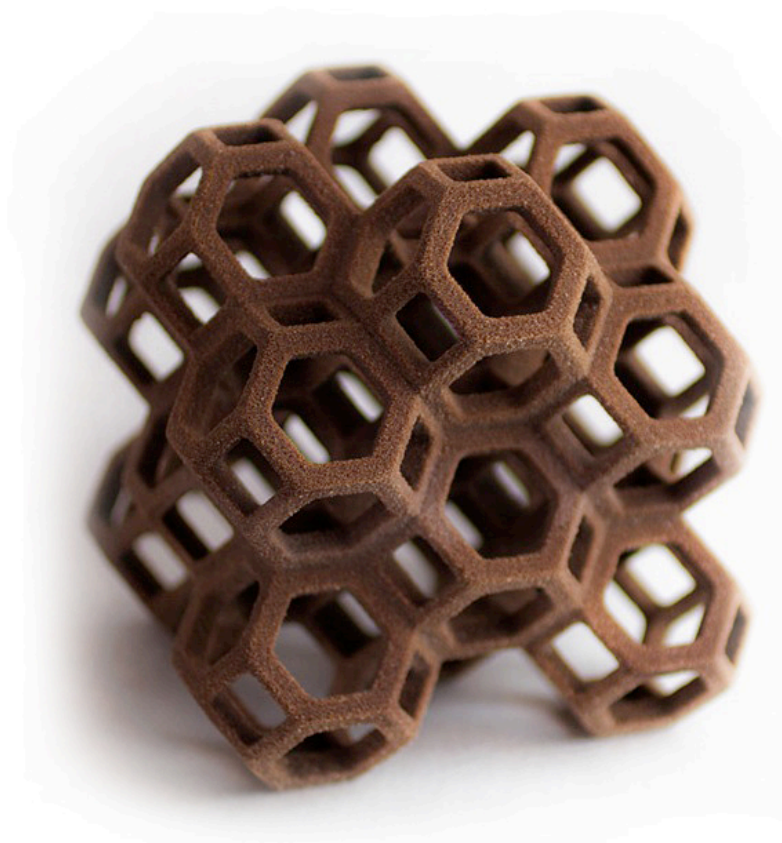




ONDERZOEK NAAR DE MOGELIJKHEDEN VAN
3D Foodprinting
R.J. van der Toom

European
Packaging
Gallery



Open innovatieplatform vanuit
wetenschap en bedrijf

UNIVERSITEIT TWENTE.

Titelpagina



Onderzoek naar de mogelijkheden van 3D Foodprinting
Rolf van der Toom (s1337726)

Dit verslag is gemaakt in het kader van de bij de European Packaging
Gallery (EPG) uitgevoerde bacheloropdracht van de opleiding Industrieel
Ontwerpen aan de Universiteit Twente

Universiteit Twente:
Opleiding Industrieel Ontwerpen
Drienerlolaan 5
7522 NB Enschede

European Packaging Gallery:
The Gallery
Hengelosestraat 500
7521 AN Enschede
Tel: 053-2030089

Examencomissie:
Universiteit Twente
Universiteit Twente
EPG

Dr. Ir. T.H.J. Vaneker
Prof. Dr. Ir. Roland ten Klooster
Ir. Jos Oostendorp

Datum: 10-07-2015
Oplage: 4 stuks
Pagina's: 62

Datum bachelorexamen: 16-07-2015

Voorwoord



Op het einde van de bachelor Industrieel Ontwerpen voert de student een bacheloropdracht uit om alle geleerde kennis toe te passen. Hiermee kan er worden aangetoond dat ze alle geleerde vaardigheden ook echt bevatten.

In de periode van begin april tot midden juli 2015 ben ik bezig geweest met een bacheloropdracht. Deze opdracht hield in het onderzoeken van de mogelijkheden van 3D Foodprinting bij het in Enschede gevestigde bedrijf European Packaging Gallery.

Een middel om de mogelijkheden te onderzoeken was het ontwikkelen van een nagerecht wat uit een 3D Foodprinter kan komen. De European Packaging Gallery hield zich vooral bezig met het onderzoek naar kant en klare capsules die in een printer geplaatst kunnen worden en dat er dan een gerecht geprint kan worden.

Het werken met een 3D printer en daarmee een nagerecht printen was een uitdaging. De 3D print techniek was mij al bekend maar bij het printen van voedsel komen toch andere dingen kijken. Zeker omdat de printer niet optimaal werkte. Door het vele werken met chocolade vind ik het niet eens zo lekker meer. Daarom heb ik ook wel eens wat geprinte chocolade uitgedeeld en dit werd steeds enthousiast ontvangen. Dit was een goede motivatie om door te gaan en nieuwe dingen te proberen.

Graag wil ik nog een aantal mensen bedanken die mij tijdens deze opdracht hebben geholpen.

- Ir. Jos Oostendorp voor de goede en prettige begeleiding tijdens de gehele opdracht.
- Dr. Ir. T,H.J. Vaneker voor de goede begeleiding en kritische vragen tijdens de opdracht.
- Ir. Niek Oldeboer voor het doorkijken van het gehele verslag.
- Norbert Spikker voor alle tijd die hij heeft gestoken in het lasersnijden van alle onderdelen die ik nodig had.

Veel plezier met het lezen van mijn verslag!

Rolf van der Toom

Samenvatting



De zin 'ik ga even wat printen' heeft niet meteen de betekenis die het twintig jaar geleden had. Tegenwoordig kun je op vele manieren printen. Zo is 3D printen een begrip wat bekend is bij een steeds breder publiek. En nu kun je ook 3D printen met voedsel. Deze bachelor opdracht focust zich op 3D Foodprinting en is erop gericht om 3D Foodprinting aantrekkelijk te maken voor de markt door middel van het ontwikkelen van een nagerecht met drie componenten wat geprint kan worden met een 3D Foodprinter. Deze opdracht wordt gedaan in opdracht van de European Packaging Gallery (EPG) te Enschede. Het EPG houdt zich bezig met Foodprocessing en daarbinnen valt het onderzoek naar 3D Foodprinting.

Het doel van de opdracht is het onderzoeken van de mogelijkheden van 3D Foodprinting. Het printen van een nagerecht is een middel hiervoor om te laten zien of 3D Foodprinting nu aantrekkelijk zou kunnen zijn. Verder is er onderzocht welke ingrediënten er allemaal gebruikt kunnen worden bij 3D Foodprinting en hoe deze ingrediënten zich nog beter kunnen lenen voor het daadwerkelijke printen.

Het idee van 3D printen is het in laagjes opbouwen van een geometrie. We verdelen deze methoden op in zeven hoofdgroepen met ieder zijn eigen materiaalgebruik. 3D Foodprinting is niet nieuw, de huidige toepassingen zijn dat wel. De huidige toepassingen lopen uiteen van het printen van bruidstaart versiering tot het printen van maaltijden voor bejaarden. De eerste 3D Foodprinting Conference, te Venlo is bijgewoond en de meest opvallende zaken zullen besproken worden. 3D Foodprinting heeft ook nut, zo wordt het gezien als een belangrijke techniek om de wereldbevolking over dertig jaar te voeden. Zo kan het printen met insecten als basismateriaal ervoor zorgen dat er genoeg voedsel in de wereld is om iedereen te voeden. Om 3D Foodprinting volledig te begrijpen is er goed gekeken naar de verschillende soorten voedingsstoffen waarmee geprint kan worden. Er zijn vele voedingsstoffen die zich ervoor lenen om te printen zoals: chocolade, suiker, vlees, groente en fruit. Als een voedingsstof te dun is kan deze toch worden geprint als hier verdikkingsmiddelen aan toegevoegd worden. Ook is restaurant 't Lansink benaderd om verdere informatie te krijgen over chocolade en de gedachte wat diens mening over 3D Foodprinting is. Uit deze analyse komen een aantal eisen voor het nagerecht.

Het nagerecht moet geprint kunnen worden met een 3D Foodprinter, de beschikbaar gestelde Fab@Home printer diende als testopstelling. Doordat deze een paar jaar stil had gestaan moest er veel achterstallig onderhoud gepleegd worden. Hier is veel tijd in gaan zitten. De printer is verder aangepast en zijn de instellingen geoptimaliseerd om te printen met chocolade. Ook hieruit zijn een aantal eisen gekomen die betrekking hebben tot het nagerecht. Zo is gebleken dat de temperatuur van de chocolade best hoog moet zijn, anders kan de printer de kracht niet aan die nodig is om de chocolade te extruderen.

Al deze eisen zijn verwerkt tot een programma van eisen. Zo is het van belang dat het 3D printen ook een toegevoegde waarde heeft. Aan de hand van dit programma van eisen zijn drie concepten ontwikkeld. Het concept met de meeste potentie is daarna verder uitgewerkt. Dit eindconcept is een concept wat niet gemaakt kan worden met conventionele methoden en hierbij heeft het 3D Foodprinting ook echt nut. Dit eindconcept wordt daarna met de Fab@Home nagemaakt om te bewijzen dat het echt gemaakt kan worden door middel van 3D Foodprinting. Het gerecht wat uiteindelijk ontwikkeld is heeft de chef 'verslagen'. Hiermee wordt bedoeld dat het voor een chef niet mogelijk is om dit te maken met conventionele methoden. Echter moet de techniek nog worden verbeterd voordat het gerecht echt in de restaurants kan komen.



Summary



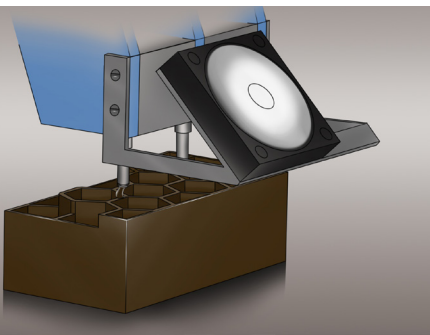
When someone says he is going to print something it does not mean exactly the same as what it meant twenty years ago. Nowadays it is possible to print in different manners. 3D printing is a concept which is known to a wider audience. Now it is possible to print with food. This bachelor assignment focuses on 3D Foodprinting and its aim is to develop a dessert with three components which can be printed using a 3D Foodprinter. This assignment is done on behalf of the European Packaging Gallery (EPG) in Enschede, the Netherlands. The EPG is engaged in foodprocessing and the 3D Foodprinting research contributes to that.

The purpose of this assignment is to investigate the possibilities of 3D Foodprinting. Printing a dessert is a way to show if 3D Foodprinting could be attractive. The nutrients are examined to show which are suitable for 3D Foodprinting and how these nutrients can lend themselves even better for the actual printing.

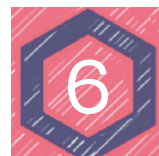
The concept of 3D printing is constructing a geometry by adding layers on top of each other. This can be done in many ways which are described with the used materials and their advantages and disadvantages. 3D Foodprinting is not a new concept, however the current applications are. Current applications range from wedding cake decorations to printing meals for the elderly. The first ever 3D Foodprinting Conference in Venlo was attended and the most striking topics are discussed. 3D Foodprinting has its own utility to help feed the world in thirty years. Printing insects can ensure that the world has enough food in thirty years. To fully understand 3D Foodprinting we look closely at the different types of nutrients that can be printed. There are many different nutrients that lend themselves to printing such as: chocolate, sugar, meat, fruit and vegetables. If a nutrient is too thin it can only be printed by adding a thickening agent. Different types of thickening agents have been examined. The restaurant 't Lansink in Hengelo was contacted to get further information about chocolate and the chef's opinion about 3D foodprinting. A bunch of requirements derive from this analysis.

The 3D Foodprinter has to be able to print the developed dessert. The printer that has been worked on is the Fab@Home. This printer has stood still for a couple of years, that is why a lot of maintenance had to be done to get it functioning properly. This maintenance demanded a lot of time. The printer has been adjusted accordingly and the settings were optimized to properly print chocolate. Another set of requirements for the dessert derived from optimizing the printer. For example the temperature of the chocolate has to be quite high in order to print it. Otherwise the printer cannot cope with the forces necessary to extrude the chocolate.

All these requirements have been incorporated into a list of requirements. One of these requirements is that the 3D printing technique has an added value to the dessert. On the basis of these requirements drafts were made. The draft with the most potential is elaborated. This draft cannot be made by chefs using conventional methods. Therefore the 3D printing technique really has its value. The final draft is recreated using the Fab@Home to prove it can really be made using a 3D Foodprinter. The dish developed has 'beaten' the chef. It means that it is not possible for the chef to create this dish using conventional methods. However, the technique still needs to be improved in order to get a 3D Foodprinter in a restaurant. The accuracy of 3D Foodprinting has to be improved in order to make 3D Foodprinting a success.



Inhoud



Titelpagina	2
Voorwoord	3
Samenvatting	4-5
1. Inleiding	8
2. Begrippen	9
3. Foodprinting	10 - 22
1. Wat is 3D printen?	10
2. Wat zijn de bestaande 3D Print technieken?	11 - 13
3. Wat is het nut van 3D printen?	14 - 15
4. Wat is het nut van 3D Foodprinting?	16 - 17
5. Wat zijn huidige toepassingen van 3D Foodprinting?	18 - 20
6. 3D Foodprinting Conference Venlo	21 - 22
4. Voedsel	23 - 34
1. Smaakbeleving	23 - 24
2. Nagerechten	25
3. Viscositeit	26
4. Ingrediënten	27 - 30
5. Verdikkingsmiddelen	30 - 32
6. Hygiëne	33
7. Restaurant 't Lansink	34
5. Fab@Home	35 - 38
1. Hoe werkt de Fab@Home?	35
2. Aangepaste versie	36
3. Upgraden van de Fab@Home	37 - 38

Inhoud



6. Printen	39 - 43
1. Software	39
2. Instellingen	40
3. Optimalisatie	41 - 43
7. Eisen	44 - 45
1. Eisen voor het gerecht	44
2. Eisen om te printen	45
8. Samenstellen van het nagerecht	46 - 49
1. Van eisen tot concepten	46
2. Eind Amuse	47
3. Beat the Chef	48
4. Grand Dessert	49
9. Het nagerecht	50 - 51
10. Conclusie	52
11. Evaluatie	53
12. Aanbevelingen	54
13. Referenties	55
Bijlage 1 Printers op de markt.	56 - 57
Bijlage 2 Collage van nagerechten.	58
Bijlage 3 Nagerechten top restaurants	59 - 60
Bijlage 4 Collage voor 't Lansink	61
Bijlage 5 Instellingen tijdens optimalisatieproces	62

1. Inleiding



Naast het voor een ieder bekende 3D printen met kunststoffen is het ook mogelijk om te printen met voedsel. Het klinkt fantastisch om op een knop te kunnen drukken en er wordt een hele maaltijd of een kleine snack geprint. Dit zien we al terug in de televisieserie Star Trek uit de jaren '60 waar je met de 'Food Replicator' allerlei maaltijden uit een apparaat kon krijgen. Nu is de techniek nog niet zover maar er is wel een flinke opmars gaande. Steeds meer bedrijven raken geïnteresseerd in 3D printen en 3D Foodprinting en gaan hier onderzoeken naar starten.

Het European Packaging Gallery gevestigd te Enschede houdt zich ook bezig met het onderzoek naar 3D-Foodprinting. Het EPG is een bedrijf wat zich richt op foodprocessing en foodpackaging. Het onderzoek naar de mogelijkheden in 3D Foodprinting heeft als doel de commerciële sector enthousiast te maken.

Dit onderzoek kent zijn begin in 2012, waar student Industrieel Ontwerp Jorn van Manen is gaan kijken naar de commerciële kansen van 3D Foodprinting. Dit onderzoek heeft geleid tot een concept voor een printbaar ijsklontje die gevuld kan worden met een likeur of een andere drank. Na dit onderzoek is studente Liza Boon verder gegaan met het onderzoek. Zij verdiepte zich in de ontwikkelingen toendertijd. Ook is er onderzocht wie actoren en stakeholders zijn bij 3D Foodprinting. Hiernaast heeft zij een concept van een cassette ontworpen voor een 3D Foodprinter die hiermee kan werken.

Het doel om verder te gaan met het onderzoek werd ondersteund door middel van het printen van een gerecht. De opdracht was dan ook om een nagerecht te ontwikkelen met drie verschillende componenten die allemaal uit een 3D Foodprinter komen. Hiervoor moest eerst de printer opgestart worden nadat deze een paar jaar stil had gestaan. Daarna moest er gekeken worden of bepaalde ingrediënten wel printbaar waren. Ook moesten de huidige ontwikkelingen onderzocht worden omdat het onderzoek van Liza Boon inmiddels drie jaar geleden afgerond is.

Na deze analyses is de printer geoptimaliseerd en zijn er nagerechten ontwikkeld. Deze nagerechten zijn voort gekomen door middel van hulpmiddelen zoals collages, een interview en vele analyses. Uiteindelijk is er een nagerecht gekozen om verder uit te werken. Dit is uitgewerkt tot op het niveau van presentatietekeningen en renders en geprinte versies.

2. Begrippen



Om duidelijkheid te creëren in het verslag zijn hieronder alvast een aantal begrippen beschreven en hoe ze zijn geïnterpreteerd tijdens het onderzoek.

3D Foodprinting	Het maken van eetbare objecten door deze in lagen op te bouwen of het printen van mallen voor de het verwerken van voedsel.
3D Printing	Het in lagen opbouwen van een object waarbij verschillende grondstoffen gebruikt kunnen worden.
CAD	Computer Aided Design, hiermee wordt bedoeld het met behulp van de computer tekenen of ontwerpen.
STL	Surface Tessellation Language, hiermee wordt een bestand bedoeld die alleen de oppervlakten van een geometrie beschrijft.
Extruderen	Een vormgevingstechniek waarbij een vervormbaar materiaal door een matrijs geperst wordt. In dit geval een vervormbaar materiaal wat door een spuitmond geperst wordt.
Fab@Home	De 3D Foodprinter waarmee gewerkt is tijdens dit onderzoek.
Snapmotors	De elektrische motoren die de aandrijving verzorgen in de Fab@Home printer.
Homogene massa	Een massa die overal hetzelfde is samengesteld.
Overhang	Printen met een hellingshoek van meer dan 90°.

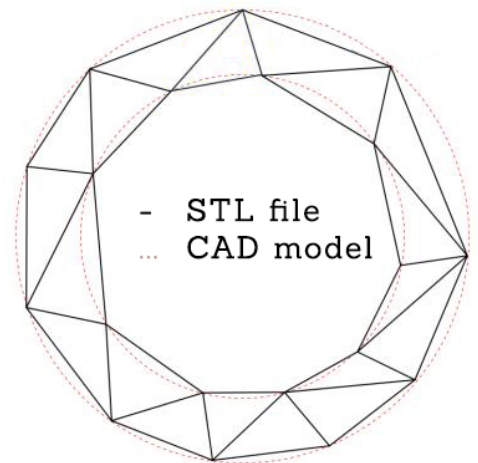
3. Foodprinting



3.1. 3D Printen

De opdracht bevat 3D Foodprinting, hierdoor moet het eerst duidelijk zijn wat 3D printen is. 3D Printen is het laagsgewijs opbouwen van een geometrie door materiaal toe te voegen daar waar dat nodig is. Deze manier van het creëren van geometrieën staat haaks op conventionele methoden waar de geometrie wordt gevormd door materiaal te verwijderen. De methoden van het laagsgewijs een geometrie opbouwen worden ook wel onder de verzamelnaam Layered Manufacturing gevoegd.

Het begint allemaal met het maken van een 3D model in een 3D CAD modelleer programma zoals bijvoorbeeld SolidWorks. In een CAD modelleer programma kan de gebruiker een virtueel 3D model ontwerpen. Hierbij worden meestal simpele 'tools' aangereikt zoals het extruderen van een 2D vlak waardoor het 3D wordt. Dit model kan zo nog niet geprint worden. Eerst moet het model geëxporteerd worden als een STL bestand. In dit bestand staat het 3D model beschreven in verschillende oppervlakken. Dit wil zeggen dat een model benaderd wordt door kleine driehoeken. Dit STL bestand wordt ingeladen door de software behorende bij de 3D printer. De software verdeelt het 3D model in 2D banen die de extrusie kop uiteindelijk moet gaan volgen, dit wordt ook wel slicing genoemd. De dikte en hoogte van deze banen hangt onder andere af van het materiaal en de snelheid waarmee er geprint wordt.



Afbeelding 1: Omzetting van CAD naar .STL

In sommige gevallen heeft het 3D model een overhang die niet mogelijk is om te printen. In deze gevallen is er de optie om met de software ondersteuningsmateriaal te printen. Na het printen moet het ondersteuningsmateriaal verwijderd worden om zo de uiteindelijke geometrie te verkrijgen. Rapid Manufacturing is een handige manier om complexe geometrieën gemakkelijk te maken, bijvoorbeeld met dubbelgekromde oppervlakken en holtes.



Afbeelding 2: Model met ondersteuningsmateriaal

3. Foodprinting

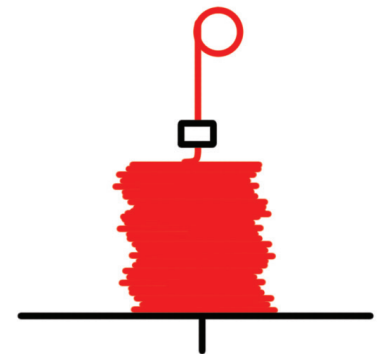


3.2. Bestaande technieken

Er bestaan vele verschillende manieren van 3D printen, daarom worden een paar van deze technieken eerst toegelicht. We kunnen 3D printen verdelen in zeven hoofdgroepen. Dit zijn: Extrusion, Powder Bed Fusion (PBF), Material Jetting, Binder Jetting, Vat Photopolymerization, Sheet Lamination, Directed Energy Deposition (DED).

Extrusion

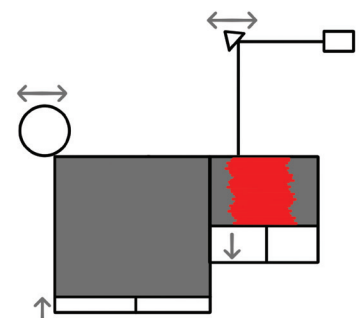
Deze manier van 3D printen houdt in dat een materiaal geëxtrudeerd wordt uit een spuitmond om zo lagen op te bouwen van een geometrie. **Fused Deposition Modeling (FDM)** is de meest bekende vorm van Extrusion Deposition. Bij FDM wordt een model opgebouwd uit vele verschillende doorsneden die lijntje voor lijntje geprint worden. Als een doorsnede af is wordt op deze laag een nieuwe laag gebouwd. Bij het printen van kunststof wordt de kunstofdraad eerst gesmolten en daarna geëxtrudeerd. Als de eerste laag na het afkoelen weer gestold is kan de volgende laag er bovenop geprint worden. Doordat de kunststof zo warm is smelt hij zichzelf zo bovenop de volgende laag. Bij FDM is het wel van belang dat er in geval van overhang ondersteuningsmateriaal geprint wordt.



Afbeelding 3: Schematische weergave van de FDM methode

Powder Bed Fusion (PFB)

Wanneer in een bed van materiaal in poedervorm selectief deeltjes aan elkaar worden gesmolten spreekt men van PFB. Bij **Selective Laser Sintering (SLS)** en **Melting (SLM)** wordt door middel van een laser het materiaal aan elkaar vast gesmolten. Dit werkt met platform waarop een kleine laag poeder ligt waar een laser het sinterpoeder plaatselijk aan elkaar smelt. Als de laag klaar is zakt het platform een stukje omlaag en wordt er een nieuwe laag sinterpoeder over de oude laag gelegd. Dan smelt de laser er een laag bovenop. Zo wordt de geometrie laag na laag gevormd.



Afbeelding 4: Schematische weergave van de SLS methode

Omdat de geometrie omgeven is door ongesinterd poeder is er ook geen ondersteuningsmateriaal nodig. Het SLS-proces heeft als voordeel dat er vele materialen mogelijk zijn van nylon tot titanium. Verder is het ook mogelijk om een hoge dichtheid te creëren afhankelijk van het gebruikte materiaal. Het nadeel van SLS is dat de oppervlakte kwaliteit meestal zo slecht is dat nabewerking zoals polijsten noodzakelijk is.

SLM heeft hetzelfde werkingsprincipe als SLS. Er zijn twee verschillen, het eerste is dat SLM werkt in een gecontroleerde atmosfeer gevuld met een inert gas zoals argon. Het tweede verschil is dat SLS het poeder verwarmt tot net onder het smeltpunt waar SLM het verwarmt tot boven het smeltpunt waarbij het poeder als het ware aan elkaar gelast

3. Foodprinting



wordt. **Electron Beam Melting (EBM)** is een methode die ook verder gaat op de SLS methode. Bij EBM wordt er gewerkt in een vacuüm en in plaats van een laser wordt er gebruik gemaakt van een elektronenbundel. Doordat er gewerkt wordt in een vacuüm kan er tijdens het proces geen oxidatie optreden. Door het vacuüm en de elektronenbundel kan er een hoge temperatuur bereikt worden waardoor het poeder echt smelt. Hierdoor bereik je de maximale dichtheid van het gebruikte materiaal. Een voordeel van EBM is dat eindproduct niet thermisch nabewerkt moet worden in tegenstelling tot SLS.

Material jetting

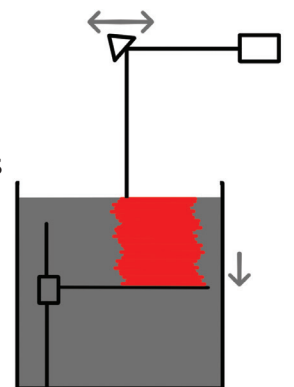
Bij deze techniek worden druppels van een materiaal selectief op een printplatform neergelegd. De meest gebruikte materialen hiervoor zijn photopolymeren en was. Het voordeel van material jetting is dat er meerdere materialen tegelijk geprint kunnen worden

Binder Jetting

Als een vloeibaar bindmiddel wordt gedeponeerd om plaatselijk poeder aan elkaar te lijmen spreekt men van binder jetting. **Inktjet Based Printing (IBP)** is hier een voorbeeld van. IBP lijkt veel op SLS, het verschil zit hem in de manier van uitharden van het gebruikte poeder. Waar SLS gebruikt maakt van een laser, gebruikt IBP een vloeistof of een bindmateriaal. Een printkop laat druppels vloeistof vallen op een klein laagje poeder. Als de laag klaar is wordt er een nieuwe laag poeder op gedeponeerd waarna de printkop weer hetzelfde doet. Een voordeel van IBP is dat er ook in verschillende kleuren geprint kan worden. Een ander voordeel van IBP is dat de keuze uit materialen zeer groot is. Een voorbeeld van het gebruik van IBP is het uitharden van suiker.

Vat Photopolymerization (VP)

Het uitharden van een vloeistof door middel van licht wordt vat photopolymerization genoemd. De vloeistof is gevoelig voor licht in bepaalde golflengtes en hardt dan uit. **Stereolithografie (SLA)** is een vorm van 3D-printen waarbij vloeibare kunststof of kunsthars wordt uitgehard door middel van een laser. De laser wordt van bovenaf op de kunsthars gericht. Waar de laser de vloeistof raakt, treedt de verharding in werking. Als een hele laag is afgewerkt zakt het platform, waarop het object ligt, een fractie dieper in het bassin. Dan wordt er bovenop de eerste laag een nieuwe laag gemaakt. Dit gaat zo door totdat de uiteindelijke geometrie vervaardigd is. Ook bij stereolithografie moet er bij overhang ondersteuningsmateriaal geprint worden. Een nadeel van stereolithografie is dat er beperkte opties zijn bij de materiaal keuze en er soms ook gebruik gemaakt wordt van toxische chemicaliën.



Afbeelding 5: Schematische weergave van de SLA methode

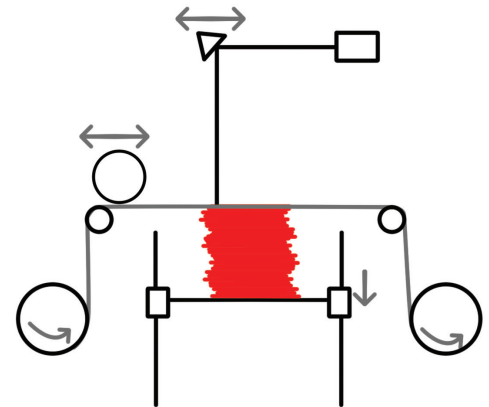
3. Foodprinting



Een **Digital Light Processing (DLP)** printer bouwt een geometrie op door middel van een beamer die een lichtgevoelige vloeistof uithardt. Op een glasplaat ligt een laag folie en daarop wordt een dunne laag lichtgevoelige vloeistof gelegd. Het bouwplatform drukt van bovenaf de vloeistof weg totdat deze bijna de folie raakt. Dan wordt van onderen met een beamer de vloeistof uitgehard. Deze laag blijft plakken aan het bouwplatform die dan weer omhoog uit de vloeistof gaat. De vloeistof wordt weer aangevuld en dan begint het proces weer opnieuw. Het nadeel van deze methode is dat er ook een beperkt aantal materialen mogelijk is en dat er soms met toxische chemicaliën gewerkt wordt.

Sheet Lamination

Papier kan ook gebruikt worden bij 3D printen, dit kan gedaan worden door doorsnedes uit te snijden uit papier en deze dan op elkaar te plakken. Een voorbeeld hiervan is **Laminated Object Modeling (LOM)**. Bij LOM wordt er folie van een rol over een platform gespannen. Een laser snijdt hier een vorm uit waarna er een nieuwe laag folie overheen wordt gespannen. Deze wordt er op vast geplakt met een verwarmde roller die de lijm in de folie activeert. Hierna wordt er weer een laag uitgesneden met een laser. Het voordeel van deze techniek is dat het redelijk goedkoop is. Het nadeel is dat deze techniek wat minder precies is dan bijvoorbeeld SLA.



Afbeelding 6: Schematische weergave van de LOM methode

Direct Energy Deposition (DED)

DED is een techniek waarbij met gefocuste thermische energie materiaal aan elkaar vast wordt gesmolten als deze wordt gedeponeerd. Meestal gebeurt dit met een laser waar metaal poeder in geblazen wordt, wat dan smelt en zich op een oppervlak hecht. **Laser Engineered Net Shaping (LENS)** is hier een voorbeeld van. Er wordt metaalpoeder toegevoegd aan een smeltbad van metaal die opgewarmd wordt door een laser. Het voordeel van LENS is dat gemaakte objecten veel groter kunnen zijn dan bij SLM.

Extrusion	PBF	Material Jetting	Binder Jetting	VP	Sheet lamination	DED
FDM	SLS		IBP	SLA	LOM	LENS
	SLM			DLP		
	EBM					

Tabel 1: 3D printtechnieken

3. Foodprinting

3.3. Nut van 3D Printing

3D Printing wordt steeds vaker toegepast. Doordat de prijs van printers omlaag is gegaan is het voor steeds meer mensen mogelijk om een 3D printer aan te schaffen. Ook vind 3D printing steeds vaker zijn weg in de commerciële wereld. 3D printing kan er ook voor zorgen dat de levenskwaliteit omhoog gaat van mensen met een beperking. De medische wereld maakt al gebruik van 3D printing, ook wordt 3D printing vaak toegepast om prototypes te maken. Zelfs in de mode wereld maakt men gebruik van 3D printing.

1	Prototypes
2	Medische wereld
3	Mode
4	3D Printers

Tabel 2: Nuttige toepassingen 3D Printing

1. 3D printen wordt vooral gebruikt voor het maken van prototypes. Dit zijn of schaalmodellen van een object wat gemaakt moet worden om bijvoorbeeld te zien of alle lijnen kloppen, of het zijn onderdelen om te kijken of ze wel echt passen in een constructie. Doordat het 3D printen redelijk goedkoop is, is het een stuk gemakkelijker om even snel een model te printen om te kijken of het model op het scherm ook echt zo is als bedoeld werd.

2. Doordat er met 3D printing nu objecten gemaakt kunnen worden met een hoog niveau van detail kan men 3D printing toepassen in de medische wereld. Met behulp van bio plastics kunnen er objecten geprint worden die zowel binnen het lichaam geplaatst kunnen worden als daarbuiten. Een voorbeeld van een geprint onderdeel in het lichaam is een hulpstuk voor het ademen. Bij sommige pasgeboren babys zijn de longen niet goed opgevouwen. Hierdoor kunnen ze niet goed ademen. Door een hulpstuk te printen van bio plastic worden de luchtwegen beter open gezet en hierdoor kan de baby beter ademen. Een voorbeeld van een geprint onderdeel buiten het lichaam is het printen van protheses. Na een tijdje ontgroeit de patiënt de prothese en moet deze opnieuw worden gemaakt. Door het lichaamsdeel te 3D scannen en dan de protheses te 3D printen worden ze sneller gemaakt en is het ook nog eens goedkoper.



Afbeelding 7: Links model van de luchtwegen, Rechts hulpstuk voor het ademen

3. Foodprinting



3. Naast het inzetten van 3D printen voor functionele objecten wordt 3D printen de laatste tijd ook vaker ingezet voor esthetische doeleinden. De nieuwe lichting ontwerpers in de mode-industrie is volop bezig met 3D printing. Doordat 3D printing veel vrijheid biedt kunnen de mode ontwerpers nog verder gaan in hun ontwerpen. Ook hoeft er niet altijd meer met alleen stof gewerkt te worden, andere materialen zoals plastic kunnen nu gebruikt worden. 3D printing wordt hier gebruikt voor gewaagde ontwerpen op de catwalk tot echt functionele ontwerpen die 'ready to wear' zijn. Hierbij speelt het materiaalgebruik wel een rol omdat er wel flexibiliteit in de kleding moet zitten.



Afbeelding 8: V.l.n.r. een geprinte jurk, geprinte bikini en geprinte schoenen

4. Het mooie van 3D printen is dat het mogelijk is om met een bestaande printer onderdelen te printen voor een nieuwe printer. Dit heeft ook zijn voordelen in de ruimtevaarttechniek. Als er een 3D printer ontwikkeld is die werkt in de ruimte zou deze onderdelen kunnen printen voor een nieuwe printer of onderdelen die defect zijn van het ruimteschip waar de printer in staat. Voor het International Space Station (ISS) zou dit kunnen betekenen dat er minder bevoorradingsmissies nodig zijn. Dat er af en toe grondstoffen gestuurd worden waar men in het ISS zelf de benodigde dingen maakt. 3D Foodprinting zou hier ook aan mee kunnen helpen.

3. Foodprinting

3.4. Nut van 3D Foodprinting

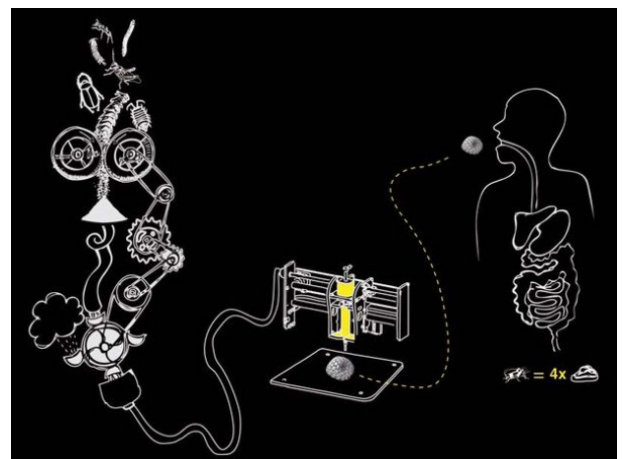
3D Foodprinting heeft veel potentie in zich. Het kan ingezet worden om maaltijden aantrekkelijker en gezonder te maken voor mensen met slik problemen. Ook zou het in de toekomst een oplossing kunnen zijn voor het voeden van een steeds groter wordende wereldbevolking. Maaltijden kunnen met 3D Foodprinting nog beter aansluiten bij iemands behoeften. Het kan helpen bij iemand die moeite heeft met afvallen of iemand die veel fitnesst en daarvoor bepaalde voedingsstoffen nodig heeft. Zo zou het mensen ook gezonder kunnen laten eten.

1	Helpen bij slikproblemen
2	Efficiënter voedsel produceren
3	Aanpassen aan voedingspatroon
4	Koken voor iedereen

Tabel 3: Nuttige toepassingen 3D Foodprinting

1. Voor mensen die problemen hebben met eten is 3D Foodprinting een goede uitkomst. Zo zijn er mensen die niet goed kunnen kauwen of juist niet goed kunnen slikken. Deze mensen krijgen vaak een gepureerde versie van deze maaltijd. Deze puree ziet er meestal niet bepaald smakelijk uit en bevordert de eetlust ook niet. Met 3D Foodprinting kan een maaltijd geprint worden die er uit ziet als een normale maaltijd maar die wel gemakkelijker te eten is.

2. Er is honderd kilo voedsel nodig om tien kilo vlees van een koe te krijgen. Dit is een efficiëntie van maar tien procent. Van diezelfde honderd kilo voedsel kun je 40 kilo krekels krijgen. De efficiëntie hiervan ligt vier keer zo hoog als bij de koe. Verder zorgen insecten voor minder broeikasgassen dan vee. Nu worden insecten in de westerse wereld niet bepaald als delicatessen gezien. Door insecten te gebruiken bij 3D Foodprinting kun je er toch een maaltijd van maken wat er een stuk beter uit ziet. Om de insecten klaar te maken voor het 3D printen moeten er eerst een aantal stappen gemaakt worden. Ten eerste moeten de insecten gevriesdroogd worden, daarna worden deze vermaald tot een fijn poeder. Dit poeder kan vervolgens vermengd worden met verschillende stoffen zoals glazuur, roomkaas, water of een geleermiddel. Dit mengsel heeft de juiste consistentie om er vervolgens mee te printen. Nu kunnen er geometrieën geprint worden die wel aanspreken bij de mensen.



Afbeelding 9: Proces van het printen met insecten

3. Foodprinting



3. Sommige maaltijden die mensen lekker vinden worden niet meteen gezien als maaltijden die ook echt gezond zijn. Zo kunnen er bij het printen bepaalde voedingsstoffen in een maaltijd verwerkt worden die er normaal niet tot weinig in zitten. Zo heeft een fanatieke fitnesser veel eiwitten en vezels nodig om spiermassa te kweken. Om dit te verwezenlijken zit je al snel bij bepaalde maaltijden met pasta en kip. Als een maaltijd geprint zou worden kunnen deze voedingsstoffen ook bij andere maaltijden gevoegd worden. Hierdoor krijg je meer variatie in je dieet. Voor mensen die af willen vallen is het aanpassen van het voedingspatroon een lastige opgave. Door maaltijden te printen die minder ongezonden stoffen bevatten kan men een gesteld doel sneller bereiken en tegelijkertijd lekker eten.

4. Voor sommige mensen is het koken van een gezonde maaltijd veel te tijds intensief. Zo moeten de ingrediënten eerst gekocht worden in een winkel of online. Hierna moet er soms nog een voorbewerking worden gedaan zoals snijden waarna men het moet bereiden en dan kan het pas gegeten worden. Als mensen hier geen zin in hebben of geen tijd voor hebben is fastfood meestal een uitkomst. Dit is geen gezonde uitkomst en soms ook nog duurder dan het zelf koken. Mensen die op zichzelf wonen koken ook minder snel een maaltijd voor één persoon. Als dit wel gedaan wordt is de portie meestal zo groot dat er twee dagen van gegeten kan worden. Dit komt ook omdat in de supermarkten veel voor twee of meer mensen is. Hiervoor zou 3D Foodprinting een uitkomst bieden. Het ideale scenario zou zijn dat als je thuiskomt van bijvoorbeeld werk, je maaltijd al klaar staat om opgegeten te worden.

3. Foodprinting



3.5. Huidige toepassingen

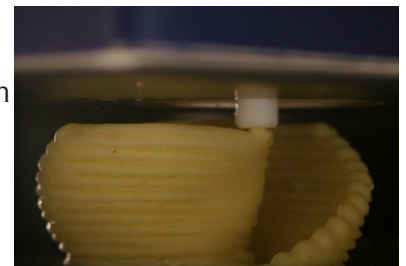
Om de kennis van het 3D Foodprinten te verbreden wordt er gekeken naar wat er nu allemaal al gebeurt op het gebied van 3D Foodprinting. 3D Foodprinting kunnen we onderverdelen in drie groepen, direct printing, indirect printing en conceptueel. Direct printing houdt in dat hetgene wat geprint is ook direct het object is wat je wilt printen. Indirect printing houdt in dat hetgene wat geprint is niet het uiteindelijke is wat je wilt hebben. Zoals bijvoorbeeld het printen van een mal, deze vul je later met iets wat het uiteindelijke voedsel wordt. Bij conceptueel 3D Foodprinting worden er concepten van printers of van voedsel gemaakt om te kijken waar toekomst in zit en welke het waard zijn om verder uit te werken. 3D Foodprinting wordt nu nog niet heel vaak toegepast. Wel zijn er enkele bedrijven die een 3D Foodprinter gebruiken om tomatensaus op een pizza te deponeren. Dit is maar één laag en hier kun je dus ook niet echt van 3D spreken. De gevallen waarin er wel meer dan een laag geprint wordt zitten meestal nog in de concept fase.

In Duitsland is een bedrijf genaamd Biozoon bezig met een onderzoek om gehele maaltijden te printen voor bewoners van deze bejaardentehuizen. Deze maaltijden zijn vooral voor mensen bedoeld die moeite hebben met slikken. Deze mensen krijgen doordat ze moeite hebben met slikken meestal een gepureerde versie van een maaltijd die er niet bepaald lekker uit ziet. Het gebruik van een 3D printer die de FDM methode gebruikt, zorgt ervoor dat het voedsel er nog wel uitziet als normaal maar dat het gemakkelijker weg te krijgen is. Op deze manier kunnen er ook bepaalde vitamines en mineralen toegevoegd worden die ze nodig hebben.



Afbeelding 10: Maaltijd geprint door Biozoon

Pastafabriceerder Barilla is nu bezig met het 3D printen van pasta in verschillende ontwerpen. De pasta wordt gemaakt met de FDM methode. Om ervoor te zorgen dat het printen van pasta toekomst perspectief heeft moet het snel en in grote hoeveelheden geprint kunnen worden. Anders moet je heel lang wachten voordat je genoeg pasta hebt voor één bordje vol, dit gaat natuurlijk dan nog langer duren als je pasta wilt gaan printen voor meerdere mensen. Een voordeel van het printen van pasta is dat je geometrieën kunt gaan bedenken die bijvoorbeeld nog beter de saus opnemen. Of je kunt pasta maken voor speciale momenten zoals bijvoorbeeld bruiloften en verjaardagen. Deze toepassing staat nog in de kinderschoenen. Er is op de markt nog geen echte pasta printer.

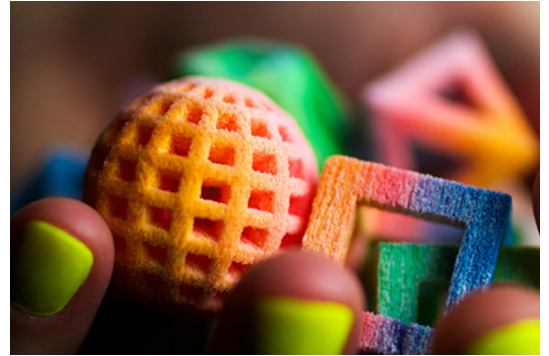


Afbeelding 11: Pasta printen

3. Foodprinting



De meeste toepassingen maken gebruik van de FDM methode. Er is een bedrijf wat gebruik maakt van de IBP methode. Hierbij wordt er heel fijn suiker uitgehard door middel van het deponeren van waterdruppels. Dit wordt nu gedaan met de Chefjet (bijlage 1). Suiker is van nature wit, maar door de IBP methode kan er ook in kleuren geprint worden. Aan het water wordt dan een kleurstof toegevoegd die je dan weer terugziet in het eindproduct. Het idee hierachter is om decoraties te maken voor taarten en dergelijke.



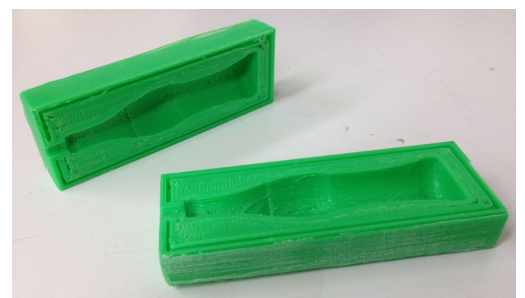
Afbeelding 12: Objecten geprint met suiker

Een ingrediënt wat veel gebruikt wordt is chocolade. Chocolade is ideaal voor printen omdat het na verwarming weer uithardt. Dus kan de chocolade vloeibaar genoeg zijn om geëxtrudeerd te worden door een spuitmond waarna het weer uithardt als het geprint is en dus ook stevig genoeg is om er een volgende laag op te printen. Chocolade wordt toegepast met de FDM methode en het kopje is geprint met de 3Drag die in bijlage 1 wordt beschreven.



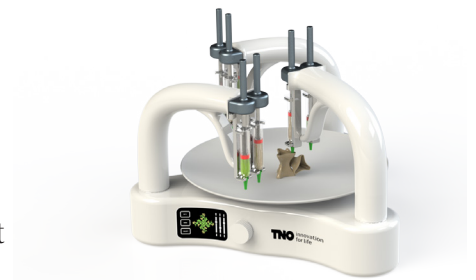
Afbeelding 13: Kopje geprint met chocolade

Naast het direct printen is het ook mogelijk om indirect te printen. Dan wordt een mal 3D geprint waar het negatief in zit van het model wat je uiteindelijk wilt. In de mal wordt dan een voedingsstof gedaan die daarna uit moet harden. Hiervoor kunnen vele dingen gebruikt worden zoals gelatine, chocolade en water. Zo kun je gepersonaliseerde ijsblokjes of een gepersonaliseerde pudding maken.



Afbeelding 14: Een geprinte mal voor een flesje

Naast alle bestaande toepassingen zijn er ook concepten van printers die veel toekomstperspectief hebben. De printer van het TNO is een printer die met 3 verschillende spuiten werkt en dus met drie componenten kan printen. Hier wordt ook weer gebruik gemaakt van de FDM methode. Bij dit concept wordt er ook direct op het bord geprint. Het idee erachter is dat de maaltijd na het printen meteen klaar is voor consumptie.



Afbeelding 15: TNO concept printer

3. Foodprinting

Het Digital Fabricator Concept is een concept wat de nadruk legt op de verschillende capsules die er in geplaatst kunnen worden. Als de printer leeg is, is deze gemakkelijk bij te vullen door er een nieuwe capsule op te plaatsen. Verder is het met dit concept mogelijk om met veel meer dan twee à drie componenten te printen. Dit concept komt dichtbij het idee dat je een gehele maaltijd kunt printen omdat een maaltijd meestal ook niet uit maar drie componenten bestaat. Verder zitten er in dit concept ook verwarmings en koelings elementen om het voedsel verder te bereiden. De 3D print methode die hier gebruikt wordt is wederom de FDM methode.



Afbeelding 16: Digital Fabricator Concept

Het concept van Electrolux is een printer die gevuld wordt met een soort koffiepads met daarin de juiste ingrediënten. Hierna wordt de maaltijd ook laag voor laag opgebouwd. Dit moet gebeuren tot op moleculair niveau om zo de juiste mix van de ingrediënten te krijgen. Het handige van dit concept is dat deze gemakkelijk op een bord gezet kan worden en dat er dan een maaltijd geprint wordt. Ook het gebruik van pads is een voordeel van deze printer, deze pads zijn precies genoeg gevuld voor een maaltijd. Hierdoor heb je geen problemen zoals het tussentijds bijvullen van de printer.



Afbeelding 17 Electrolux Moleculaire Concept

Hieruit kunnen we concluderen dat er op het gebied van 3D Foodprinting veel onderzoek wordt gedaan maar dat er nog niet veel toepassingen zijn die ook het nut van 3D printen vol benutten. Het maken van mallen bestaat al langer en het printen van maaltijden in vormen kan ook gemakkelijk gedaan worden zonder gebruik te maken van 3D printen.

3. Foodprinting



3.6. 3D Foodprinting Conference

Dit jaar op 21 april werd de eerste 3D Foodprinting Conference gehouden in Venlo. Hier verzamelden zich alle experts op dit gebied om te laten zien welke ontwikkelingen er waren op dit gebied.

Een van de opvallende dingen op deze conferentie was toch wel dat het onderzoekers was gelukt om vlees te kweken in petrischaaltjes. Dit deden ze door een klein monster te nemen van een spier van een levende koe. Uit dit monster werden de kleinste spierweefsel cellen gehaald en deze werden dan opgekweekt in een petrischaal. Deze cellen werden zo lang gevoed totdat het een ring van spierweefsel werd. Deze ringen zijn daarna vermaald en gemaakt tot een hamburger. Zo was de eerste hamburger die gekweekt was in petrischaaltjes een feit. Hij smaakte nog niet heel lekker, dit kwam omdat er nog geen vetweefsel in de hamburger zat wat voor een betere smaak zorgt. Nu zal het nog wel lang duren voordat deze gekweekte hamburgers bij een snackbar op het menu staan omdat de allereerste hamburger 30.000 euro kostte en het nog niet gelukt was om vetweefsel te kweken.

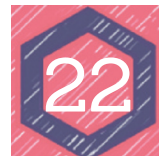
Op deze conferentie werd ook een printer gepresenteerd die niet veel later op kickstarter zou komen. Dit was de Bocusini (bijlage 1), deze printer kon met verschillende componenten gevuld worden. Dit werd door middel van een gevulde spuit gedaan. De Bocusini kon ook met een app op een telefoon of tablet aangestuurd worden. In deze app kon je een tekening maken die naar de printer gestuurd werd en die ging deze dan printen. Helaas ging dit niet verder dan een 2D tekening die een paar lagen op elkaar werd gelegd. Met die app is het dus niet mogelijk om 3D dingen te tekenen en te printen. Met de software die bij de printer hoort is het wel mogelijk om 3D objecten te printen.



Afbeelding 18: Bocusini 3D Foodprinter

Een belangrijk item op de conferentie was het voeden van de wereldbevolking over een paar jaar. Volgens berekeningen zou de wereldbevolking in 2050 uitgegroeid zijn tot maar liefst 9,5 miljard mensen waar deze nu ongeveer 7 miljard is. Om deze grote groep te voeden moet er opnieuw worden gekeken naar hoe we voedsel verbouwen en of er andere ingrediënten te vinden zijn. Deze andere ingrediënten moeten ervoor zorgen dat voedsel efficiënter verbouwd kan worden. En hoe moet het voedsel in de toekomst gedistribueerd worden.

3. Foodprinting



Verder kwam op de conferentie naar voren dat er veel werd gekeken hoe voeding nog gepersonaliseerder te maken. Als bijvoorbeeld iemand te weinig vitamine C binnen krijgt dat de printer dat weet en dan vitamine C toevoegt aan de maaltijd. Zo is het doel om in de toekomst een maaltijd te maken die goed aansluit bij iemands behoeften. Het scenario dat je van je werk terug rijdt naar huis en de printer al weet wat je wilt eten, hoelaat het klaar moet zijn en in welke portie. Dan kom je thuis van je werk en staat het eten klaar voor je.

Dit gepersonaliseerde voedsel moest ook de oudere mensen helpen. Zo kwam het vaak voor dat ouderen met eet problemen hard achteruit gingen. Het voedsel moet gepureerd zijn voordat deze ouderen het kunnen eten. Helaas ziet het er daardoor niet heel lekker uit. Daardoor neemt de eetlust af bij deze ouderen en krijgen ze niet genoeg voedingsstoffen binnen. Door dit te printen zodat het er wel lekker uit ziet zal het sneller worden opgegeten. Als de maaltijden dan geprint worden kunnen bepaalde voedingsstoffen ook extra toegevoegd worden. Zo past de maaltijd nog beter bij de eisen en wensen van de oudere waardoor de levenskwaliteit omhoog kan.

Het Fablab Maastricht liet zien hoe je gebruik kunt maken van mallen die uit een 3D printer komen. De mallen worden geprint waarna ze gevuld worden met een voedingsstof die daarna nog afgebakken moet worden zoals een koekje of die uit moet harden zoals gelatine. Naast het printen van etenswaar kun je ook een bord printen op zo'n manier het een toegevoegde waarde is voor de presentatie van een bepaald gerecht.



Afbeelding 19: Koekje uit een geprinte mal

Naast alle presentaties waren er ook stands van bedrijven. De meest opvallende was deze van Chefjet. Hier lieten ze voorbeelden zien van objecten geprint met suiker. Dit gaat de IBP methode. Het niveau van detail is erg hoog en zou ook niet gemakkelijk nageemaakt kunnen worden.



Afbeelding 21: Objecten geprint met suiker

Na het bijwonen van deze conferentie kan er geconcludeerd worden dat er vrij weinig echte objecten worden gemaakt waarbij het 3D printen ook echt nut heeft. Alleen bij de objecten die de Chefjet printer maakt kun de toegevoegde waarde zien van 3D Foodprinting. De meeste toepassingen die naar voren kwamen richtten zich op maar één of twee lagen. Door te printen met meerdere lagen zou je al een grote stap maken in de wereld van 3D Foodprinting.

4. Voedsel



4.1. Smaakbeleving

Waarmee proef je?

Wat zorgt ervoor dat als je bijvoorbeeld chocolade in je mond stopt je ook daadwerkelijk chocolade proeft. Dit hangt met een aantal dingen samen: de tong, de neus, de mond en de hersenen.

De tong

Het meest beweeglijke orgaan van ons lichaam is de tong, deze bestaat voornamelijk uit spieren. Met de tong kan men voedsel verplaatsen, spreken, het gebit reinigen en natuurlijk proeven. De tong is van de bovenkant bekleed met een groot aantal kleine uitsteeksels genaamd papillen. Deze papillen nemen in verschillende gebieden smaken waar. De vijf smaken die de tong waar kan nemen zijn: zoet, zout, zuur, bitter en umami wat Japans is voor een hartige smaak. Zuur is gerelateerd aan een hoge concentratie waterstofionen. De echte zoute smaak wordt opgewekt door Natrium Chloride. Zoet wordt meestal opgewekt door suikers maar hier is geen echt verband tussen hoe zoet iets is en een specifieke chemische eigenschap. Hetzelfde geldt voor bitter. Umami heeft een stimulerende invloed op de beleving van andere smaken, deze wordt veroorzaakt door aminozuren.

De neus

Het orgaan wat meestal als eerste gebruikt wordt bij het eten is de neus. In de meeste gevallen wordt iets niet meteen gegeten als het ook niet lekker ruikt. Diep en hoog in de neus zit het reukzintuig, deze bestaat uit kleine reuk haartjes. Als deze haartjes in aanraking komen met een bepaalde stof worden er signalen opgewekt die naar de hersenen gaan. Doordat we alleen gassen in ademen kunnen we ook alleen gassen ruiken. Niet alle stoffen verdampen dus niet alle stoffen kun je ruiken en zo hebben ook niet alle gassen geur. Water en zuurstof zijn voorbeelden van stoffen die je niet kunt ruiken.

Mondgevoel

Bij het mondgevoel wordt het gevoel bedoeld wat het product, of het nu eten of drinken is, geeft in de mond. Sommige producten zoals honing en boter zorgen ervoor dat het speeksel wat dikker wordt. Hierdoor zul je de smaken sneller omschrijven als vetzig en romig. Als je een appel eet of fruitsap drinkt verdunt het speeksel wat een strak mondgevoel geeft en zul je de smaken eerder omschrijven als fris en zuur.

Hersenen

Al de informatie die van de zenuwen afkomen van de neus, de tong en de mond worden verwerkt in het smaakcentrum van de hersenen.

4. Voedsel



Hoe proef je?

Wat zorgt er in een gerecht voor dat je eten als prettig ervaart? Dit hangt af van de smaak, de geur, het uiterlijk van het gerecht en de verschillende texturen in de verschillende onderdelen van een gerecht.

Smaak

Een heel belangrijk deel van een nagerecht is natuurlijk de smaak. Een nagerecht is een gang waarmee het diner meestal wordt afgesloten en is meestal zoet van smaak. Een nagerecht wat zoet en vet is geeft ook na het diner een vol en voldaan gevoel. Er moet een goede balans zijn tussen de verschillende smaken in een nagerecht. Zo is een nagerecht meestal gebaseerd op iets zoets, om ervoor te zorgen dat het niet alleen maar een zoet gerecht wordt moet er een element aan toegevoegd worden wat het gerecht weer in balans brengt. Meestal wordt er dan gebruik gemaakt van een zuur element zoals bijvoorbeeld fruit. Zo wordt de combinatie van chocolade en aardbeien al jaren gebruikt, met de zoete chocolade en de ietwat zure aardbeien.

Uiterlijk

Zoals het spreekwoord, het oog wil ook wat moet een nagerecht naast lekker smaken en ruiken er ook lekker uitzien. Hierbij speelt de presentatie van een nagerecht een grote rol. Zo ziet een nagerecht er een stuk beter uit als er nagedacht is over de presentatie in plaats van het lukraak plaatsen van de componenten van het nagerecht. Uit de collage van bijlage 2 blijkt dat er veel wordt gedaan met contrasterende kleuren. Strakke lijnen spelen ook een rol bij het opmaken van een nagerecht. Zo blijken strakke lijnen ook vaak een hogere vorm van bekwaamheid.

Structuur

Een goed nagerecht bevat naast verschillende smaken ook verschillende structuren. Zo kan er bij een bolletje ijs ook meestal iets van een wafeltje of wat fruit geserveerd worden. Structuren zijn belangrijk zo wordt een knapperig frietje meer gewaardeerd dan een slap frietje. Maar een knapperig frietje is vanbinnen meestal weer zacht en hier heb je dus al twee verschillende structuren in een.

Temperatuur

Een nagerecht bestaat meestal uit koude componenten zoals ijs. Te snel en veel ijs eten kan ervoor zorgen dat je last krijgt van ijs hoofdpijn. Ijs hoofdpijn ontstaat als het gehemelte te lang in contact is gekomen met iets kouds. Dit irriteert de zenuwen wat uiteindelijk zorgt voor de hoofdpijn. Daardoor bestaat een nagerecht soms niet alleen uit ijskoude componenten. Zo wordt er bij een Dame Blanche een warme chocolade saus geserveerd.

4. Voedsel



4.2. Nagerechten

Een nagerecht is de gang waarmee een diner meestal wordt afgesloten. Nagerechten kunnen zowel koud als warm zijn of een combinatie van beide. Bijvoorbeeld warme geflambeerde vruchten met een paar bolletjes ijs. Er is geen vaste vorm voor een nagerecht en het is dus mogelijk om er vele kanten mee op te gaan. Natuurlijk zijn er wel nagerechten die bij het algemene publiek goed bekend zijn zoals een crème brûlée, dame blanche, bavarois of tiramisu. Naast de bekende zoete gerechten kan men in sommige restaurants ervoor kiezen om een kaasplankje te doen. Het kaasplankje vindt zijn oorsprong in Frankrijk. Hier wordt het kaasplankje gezien als de afsluiting van een maaltijd. Het kaasplankje bestaat meestal uit een assortiment van kaas met hiernaast wat druiven crackers en vijgen.

Bij restaurants wordt er nog wel eens gewisseld van nagerecht op de menukaart. Een van de redenen hiervoor is dat sommige ingrediënten in bepaalde seizoenen lastig te verkrijgen zijn. Zo is fruit een seizoensgebonden ingrediënt. Aardbeien zijn net als vele andere vruchten vooral goed te verkrijgen in de zomer en daarom staan deze vaker op het menu in de zomer. Een voorbeeld van een vrucht die in koudere omstandigheden beter te verkrijgen is, is de peer. Een andere reden voor het veranderen van de nagerechten is het weer. Zo is het natuurlijk fijner om met warm weer een koud nagerecht te hebben en zo ook met koud weer een warm nagerecht. Verder kan een chef er altijd nog voor kiezen om iets nieuws te proberen op de menukaart.

In bijlage 3 is een lijst te vinden met nagerechten van verschillende luxere restaurants in Nederland. Bij de meeste restaurants heeft het kaasplankje een plek gekregen op de menukaart. Verder zit er bij alle nagerechten wel iets een vorm van fruit. Sommige restaurants voegen componenten toe die je niet snel verwacht bij een nagerecht. Zoals een combinatie van ganzenlever en peer van de Librije in Zwolle of de combinatie van kerrie met appel door François Geurds in Rotterdam. Om met verschillende texturen aan te bieden in een nagerecht wordt in vele gevallen een krokantje toegevoegd zoals een crumble, pinda's of zelfs popcorn. Naast alle innovatieve gerechten worden er ook nog klassieke nagerechten geserveerd zoals een dame blanche of een appeltaartje.

Omdat het oog ook wat wil is het belangrijk om te kijken hoe deze nagerechten meestal gepresenteerd worden. In bijlage 2 is een collage te zien van verschillende nagerechten. Het valt op dat er veel wordt gewerkt met opvallende kleuren om zo contrasten te creëren. De lijnen en vormen zijn meestal strak en simpel. Hierdoor krijg je een mooi spel in vorm en tegenvorm. Naast de componenten van het nagerecht kan men er ook voor kiezen om geen simpel wit bord te gebruiken.

4. Voedsel



4.3. Viscositeit

Om te begrijpen wat er gebeurt als een voedingsstof door de spuitmond gedrukt wordt moet er gekeken worden naar het verschijnsel viscositeit. De viscositeit van een vloeistof is een maat voor de weerstand tegen geleidelijke deformatie door afschuifspanning of trekspanning. Bij vloeistoffen wordt dit meestal gezien als hoe 'dik' een vloeistof is. Zo is stroop 'dikker' dan water en heeft dan ook een hogere viscositeit. Het is een eigenschap die ontstaat doordat er deeltjes op verschillende snelheden van elkaar bewegen en dan op elkaar botsen. De viscositeit is ook geen vaststaand getal, meestal verandert de viscositeit ook door invloed van de temperatuur. Dit kun je bijvoorbeeld zien als je olie in een pan doet en dan de olie opwarmt. Deze glijdt nu gemakkelijker door de pan.

Viscositeit en 3D-printen

Bij het 3D-printen van voedsel is het belangrijk dat er ook naar de viscositeit gekeken wordt. Dit heeft invloed op een aantal dingen: de snelheid waarmee een voedselcomponent uit de spuitmond geëxtrudeerd wordt, de snelheid waarmee de spuitmond beweegt om een laag te leggen en hoe de lagen op elkaar blijven liggen en vormvast zijn.

Extruderen

Bij het extruderen van een voedselcomponent is het van belang dat de viscositeit niet te laag is dat er geen mooi laagje gelegd kan worden. Als de viscositeit te hoog is zal het voedselcomponent niet blijven liggen op de plek waar het hoort te liggen en zal het ook te laat uit de spuitmond komen.

Balans

Het 3D-printen van voedsel hangt af van meerdere factoren. De temperatuur, de viscositeit van het voedselcomponent, de extrusiesnelheid en beweegsnelheid van de spuitmond. Tussen deze factoren moet een balans gevonden worden die ervoor zorgen dat er interessante geometrieën geprint kunnen worden.

Viscositeit meten

Een van de manieren om de viscositeit van een vloeistof te meten is door gebruikt te maken van een rotatie viscositeits meter. Hierbij wordt een object in een vloeistof geplaatst en dan rond gedraaid. Het koppel wat nodig is voor dit ronddraaien is een functie van de viscositeit van de vloeistof.

4. Voedsel



4.4. Ingrediënten

3D Foodprinting heeft één of meerdere grondstoffen nodig. Daarom kijken we naar de verschillende ingrediënten die gebruikt kunnen worden bij 3D Foodprinting. Zo kan er ook iets anders geprint worden dan alleen een nagerecht.

Chocolade

Standaard chocolade bestaat uit vier hoofdbestanddelen: cacaopoeder, cacaoboter, melk en suiker. Om de chocolade puurder te maken wordt er minder melk toegevoegd. Bij witte chocolade wordt er geen cacaopoeder aan toegevoegd. Chocolade is een ingrediënt wat zich uitstekend leent voor het 3D foodprinting. Dit komt doordat chocolade vloeibaar wordt wanneer deze opgewarmd is. Wanneer de chocolade weer afkoelt hardt deze weer uit. Een ander voordeel is dat je met de temperatuur de viscositeit van de gesmolten chocolade goed kunt regelen, waardoor je ook echt interessante geometrieën kunt 3D printen. Chocolade in gesmolten vorm blijft goed plakken aan elkaar of aan een ondergrond. Hierdoor is kan chocolade goed gecombineerd worden met de FDM methode. Een nadeel van chocolade is dat het qua temperatuur heel precies gesmolten moet worden. Als de chocolade te warm wordt kan deze 'verbranden'. Dit betekent dat de chocolade niet meer glanzend is en een mooie breuk heeft. De temperatuur waarop de beste kristallen smelten is 34 °C. Deze kristallen zorgen voor een mooie glans en een knapperige breuk wat bijdraagt aan een fijn mondgevoel.

Suiker

Suiker is niet het eerste ingrediënt waar je aan denkt als je denkt aan 3D foodprinting. Toch wordt suiker al wel als ingrediënt gebruikt bij het 3D printen. Hierbij wordt niet gebruikt gemaakt van de FDM methode, suiker wordt geprint door middel van de SLS methode. Er wordt steeds een laagje heel fijn suiker neergelegd waar een printer heel precies water op laat vallen. Waar er water valt hardt de suiker uit, en dit wordt laag voor laag gedaan waarna je uiteindelijk je geometrie hebt van suiker. Een voordeel van deze techniek is dat er geen ondersteunende structuur nodig is door de ongebruikte suiker om het product heen. Als je suiker zou willen printen volgens de FDM methode moet je de suiker verwarmen totdat deze smelt en het karamel wordt.

Fruit

Door fruit te pureren kun je deze ook gebruiken bij FDM. Een nadeel hiervan is dat niet elk fruit even stevig is om structuren mee te printen. Dit kan opgelost worden door hier een verdikkingsmiddel aan toe te voegen zoals gelatine of agar-agar. Gelatine wordt gewonnen uit bindweefsels zoals huid botten en kraakbeen. Gelatine kan pas opstijven nadat deze opgewarmd is, door gelatine toe te voegen aan bijvoorbeeld vruchtensap of puree kan deze na de opwarming geprint worden en zal daarna uitharden. Agar-agar is een wat minder bekend verdikkingsmiddel,

4. Voedsel



deze stof wordt gewonnen uit roodalgien of roodwieren. Deze moet net als gelatine ook eerst opgewarmd worden. Deze verdikkingsmiddelen bestaan uit lange eiwit ketenen die netjes in een helix-vorm geordend zijn. Door het opwarmen worden deze ketenen flexibel en gaan ze los van elkaar bewegen. Dit is het moment dat er bijvoorbeeld vruchtensap toegevoegd wordt. Bij het afkoelen van de ketenen liggen deze nu in een wirwar van ketens door elkaar. In de holtes tussen deze ketens gaat de vruchtensap zitten. Een andere manier om fruit te gebruiken is door middel van het toevoegen van alginaat. Dit is een stof die ook gewonnen wordt uit algen. Door een mix van alginaat en fruitsap als druppels te laten vallen in een bad met een zoutoplossing maak je een soort fruitballetjes. Dit komt doordat alginaat door zout een soort gel-achtig vliesje creëert waar het vruchtensap in zit. Hierdoor maak je een soort van 'fruit-caviaar'.

Glazuur

Glazuur is een substantie die vooral gebruikt wordt als versiering voor gebak. De basis van glazuur bestaat uit poedersuiker en water. Vaak zit er in glazuur ook nog eiwit en roomboter. Glazuur wordt tegenwoordig al gebruikt bij 3D foodprinting. Het wordt meestal gebruikt om gebak op te leuken met een persoonlijke versiering. Glazuur wordt nu nog vooral als een 2D versiering gebruikt op een plat oppervlak. Na eventuele toevoeging van een vruchtensap zou het best gebruikt kunnen worden voor het printen.

Meringue

Meringue is een mengsel van opgeklopt eiwit en suiker. Door het eiwit te kloppen ontstaan er luchtbellens in het eiwit, de suiker zorgt ervoor dat er vocht aan het mengsel wordt onttrokken en zorgt dus ook voor stevigheid. Er moet een goede balans zijn tussen het eiwit en de suiker want anders zal de meringue in elkaar zakken. Om meringue uit te laten harden moet het ook nog gedroogd worden. Deze droogperiode maakt het lastiger om met meerdere componenten te printen.

Marsepein

Marsepein is een deegachtig mengsel van gemalen amandelen en suiker. Marsepein wordt tegenwoordig vaak gebruikt om taarten en dergelijke te decoreren. Marsepein is van zichzelf wit gekleurd, hier worden kleurstoffen aan toegevoegd om zo verschillende kleuren te krijgen. Verder worden er ook smaakstoffen aan toegevoegd die voor verschillende smaken marsepein zorgen. De 3D printer van Bocusini heeft al geprint met marsepein en dit geeft een goed resultaat.



Afbeelding 21: Marsepein 3D print

4. Voedsel



Deeg

Er zijn vele verschillende soorten deeg voor vele verschillende toepassingen. Deeg is het basisproduct voor diverse broden en gebak wat nog ongebakken is. Het basisingrediënt van deeg is bloem, om het te laten rijzen gebruikt men gist, bakpoeder of een ei. Verder wordt er melk of water aan toegevoegd en smaakstoffen zoals suiker en zout. Het voordeel dat 3D printen voegt bij het gebruik van deeg is dat er bijvoorbeeld letters in een cakeje geprint kunnen worden. Als de klant dan het cakeje doorsnijdt dan wordt de letter of tekening zichtbaar. Het nadeel van deeg is dat deze na het printen nog gebakken moet worden waardoor de vorm soms ook niet behouden blijft als het gaat rijzen.

Insecten

Insecten bieden in verhouding met vlees een veel hogere voedingswaarde. Zo krijg je uit 100 kilo voedsel bij een koe maar 10 kilo vlees en bij krekels ligt dit op 40 kilo. Sommige insecten staan er ook om bekend dat ze veel eiwitten en vitaminen bevatten. De werkwijze bij insecten is als volgt: de insecten worden eerst gedroogd, daarna vermaald tot een fijn poeder. Dan wordt er een soort boterglazuur aan toegevoegd en hierna is het klaar om te printen.

Vlees

We beschouwen het spierweefsel van dieren meestal als vlees, dit is inclusief organen zoals de lever en de nieren. Vlees wordt gezien als het spierweefsel van zoogdieren die gekweekt zijn voor consumptie door de mens. De technologie is nog niet zover om bijvoorbeeld een biefstukje te printen. Wel is men er in geslaagd om spiercellen van een koe te kweken in een petrischaaltje. Gepureerd vlees of iets dergelijks kan wel degelijk geprint worden, paté is hier een goed voorbeeld van. Ook zou het mogelijk moeten zijn om een terrine te maken zonder schaal. Een terrine is een vleesgerecht wat uit meerdere lagen met ingrediënten bestaat en na uitharding in plakken geserveerd wordt. Het nadeel bij de meeste vlees toepassingen is dat deze altijd nog gebakken of gebraden moeten worden.



Afbeelding 22: Een vleesterrine in plakken gesneden

Groente

Onder groente beschouwt men een eetbare planten of een deel ervan. Er is geen groente die je zo kant en klaar van het land kunt halen in je 3D printer kunt stoppen en dan kunt printen. Hier zijn nog enkele nabewerkingen voor nodig. Zo moet het nog gepureerd worden om het te kunnen printen en gekookt worden zodat het eetbaar is. Aardappelpuree

4. Voedsel



zou zich eventueel goed kunnen lenen voor 3D het printen. Je kunt de aardappelpuree meestal zo dik of dun maken als je zelf wilt en hiermee zou het dan ook mogelijk zijn om echt iets te printen wat met conventionele methoden niet mogelijk is. Dit kan natuurlijk met meerdere soorten groentes zoals kikkererwten en wortelen. Het nadeel van het pureren van groentes is dat het snel vergeleken kan worden met babyvoedsel wat ook gepureerd is. Want met pureren gaat de structuur van de groentes verloren.

4.5. Verdikkingsmiddelen

Niet alle stoffen die gebruikt gaan worden in het nagerecht zijn dik genoeg om te gebruiken met 3D-printen. Dit kan opgelost door er verdikkingsmiddelen aan toe te voegen. Een verdikkingsmiddel is een ingrediënt dat ervoor zorgt dat een voedselcomponent gaat binden. Verdikkingsmiddelen bestaan meestal uit koolhydraten. Voor het bereiken van een specifieke viscositeit kan er gekozen worden uit verschillende verdikkingsmiddelen die een hoog, midden of laag viskeus effect hebben. Hoog-viskeuze verdikkingsmiddelen zijn stoffen zoals gelatine, agaragar, pectine, johannesbroodpitmeel en guarpitmeel. Voor een iets mindere viscositeit kun je kijken naar zetmeel. Voor lagere viscositeiten heb je arabische gom en xanthaangom.

Gelatine

Gelatine is een eiwitproduct dat wordt gewonnen uit huid, botten en kraakbeen. Gelatine bestaat uit een ketens die geordend zijn in een helixstructuur, deze ketens raken los van elkaar door verwarming. Als hieraan bijvoorbeeld vruchtensap wordt toegevoegd en daarna afkoelt kan de helixstructuur niet meer perfect gevormd worden. Er zal dan een groot netwerk van ketens gevormd worden waar ook holten in voor komen. Deze worden dan opgevuld door bijvoorbeeld het toegevoegde vruchtensap. Met als eindresultaat een vruchtengelei.



Afbeelding 23: Gelatine

4. Voedsel



Agar-agar

Agar-agar is een soort vegetarische gelatine vervanger. Agar-agar is geen eiwitproduct maar een polysacharide, een soort koolhydraat. Agar-agar wordt gewonnen uit de celwanden van algen, specifiek van de roodwieren. Qua werking werkt agar-agar hetzelfde als gelatine. Agar-agar heeft als voordeel dat het de bindkracht tweemaal zo groot is als die van gelatine. Agar-agar gel is ook minder gevoelig voor veranderingen van zuurgraad.

Pectine

Pectine is onderdeel van de celwanden van planten en vruchten. Pectine is ook een polysacharide en vormt in een zuur milieu bij verhitten met suiker een gelei. Pectine wordt het vaakst gebruikt bij het maken en dus dikker maken van jam. In sommige gevallen wordt ook pectine ook gebruikt als vegetarische vervanger van gelatine.

Johannesbroodpitmeel

Johannesbroodpitmeel is een wit poeder dat wordt verkregen uit het malen van de kiemende zaden van de johannesbroodboom. Het johannesbroodpitmeel wordt vooral gebruikt bij het indikken van babyvoeding en om ervoor te zorgen dat baby's minder spugen.

Guarpitmeel

Ook guarpitmeel is een polysacharide, deze wordt gewonnen uit de zaden van de Guarplant. Dit verdikkingsmiddel wordt vooral toegepast om de structuur van consumptiejs te verbeteren. Ook zorgt guarpitmeel ervoor dat ijs minder snel smelt. Omdat guarpitmeel voor driekwart uit voedingsvezel bestaat kun je er voeding volume mee geven, het is dus ook een vulstof. Guarpitmeel draagt ook nog eens bij aan de instandhouding van normale cholesterolgehalten in het bloed.

Zetmeel

Zetmeel is een verzamelnaam voor complexere polymeren van glucose en koolhydraten. Deze komen in de natuur voor en dienen als voedselreserve voor planten. Zetmeel ordent zich meestal in semi-kristallijne korrels die verschillen in grootte. Zetmeel wordt wateroplosbaar bij verwarming, de kleine granules zwellen en de kristallijne structuur gaat verloren. Als deze hierna afkoelt wordt de semi-kristallijne structuur weer gedeeltelijk aangenomen en hierdoor dikt de oplossing op en stijgt dus ook de viscositeit. Zetmeel wordt als bindmiddel gebruikt in bijvoorbeeld soepen, sauzen, vla, winegums en drop.

4. Voedsel

Arabische gom

De arabische gom is een product van de Acacia-bomen. De harsachtige gom komt vrij als de schors van de boom is beschadigd. Arabische gom lost langzaam op in water en is ook een polysacharide. Arabische gom wordt in voedingsmiddelen als additief en verdikkingsmiddel gebruikt. Bijvoorbeeld in marshmallows en drop. Ook deze toepassingen lijken op die van gelatine maar Arabische gom is ook door vegetariërs te eten.



Afbeelding 24: Arabische gom

Xanthaangom

Xanthaangom ontstaat door de bacteriële fermentatie van suiker en melasse met behulp van de bacterie *Xanthomonas campestris*. Deze Xanthaangom wordt nog niet zo lang gebruikt als de Arabische gom maar omdat Xanthaangom een hogere stabiliteit heeft voor pH en temperatuur wordt het tegenwoordig steeds vaker toegepast. Xanthaangom kan al bij een hoeveelheid van één procent al een grote verhoging van de viscositeit van een vloeistof veroorzaken. Verder wordt de oplossing dan minder viskeus wanneer er een grotere kracht op uitgeoefend wordt.

Ingrediënten	Verdikkingsmiddelen
Chocolade	Gelatine
Suiker	Agar-agar
Fruit	Pectine
Glazuur	Johannesbroodpitmeel
Meringue	Guarpitmeel
Marsepein	Zetmeel
Deeg	Arabische Gom
Insecten	Xanthaangom
Vlees	
Groente	

Tabel 4: Ingrediënten en verdikkingsmiddelen

4. Voedsel



4.6. Hygiëne

Als er in de toekomst een 3D Foodprinter zal gaan komen in een restaurant moet deze aan een aantal eisen voldoen. Het agentschap wat hier toezicht op houdt is de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA). De kerntaak van dit agentschap is het toezicht houden op de naleving van wetten en voorschriften bij bedrijven en instellingen. De NVWA bewaakt de gezondheid van dieren planten, het dierenwelzijn en de veiligheid van voedsel en consumenten producten.

De Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) is een risico inventarisatie voor voedingsmiddelen. Voor de horeca gelden vele regels voor de hygiëne van levensmiddelen. Alle ondernemingen die eetwaren bereiden moeten veilig met voedsel omgaan. De wettelijke voorschriften over de hygiëne zijn gebaseerd op de Europese wetgeving. De HACCP bevat vele dingen waaraan men zich moet houden in bijvoorbeeld de keuken van een restaurant. Het checken van de temperatuur in koelingen, hoe bepaalde voorwerpen schoongemaakt moeten worden, hoe snel iets teruggekoeld moet worden en wat men wel en niet mag dragen in de keuken.

Het voedsel moet ook aan bepaalde eisen voldoen. Zo moet er goed bijgehouden worden wanneer het binnengekomen is, op welke temperatuur het opgeslagen moet worden wanneer er iets van gebruikt is. Alles moet per dag schoongemaakt worden om zo de hoogste mate van hygiëne te garanderen aan de klant.

Als er een 3D Foodprinter zal komen in een restaurant moet deze aan dezelfde eisen voldoen. Omdat de 3D Foodprinter nog nooit echt commercieel is ingezet bij een restaurant of bedrijf zijn er nog geen specifieke wet- en regelgevingen op dit gebied. Zo ontkom je er niet aan dat ook een 3D Foodprinter gewoon elke dag schoongemaakt hoort te worden. Met de Fab@Home is dit een heel gedoe want dan moeten zowel de spuitmond en de cilinder losgehaald worden. Hier zou een getraind iemand minimaal wel een half uur zoet mee zijn.

Ook het bijvullen van de printer is geen gemakkelijke taak. Omdat de cilinder waar de voedingswaren in kunnen niet heel erg groot is moet deze vaak bijgevuld worden en dus ook vaak schoongemaakt worden. Om 3D Foodprinting interessant te maken voor restaurants moet er een systeem van capsules komen. Deze capsules moeten gemakkelijk te vullen zijn of al voorverpakt gekocht kunnen worden. Zeker als het in een restaurant erg druk is moet een 3D Foodprinter de snelheid van uitserveren niet belemmeren.

4. Voedsel



4.7. Restaurant 't Lansink

Om erachter te komen wat chefs van restaurants denken van 3D Foodprinting is restaurant 't Lansink in Hengelo benaderd. Dit restaurant heeft een Michelin-ster mede dankzij chef-kok Lars van Galen. Meneer van Galen was bereid om zijn kennis te delen. Om te laten zien wat er mogelijk is met 3D printen is er een collage aan hem gepresenteerd. (bijlage 5) Dit is gedaan om de fantasie van chef-kok van Galen de vrije loop te laten. Al snel werd duidelijk dat chef-kok van Galen goed op de hoogte was van het 3D printen en 3D Foodprinting. Ook zijn er een paar geprinte voorbeelden meegenomen en hier bleek dat het toch van cruciaal belang is dat chocolade voor verwerking goed getemperd is.

Chef-kok van Galen werkt zelf veel met mallen van siliconen en dergelijke om zo mooie vormen te creëren. Daarom leek het hem ook geen goed idee om een geheel nagerecht te printen. Hij dacht meer aan het maken van kleine hapjes bij de koffie na het nagerecht. Deze hapjes worden ook wel friandises genoemd. De meeste mensen verwachten geen uitgebreide hapjes voor bij de koffie, chef-kok van Galen wil mensen verrassen door van deze friandises ook een culinair hoogstandje te maken. Het maken van bonbons werd als lastig en irritant werk ervaren. Deze bonbons worden ook maar gevuld met een soort vulling.

Het idee van een 3D Foodprinter in een restaurant sloeg wel aan. Hij kwam met het idee van een kleine 3D printer die bij de koffie op tafel gezet wordt waar de mensen hun eigen friandises kunnen samenstellen en tegelijkertijd snel kunnen printen. Als vulling stelde chef-kok van Galen een ganache voor. Een ganache is een soort chocolade room waar vanalles aan toegevoegd kan worden voor een andere smaak. Zo had hij zelf bonbons gemaakt met een ganache van knoflook.

Om componenten in te dikken werd gelatine en agar-agar sterk afgeraden. Als gelatine uitgehard is kan je het wel uit elkaar scheuren maar de ketens binden zich niet meer aan elkaar. Xanthaangom en Arabische gom werden aangeraden als verdikkingsmiddelen.



Afbeelding 25: Geprinte voorbeelden en bonbons van 't Lansink

5. Fab@Home



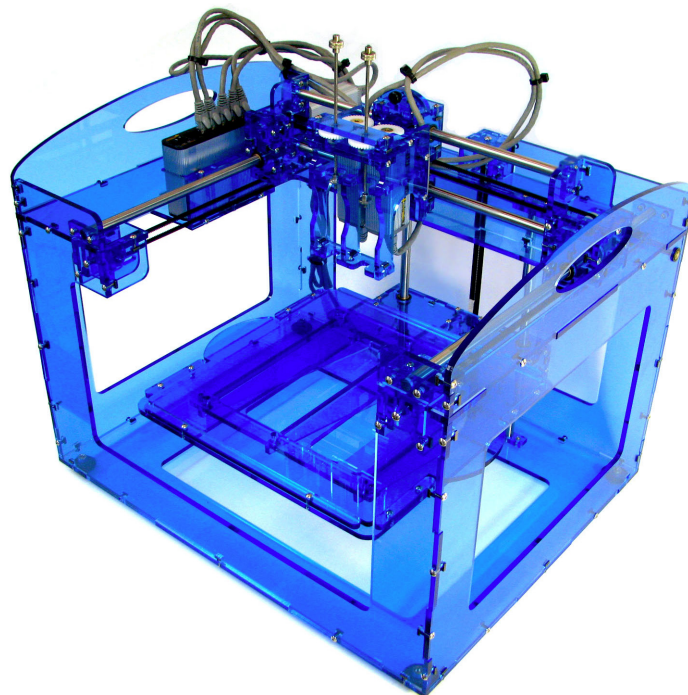
5.1. Werking

De Fab@Home model II is de printer waarmee deze opdracht is uitgevoerd. De print methode is de FDM methode. De printer is een uitgebreide versie van het eerste model en daarom ook model twee. Het verschil tussen het eerste en het tweede model is dat het tweede model in plaats van één spuit er twee heeft en het dus in theorie mogelijk is om te printen met twee componenten.

De printkop beweegt langs de X- en de Y-as en het platform beweegt langs de Z-as. Elke keer als de printkop dus een laag heeft gemaakt beweegt het platform waarop geprint wordt een laag omlaag. Hierdoor biedt het de ruimte voor het printen van de volgende laag. De spuit kan in een ruimte bewegen van 20cm x 20cm x 20cm.

De aandrijving van de beweging langs de assen komt van snapmotors die door middel van tandriemen de printkop en het platform laten bewegen.

In de bijbehorende software worden de instellingen van vijf verschillende componenten gegeven waarmee goed te printen is. Dit zijn roomkaas, epoxy, alginaat, glazuur en siliconen. Epoxy is vooral handig om te printen omdat deze na een tijdje uithard en dan heb je dus ook een stevig geprint object. Siliconen en alginaat worden vooral gebruikt om mallen te printen.



Afbeelding 26: Fab@Home model II printer

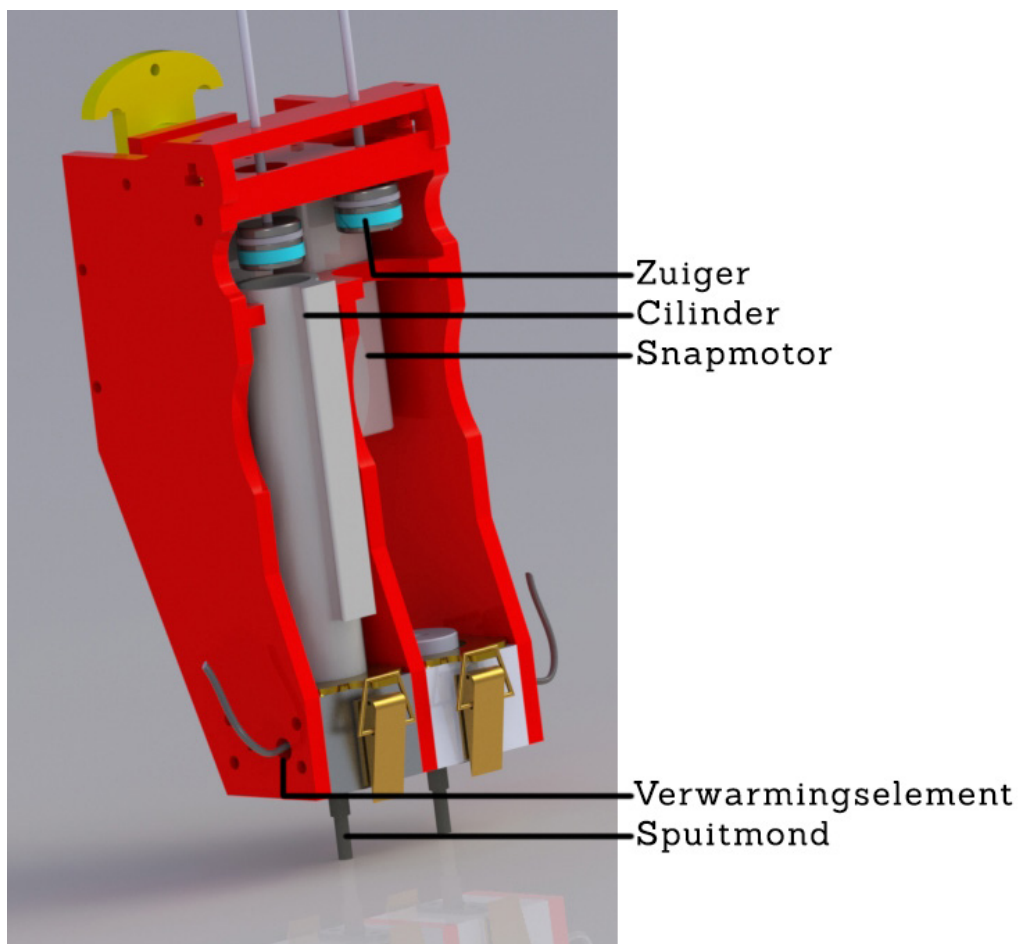
5. Fab@Home



5.2. Aangepaste versie

De Fab@Home waar mee gewerkt is, was al op een aantal punten aangepast ten opzichte van het origineel. Zo is de printer aangepast om te printen met chocolade. Zo is de hele printkop opnieuw ontworpen en wordt er niet meer gebruik gemaakt van spuiten die in de printer geplaatst kunnen worden. Deze spuiten hebben plaats gemaakt voor metalen cilinders met zuigers en een metalen spuitmond. Het systeem voor de aandrijving met de snapmotors is hetzelfde gebleven.

Om met chocolade te kunnen printen is het ten eerste nodig om deze te smelten, om chocolade te smelten is er warmte nodig. Zowel de cilinder als de spuitmond worden verwarmd door een verwarmingselement. De cilinder is ingepakt in een verwarmingsspiraal met reflecterende folie. De spuitmond is verwarmd door een verwarmingselement. Omdat chocolade bij een bepaalde temperatuur verwerkt moet worden moet de temperatuur ook geregeld worden. Dit gebeurt met een thermostaat die met een thermometer de temperatuur meet en aanslaat als de temperatuur te laag is en uit gaat als de temperatuur te hoog is.



Afbeelding 27: Verschillende onderdelen van de printkop

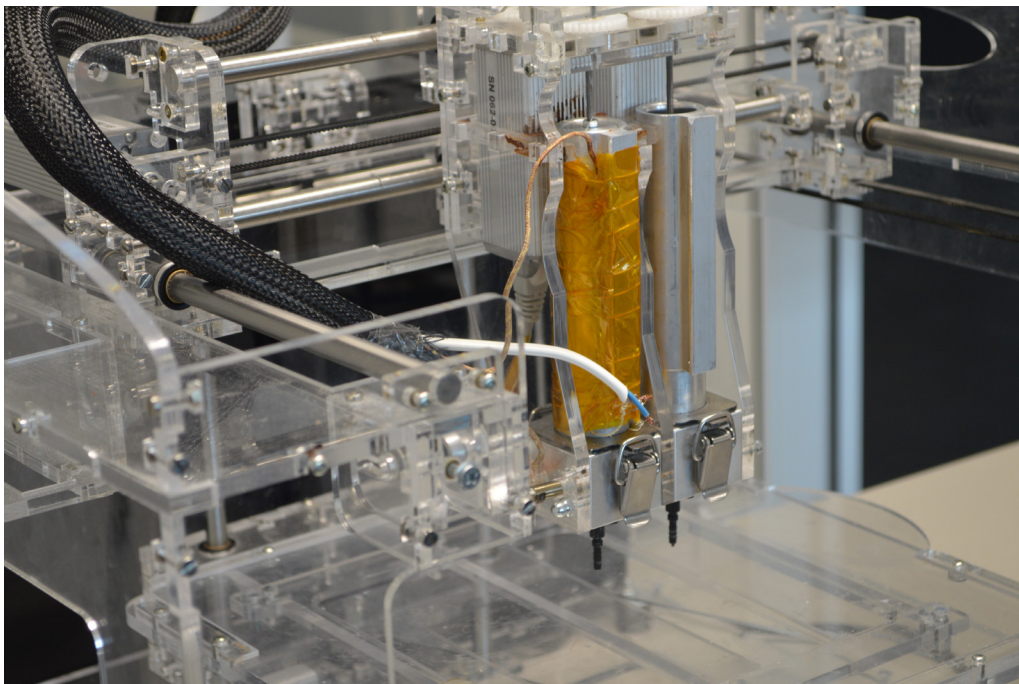
5. Fab@Home

5.3. Upgraden

Aan deze aanpassingen zitten naast voordelen ook een paar nadelen. Zo is de kop van de printer omlaag gebouwd waardoor er minder hoog geprint kan worden. Ook is de printkop door het gebruik van metaal een stuk zwaarder geworden. Dit zorgt ervoor dat er meer kracht komt te staan op de assen van de snapmotors. Hierdoor gebeurt het soms dat de assen slippen tijdens het printen en dit zorgt ervoor dat bijvoorbeeld de chocolade niet op de goede plek terecht komt.

Om chocolade goed te kunnen printen moet deze niet helemaal vloeibaar zijn, hierdoor kost het extruderen meer kracht. Sommige delen van de originele constructie zijn niet verstevigd waardoor de printer onderdelen van zichzelf kapot kan trekken als de chocolade niet door de extruder wil. Om dit te voorkomen moet de chocolade vloeibaarder zijn en dus warmer wat het weer lastiger maakt om mee te printen.

Verder is het redelijk arbeidsintensief om de printer bij te vullen vergeleken met het verwisselen van de spuit met het originele model. Zo moet de hele zuiger helemaal weer omhoog bewogen worden en dan nog van de as afgedraaid worden. De ruimte voor het bijvullen is heel klein. Daarom moet de chocolade er in kleine stukjes ingedaan worden. Als deze bijgevuld is moet de zuiger weer aan de as vast gemaakt worden en dan moet de chocolade gesmolten zijn voordat de zuiger weer in de cilinder kan.



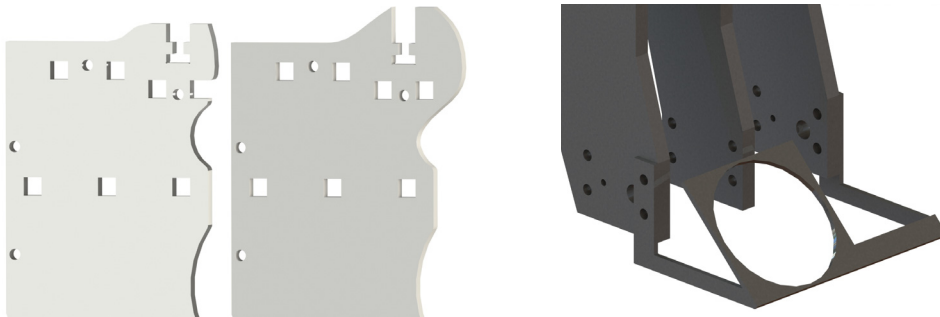
Afbeelding 28: De printkop van de aangepaste versie van de Fab@Home model II

5. Fab@Home



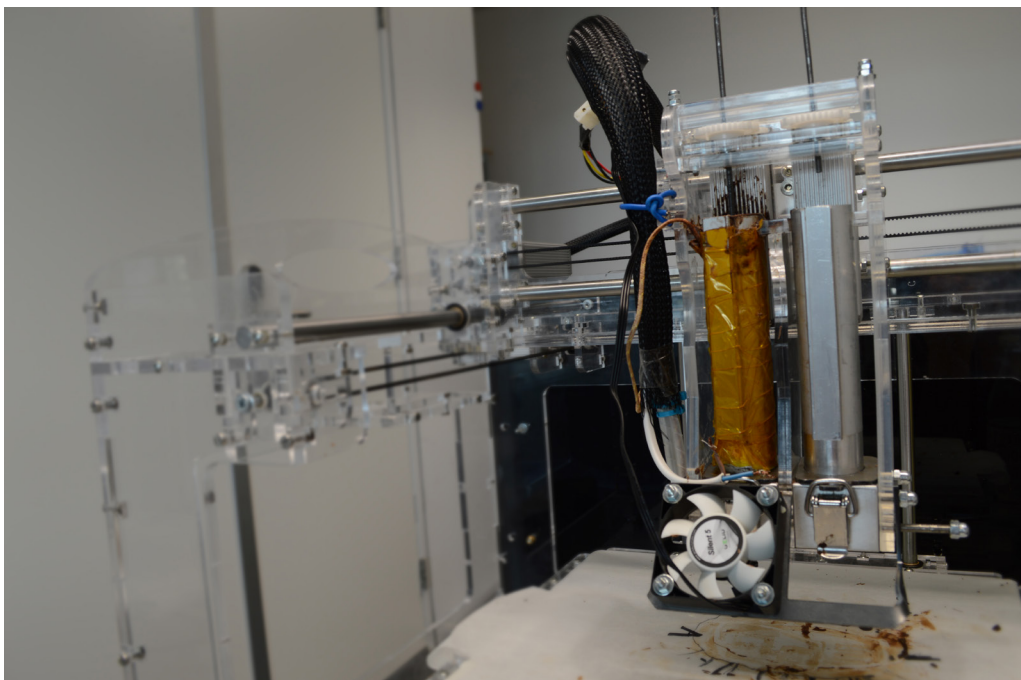
Er is veel tijd gaan zitten in het goed werkend krijgen van de printer. De tandriemen voor de beweging langs de assen is los gehaald en strakker afgesteld. Het verwarmingssysteem achter de printer is uit elkaar gehaald om bij een snapmotor te komen zodat deze niet meer slipt. De printkop is meerdere malen uit elkaar gehaald om schoon te maken en om kapotte onderdelen te verwijderen.

Om goed met chocolade te printen moest deze eerst geoptimaliseerd worden op een paar gebieden. Zo is de geometrie van een paar onderdelen aangepast wat voor meer stevigheid zorgt.



Afbeelding 29: Links oude onderdeel, midden nieuwe onderdeel en rechts de plaat voor de ventilator

Op de printer is ook een ventilator geplaatst gericht op het uiterste puntje van de spuitmond. Hierdoor kan er geprint worden met een iets hogere temperatuur omdat de chocolade sneller afkoelt. Ook is de printsnelheid drastisch verlaagd om zo de ventilator nog beter zijn werk te laten doen.



Afbeelding 30: De printkop met de nieuwe onderdelen

6. Printen



6.1. Software

Om de Fab@Home fatsoenlijk te laten werken hoort hier een stukje software bij. Deze bestaat uit twee totaal verschillende programmas die beide hun eigen bijdrage leveren aan het printen met de Fab@Home. Deze twee programmas zijn Fabstudio en Fabinterpreter

Fabstudio is het programma waar het STL model in wordt geladen. Deze wordt geplaatst op een virtuele omgeving die het platform van de printer voor moet stellen. Hier kun je het model nog aanpassen qua rotatie en translatie en vergroting. Nadat de positionering van je model goed is kan er een bepaald materiaal aan je model gegeven worden. Elk materiaal heeft zo zijn eigen instellingen. Daarna wordt het model opgedeeld in lagen en banen die de printkop moet gaan volgen. Het onderverdelen van een model in lagen gaat via een algoritme. Deze informatie wordt opgeslagen in een .fab bestand. Er is binnen Fabstudio de mogelijkheid om te kiezen voor verschillende manieren om het model onder te verdelen.

Simple Crosshatch Pather

Het model wordt op deze manier zo opgedeeld dat er eerst langs alle randen gegaan wordt en dat erna alle ruimte ertussen gevuld wordt. (simpele afbeelding)

Double Edge Pather

Hier worden er alleen twee lijnen naast elkaar gelegd langs alle randen van het model.

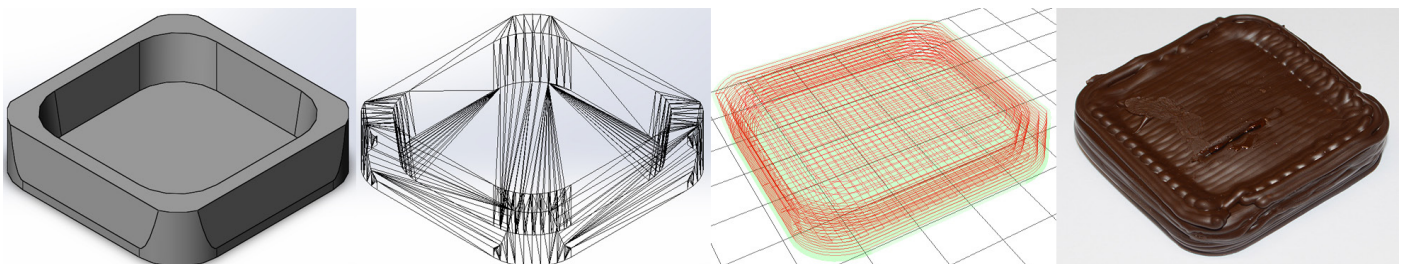
Edge Only Pather

Hier wordt er maar een lijn gelegd langs alle randen van het model

Crosshatch Script

Deze manier van onderverdelen houdt in dat het model zo gemakkelijk mogelijk ingevuld wordt.

De **Fabinterpreter** is het programma waarmee je handmatig alle motoren kunt verplaatsen. Dit is vooral handig om de printer bij te vullen als deze leeg is. Verder kun je in de Fabinterpreter het .fab bestand laden om deze daarna laag voor laag uit te laten voeren.



Afbeelding 31: Van model naar .STL naar .FAB naar een chocolaatje

6. Printen



6.2. Instellingen

Om te kunnen printen met een bepaald materiaal moet er gekeken worden naar de verschillende instellingen. De bestaande instellingen voor kaas en dergelijken waren niet de juiste instellingen om te printen met chocolade. De onderstaande instellingen zijn de instellingen die samen geoptimaliseerd moeten worden voor het printen van chocolade.

Temperatuur cilinder 34 °C

De cilinder waarin de chocolade zit kan verwarmd worden door een verwarmingselement. Hier worden de stukken chocolade in gedaan en die moeten smelten om ermee te kunnen printen.

Temperatuur spuitmond 34 °C

Ook de spuitmond moet verwarmd worden als dit niet gebeurt kan de chocolade stollen in de spuitmond waardoor er niks uit kan komen. Om de kwaliteit van het printen beter te krijgen is het handig om de temperatuur van de spuitmond iets lager te doen dan deze van de cilinder. Zo kan de chocolade al iets afkoelen en blijft deze beter liggen.

Deposition Rate 0,006 mm/s

De hoeveelheid materiaal die er gedeponeerd wordt per millimeter.

Path Speed 4 mm/s

De snelheid in millimeter per seconde van de printkop.

Slice Height 0,92 mm

De hoogte van een geprinte lijn van je materiaal bij een bepaalde temperatuur. Deze slice height is van belang bij het in de hoogte opdelen van je model in padbanen.

Path Width 1,5 mm

De breedte van een geprinte lijn van je materiaal bij een bepaalde temperatuur. Deze path width is van belang bij het in de breedte opdelen van je model in padbanen.

Suckback 0,55 sec

De suckback wordt in tijd gemeten. Dit houdt in dat het materiaal waarmee geprint wordt terug wordt gezogen zodat er geen overtollig materiaal deponeerd wordt ophetgene wat al geprint is. Deze suckback treedt op bij het einde van een lijn.

Pushout 0,50 sec

De pushout is het tegenovergestelde van de suckback. De pushout zorgt ervoor dat er meteen bij het beginnen van het printen ook daadwerkelijk materiaal uit de printer komt. De pushout en suckback moeten redelijk gelijk aan elkaar zijn.

Clearance 1mm

De clearance is de afstand tussen de spuitmond en het platform waarop geprint wordt. Als deze clearance te groot is zal het materiaal niet altijd op de juiste plek terecht. Is de clearance te klein zal de spuitmond door het geprinte object gaan en daardoor ruïneert het geprinte object.

6. Printen



6.3. Optimalisatie

Om de beste instellingen te vinden voor chocolade moet er een balans gevonden worden tussen al deze instellingen. In de afbeelding hieronder ziet u de resultaten van de stapsgewijze optimalisatie van de instellingen voor het printen met chocolade.

1 Vanwege het feit dat er ergens begonnen moet worden is dit het resultaat van printen met chocolade met de instellingen van kaas. Hier kun je vooral zien dat de pushout en de deposition rate te hoog zijn. Verder zie je door de witte uitslag van de chocolade dat de temperatuur te hoog is. De path width is te klein want er werd vaak door het pad heen gegaan wat net neergelegd was.

2 Na het aanpassen van deze instellingen was het resultaat al een stuk beter. De temperatuur was nog steeds te hoog. Bij het begin van het pad werd er nog te weinig neer gelegd. Dit betekende dat de suckback te hoog was. De slice height was nog te laag omdat de spuitmond door zijn eigen pad heen ging en juist een soort gleuf achter liet.

3 Bij deze optimalisatie stap werd de juiste temperatuur bereikt. Dit kun je zien doordat de chocolade mooi donker van kleur is. Ook zijn de meeste paden redelijk glad. Langs de zijkanten ziet het er nog geribbeld uit. Dit lag aan de slice height.



Afbeelding 32: Optimalisatie stappen

6. Printen

4 De suckback was op sommige punten nog te hoog. Dit werd waargenomen omdat de spuitmond op sommige punten nog steeds materiaal deponeerde op plekken waar dit niet hoorde. Waar het pad begon werd niet meteen materiaal neergelegd, dit betekende dat de pushout omhoog moest.

5 Bij de vierde optimalisatie stap kun je zien dat het er nog steeds geribbeld uitziet. Dus moest de slice height omlaag. Er was gewoonweg te veel ruimte tussen de spuitmond en wat er geprint werd. Hierdoor had de chocolade de mogelijkheid om anders te bewegen dan wat bedoeld is.

6 Bij de vijfde stap werd er niet meteen chocolade neergelegd als de printer begon met een nieuw pad. Dus moest de pushout omhoog. Bij de zesde stap was de balans tussen pushout en suckback eindelijk gevonden. Nu ziet het zesde model er niet uit als de mooiste. Dit kwam doordat de motor voor de x-as van de printer begon te slippen. Hierdoor werd de chocolade niet meer op de juiste plek neergelegd.

Deze optimalisatie stap is gedaan met pure chocolade met 58% cacao. Hiervoor is gekozen omdat deze chocolade nog best stevig blijft wanneer deze op 34 °C is vergeleken met melkchocolade. In bijlage 5 staat de tabel met de instellingen per stap.



Afbeelding 33: Optimalisatie stappen

6. Printen



Na dit optimalisatie proces bleek toch nog dat de chocolade te veel vloeide en dat het lastig was om goed laagjes op te bouwen. Na het toevoegen van de ventilator is er nogmaals een optimalisatie proces doorlopen. Hierbij is ervoor gekozen om de path speed zo laag mogelijk te doen met als reden dat de ventilator zo langer kan koelen op de geprinte laag. Doordat de path speed lager was moest ook de deposition rate omlaag. In bijlage 6 staat een tabel met de instellingen hiervoor.

Nu het printen met chocolade zo goed mogelijk kan met de Fab@Home is het tijd om wat verschillende dingen te proberen. Zoals het maken van bakjes, deze te vullen met bijvoorbeeld jam en dan weer afsluiten met chocolade. Hieronder een aantal voorbeelden hiervan.



Afbeelding 34: Chocolade gevuld met jam, witte en pure chocolade ganache



Afbeelding 35: Chocolade gevuld met jam

Afbeelding 36: Koekjes gevuld met jam en witte chocolade ganache

7. Eisen



7.1. Eisen voor het gerecht

De focus ligt op het maken van een gerecht uit de 3D Foodprinter en de manier waarop dit gerecht tot stand komt. Om er achter te komen welke eisen er aan het gerecht gesteld moeten worden, zijn er randvoorwaarden nodig om te kijken waar het gerecht geserveerd wordt en wie het uiteindelijk op gaan eten. Deze randvoorwaarden zijn voor het uiterlijk van het nagerecht, de smaak van het nagerecht en de dikte van de verschillende voedselcomponenten.

Uiterlijk van het gerecht

Vanwege het feit dat chocolade goed geprint kan worden met de Fab@Home zou het zonde zijn om deze niet te gebruiken. Verder leent pure chocolade zich goed voor 3D Foodprinting. Uit de collage in bijlage 2 blijkt dat er veel met contrasterende kleuren gewerkt wordt. Aangezien chocolade van nature donkerbruin van kleur is moet hier een contrasterende kleur gevonden worden. Aangezien de chocolade best donker bruin is moet er een lichtere contrasterende kleur gevonden worden. Omdat het gerecht uit tenminste drie componenten moet bestaan kan er ook een kleur bij die juist goed bij bruin past. Uit de collage komt ook naar voren dat er veel gewerkt wordt met strakke lijnen. Als dit samengevoegd wordt met de contrasterende kleuren zorgt een strakke lijn tussen de componenten voor nog meer contrast. Een andere eis is dat het 3D printen een toegevoegde waarde heeft. De chef moet als het ware verslagen worden door geometrieën te printen die niet door een chef gemaakt kunnen worden met conventionele manieren.

Smaak van het gerecht

Een nagerecht is van nature een zoet gerecht, maar niet te zoet. Er moet een goede balans gevonden worden tussen alle verschillende smaken. Omdat de pure chocolade al vast staat moeten er componenten worden bijgevoegd die zorgen voor balans in het gerecht. Pure chocolade is zowel bitter, romig en een beetje zoet. Daar tegenover staan zuur en fris. Ook is geprinte chocolade hard en knapperig qua textuur. Hiertegenover moeten dus zachte texturen staan voor een balans in het mondgevoel. Ook is het natuurlijk goed om de consument op een goede manier te verrassen. Dus kunnen er altijd componenten worden toegevoegd die niet zo zijn als men van tevoren had verwacht.

Dikte voedselcomponenten

De dikte van de voedselcomponenten hangt af van de manier waarop deze gebruikt wordt. Als de component gebruikt wordt als vulling hoeft deze lang niet zo dik te zijn, maar net wel weer dik genoeg zodat de chocolade er bovenop blijft liggen. Wordt deze gebruikt als losstaande structuur moet deze een stuk dikker zijn om goed te blijven liggen en te blijven plakken aan de ondergrond.

7. Eisen



7.2. Eisen om te printen

Naast de eisen voor het gerecht zijn er een aantal concretere eisen om te printen. Zo is er een vervolgoopdracht om de voedselcapsules te ontwerpen voor deze printer en nieuwere generatie Foodprinters. Deze eisen hebben betrekking op de interactie tussen de eventuele capsules en de printer en de interactie tussen de printer en het gerecht wat geprint wordt. Ook moet er gekeken worden hoe gemakkelijk een printer in de toekomst gebruikt moet gaan worden.

Interactie capsules en Foodprinter

- Inhoud van capsules bij huidige printer 30cm^3
- Inhoud van capsules voor nieuwe printer minimaal 60cm^3
- Capsules snel en gemakkelijk te verwisselen
- Materiaal van de capsules mag niet vervormen bij $34\text{ }^\circ\text{C}$
- Capsule moet cilindervormig zijn voor een gelijkmatige verdeling van de druk
- Capsules moeten goedkoop zijn ten opzichte van de hoge printer prijs
- De spuitmond van de printer moet gemakkelijk schoon te maken zijn
- De capsules moeten een soort verwijderbaar folie bevatten om de hygiëne te waarborgen
- Connectie tussen capsule en spuitmond met diameter van 10mm
- Maximale lengte capsule voor huidige printer 140mm

Interactie Foodprinter en gerecht

- Maximale afmetingen gerecht $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 20\text{cm}$
- Minimale wanddikte van 1mm binnen het model
- Geen overhang in het model
- Viscositeit $90\text{ mPa}\cdot\text{s}$
- Homogene massa

Interface Foodprinter

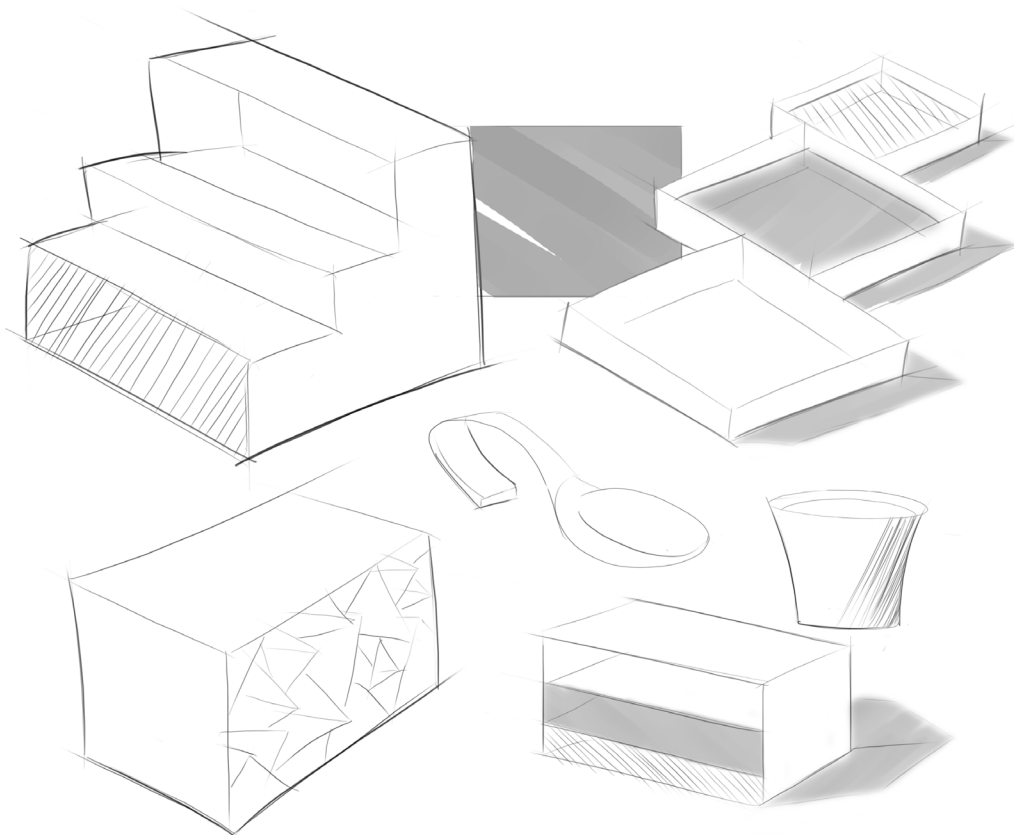
- Te gebruiken zonder veel voorkennis
- Duidelijk weergeven van de restricties
- Vrijheid bieden aan de gebruiker

8. Samenstellen

8.1. Van eisen tot concepten

Omdat het nagerecht wat ontworpen wordt geprint moet worden met de huidige Fab@Home moet deze ook aan de gestelde eisen voldoen. Zo is het niet mogelijk om te printen met overhang wat leidt tot 'beperkte' ontwerpen of er moeten slimme oplossingen gevonden worden. Een van die slimme oplossingen zou het in delen printen van een object kunnen zijn. Zo kan er geprint in een bepaalde positie geprint worden waarna het object omgedraaid kan worden en het ineens heel anders lijkt.

Doordat de wanddikte minimaal 1mm moet zijn is het wel mogelijk om dunwandige objecten te maken zoals simpele bakjes die je dan met een andere component kunt vullen. Het voordeel van deze bakjes is dat de component een lage viscositeit kan hebben. Het kan namelijk niet uit het bakje vallen indien deze een bodem heeft. Hierdoor is het ook mogelijk om een shotglaasje te printen en deze te vullen met drank. Een ander voordeel van deze bakjes is dat je er andere componenten in kan laten opstijven zoals bijvoorbeeld gelatine.



Afbeelding 37: Schetsen voor mogelijkheden

8. Samenstellen

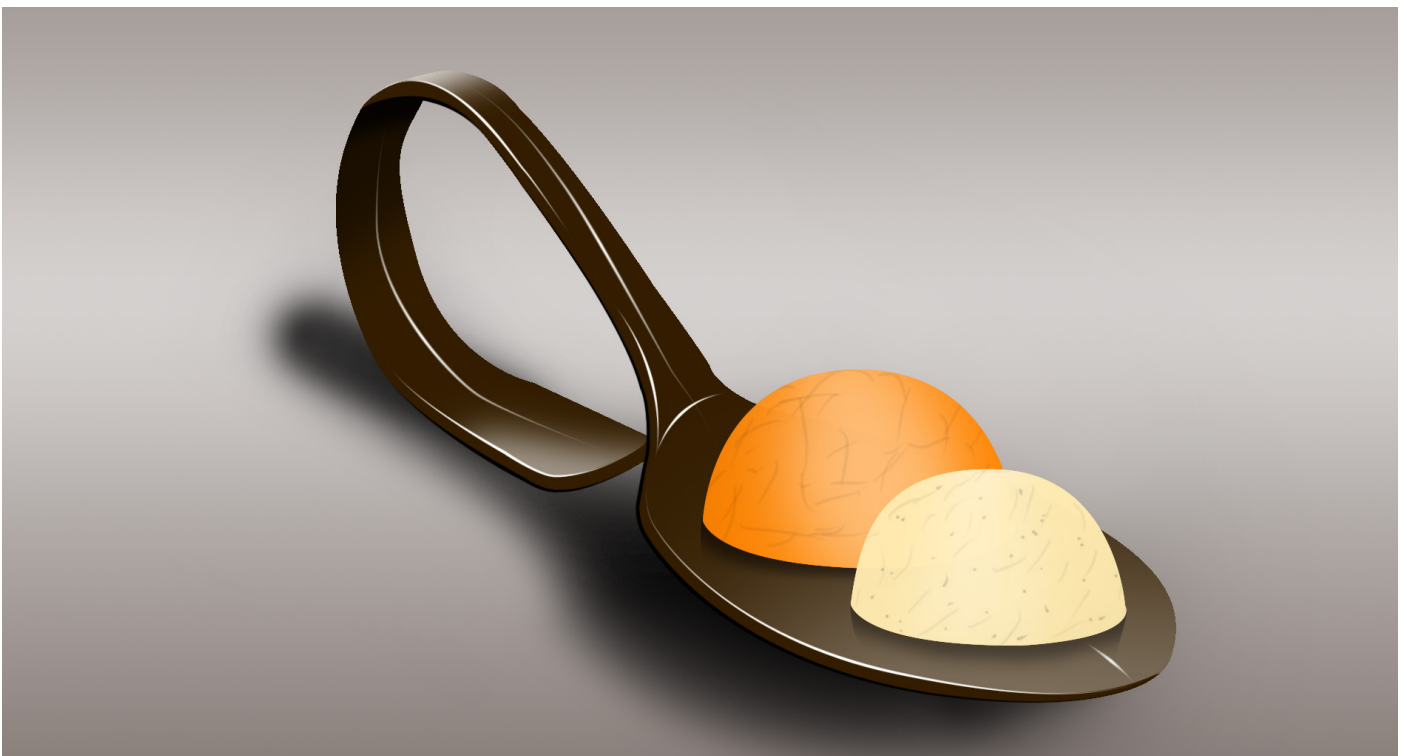


8.2. 'Eind Amuse'

Nadat de eisen voor het nagerecht zijn gesteld kunnen er concepten ontwikkeld worden. Dit eerste concept is een geprinte amuse lepel met daarop een crème van mandarijn en een vanille crème. Dit zou zowel als nagerecht of als friandise bij de koffie geserveerd kunnen worden. Om ervoor te zorgen dat er zowel zoet als zuur in het gerecht zit is er voor mandarijn en vanille gekozen. Bij de koffie kan er ook nog wel eens gekozen worden om hier een likeurtje bij te doen. Dan zou Grand Marnier hier goed bij passen omdat dit een sinasappel likeur is. Ook zijn deze van nature lichter gekleurd en contrasteren dan ook mooi met het donkere van de chocolade.

Het gebruik van de amuse lepel laat het diner als een geheel voelen. Een amuse is meestal een klein hapje aan het begin van het diner, nu wordt op dezelfde manier het diner ook afgesloten. Het enige voordeel is dat nu zelfs de lepel opgegeten kan worden.

De lepel kan zoals deze nu is niet in een keer geprint worden. Hiervoor moet de lepel langs de lengte opgedeeld worden. Deze halve lepels zijn wel te printen en moeten na het printen aan elkaar vast gesmolten worden. De crèmes zijn allebei gemakkelijk te printen indien deze dik genoeg zijn. Als dit niet het geval is kan er altijd teruggegrepen worden op een verdikkingsmiddel.



Afbeelding 38: Geprinte lepel

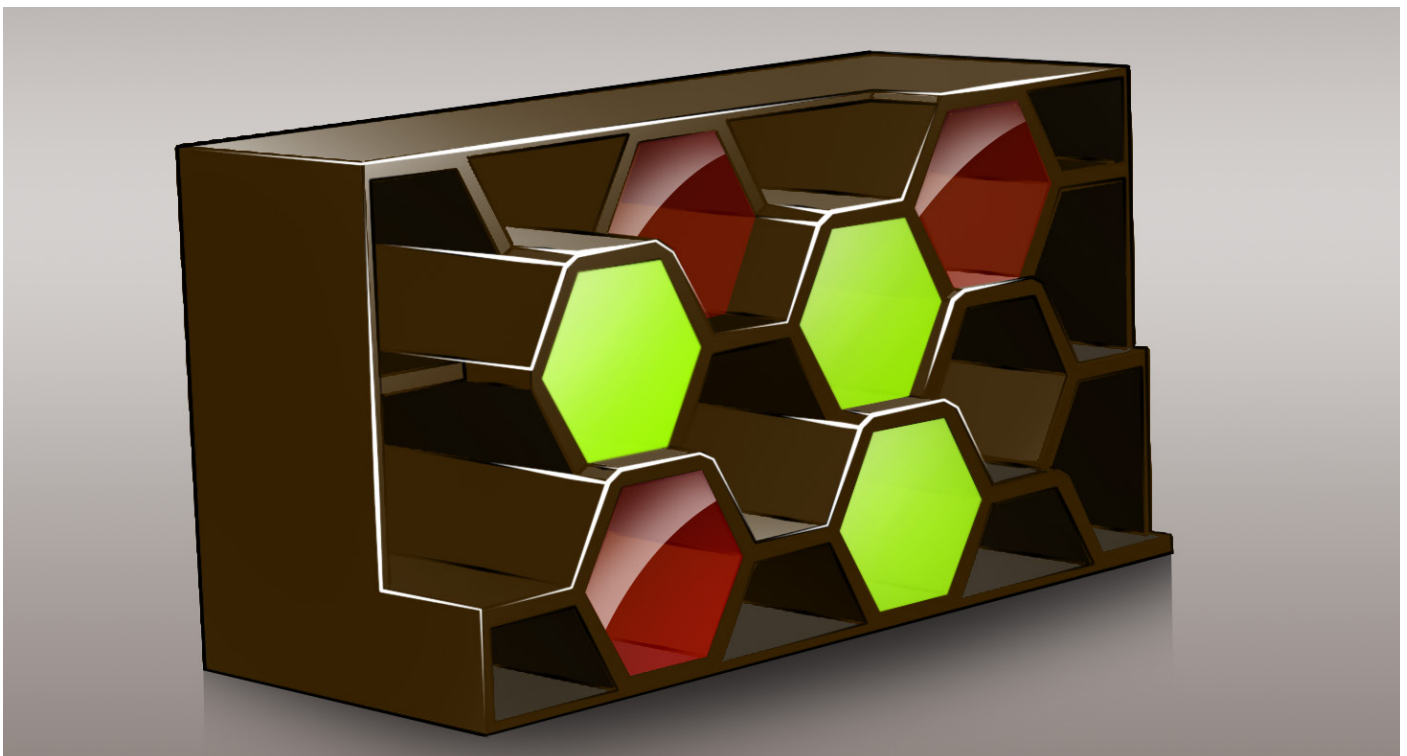
8. Samenstellen



8.3. 'Wespennest'

Een van de dingen die langskwamen bij het bezoek aan 't Lansink in Hengelo was dat er geprobeerd moest worden om de chef te verslaan. Hiermee wordt bedoeld dat er iets gemaakt wordt met een 3D Foodprinter wat een chef zelf niet kan. Ringen van chocolade kan een chef nog wel maken. Als er vele hoeken bij komen kijken zoals de vele hoeken die in dit concept zitten is het voor de chef onmogelijk dit te maken met conventionele methoden. Het concept bestaat uit een rechthoek waar op verschillende hoogtes zeshoeken uit komen. Om het 3D effect nog beter te krijgen is ervoor gekozen om niet elke zeshoek even ver te laten komen. De holtes zijn gevuld met een crème van kiwi en een gelei van aardbei. Hier is voor gekozen omdat de kleuren goed contrasteren met de donkere chocolade. De aarbeien zijn zoet, de kiwi is zuur en de chocolade bitter. Dit samen zorgt voor een goede balans van smaken. De gelatine is wat steviger dan de crème wat weer voor verschillende texturen zorgt.

Dit concept kan geprint worden door deze op zijn platte kant in de hoogte te printen. Daarna kan de vulling in de zeshoeken geprint worden. Doordat er nu als het ware bakjes geprint worden kunnen verdikkingsmiddelen zoals gelatine en agar-agar wel. Zo is gelatine voordat het uithardt nog best vloeibaar, daardoor valt het goed in de holte. Dit concept moet eerst nog in het koelkast bewaard worden totdat de gelatine uitgehard is.



Afbeelding 39: Wespennest

8. Samenstellen

8.4. 'Grand Dessert'

Een Grand Dessert is een combinatie van meerdere desserts in een gerecht. Deze desserts worden door chefs meestal aangegrepen om te laten zien wat ze kunnen. Dit concept is hier de behuizing voor, de chef kan zelf kiezen wat er in de bakjes komt. Omdat een menukaart niet altijd hetzelfde blijft zullen ook niet alle nagerechten op de menukaart blijven. Een Grand Dessert kan wel op de menukaart blijven omdat het niet vast staat waar deze uit bestaat. Deze behuizing biedt dus ook de mogelijkheid tot vijf verschillende desserts in een.

In dit Grand Dessert zit van linksonder naar rechtsboven: slagroom, witte chocolade ganache, verse aardbeien, aarbei en vanille ijs en een crème brûlée. Er is voor aardbeien gekozen omdat een zomers product is en daarom ook op moment van schrijven goed te verkrijgen is. Naast pure chocolade werkt ook witte chocolade goed samen met aardbeien. Ook de klassieke combinatie van aardbeien met slagroom kan zo gemaakt worden. Om textuur toe te voegen aan het gerecht is er het knapperige van de gebrande suiker op de crème brûlée.

Dit concept is prima te printen. Een ander voordeel hiervan is dat dit concept vroeg van tevoren al te maken is. Wanneer deze geprint zijn kun je ze koel bewaren en gebruiken wanneer nodig.



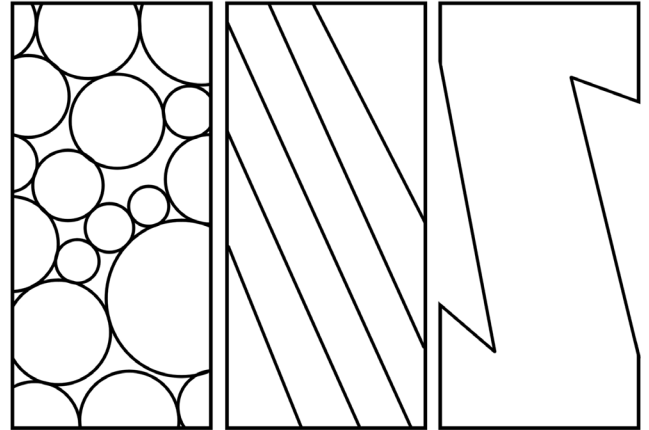
Afbeelding 40: Grand Dessert

9. Nagerecht



Wespennest

Het concept 'Wespennest' is het concept waarin het meeste potentie gezien wordt. Op de eerste plaats heeft 3D Foodprinting hierbij het meeste nut. Verder kan er gespeeld worden met de invulling van het rechthoek, zo hoeven dit helemaal geen zeshoeken te zijn. Eigenlijk is alles binnen het rechthoek mogelijk. En zelfs het rechthoek hoeft niet precies een rechthoek te zijn. Verder is het niet verplicht om maar twee componenten toe te voegen aan de chocolade. Ook kan het concept mee in de verschillende seizoenen want dan kunnen er gewoon andere componenten worden toegevoegd.



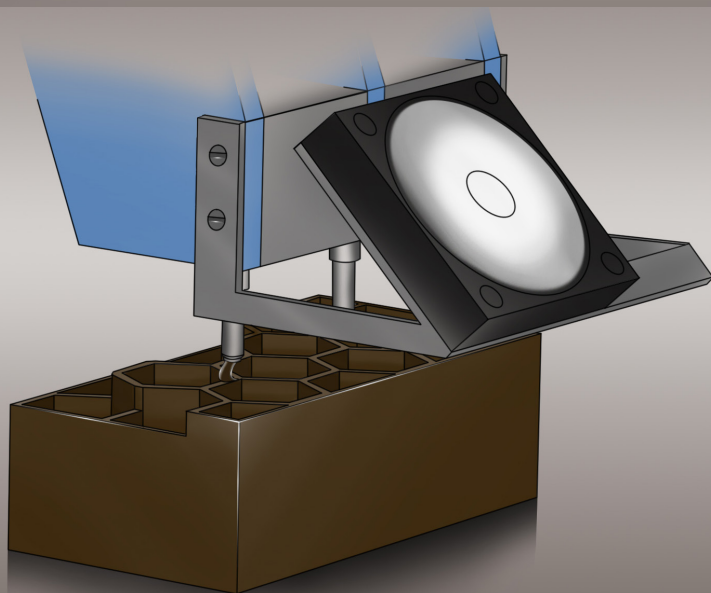
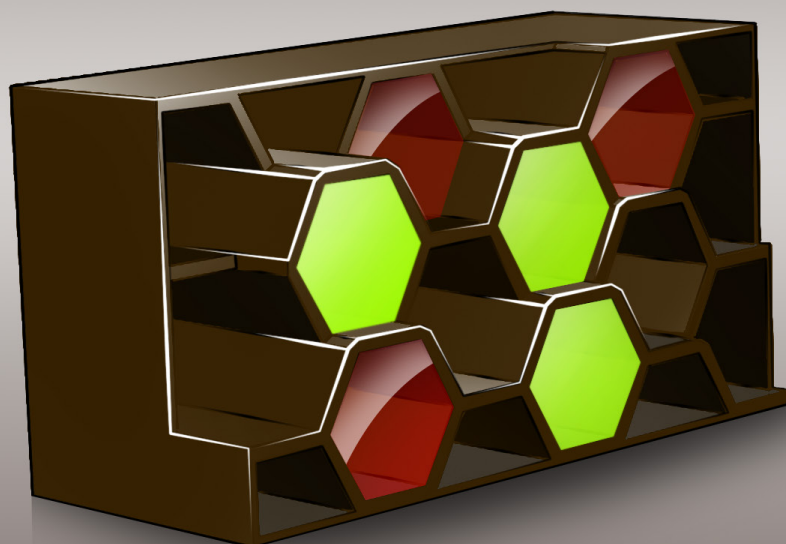
Afbeelding 41: Verschillende mogelijkheden om te printen

3D Foodprinten had volgens chef Lars van Galen pas echt nut als de chef verslagen werd. Dit kan bereikt worden door geometrieën te maken die een chef niet kan met conventionele methoden. Dat is met dit nagerecht zeker gelukt. Als dit gerecht gemaakt zou moeten worden en de chef had de keuze tussen 3D printen en zelf doen kan er met zekerheid gezegd worden dat de chef bijna altijd zou kiezen voor het 3D printen.

Om een goede balans te creëren met ingrediënten die ook nog eens qua kleur goed met elkaar contrasteren is er gekozen voor chocolade met kiwi en aardbeien. De aardbeien gelatine wordt gemaakt door de aardbeien heel fijn te pureren en dan de gelatine blaadjes toe te voegen. De kiwi crème wordt gemaakt door de kiwi ook fijn te pureren waarna deze gemengd wordt met kwark en eventueel een verdikkingsmiddel. Natuurlijk staat deze ingrediënten niet vast, een chef kan er zelf voor kiezen om hele andere ingrediënten te gebruiken.

Met dit ontwerp kun je restaurants ook de keuze bieden om het nagerecht te laten personaliseren door klanten. Dit kan op twee manieren, zo kan men bij een reservatie een text doorgeven om iemand te verrassen. Bijvoorbeeld in het geval van een huwelijksaanzoek. De andere manier is mensen de keuze stellen of er een naam in verwerkt moet worden bij het bestellen van alle gerechten.

Door de wanddikte van één millimeteren geen overhang zijn aan de eisen voldaan wat betreft de mogelijkheden met de huidige Fab@Home. Door het volume van het object moet de printer tijdens het printen één keer bijgevuld worden. Als er capsules komen om mee te printen moeten deze voor dit ontwerp tenminste twee keer zoveel inhoud kunnen bevatten.



10. Conclusie



Een deel van deze opdracht was het onderzoeken van de huidige ontwikkelingen op het gebied van 3D Foodprinting. Hieruit blijkt dat er sinds het onderzoek van Liza Boon heel wat 3D Foodprinters bij zijn gekomen. Ook zijn er meerdere technieken toegepast zoals het printen van suiker wat volgens de Inktjet Bed Printing methode gaat. Doordat de techniek steeds verder vooruit is gegaan is er steeds meer mogelijk op het gebied van 3D Foodprinting. Dit kun je ook zien aan de vele toepassingen die er nu al zijn van 3D Foodprinting. Van het printen van maaltijden voor ouderen tot het printen van versieringen voor bruidstaarten. Verder kwam er een probleem naar voren namelijk het voeden van de wereldbevolking in de toekomst. 3D Foodprinting kan hier zijn bijdrage aan leveren door bijvoorbeeld te gaan printen met insecten. Zo blijkt maar weer dat 3D Foodprinting meer is dan alleen een leuke nieuwe techniek waar je over een paar jaar niks meer van hoort.

Omdat het uiteindelijke doel was om de mogelijkheden van 3D Foodprinting verder te onderzoeken moest er goed gekeken worden naar de verschillende ingrediënten en verdikkingsmiddelen. Zo is het mogelijk om met bijna elk ingrediënt te printen als deze maar de juiste dikte heeft om te blijven plakken en genoeg steun te bieden voor de laag die er bovenop komt. Doordat de nauwkeurigheid van een 3D printer niet gehaald is met de 3D Foodprinter kan er geconcludeerd worden dat 3D Foodprinting met de huidige techniek nog geen plaats zal krijgen in een restaurant. De nauwkeurigheid ligt hiervoor nog te laag, ook is het niet mogelijk om met overhang te printen en moet de koeling van de 3D Foodprinters voor chocolade nog flink verbeterd worden.

Doordat er een 3D Foodprinter beschikbaar gesteld was kon het geleerde ook in de praktijk toegepast worden. Helaas was de printer niet altijd even betrouwbaar. Daardoor is er meer tijd besteed aan het repareren en verbeteren van de printer dan het printen zelf. Desalniettemin is het toch gelukt om dingen te printen die meerdere componenten bevatten. Door de beperkingen te leren van de printer is ook gelukt om concepten te ontwikkelen. Deze concepten moeten allenmaal door de Fab@Home geprint kunnen worden.

Het uiteindelijke nagerecht wat ontwikkeld is heeft als grote voordeel dat deze niet op conventionele wijze door chefs gemaakt kan worden. Het geprinte nagerecht heeft niet de nauwkeurigheid en de interessante geometrie die je zou verwachten bij het 3D printen. Hierdoor is 3D Foodprintint op dit moment ook niet interessant voor restaurants. De eisen die gesteld zijn voor eventuele capsules zijn ook een goede aanzet tot een vervolgonderzoek. Zo is er al een redelijk beeld geschetst over hoe deze capsules eruit moeten komen te zien.

11. Evaluatie

Na een onderzoek is altijd goed om dit te evalueren. Dit is een cruciaal onderdeel van het leerproces. Zo kun je leren van de eventuele fouten die zijn gemaakt voor een volgende opdracht of een volgend onderzoek. Tijdens deze opdracht heb ik vooral geleerd dat een planning een levend document is. Vrij weinig verloopt volgens schema en dat heb ik ook meegemaakt tijdens deze opdracht. Zo had ik verwacht meteen met een werkende printer te werken. Dit was niet zo en zodoende liep het al in de soep met de planning. Er was wel rekening gehouden met wat uitloop in de planning maar ik had niet verwacht dat het zoveel werd.

Doordat de printer eerst weer gerepareerd moest worden waren er veel momenten waar ik op onderdelen moest wachten. Door niet te veel tijd te verliezen heb ik in die wachttijd al stukken geschreven voor het verslag. Ondanks de tijd die ik in het repareren van de printer heb gestoken ben ik toch blij met het resultaat wat ik behaald heb. Er zijn daadwerkelijk objecten geprint met meer dan een component. Zoals een bonbon gevuld met drie verschillende componenten en het vullen van een wafel.

Ik heb ook geleerd dat het beter is om meteen een oplossing te zoeken met als voorbeeld de onderdelen voor de printer. Misschien als ik nog sneller had gehandeld had dit tijd gescheeld die ik weer nuttig kon gebruiken voor het printen.



Afbeelding 42: Het geprintte nagerecht

12. Aanbevelingen



Om in de toekomst te printen met deze vorm van de Fab@Home moet deze nog wel wat verbeterd worden.

Zo is het bijvullen van de cilinders niet het meest gemakkelijke werkje. Eerst moet de zuiger helemaal uit de cilinder waarna de cilinder in beperkte ruimte weer gevuld moet worden.

Als de chocolade egaal moet zijn dan is het van belang dat de cilinder ook goed ontlucht wordt. De manier waarop dat nu gedaan wordt is door de hele printkop los te halen. op zijn kop te hangen en de spuitmond eraf te halen.

Ook zou de constructie van de printkop verbeterd kunnen worden om zo meer kracht aan te kunnen waardoor de chocolade minder vloeibaar hoeft te zijn.

Om nog beter te printen moet de chocolade getemperd worden. Deze techniek moet dan ook nog verder onderzocht worden.

De hygiëne speelt ook een belangrijke rol bij voedingsmiddelen. Zo zou het misschien gemakkelijker zijn als er gewerkt wordt met capsules. Deze capsules moeten gemakkelijk in de printer geplaatst kunnen worden en ook gemakkelijk verwisseld als deze leeg zijn.

Voor een eventuele nieuwe printer zijn de eisen dat deze een printkop heeft die meer kracht aan kan dan de huidige Fab@Home. Ook moet deze printer een stuk gebruiksvriendelijker zijn.

Het doel van een nieuwe printer is om gedetailleerder te kunnen printen en te printen met overhang.

Een vervolgstap voor dit onderzoek zou kunnen zijn: het tegelijkertijd printen van de verpakking als het product met eendezelfde printer.

13. Referenties



Wohlers Report 2014, 3D printing and Additive Manufacturing State of the Industry

Xantaangom, <https://nl.wikipedia.org/wiki/Xanthaangom>

Viscositeit Chocolate, <http://www.chocoley.com/resources/understanding-viscosity>

What can 3D printing do?, <http://www.forbes.com/sites/amitchowdhry/2013/10/08/what-can3d-printing-do-here-are-6-creative-examples/>

3D printing is in de mode, <http://www.3dprimeur.nl/3d-toepassingen/mode/3d-printing-is-in-de-mode/>

Afbeelding voorpagina: http://blog.2modern.com/wp-content/uploads/2014/01/3d_chocolate_printer.jpg

Afbeelding 2: http://www.deskeng.com/de/img/beyond-plastics-the-latest-in-rp-and-m-material-options-1-in-a-series_3.jpg

Afbeelding 7: <http://i.livescience.com/images/i/000/050/832/original/3d-printed-splint-1.jpg?1369256203>

Afbeelding 8: http://laruemoderne.com/wp-content/uploads/2014/10/16_3d-printing-lede-b.jpg

Afbeelding 9: <http://www.3ders.org/images/Insects-au-Gratin-4.jpg>

Afbeelding 10: <http://il-news.softpedia-static.com/images/news2/Biozoon3D-Printed-Pork-and-Chicken-Almost-as-Palatable-As-Standard-Meals-444592-2.jpg>

Afbeelding 11: <http://www.foodbev.com/wp-content/uploads/2015/05/3dprintkop660-660w.jpg>

Afbeelding 12: <http://www.designboom.com/wp-content/uploads/2014/01/3D-systems-chef-jet-food-printer-designboom-02.jpg>

Afbeelding 13: http://www.3dmaker.systems/495-thickbox_default/choco-extruder-set3drag-in-kit.jpg

Afbeelding 14: <http://cdn.instructables.com/FJO/U05M/HD2RW2SR/FJOU05MHD2RW2SR.LARGE.jpg>

Afbeelding 15: <http://www.3d-printmagazine.nl/wp-content/uploads/2015/03/TNO-Food-printer-concept3-arm.png>

Afbeelding 16: <http://cdn.phys.org/newman/gfx/news/hires/2-introducingc.jpg>

Afbeelding 17: <http://www.tuvie.com/wp-content/uploads/moleculaire-food-printer3.jpg>

Afbeelding 18: <http://netdna.wallyou.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2015/05/Bocusini-Food3D-Printing-System-01.jpg>

Afbeelding 21: http://www.bocusini.com/system/images/courses/c0/67/c067270d6dd2b2c9c610ebbb14482d12_w745h480

Afbeelding 22: <http://www.recipes100.com/v/ab9833f1457eb64e6a1ff7f3076ac7ae.jpg>

Afbeelding 23: http://images.smulweb.nl/wiki/89/high_res/gelatine-large.jpg

Afbeelding 24: <http://www.koppiekrau.com/tips/doe%20het%20zelf/foto's-dhz/foer-ArabisheGom1-wi.jpg>

Afbeelding 26: <http://www.solidsmack.com/wp-content/uploads/2010/05/fab@home-model2.jpg>

Bijlage 1



Printers op de markt

Omdat 3D Foodprinting nog een beetje in de kinderschoenen staat is het aantal printers op de markt wat daadwerkelijk voedsel print ook nog beperkt. De volgende printers worden besproken: Fab@Home, Chefjet, Dovetailed, Bocusini, 3Drag, Foodini en de Focus 3D Printer.

De **Fab@Home** printer is de printer waar het foodprinten eigenlijk een beetje is begonnen. Deze printer werkt volgens de FDM methode en kan gevuld worden door een gevulde spuit in de printer te plaatsen. De vulling van de spuit moet vloeibaar genoeg zijn zodat deze gemakkelijk uit de spuit te krijgen is en toch dik genoeg om te blijven liggen en daar weer een laag bovenop te leggen. Een nadeel van de Fab@Home met de bijbehorende software is dat deze geen limieten kent en het dus mogelijk is dat de printkop door zijn eigen grens gaan en onderdelen van zichzelf kapot maakt.

De **Chefjet** printer is een printer die gebruik maakt van de SLS methode. De grondstof hiervoor is een fijn poeder van suiker wat lokaal uitgehard wordt door het deponeren van minitieuze druppels water. Doordat het poeder heel fijn is kan men ook een hoge mate van detail verwezenlijken. Het nadeel van deze printer is dat dit eigenlijk alleen maar werkt met suiker en water. Andere grondstoffen klonteren minder snel samen na het toevoegen van water. Een ander nadeel is dat suikerpoeder **hygroscopisch*** is. Als een geprint object van suiker in een vochtige kamer staat zal deze sneller uit elkaar vallen.

De **Dovetailed** printer is een printer die zijn gehele werking baseert op een chemische reactie. Deze printer laat steeds druppels vallen in een bad van water en een zout. Deze druppels bevatten vruchtensap en **alginaat***. Zodra dit alginaat in contact komt met het zout treedt er een chemische reactie in werking die een vlies maakt om de druppel. Op deze manier wordt er een soort kaviaar gemaakt van vruchtensap. Het nadeel van deze printer is dat er alleen maar bolletjes van gemaakt kunnen worden.

De **Bocusini** printer is een printer die werkt via de FDM methode, er kunnen spuiten in de printer geplaatst worden met verschillende grondstoffen zoals een chocolade pasta of paté. Dit is het grote voordeel van deze printer, het is gemakkelijk om van component te verwisselen zonder dat de gehele machine uit elkaar hoeft. Een ander voordeel van deze printer is dat deze werkt met een simpele kindvriendelijke app waar je een tekening heel snel om kunt zetten tot een model wat geprint kan worden. De nadeel is dat er niet gewerkt kan worden met componenten die eerst opgewarmd moeten worden.

Bijlage 1



Printers op de markt

De **3Drag** printer is een printer die van plastic FDM printen omgebouwd is naar het printen van chocolade. Deze printer kan dus de chocolade opwarmen en daarna printen. Er zit ook een ventilator op om de chocolade sneller af te koelen na deze geprint is. Het voordeel van deze printer is dat de chocolade zeer precies kan plaatsen en zo ook gedetailleerd kan printen. Het nadeel is wel dat er alleen maar met chocolade geprint kan worden.

De **Foodini** is een printer die ook gebruik maakt van spuiten. Deze printer wordt vooral nog gebruikt voor 2D toepassingen. Zoals het neerleggen van een pizza bodem .

De **Focus 3D Printer** is een printer die ook gebruik maakt van de FDM methode. Het voordeel van deze printer is dat hij erg flexibel is. De kop van de printer kan vervangen worden door drie verschillende print koppen. Er is een kop om voedsel mee te printen, dit werkt door er spuiten in te plaatsen gevuld met een voedsel component. Verder is er een printkop om met kunststoffen te printen en er is een kop waarmee het mogelijk is om met keramiek te printen.

Bijlage 2

Nagerechten collage



Bijlage 3



Nagerechten top restaurants

De Leest, Vaassen

Diversiteit van kazen en zuidvruchten
Blauwe bes, dragon en kwark
Mandarijn en kokos
Luchtige chocolade amulet
Aloë vera, citroen en karnemelk

De Libreije, Zwolle

Bloedsinaasappel, specerijen en witlof
Kaas van onze kaas “boom”
Ganzenlever, slaboon, peer
Appeltaart
Bietjes, kervel en drop

De Zweth, Schipluiden

Assortiment van verse en gerijpte kazen, mosterdfruit en notenbrood
Rouleau van Munster en eendenlever, gekarameliseer, brioche en sorbet van Granny Smith
Mousse van Arabica en witte chocolade, krokant hazelnootschuim en voorjaarsfruit
In vlierbessiroop gepocheerde peer, terrine van rabarbermousse ingelegd met miserable-biscuit en ijs van zuurtjes

De Lindenhof, Giethoorn

Kaas, verschillende soorten boerenkazen uit binnen- en buitenland
Citrus, mandarijn, grapefruit en sinaasappel
Warme vruchten, honing en vanille-ijs
Chocolade, amarena-kers en roze peper
Mokka espresso, whisky en karamel
Soufflé citroen en passievrucht
Soufflé chocolade en hazelnoot
Chocolade-feest, chocolade: warm / puur / koud
Parade Parade van verschillende kleine desserts op eigen wijze geserveerd

François Geurds, Rotterdam

Miljonairs biscuit
Yoghurt, appel en kerrie
Macadamia, vanille en Masia el Altet
Ijs van vanille, wentelteef en vijg
Popcorn, chix en pistache
Pompoen, manchego, rijst en bonito
Chariot fromage

Bijlage 3



Nagerechten top restaurants

Da Vinci, Maasbracht

Dame Blanche

Klassiek appeltaartje met vanilliesaus, oude Aceto Balsamico en vanilleijs

After Eight, Warme chocoladecake met mint en vanilleijs

Galet van witte chocolade met bloedsinaasappel, Manjari chocolademousse, pinda en yoghurtijs

Soufflé van Bastognekoek, chocolademousse en stracciatellaijs

Feestelijk grand dessert

Gekarameliseerde Münsterkaas met appel en kummelkoekjes en verassing van de chef

Ananas met Parmezaanse kaas, Blauwschimmelkaas en vruchtencompote

La Rive, Amsterdam

Lambda Aardbei Chocolade, verveine, aceto balsamico

Kaasselectie met Nederlandse Boerenkazen

Rabarber Yoghurt, citrus, vlierbloesem

Cordial, Oss

Peer brioche, pecannoot, sabayon, muscovado, vanille, mascarpone en sorbet

Kaas selectie van boerenkazen met rogge-rozijnenbrood

Aardbei lambda, roze peper, aceto, pistache, lemon pie, witte chocolade en vanilleroomijs

De Bokkedoorns, Overveen

Kaas selectie van de kaaswagen

Fireball van witte chocolade, mousse van whisky en Ceylon kaneel, peer en roomijs van kaneel

De Leuf, Ubachsberg

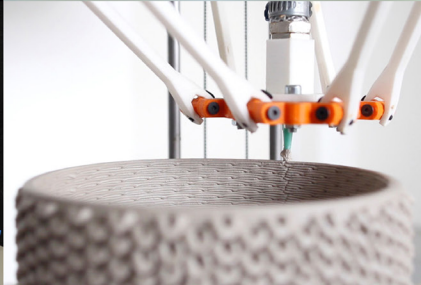
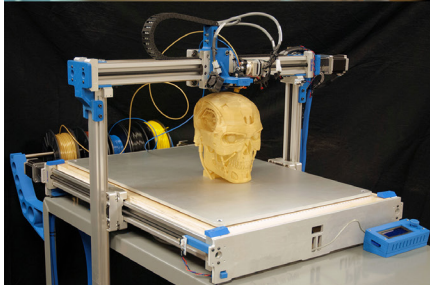
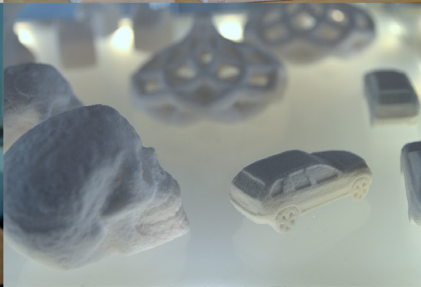
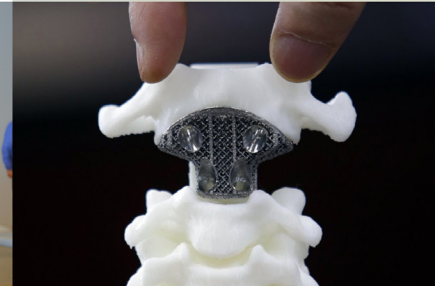
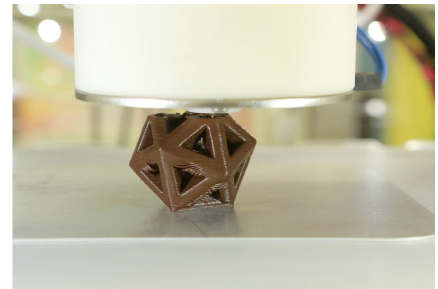
Aardbei, rode biet en gezouten mascarpone

Kazen Michel van Tricht, chutneys, rozijntoast en noten

Framboos, rabarber, tomaat, citroenbasilicum en olijfolie

Bijlage 4

Collage 't Lansink



Bijlage 5



Instellingen voor printen

	1	2	3	4	5	6
Spuitmond (°C)	37	35	33	33	33	33
Cilinder (°C)	38	36	34	34	34	34
Clearance (mm)	1	1	1	2	1	1
Path speed (mm/s)	8	8	8	8	8	8
Deposition rate (mm/s)	0,015	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
Slice height (mm)	0,5	0,9	1,1	1,0	0,95	0,92
Path width (mm)	0,8	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5
Suckback (s)	1,50	1,00	0,75	0,50	0,55	0,55
Pushout (s)	0,75	0,25	0,25	0,30	0,40	0,50

Tabel 5: Optimalisatie proces printen met chocolade zonder koeling.

	1	2	3	4
Deposition rate (mm/s)	0,06	0,01	0,005	0,006
Path speed (mm/s)	6	4	4	4

Tabel 6: Optimalisatie proces printen met koeling. (verdere instellingen overgenomen van stap 6, tabel 1)