebben ook reeds een sterk effect op de perceptie. Personen, die deeltjes van een bepaalde grootte daadwerkelijk waarnemen als deeltjes, ervaren de stimulus niet langer meer als ruw. Dus deeltjes moeten klein genoeg zijn om ze als onderdeel van de stimulus te kunnen beschouwen.
- Het voornaamste resultaat van een toename in de stimulus temperatuur was waarschijnlijk de afname in stimulusviscositeit. Dit vertaalde zich in een afname van de dikteperceptie. Met de afname in viscositeit werd een aantal afgeleide effecten waargenomen, zoals een makkelijker verlopend transport van het vet naar de oppervlakte van het product. Dit had als resultaat, dat het product als vetter werd beoordeeld.

De resultaten tonen aan dat de oralfysiologische parameters, zoals orale gevoeligheid, tongbeweging, temperatuur en speekselsamenstelling van belang zijn voor textuurperceptie van zacht voedsel. Vele parameters van de orale fysiologie correleren met diverse textuur attributen. Dit betekent dat inter-individuele verschillen in textuurperceptie kunnen worden toegeschreven aan variaties in de orale fysiologie. Orale fysiologie speelt dus een belangrijke rol in textuurperceptie van zacht voedsel. Daarom zal in toekomstig onderzoek naar textuur rekening moeten worden gehouden met de orale fysiologie.

SAMMANFATTNING

Vi äter flera gånger om dagen och för det mesta är vi medvetna om vad vi äter. Maten vi äter går igenom många processer på sin väg från tallrik till mage. I munhålan blir maten utsatt för åtskilliga mekaniska och kemiska processer. Maten förtunnas och bryts ned av vår saliv, värms eller kyls ned av munnens temperatur, formas till en sväljbar bolus och sväljs.

De många receptorererna i munhålan och näsan känner av den mat som vi intar och registrerar ändringarna under processen. Det här leder till centrala perceptioner av matens smak, lukt, irritation och textur.

Textur är en viktig beskrivning av matprodukter och definieras som följer: ”Textur är ett substansattribut, som är resultatet av en kombination av fysiska egenskaper och av varseblivning genom sinnen; beröring (kinesi och munkänsla), syn och hörsel. Fysiska egenskaper kan vara storlek, form, antal, karaktär och konfirmation av sammansatta, strukturella element¹.

Tidigare forskning på mattextur har framförallt fokuserats på reologiska mätningar, som ofta är korrelerade med sensoriska data av samma matprodukt. Emellertid är inte konventionella reologiska mätningar baserade på det orala systemet. De flesta sensationer (upplevelser), som associeras med mattextur uppstår endast när maten är manipulerad, deformerad eller förs över receptorerna. Dessutom ger personer som bedömer samma stimulus olika gradering och deras oralfysiologiska parametrar visar stora individuella skillnader.

Med utgångspunkt från detta tros oralfysiologi vara den saknade länken för förståelse av relationen mellan matstruktur och texturperception.

Syftet med den här forskningen var att öka förståelsen av oral texturperception och framförallt undersöka oralfysiologiska processers inflytande på den orala texturperceptionen av semisolid produkter och utreda huruvida individuella skillnader i perceptionen kan tillskrivas de individuella skillnaderna i oralfysiologi.

Tillvägagångssätten att undersöka effekten av oralfysiologin var följande:

1. Individuella oralfysiologiska parametrar undersöktes. Dessa parametrar inkluderar tungans rörelser och salivens olika karakteristika, oral känslighet för temperatur och partikelstorlekar varierande från 2 µm till 9 mm.
2. De fysiologiska parametrarna ändrades artificiellt genom tillägg av extra saliv eller modifiering av oraltemperatur och orala rörelser.

¹ Jowitt R. The terminology of food texture. *J Text Stud* 1974; 5:351-358.

3. Stimuli modifierades genom temperaturändring, eller genom tillägg av partiklar eller vätska.
4. Sensoriska tester utfördes på tränade försökspersoner på omodifierade och modifierade stimuli och med artificiellt ändrade fysiologiska parametrar.
5. Sensoriska data korrelerades med individuella fysiologiska parametrar.

En kombination av två eller flera av dessa metoder användes i varje studie. De huvudsakliga forskningsresultaten presenteras här nedan:

- Stora individuella skillnader i oralfysiologi och sensorisk gradering konfirmerades.
- Oral storleksperception beror på en kombination av sensorisk input från palatum och tungan. Storleken i sig avgör storleksperceptionen av enskilda objekt, medan material och vikt är negligerbara faktorer.
- Storlek och typ av partikel påverkade storleksperceptionen för partiklar tillsatta till ett medium, vilken förmedlas genom vibration. Mjuka och runda partiklar uppfattades som mindre än hårda och oregelbundna.
- Två metoder – direktgradation och tvingad rangordning – ger liknande resultat på storleksperception.
- En del mätningar på oral känslighet, så som tugg effektivitet och storleksperception av partiklar, korrelerar. Försökspersoner som tuggar dåligt är känsligare för partiklar i storlekar som skulle kunna orsaka obehag vid sväljning.
- Den naturliga salivvolymen påverkade inte texturperceptionen, antagligen för att försökspersonerna var vana vid den medfödda nivån av saliv. En förändring av salivens naturliga mängd, genom artificiell addition av saliv eller salivrelaterade vätskor, påverkade däremot de attribut som är relaterade till förtunning och nedbrytning av produkten, såsom tjocklek och upplösning.
- Sammansättningen av saliv korrelerade med perceptionen av en mängd texturattribut. Lösliga fraktioner i saliven, av vilka många har enzymatisk eller smörjande funktion, verkar vara essentiella för perceptionen av semisolda produkter. Följaktligen var attributen för vaniljdessert, vilken fått sin konsistens huvudsakligen genom stärkelse, särskilt känsliga för amylas- och proteinaktivitet.

- Upplevelsen av in princip alla smak- och munkänslattribut fordrar åtminstone någon tungrörelse. De flesta attributen visade ett liknande mönster med lägsta attributgradering när tungans rörelser var begränsade och med stigande gradering vid ökande komplexitet av tungans rörelser. En individs normala tungbeteende, som visade den största variationen av och komplexiteten i rörelser, resulterade i de mest intensiva upplevelserna av smak och munkänsla.
- Tillägg av partiklar till en vaniljdessert hade stor effekt på perceptionen av texturattributen. Kornigheten ökade med större partiklar och hårdhet medan mjukhet, halhet, krämighet och oljeaktighet minskade oberoende av typ av partiklar. Även mycket små partiklar (2 μ m) påverkar perceptionen mycket. Försökspersoner vilka uppfattar en partikel i en särskild storlek som stor, upplevde inte samma stimulus som kornigt. Följaktligen måste partiklarna vara tillräckligt små för att uppfattas som en del av stimulus.
- Det primära resultatet av en ökning i temperaturen hos stimulus var förmodligen en minskning av stimulus viskositet, vilket återspeglades i minskad tjockleksperception. Vid minskningen av viskositet, observerades ett antal sekundära effekter, så som underlättande av transport av fett till produktens yta, vilket resulterade i en mer oljeaktig upplevelse.

Resultaten visar att de orala parametrarna; oral känslighet, tungrörelser, temperatur och salivens sammansättning är viktiga för texturperceptionen av semisolida stimuli. Många oral fysiologiska parametrar korrelerade med olika texturattribut. Detta implierar att individuella skillnader i texturperception kan hänföras till variationer i oralfysiologin. Oralfysiologi har därför betydelse för texturperceptionen av semisolida produkter och bör därför beaktas i framtida texturforskning.