



Bachelorproef voedings- en dieetkunde

3D-printen van een gezonde snack met eendenkroos-eiwit

Student: Jorinde Verschueren

Promotors: Evelien Mertens
Saskia Merre

Opleiding: Bachelor in de Voedings- en Dieetkunde

Departement Gezondheidszorg, Design & Technologie

Academiejaar 2023-2024

3D-printen van een gezonde snack met eendenkroos-eiwit

Jorinde Verschueren

Bachelorproef voedings- en dieetkunde

Opleiding: Bachelor in de Voedings- en Dieetkunde

Departement Gezondheidszorg, Design & Technologie

Academiejaar 2023-2024

Promotors: Evelien Mertens
Saskia Merre

Voorwoord

Met veel plezier presenteer ik deze bachelorproef, voor mij markeert dit het einde van een fijne studietijd aan Erasmus Hogeschool Brussel.

Het onderwerp van deze bachelorproef koos ik naar aanleiding van het onderzoeksproject *GoIndependent* waar Zweedse en Japanse onderzoekers onder meer voeding met aangepaste consistentie produceren door middel van een 3D-printer. Vanuit mijn professionele achtergrond als grafisch vormgever, boeit deze combinatie tussen voeding en 3D-printen mij enorm. Voeg daarbij een interesse in duurzame voeding en zo kwam ik op het uiteindelijke onderwerp: een snack op basis van eendenkroos.

Deze bachelorproef zou niet mogelijk zijn geweest zonder de steun en begeleiding van mijn promotoren, Evelien Mertens en Saskia Merre. Ik wil hen dan ook danken voor hun waardevolle inzichten, voortdurende steun en kritische feedback gedurende het hele proces. Daarnaast wens ik het hele team van lectoren te danken voor hun vak-kennis en engagement. Hierbij gaat bijzondere dank naar Jan Baudonck, die mij door zijn enthousiasme en expertise wist te prikkelen tot een Zweeds avontuur.

Speciale dank gaat uit naar mijn man, Dirk Putzeys, en mijn fietsmaatje, Petra de Smet, voor de morele steun, scherpzinnige vragen maar vooral het met argusogen nalezen van de teksten op de meest absurde momenten.

Jorinde Verschueren

Abstract

3D-printen van een gezonde snack met eendenkroos-eiwit

Verschuieren J, Merre S, Mertens E

Situatieschets: Snacken is een vast onderdeel van het eetpatroon en consumenten gaan op zoek naar gezondere snacks. Het EU-initiatief Green Deal heeft als doel tegen 2030 te zorgen dat 60% van de voedingseiwitten uit plantaardige bronnen komen.

Onderwerp: ontwerpen van een snackbar met eendenkroospoeder als eiwitverrijking, personaliseerbaar en geprint met 3D-voedselprinter.

Studieontwerp: Een experimentele opzet waarbij een snackbar in twee fases ontworpen wordt. Eerst worden recepten getest op printbaarheid en gezondheidsaspect. In de tweede fase worden de snackbars geprint, eendenkroospoeder (gedroogde *Wolffia*, mix van *arrhiza* en *globosa*) wordt toegevoegd. Ter vergelijking wordt een snackbar op basis van soja-eiwit geprint.

Resultaten: Tijdens de eerste fase worden 8 recepten beoordeeld op bereiding, consistentie, printproces, uitzicht en loskomen van printplaat en vervolgens getoetst aan gezondheidscriteria. Geen enkel recept scoort positief op alle criteria: vijf recepten scoren slecht qua suikerverhouding, zes recepten boven het maximale vetgehalte. Alle recepten scoren goed op vetzuurverhouding, vezel- en natriumgehalte. De eiwitverrijking tijdens de tweede fase toont dat het printproces stabiel verloopt zowel voor verrijking met soja- als eendenkrooseiwit. De verschillende lagen van de snack krijgen andere eiwitconcentraties (5%, 10%, 15% en 20%), combinaties hiervan zorgen voor maatwerk van het eiwitgehalte. De eendenkroosnacks variëren van 4,32 g tot 5,50 g eiwit per portie. Indicatieve berekeningen met eendenkroosconcentraat, een variant met hoger eiwitgehalte, geven hogere eiwitgehalten; van 4,69 g tot 9,13 g per portie.

Conclusie: Receptontwikkeling is een complex proces waarbij aanpassingen nodig zijn om tot juiste consistentie en structuur te komen. De voedingswaardes van de recepten voldoen niet volledig aan de gezondheidscriteria maar de resultaten zijn veelbelovend; grenzen worden maar nipt overschreden. Eendenkroospoeder kan gebruikt worden voor zowel eiwitverhoging als -verlaging. De techniek van 3D-voedselprinten kan gebruikt worden om een snackbar aan te passen qua eiwitgehalte waardoor aan de voedings-behoefte van de eindgebruiker kan voldaan worden.

Abstract

3D-printing a healthy snack with duckweed protein

Verschueren J, Merre S, Mertens E

Background: Snacking is a regular part of the diet and consumers are moving towards healthier snacks. The EU Green Deal initiative aims to ensure that 60% of dietary protein comes from plant sources by 2030.

Topic: designing a snack bar with duckweed powder as protein enrichment, customisable and printed with 3D food printer.

Study design: an experimental design in which a snack bar is designed in two stages. First, recipes are tested for printability and health aspects. In the second phase, the snack bars are printed, duckweed powder (dried *Wolffia*, mix of *arrhiza* and *globosa*) is added. A soy protein-based snack bar is printed for comparison.

Results: During the first phase, eight recipes are evaluated on preparation, consistency, printing process, appearance and release from print bed and then tested against health criteria. No recipe scores positively on all criteria: five recipes score poorly on sugar ratio, six recipes above the maximum fat content. All recipes score well on fatty acid ratio, fibre and sodium content. The protein enrichment during the second phase shows that the printing process is stable both for enrichment with soy and duck protein. The different layers of the snack receive different protein concentrations (5%, 10%, 15% and 20%), combinations of these provide customisation of the protein content. The duckweed snacks range from 4.32 g to 5.50 g of protein per serving. Indicative calculations with duckweed concentrate, a variant with higher protein content, give higher protein contents; from 4.69 g to 9.13 g per serving.

Conclusion: Recipe development is a complex process requiring adjustments to achieve correct consistency and structure. The nutritional values of the recipes do not fully meet health criteria but the results are promising; the criteria limits are only narrowly exceeded. Duckweed powder can be used for both protein enhancement and protein reduction. The technique of 3D food printing can be used to customise a snack bar in terms of protein content, allowing the nutritional needs of the end user to be met.

Abstrait

L'impression 3D d'un en-cas sain à base de protéines de lentilles d'eau

Verschueren J, Merre S, Mertens E

Contexte: Les en-cas font partie intégrante du régime alimentaire et les consommateurs s'orientent vers des en-cas plus sains. L'initiative Green Deal de l'UE vise à garantir que 60% des protéines alimentaires proviennent de sources végétales d'ici 2030.

Objectif: conception d'un snack avec de la poudre de lentilles d'eau comme enrichissement en protéines, personnalisable et imprimé avec une imprimante alimentaire 3D.

Méthodologie: un plan expérimental dans lequel un snack est conçu en deux étapes. Dans une première étape, les recettes sont testées en termes d'imprimabilité et d'aspects nutritionnels. Dans une deuxième étape, les barres sont imprimées et de la poudre de lentilles d'eau (*Wolffia* séché, mélange d'*arrhiza* et de *globosa*) y est ajoutée. Une barre d'en-cas à base de protéines de soja est imprimée à titre de comparaison.

Résultats: Au cours de la première étape, huit recettes sont évaluées sur la préparation, la consistance, le processus d'impression, l'apparence et le détachement de la plateforme d'impression, puis testées par rapport à des critères de santé. Aucune recette n'obtient une note positive pour tous les critères: cinq recettes obtiennent une note médiocre pour le taux de sucre, six recettes dépassent la teneur maximale en matières grasses. Toutes les recettes obtiennent de bons résultats en ce qui concerne le rapport entre les acides gras, les fibres et la teneur en sodium. L'enrichissement en protéines au cours de la deuxième étape montre que le processus d'impression est stable tant pour l'enrichissement en protéines de soja que pour celui en protéines de lentilles d'eau. Les différentes couches du snack reçoivent différentes concentrations de protéines (5%, 10%, 15% et 20%), dont la combinaison permet de personnaliser la teneur en protéines. Les snacks aux lentilles d'eau contiennent de 4,32 g à 5,50 g de protéines par portion. Des calculs indicatifs avec du concentré de lentilles d'eau, une variante à plus forte teneur en protéines, donnent des teneurs en protéines plus élevées: de 4,69 g à 9,13 g par portion.

Conclusion: L'élaboration d'une recette est un processus complexe qui nécessite des ajustements pour obtenir une cohérence et une structure correctes. Les valeurs nutritionnelles des recettes ne répondent pas entièrement aux critères de santé, mais les résultats sont prometteurs; les limites ne sont dépassées que de peu. La poudre de lentilles d'eau peut être utilisée pour améliorer ou réduire les protéines. La technique de l'impression alimentaire en 3D peut être utilisée pour personnaliser un snack-bar en termes de teneur en protéines, ce qui permet de répondre aux besoins nutritionnels de l'utilisateur final.

Inhoudstafel

Lijst met figuren	9
Lijst met tabellen	10
Lijst met afkortingen	11
Inleiding	12
1. Literatuurstudie	14
1.1 Methodologie	14
1.2 Snacken	15
1.2.1 Definitie	15
1.2.2 Evolutie in consumentengedrag	16
1.2.3 Effect op gezondheid	17
1.2.4 Gezondheidscriteria	19
1.3 Eiwit	20
1.3.1 Eiwittransitie	20
1.3.2 Eendenkroos	21
1.4 3D-foodprinting	21
1.4.1 Techniek	21
1.4.2 Gepersonaliseerde voeding	22
1.4.3 Receptuur	22
1.4.4 Printbare voedingsmiddelen	23
1.4.5 Nadelen	24
1.4.6 Toepassingsgebieden	25
Besluit	26
2. Onderzoek	28
2.1 Probleemstelling	28
2.2 Doelstelling	28
2.3 Onderzoeksvragen	28
2.4 Materialen en methoden	29
2.4.1 3D-voedselprinter	29
2.4.2 Ingrediënten	29

2.5 Methodiek onderzoek	31
2.5.1 Fase 1: Receptuurontwikkeling	33
2.5.2 Fase 2: Eiwitverrijking	38
2.6 Resultaten onderzoek	42
2.6.1 Fase 1: Receptuurontwikkeling	42
2.6.2 Fase 2: Eiwitverrijking	45
2.7 Discussie	49
2.7.1 Sterktes studie	51
2.7.2 Zwaktes studie	51
2.7.3 Suggesties voor het werkveld	53
Conclusie	54
Literatuurlijst	56
Bijlage A Classificaties bewerkingsgraad	68
Bijlage B Nutriëntenbepaling	69
Bijlage C Voedingswaardeberekening	70

Lijst met figuren

Figuur 1. Foodini onderdelen	29
Figuur 2. Snackbar-ontwerp in Illustrator	32
Figuur 3. 3D-Printresultaten van de verschillende recepten	43
Figuur 4. 3D-Printresultaat recept met soja-eiwit	45
Figuur 5. 3D-Printresultaten recepten met eendenkroespoeder	46

Lijst met tabellen

Tabel 1. Zoekstrategie	14
Tabel 2. Ultrabewerkte voeding	18
Tabel 3. Soorten koeken: overzicht van criteria	19
Tabel 4. Boodschappenkaartje: overzicht criteria voor koeken	19
Tabel 5. Beoordeling printproces en -resultaten	42
Tabel 6. Toetsing aan gezondheidscriteria	44
Tabel 7. Eiwitgehalte pasta	45
Tabel 8. Eiwitgehalte pasta	47
Tabel 9. Eiwitgehalte snackbar op maat	47
Tabel 10. Indicatief eiwitgehalte pasta	47
Tabel 11. Indicatief eiwitgehalte snackbar op maat	48
Tabel A1. Classificaties bewerkingsgraad	67
Tabel B1. Nutriëntenbepaling Inagro	68
Tabel C1. Voedingswaardeberekening Nubel	69

Lijst met afkortingen

Afkorting	Definitie
3D	driedimensioneel
3DFP	3D food printing
E	eiwit
EFSA	European Food Safety Authority
En%	energieprocent
EKP	eendenkroospoeder
EKC	eendenkrooseiwitconcentraat
GHP	goede hygiëne praktijken
HSM	healthy snack machine
kcal	kilocalorieën
KH	koolhydraten
NOVA	Portugees: nova classificação, 'nieuwe classificatie'
UPF	ultra processed food
VVZ	verzadigde vetzuren
WLPC	Water Lentil Protein Concentrate

Inleiding

De afgelopen jaren zijn er heel wat veranderingen geweest in de levensstijl van de mens. Er wordt minder tijd genomen om een maaltijd klaar te maken en men grijpt vaker naar een snack om zo een hoofdmaaltijd te vervangen (Bhattacharya, 2023b; Coello et al., 2022; Da Silva et al., 2013). Hoewel het woord 'snack' vaak als associatie heeft dat dit een energierijk product is zoals een pakje chips of een koek, kan dit even goed een tas soep of een stuk fruit zijn (Hess & Slavin, 2018; Marangoni et al., 2019).

Aangezien de vraag naar snacks jaarlijks stijgt, is het belangrijk voor de voedingsindustrie om hierop in te spelen. De prioriteit ligt bij het produceren van gezonde snacks met goede sensorische eigenschappen om zo het welzijn en de gezondheid van de consument te ondersteunen (Coello et al., 2022). Hierbij houdt de consument bij aankoop rekening met de impact op het milieu, zowel wat productie, distributie als verpakking betreft (van Teeffelen & van Maarschalkerweerd, 2023). Echter is deze niet geheel tevreden over het huidige aanbod in de verschillende verkooppunten (Flycatcher, 2021).

Daarenboven is vanuit politieke hoek het doel gesteld om onze voedselconsumptie te verduurzamen. De aangroeiende wereldbevolking en de gevolgen van de klimaatverandering houden in dat er gezorgd dient te worden voor oplossingen zodat er blijvend voorzien kan worden in voldoende voedsel. De EU stelde een pakket maatregelen op om het voedselsysteem te verduurzamen. Dit resulteerde in Vlaanderen in *Green Deal Eiwitshift op ons bord* wat inhoudt dat men als doel stelt om tegen 2030 een shift te maken van 40% naar 60% eiwitten van plantaardige oorsprong (Departement Omgeving, z.d.; Europese Unie, 2023). Dit zorgt voor nieuwe uitdagingen bij voedselproducenten: welke alternatieve eiwitbronnen zijn er, hoe reageren ze tijdens de productie en hoe zal de consument er op reageren?

Eén van de nieuwe plantaardige eiwitbronnen is eendenkroos. Deze waterplant groeit in België van nature in beken en vijvers. Het bevat een groot aandeel eiwit, tot 45%, waarvan de aminozuursamenstelling lijkt op die van soja (Leemans & Flanders' food, 2024). De meeste soorten van deze plant zijn momenteel een Novel Food, wat inhoudt dat deze nog niet voor humane consumptie gebruikt kunnen worden binnen de EU. EFSA keurde echter twee soorten goed: de verse planten van *Wolffia arrhiza* en *Wolffia globosa* en het concentraat van *Lemna gibba* en *Lemna minor* (EFSA (European Food Safety Authority), 2021; Turck et al., 2023). Echter is er nog geen onderzoek gedaan rond eendenkrooseiwit als ingrediënt voor voedingsmiddelen.

Om een gezonde snack te produceren, wordt in deze bachelorproef gekozen voor de techniek van het 3D-voedingsprinten. Deze technologie is met uitstekend geschikt voor het produceren van voedingsmiddelen op maat. Tijdens het ontwerpen, kan de samenstelling aangepast worden naar de noden en behoeften van de consument: een product kan verrijkt worden, vitamines of mineralen kunnen toegevoegd worden of de portiegrootte aangepast

(Eswaran et al., 2023; Varvara et al., 2021; Zhang et al., 2022). Het opstellen van de juiste receptuur is hier van uiterst belang. Voedingsmiddelen dienen omgezet te worden naar pasta of puree die printbaar is. Hiervoor is een juiste vloeibaarheid nodig waardoor printen kan, maar waarbij ook voldoende vormvastheid is na het printen (Lille et al., 2018; Shen et al., 2022).

Deze bachelorproef bestaat uit twee onderdelen: een literatuurstudie en een praktisch gedeelte. De literatuurstudie bespreekt de methodologie en onderzoekt vervolgens het snackgedrag, de aankomende transitie in eiwitbronnen en de 3D-voedselprintentechniek. Het praktisch gedeelte omvat het onderzoek dat in twee fases verloopt; een eerste fase rond het ontwikkelen van de receptuur en een tweede fase behandelt de eiwitverrijking.

1. Literatuurstudie

1.1 Methodologie

Om de literatuurstudie gericht te laten gebeuren, is het belangrijk een duidelijke onderzoeksvraag op te stellen. Een beproefde methode hiervoor is de PECO-methode. De vraag wordt zo geformuleerd dat hij alle onderdelen bevat. Vervolgens worden de zoektermen bepaald om te gebruiken in het opzoeken van wetenschappelijke literatuur in de databanken (Morgan et al., 2018; Mullie, 2017).

Tabel 1

Zoekstrategie

	Observatiestudie	Zoektermen
Population	Volwassen consumenten op zoek naar gepersonaliseerde, milieuverantwoorde en gezonde snacks	cereal snack, proteïnesnack, snacking, eetgedrag, snack, koopgedrag, consumer insight, healthy snack, gezonde snack, personalized food, personalized nutrition, customization, vegetarian, vegetarianism, plantbased, dietary patterns, vending machine
Exposure	3D-geprinte gezonde snackbar op maat op basis van eendenkroos-eiwit	3D printing, 3D technology, 3D food printing duckweed, eendenkroos, water lentils, waterlinzen, novel food, efsa, eiwitshift, protein shift
Comparison	3D-geprinte snackbar bestaand recept met soja-eiwit	soja-eiwit, voedingswaarde, recept verrijking
Outcome	Personaliseerbare 3D-geprinte gezonde snackbar op basis van eendenkroos-eiwit	3D food printing, food personalization, Sustainable development

Gebruikte databanken: PubMed, Emerald Insight, Sage journals, Talor & Francis, Sciencedirect, Springerlink, Wiley

De onderzoeksvragen worden als volgt: In welke mate is het mogelijk om een voedzame snack te printen met behulp van een 3D-printer? In welke mate is het mogelijk deze snack te individualiseren door middel van verrijking met eendenkrooseiwit?

1.2 Snacken

1.2.1 Definitie

Snacken is het consumeren van een tussendoortje tussen de hoofdmaaltijden heen. De term 'snack' wordt vaak gebruikt voor energierijke producten zoals chips, koekjes of een calorierijke drank. Een snack hoeft echter niet ongezond te zijn: een tas soep of een stuk fruit kunnen evengoed als tussendoortje genuttigd worden (Hess & Slavin, 2018; Marangoni et al., 2019).

Bij het doornemen van de wetenschappelijke literatuur blijkt een definitie voor een snack niet eenvoudig. Er is geen consensus over wat er exact met snack en snacken bedoeld wordt. Onderzoekers gebruiken de termen met een verschillende invulling, afhankelijk van het onderzoek, wat het analyseren van de onderzoeksresultaten bemoeilijkt. Sommige definities zijn gebaseerd op het moment van consumptie, anderen op het soort voedingsmiddel en weer anderen op de portiegrootte of locatie (Hess et al., 2016; Hess & Slavin, 2018).

Ook de algemene bevolking heeft een eigen invulling voor de verschillende begrippen zoals 'snacking', 'snacks' en 'snack food'. Chamontin et al. (2003) concludeerden in hun onderzoek dat de Britse bevolking een onderscheid maakt tussen de termen 'a snack', 'snacking' en 'snack food' en deze niet als synoniemen gebruikt. Ook is er een verschil in taalgebruik tussen mannen en vrouwen op te merken, iets dat ook Wadhwa en Wilkie (2018) onderzochten. De verschillen betreffen onder andere: al dan niet een kleine maaltijd tussen de hoofdmaaltijden in, welke voedingsmiddelen als snack of als maaltijd aanzien worden, het al dan niet buitenshuis of in gezelschap eten (Wadhwa en Wilkie, 2018).

Het belang van het gebruik van een eenduidige wetenschappelijke definitie wordt door Hess & Slavin (2018) benadrukt aangezien dit bepaalt of een snack gezien wordt als heilzaam of ongunstig voor de gezondheid. Het ontbreken van zulke definitie belemmert immers het ontwikkelen van evidence based beleidsmaatregelen omtrent snacking om de volksgezondheid te kunnen ondersteunen.

Marangoni et al. (2019) verwijzen naar de American Heart Association om een onderscheid te kunnen maken tussen een hoofdmaaltijd en een snack. Ten eerste is de perceptie van de consument belangrijk; traditioneel zijn ontbijt, lunch en diner gezien als hoofdmaaltijden, terwijl andere eetmomenten aanzien worden als snacks. Ten tweede zijn de specifieke tijdstippen van belang: ontbijt, lunch en avondmaal worden respectievelijk tussen 6.00 - 10.00 uur, 12.00 - 15.00 uur en 19.00 - 21.00 uur gegeten, alle andere tijdstippen worden gezien als snacktijden. Ten derde is de energiewaarde van het voedingsmiddel doorslaggevend; hoofdmaaltijden hebben een energie-inhoud van hoger dan 15 En% van de dagelijkse behoefte, terwijl een snack onder deze energiewaarde dient te blijven. (St-Onge et al., 2017)

Chapelot (2011) ontwikkelde een definitie vanuit een biogedragsmatige aanpak: een snack is een voedselinname buiten de hoofdmaaltijden, die ontstaat door het blootgesteld worden aan smakelijke voeding en niet door een hongergevoel. Het zal de volgende maaltijd niet uitstellen, noch het hongergevoel hiervoor verschuiven en evenmin de energie-inname compenseren.

1.2.2 Evolutie in consumentengedrag

Snacken is de laatste decennia wereldwijd uitgegroeid tot een vast onderdeel van het eetpatroon (Bhattacharya, 2023b; Da Silva et al., 2013). Gegevens verzameld door de *Voedselenquête 2018* tonen de situatie in België: zoute en zoete versnaperingen worden door 38,3% van de Belgen dagelijks geconsumeerd. Dit is een positieve evolutie tegenover de *Voedselenquête 2013*; toen bedroeg dit aandeel nog 41,6% (Drieskens et al., 2019). In het marktonderzoek *Het grote snackonderzoek 2015* dat Food in Mind in samenwerking met Ivov uitvoerde, wordt het eetgedrag van de Belg onder de loep genomen. Hieruit blijkt dat het klassieke patroon van drie hoofdmaaltijden per dag in België aan belang verliest. De resultaten tonen aan dat 50% van de geconsumeerde producten tussendoortjes zijn. Deze evolutie houdt in dat Belgen neigen een van de hoofdmaaltijden te vervangen door snacks (Baecke, 2017).

Deze trend om vaker te kiezen voor een snack in plaats van een traditionele maaltijd, wordt internationaal aangetoond in de studie *State of Snacking*. Hierin komt verder een andere gedragsverandering naar voor; namelijk dat consumenten naar andere soorten snacks op zoek gaan: 84% van de respondenten is van mening dat ieder een andere nutritionele behoefte heeft en dat tussendoortjes hieraan tegemoet moeten komen. Snacks dienen de gezondheid mee te ondersteunen en dit wordt door 68% van de respondenten nagegaan door het voedingswaarde-etiket te lezen voor aankoop. Ook is 70% van de ondervraagden ervan overtuigd dat plantaardige snacks beter zijn voor de toekomst van onze planeet (Mondelēz International, 2023).

Voor de consument van vandaag is een belangrijke beslissingsfactor die leidt tot aankoop van voeding de duurzaamheid van het product; de impact op het milieu zowel tijdens de productie, distributie als verpakkingswijze (Bhattacharya, 2023a; Da Silva et al., 2013; Logatcheva & Herceglic, 2023; Schlinkert et al., 2020; van Teeffelen & van Maarschalkerweerd, 2023). Dit weerspiegelt zich ook in het snackgedrag: Consumenten gaan op zoek naar gezondere en duurzamere snacks (Da Silva et al., 2013; Verstraeten, 2021). De consument is echter niet over de hele lijn tevreden met het huidige aanbod van gezonde snacks. In opdracht van het Voedingcentrum werd het snoep- en snackgedrag van Nederlanders onderzocht waaruit geconcludeerd werd dat een minderheid van de respondenten het aanbod voldoende vindt in sportclubs, tankstations en stations. In supermarkten is driekwart tevreden over het aanbod (Flycatcher, 2021).

1.2.3 Effect op gezondheid

Meerdere studies en onderzoeken onderzochten of er een verband bestaat tussen enerzijds snacks en anderzijds verschillende indicatoren zijnde voedsel- en voedingsinname, energiebalans en zwaarlijvigheid of cardiometabole gezondheid. Desondanks grondige analyses blijft het onduidelijk of snacks een positieve of negatieve invloed heeft op de gezondheid (Assmus et al., 2021; Bellisle, 2014; Murakami & Livingstone, 2015; Murakami & Livingstone, 2016; Potter et al., 2018).

In een review onderzoekt Marangoni et al. (2019) onder meer de verdeling van de energie- en voedingsstofinname over de dag. In plaats van drie hoofdmaaltijden, zou het verdelen van vier tot vijf eetmomenten per dag potentieel een gezondheidsvoordeel opleveren. Het verbruiken van 1-2 snacks per dag zou spijsverterings- en metabole overbelasting kunnen voorkomen. Bovendien kunnen tussendoortjes een bijdrage leveren aan het voldoen van de dagelijkse aanbevelingen voor een gezonde levensstijl. Zo kan de aanbevolen hoeveelheid fruit of groenten bereikt worden door een of meerdere snacks te nemen tussen de hoofdmaaltijden.

Kelly et al. (2020) onderzoeken eveneens de verdeling van de maaltijden over een etmaal en ontdekten dat het metabolisme anders reageert afhankelijk van wanneer er een eetmoment plaatsvindt. Een laatavondsnaak zorgt bijvoorbeeld voor een significant lagere vetverbranding tijdens de slaap in vergelijking met het vasten tussen de avondmaaltijd en het ontbijt.

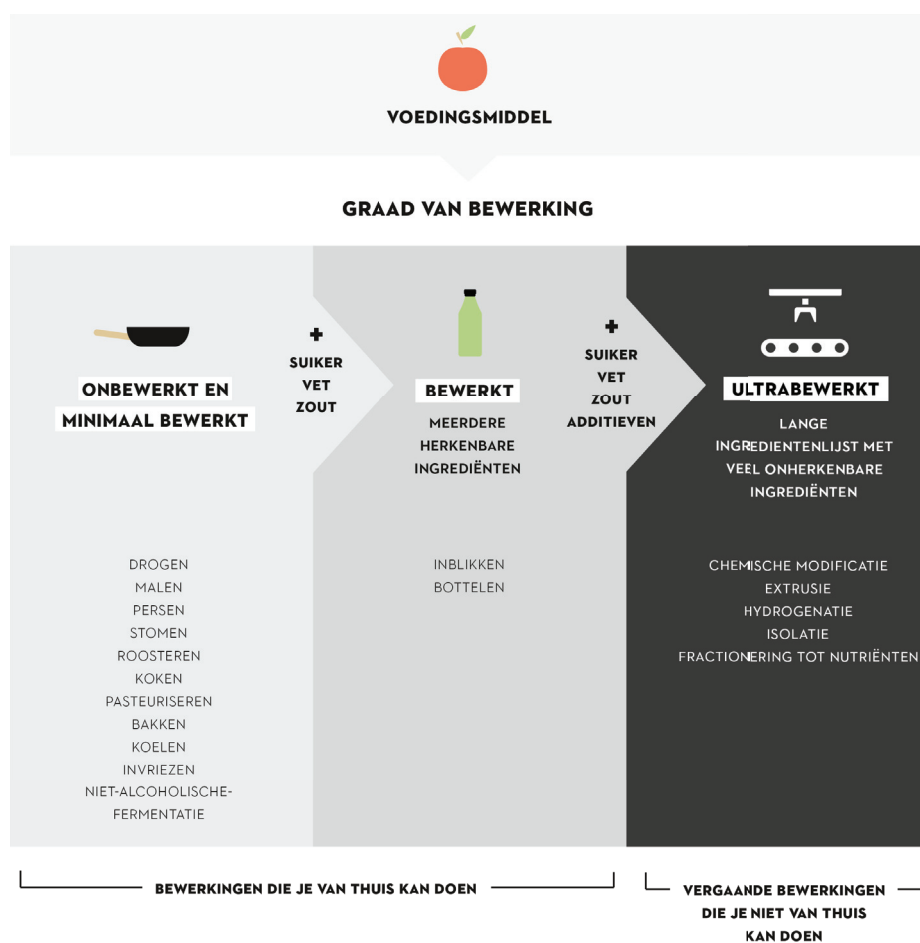
Daarnaast wordt vrijwel al ons voedsel op een bepaalde manier bewerkt, variërend van het eenvoudig verwijderen van niet-eetbare delen tot complexere industriële processen zoals fractionering en hydrogenatie (Jonckheere & Neven, 2020; Vlaams Instituut Gezond Leven vzw, z.d.). Dit zorgt voor belangrijke voordelen zoals het waarborgen van voedselveiligheid, het verbeteren van houdbaarheid, het beperken van voedselverliezen, en het verrijken van voedingswaarde met vitamines en mineralen. Voor de consument zorgen bewerkingen voor een hoger gebruiksgemak en bredere beschikbaarheid en toegankelijkheid dan onbewerkte voeding (Jonckheere & Neven, 2020; (Ultra)bewerkte voeding | Gezond leven, z.d.). Er zijn echter ook een aantal nadelen zoals het verlies aan vezels, vitamines en mineralen, de vorming van schadelijke stoffen en de noodzaak tot het toevoegen van suiker, vet of andere additieven (Jonckheere & Neven, 2020; (Ultra)bewerkte voeding | Gezond leven, z.d.).

Om voedingsmiddelen in te delen volgens bewerkingsgraad, zijn er in de literatuur meerdere classificaties te vinden (Bleiweiss-Sande et al., 2019), zie bijlage A voor een overzicht. De bekendste hiervan is de Nova classificatie (Neven & Versele, 2017). Deze indeling van Monteiro et al. (2010) is gebaseerd op de mate van bewerking, het aantal ingrediënten, de complexiteit van de samenstelling van een product en de toegevoegde additieven. Hierbij valt op te merken dat de voedingswaarde niet meegewogen wordt, waardoor sommige voedingsmiddelen die nutritioneel gunstig zijn, toch bestempeld worden als 'sterk bewerkt' en dus als ongunstig voor consumptie (Petrus et al., 2021).

Neven en Versele (2017) brengen in opdracht van Gezond Leven nuancering aan bij deze classificatie en verwerken deze bij de ontwikkeling van de Voedingsdriehoek. Ultrabewerkte producten (UPF) zijn niet per definitie ongezond, er moet rekening gehouden worden met meer dan enkel het aantal ingrediënten en verwerkingsprocessen. De bewerkingsgraad is binnen de Voedingsdriehoek een criterium dat binnen een voedingsmiddelen- of restgroep zorgt voor een verdere indeling indien wetenschappelijke evidentie naar het gezondheidseffect ontbreekt. Jonckheere en Neven (2020) definiëren de begrippen onbewerkt en minimaal bewerkt, bewerkt en ultrabewerkt, zoals voorgesteld in tabel 2.

Tabel 2

Ultrabewerkte voeding



Noot. Overgenomen uit "(Ultra)bewerkte voeding", door Vlaams Instituut Gezond Leven., z.d. (<https://www.gezondleven.be/themas/voeding/ultrabewerkte-voeding>)

1.2.4 Gezondheidscriteria

Om te beoordelen of een snack kan aanzien worden als gezond dan wel ongezond, ontwikkelden Gezond Leven en Diabetesliga beoordelingscriteria.

De criteria die Gezond Leven (2018) opstelde, richten zich tot het beoordelen van koeken, hieronder vallen zowel droge koeken als granenkoeken. Deze voedingsmiddelen behoren tot de rode zone van de Voedingsdriehoek, wat inhoudt dat deze bij voorkeur niet geconsumeerd worden. Toch kunnen deze onderling sterk in samenstelling verschillen waardoor de ene soort een minder ongezonde keuze kan zijn dan een andere. De richtlijnen delen het aanbod in drie keuzes in, waarbij de eerste keuze de voorkeur krijgt (Vlaams Instituut Gezond Leven, 2018; Vlaams Instituut Gezond Leven, 2021; Vlaams Instituut Gezond Leven, 2024). Tabel 3 toont de respectievelijke criteria.

Tabel 3

Soorten koeken: overzicht van criteria

Eerste keuze	Tweede keuze	Derde keuze
Max. 150 kcal per portie* en Max. 15 g vet per 100 g en Min. 2 g vezels per 100g en Max. 400 mg Na per 100 g	Max. 200 kcal per portie* en Max. 20 g vet per 100 g en Min. 1 g vezels per 100g en Max. 600 mg Na per 100 g	Meer dan 200 kcal per portie* of Meer dan 20 g vet per 100 g of Minder dan 1 g vezels per 100g of Meer dan 600 mg Na per 100 g
Bv. peperkoek, rijstwafels, sommige granenkoeken, sommige droge koeken	Bv. speculaas, bepaalde granenkoeken, bepaalde mueslirepen, sommige droge koeken, boudoors	Bv. chocoladekoeken, koffiekoeken, gevulde koekjes, cake, wafel

portie volgens de verpakkingwijze, bijvoorbeeld: één pakje met twee koeken of de aanbevolen verstrekkingsseenheid voor het product.

Noot. Aangepast overgenomen uit "Checklist Analyse van het tussendoortjesaanbod in de basis- en secundaire school.", door Gezond Leven, (2018, 1 maart). Geraadpleegd van https://www.gezondleven.be/files/onderwijs/Checklist_tussendoortjes_SO_4.pdf

Het beoordelen van een product volgens criteria die de Diabetesliga (2020) opstelde, verloopt volgens beoordelingscriteria die zijn terug te vinden op het *Boodschappenkaartje*. Dit kaartje wordt ter beschikking gesteld via de website van Diabetesliga om zo een handvat te geven om gezondere keuzes te maken tijdens het winkelen. Gezonde voeding vormt de basis voor de behandeling van diabetes mellitus waarbij uitgegaan wordt van dezelfde principes als de Voedingsdriehoek van Gezond Leven. Deze criteria kunnen bijgevolg gebruikt worden als leidraad voor de algemene bevolking en niet enkel voor patiënten met een diabetes-diagnose. In tabel 4 is het overzicht ter beoordeling van koeken te vinden. Ook hier geldt dat koeken best zo weinig mogelijk geconsumeerd worden, en het dus leidt tot het kiezen van de minst ongezonde keuze (Diabetesliga, 2024; Gezond Leven, 2024).

Tabel 4

Boodschappenkaartje: overzicht criteria voor koeken (Diabetes Liga, 2020)

ZO WEINIG MOGELIJK	
KOEKEN	Maximaal 15 g vet/100 g
	Minimum 3 g vezels/100 g
	Minder dan 1/3 suiker van de totale hoeveelheid koolhydraten

Noot. Aangepast overgenomen uit "Boodschappenkaartje", door Diabetesliga, (2020, 19 oktober). Geraadpleegd van <https://www.diabetes.be/sites/default/files/2020-10/Boodschappenkaartje.pdf>

1.3 Eiwit

1.3.1 Eiwittransitie

Eiwitten vormen een belangrijke voedingsbron voor de mens (De Henauw et al., 2017). Het aandeel dierlijke eiwitten binnen het dieet van de Westerse consument steeg van 40% in 1960 tot bijna 60% nu. Hierdoor vormen deze dierlijke eiwitten momenteel de belangrijkste eiwitbron. Om de wereldbevolking te kunnen blijven voorzien in voldoende eiwitten, dient het dieet te veranderen en meer plantaardige eiwitbronnen te bevatten. Bijkomend draagt de voedselproductie voor meer dan 25% bij tot de wereldwijde CO₂-uitstoot en wordt er bijna 40% van het land gebruikt wat een aanzienlijke bijdrage levert aan de klimaatverandering (Hoekstra, 2021).

Vanuit de noodzaak om oplossingen te zoeken voor het blijvend voorzien in voldoende voedsel voor de groeiende wereldbevolking, en het tegengaan van de gevolgen van de klimaatverandering, vloeide het Europese initiatief *Green Deal*. Dit is een pakket maatregelen om binnen de EU tot klimaatneutraliteit te komen in 2050 (Europese Unie, 2023). Eén van deze maatregelen beoogt het huidige voedselsysteem te verduurzamen en resulteerde in Vlaanderen o.a. in *Green Deal Eiwitshift op ons bord*. Deze eiwitshift houdt in dat men een verschuiving beoogt van voedingseiwitten afkomstig uit dierlijke producten naar deze uit plantaardige bronnen. Momenteel bedraagt de verhouding in de Vlaamse consumptie ongeveer 60% dierlijke tegenover 40% plantaardige eiwitten. Dit wil men verbeteren tot een verhouding 40/60 tegen 2030 (Departement Omgeving, z.d.).

Deze eiwitshift zorgt voor voedselproducenten voor een reeks nieuwe uitdagingen. Hoe reageren deze nieuwe eiwitbronnen tijdens de verwerking? Hoe smaken deze en hoe reageert de consument hierop? Onderzoek hiernaar is in volle gang. Als mogelijke alternatieven voor de conventionele eiwitbronnen zijn er verschillende plantaardige bronnen, microbiële eiwitten, eiwitten uit algen of insecten. Een belangrijk criterium om als bruikbare eiwitbron aanzien te worden, is naast het aandeel aan eiwitten ook de eiwitsamenstelling beslissend. Deze dient een goede verhouding van essentiële en niet-essentiële aminozuren te hebben, waarbij de essentiële aminozuren van primair belang zijn voor de mens aangezien deze niet door

het lichaam zelf kunnen aangemaakt worden. Verder dient er ook rekening gehouden te worden met de duurzaamheid. Deze alternatieve eiwitbronnen hebben eveneens een impact op het milieu: hoeveelheid energie die nodig is voor de productie, de invloed van de teelt op de bodem, de uitstoot van broeikasgassen of de hoeveelheid geproduceerd afval (Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek, z.d.).

1.3.2 Eendenkroos

Eén van de nieuwe alternatieve plantaardige eiwitbronnen is eendenkroos of waterlinzen. Deze plant kennen we vanuit de vijvers in parken, maar blijkt ook een prima duurzaam alternatief voor onze portie dierlijke eiwitten. Nutritioneel is dit een interessante bron vermits het een hoog eiwitgehalte heeft van 30% tot 45% droge stof. Ook wat duurzaamheid betreft, scoort het goed: het groeit snel; in ideale omstandigheden verdubbelt het zich elke 24 tot 72 uur. In Vlaamse buitenomstandigheden kan er tot 3 ton eiwit per hectare geproduceerd worden (Devlamynck et al., 2021).

Eendekroos is een familie van kleine drijvende planten die over de hele wereld voorkomen. Er bestaan 37 verschillende soorten verdeeld over vijf geslachten: *Spirodela*, *Landoltia*, *Lemna*, *Wolffiella* en *Wolffia* (Appenroth et al., 2017). Hiervan zijn *Lemna minor* en *Lemna Gibba* inheems en te vinden op het wateropvlak van beken en vijvers (Devlamynck et al., 2021).

De meeste soorten zijn momenteel geclassificeerd als Novel Foods binnen de Europese Unie. Dit betekent dat het voedingsmiddelen zijn die voor 15 mei 1997 in de EU niet door mensen geconsumeerd werden. Novel foods dienen eerst een procedure te doorlopen om na te gaan of zij veilig zijn voor consumenten voor zij op de markt toegelaten worden (Directorate-General for Health and Food Safety Links, z.d.).

De Europese autoriteit voor voedselveiligheid, EFSA, keurde het gebruik voor humane consumptie van twee soorten eendenkroos goed. De verse planten van *Wolffia arrhiza* en *Wolffia globosa* werden op 30 juni 2021 goedgekeurd en het concentraat van *Lemna gibba* en *Lemna minor* kreeg toelating op 17 april 2023 (EFSA (European Food Safety Authority), 2021; Turck et al., 2023).

Appenroth et al. (2017) voerde voedingsanalyses uit op de geslachten *Spirodela*, *Landoltia*, *Lemna*, *Wolffiella* en *Wolffia*, deze toonden aan dat de droge stof een proteïne-gehalte had tussen 20% en 35%, een vetgehalte tussen 4% tot 7% en een zetmeelgehalte van 4% tot 10%. De verdeling van aminozuren bleek dicht bij de aanbevelingen van WHO te liggen.

1.4 3D-foodprinting

1.4.1 Techniek

Het concept van 3D-printen is betrekkelijk eenvoudig: het te printen voorwerp wordt ontworpen op de computer met behulp van gespecialiseerde 3D-software. Dit ontwerp wordt vervolgens door slicing software digitaal opgedeeld in horizontale lagen. Het resultaat hiervan wordt geüpload naar

de 3D-printer die het vervolgens laag per laag, in het gekozen materiaal, print (Shahrubudin et al., 2019; Sheng, 2022; Varvara et al., 2021). Wat de techniek van het 3D-voedselprinten (3DFP) betreft, volgt dit eenzelfde procedure, met als enige verschil dat er gebruik gemaakt wordt van eetbaar materiaal (Portanguen et al., 2022; Varvara et al., 2021; Watkins et al., 2022; Wegrzyn et al., 2012).

1.4.2 Gepersonaliseerde voeding

De belangrijkste meerwaarde van de techniek van 3DFP is de mogelijkheid om voeding op maat van een individu te printen. De samenstelling van het printobject kan gewijzigd worden in de ontwerpfase; men kan een product verrijken en/of het aandeel macronutriënten verhogen of verlagen, de grootte aanpassen en het zo aan de noden van de gebruiker voldoen. (Eswaran et al., 2023; Varvara et al., 2021; Zhang et al., 2022). Dit in tegenstelling tot traditionele productieprocessen die gericht zijn op alle consumenten (Blutinger et al., 2023; Escalante-Aburto et al., 2021; Katsnelson, 2021; Watkins et al., 2022).

Vehmas et al. (2020) onderzochten hoe de consument staat ten opzichte van het aankopen van een individueel aangepaste snack uit een gezonde snackautomaat, *Healthy Snack Machine* (HSM). Dit concept houdt in dat er vers geproduceerde, op maat gemaakte snacks verkocht worden via een automaat, voor consumptie ter plaatse. Vehmas et al. (2019) verzamelden eerst klanteninzichten rond het HSM-concept. De resultaten hiervan tonen aan dat de consument in het algemeen positief staat ten opzichte van het concept. De voorkeur gaat naar een gezonde en verzadigende snack. De mogelijkheid de snack individueel aan te passen, wordt aanzien als een meerwaarde.

1.4.3 Receptuur

De uitdaging zit binnen het samenstellen van het recept. Voedingsmiddelen worden omgezet tot inkt, waarbij een specifieke vloeibaarheid nodig is om te kunnen printen. Hierbij dient de ingrediëntenmix evenwel te zorgen voor een goede structuur en vormstabiliteit na het printen. Daarenboven dient er rekening gehouden te worden met de druksnelheid (Lille et al., 2018; Shen et al., 2022). Lille et al. (2018) onderzochten de mogelijkheid om via 3DFP gezonde snacks te ontwerpen die aan de ene kant voldoende vezels en eiwitten bevatten en aan andere kant weinig vet of suiker bevatten. Hiertoe gebruiken zij verschillende eiwit-, zetmeel- en vezelrijke ingrediënten en mengsels hiervan. De beste drukresultaten worden bereikt met pasta's van 10% koud zwellend zetmeel + 15% magere melkpoeder, 60% halfvolle melkpoeder, 30% roggezemelen, 35% havereiwit-concentraat of 45% fababoon-eiwitconcentraat. Habuš et al. (2022) bestuderen onder andere het effect van de hoeveelheid olie op de fysische eigenschappen van een 3D-geprinte graansnack. Zij concluderen dat het verlagen van het aandeel olie de hardheid van de snack sterk vermindert, en dat de beste resultaten worden behaald met een deeg bestaande uit 20% olie.

1.4.4 Printbare voedingsmiddelen

Een toenemend aantal voedingsmiddelen kan gebruikt worden in 3DFP, en er wordt volop onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om met voedingsmiddelen te printen (Portanguen et al., 2022). De printbaarheid van een voedingsmiddel hangt af van de macromoleculaire samenstelling van het product, het smeltpunt en de eisen die door het gebruikte proces gesteld worden. Producten met laag smeltpunt of die met hoog zetmeelgehalte, hebben over het algemeen een goede printbaarheid en een textuur dat lijkt op het origineel. De ingrediënten dienen eerst in een halfvaste toestand gebracht te worden om zo via extrusie door een nozzle of spuitmond geperst te worden en op een plaat geprint te worden. (Portanguen et al., 2022; Varvara et al., 2021; Watkins et al., 2022; Zhao et al. 2020).

In het volgend gedeelte wordt een overzicht gegeven van de voornaamste categorieën printbare voedingsmiddelen van zowel plantaardige als dierlijke herkomst.

1.4.4.1. Plantaardige producten

A. Zoetwaren

Uit onderzoek blijkt chocolade uitermate geschikt vanwege het smeltpunt dat rond de 30°C ligt terwijl het begint te stollen bij kamertemperatuur (20-25°C). Het gebruik van additieven als magnesiumstearaat of hydrocolloïden is soms nodig om de printbaarheid te verhogen (Mantihal et al., 2019; Portanguen et al., 2022). Karyappa en Hashimoto (2019) onderzochten de mogelijkheid om de verhoudingen cacaopoeder aan te passen om zo de printbaarheid te beïnvloeden zonder additieven toe te voegen. Dit onderzoek toont het belang aan van zowel de samenstelling als de procesparameters tijdens het productieproces.

B. Deegwaren

Bij het onderzoek rond de printbaarheid van deegwaren zoals deeg en koekjes blijkt de samenstelling van het recept eveneens doorslaggevend. Experimenten van Liu et al. (2019) tonen aan dat een formulering bestaande uit verschillende ingrediënten, zoals tarwebloem, gevriesdroogd mango-poeder, olijfolie en water, in specifieke verhoudingen de beste resultaten oplevert. Deze formuleringen werden onder verschillende omstandigheden getest; zoals snelheid, diameter van de spuitmond en vulsnelheid, om zo de optimale printkwaliteit te bereiken.

1.4.4.2. Dierlijke producten

A. Vlees

De mogelijkheden om vlees te gebruiken als grondstof voor het printen werd uitvoerig onderzocht. Door het ontbreken van koolhydraten is het moeilijk om structuur te krijgen in het eindproduct. Hierdoor is het gebruik van additieven of het stabiliseren van de eiwitten noodzakelijk (Portanguen et al., 2022). Het tot nu toe enige dierlijk ingrediënt waarbij geen additieven nodig zijn is surimi (Portanguen et al., 2022; Wang et al., 2018). Dit betreft echter een bewerkt product waaraan koolhydraten in de vorm van gemodificeerd

zetmeel, sorbitol of suiker aan toegevoegd worden (Bhattacharya, 2023c; Watts, 2024).

B. Zuivel

Het gebruik van zuivelproducten bij 3D-printen is minder uitvoerig onderzocht. Technische gezien zijn deze voedingsmiddelen geschikt voor 3DFP vanwege de geleringsmogelijkheden en zachte structuur, de printbaarheid verbetert naarmate het eiwitgehalte toeneemt. Producten als kaas en yoghurt hebben van nature een consistentie die voor iedereen eetbaar is, waardoor men bijgevolg de vraag stellen naar het nut van het gebruik bij 3DFP. Echter kan het een mogelijkheid zijn op het vlak van personaliseren van een voedingsmiddel (Lee et al., 2020; Portanguen et al., 2022).

C. Eieren

Er is weinig onderzoek gebeurd rond het 3D-voedselprinten met eieren. Onderzoek van Anukiruthika et al. (2020) toont aan dat eiwit noch eigeel printbaar zijn in hun oorspronkelijke vorm. Door zetmeel toe te voegen, wordt printen wel mogelijk. H. Liu et al. (2018) onderzochten de mogelijkheden van toevoeging van gelatine, maïszetmeel en sucrose om de printeigenschappen van eieren te verhogen.

Xu et al. (2020) onderzocht met succes de invloed van temperatuur op eigeel en het effect op zowel de extrusie als de vormvastheid na het printen. Dit onderzoek toont aan dat het aanpassen van het proces aan het product cruciaal is voor succesvolle 3D-voedselprinttoepassingen.

1.4.5 Nadelen

Om tot een pasta of deeg te komen dat printbaar is, zijn ter voorbereiding traditionele kooktechnieken nodig zoals schillen, snijden, koken en zo meer. Ook de afwerking vraagt, afhankelijk van het recept, traditionele nabewerking. Dit neemt aanzienlijk wat tijd in beslag. Ook het printproces zelf is tijdrovend en ligt ver onder de industriële productiesnelheden. Dit maakt dat 3DFP niet geschikt is voor massaproductie. (Portanguen et al., 2022, Varvara et al., 2021).

Op dit moment is het nog niet mogelijk om van elk voedingsmiddel een printbare pasta te maken. Vooreerst zijn vaak additieven nodig (Portanguen et al., 2022; Zhao et al., 2020). Zowel het gebruik van additieven als de nieuwe technologie zorgen voor een moeilijkere aanvaarding door de consument aangezien beiden kenmerken zijn van ultrabewerkte voeding, wat gezondheidsbewuste consumenten proberen te vermijden (Vlaams Instituut Gezond Leven vzw, z.d.; Portanguen et al., 2022). Ten tweede zijn er voedingsmiddelen zoals vlees en eieren die moeilijk tot niet te verwerken zijn tot een printbare pasta. Dit kan leiden tot een ongebalanceerd eindproduct wat betreft micro- en macronutriënten wat op zijn beurt tekorten in de hand kan werken (Portanguen et al., 2022).

1.4.6 Toepassingsgebieden

Zoals hierboven reeds aangegeven, geeft 3DFP de mogelijkheid tot het personaliseren van voeding. Dit lijkt de meest waarschijnlijke toepassing van de techniek in de nabije toekomst. Hierbij kan gekeken worden naar het preventieve en het curatieve aspect (Guo et al. 2023; Portuguen et al., 2022).

Het preventieve aspect betreft het voorkomen van tekorten in de voeding, deze kunnen ontstaan door onder andere voedingsallergieën en -toleranties, specifieke voedselvoorkeuren of beperkte financiële middelen. Zo kan onder meer gedacht worden aan kinderen met selectief eetgedrag waarbij het moeilijk is aan de dagelijkse aanbevelingen te voldoen (Portuguen et al., 2022; Varvara et al., 2021). Derossi et al. (2018) ontwikkelden een printbare fruitsnack voor kinderen tussen 3 en 10 jaar om hen op deze manier te voorzien van 5% tot 10% van dagelijkse energiebehoefte, calcium, ijzer en vitamine D.

Daarenboven geeft 3DFP de mogelijkheid om telkens een identiek product met eenzelfde structuur aan te bieden, iets wat bij een met de hand gemaakt product niet mogelijk is (Varvara et al., 2021), wat bijvoorbeeld bij patiënten met dysfagie of picky eaters een belangrijk aspect kan zijn.

Een andere populatie waarbij zowel het preventieve als het curatieve aspect in aanmerking komt, zijn de ouderen. Deze groep vertoont enerzijds vaak mondaandoeningen waarbij de behoefte ontstaat aan makkelijker kauwbare voeding terwijl er anderzijds een verhoogde behoefte aan volwaardige eiwitten bestaat. Hierin kan 3DFP een belangrijke rol spelen vanwege de mogelijkheden om het eiwitgehalte te verhogen en de consistentie aan te passen (Guo et al. 2023, Portuguen et al., 2022; Varvara et al., 2021).

Anderzijds wordt door onderzoekers en producenten van 3D-voedselprinters verwacht dat een voedselprinter in de nabije toekomst zal opduiken in de keuken van de eindgebruiker. De techniek geeft enerzijds de mogelijkheid om nieuwe culinaire combinaties en ontdekkingen te doen en anderzijds het ter plaatse produceren van voedingsmiddelen (Folino, 2022; Guo et al. 2023, Katsnelson, 2021; Varvara et al., 2021).

Besluit

Het eten van snacks is wereldwijd een trend geworden, waarbij consumenten steeds vaker kiezen voor snacks in plaats van traditionele hoofdmaaltijden. Deze verschuiving heeft geleid tot een groeiende vraag naar gezondere en duurzamere snacks. Consumenten zijn ook steeds meer bezig met de duurzaamheid van voedsel en zoeken naar gezondere alternatieven, vooral in supermarkten (Baecke, 2017; Bhattacharya, 2022; Bhattacharya, 2023a; Logatcheva & Herceglic, 2023; Schlinkert et al., 2020; van Teeffelen & van Maarschalkerweerd, 2023; Mondelēz International, 2023).

Na het doorspitten van wetenschappelijke publicaties blijkt dat de definitie van "snacken" nogal uiteenloopt en er geen consensus bestaat over wat de term precies inhoudt. Verschillende onderzoekers hanteren verschillende definities, afhankelijk van wanneer iets geconsumeerd wordt, wat voor voedsel het is, hoeveel ervan gegeten wordt of zelfs waar het gegeten wordt. Dit gebrek aan uniformiteit maakt het lastig om onderzoeksresultaten te analyseren en bemoeilijkt de ontwikkeling van evidence-based beleidsmaatregelen ter bevordering van de volksgezondheid (Chapelot, 2011; Hess et al., 2016; Hess & Slavin, 2018; Marangoni et al. 2019; Wadhwa en Wilkie, 2018).

Ondanks vele studies is het nog steeds onduidelijk of snacken een positieve of negatieve invloed heeft op de gezondheid (Assmus et al., 2021; Bellisle, 2014; Murakami & Livingstone, 2015; Murakami & Livingstone, 2016; Potter et al., 2018). Sommige onderzoeken suggereren dat het eten van tussendoortjes gezondheidsvoordelen kan hebben, zoals het stabiliseren van de bloedsuikerspiegel, terwijl andere studies wijzen op mogelijke negatieve effecten op de energiebalans en de cardiometabole gezondheid (Kelly et al., 2020; Marangoni et al., 2019; St-Onge et al., 2017).

Om te bepalen of een snack als gezond kan worden beschouwd, zijn er beoordelingscriteria ontwikkeld door het Vlaams Instituut Gezond Leven en Diabetesliga. Deze criteria, onder andere gericht op snacks zoals koeken, bieden consumenten een richtlijn om gezondere keuzes te maken tijdens het winkelen. Bij gebrek aan verdere richtlijnen kunnen deze criteria gebruikt worden om een voedingsmiddel te beoordelen op het vlak van gezondheid (Diabetes Liga, 2020; Vlaams Instituut Gezond Leven, 2018).

Met de groeiende vraag naar eiwitten en de dringende noodzaak om het voedselsysteem te verduurzamen, wordt in EU een eiwitshift naar meer plantaardige eiwitbronnen gestimuleerd (Departement Omgeving, z.d.; Europese Unie, 2023). Een veelbelovend alternatief is eendenkroos, een snelgroeiende plant met een hoog eiwitgehalte en een duurzame teelt (Appenroth et al., 2017; Devlamynck et al., 2021). Van de eenden-kroossoorten *Wolffia arrhiza* en *Wolffia globosa* werden de verse planten, en van de soorten *Lemna gibba* en *Lemna minor* het concentraat, goedgekeurd voor humane consumptie door de Europese voedselveiligheidsautoriteit, waardoor deze plant gebruikt kan worden als eiwitbron in voedingsmiddelen (EFSA (European Food Safety Authority), 2021; Turck et al., 2023).

3D-voedselprinten opent de deur naar op maat gemaakte voeding door de samenstelling van het geprinte object aan te passen tijdens het ontwerpproces. Deze technologie biedt een nieuwe benadering van voedselproductie en consumptie. Een van de belangrijkste voordelen is de mogelijkheid om voeding op maat te printen, waardoor consumenten kunnen profiteren van gepersonaliseerde voedingsmiddelen die voldoen aan hun individuele behoeften en voorkeuren (Blutinger et al., 2023; Eswaran et al., 2023; Katsnelson, 2021; Varvara et al., 2021; Zhang et al., 2022).

Het samenstellen van recepten voor 3D-voedselprinten is een uitdaging, waarbij rekening moet worden gehouden met factoren zoals de vloeibaarheid van ingrediënten, de structuur van het eindproduct en de printbaarheid tijdens het proces. Een breed scala aan voedingsmiddelen, zowel plantaardig als dierlijk, kan worden gebruikt in 3DFP. De printbaarheid van een voedingsmiddel hangt af van verschillende factoren, zoals de macromoleculaire samenstelling, het smeltpunt en de vereisten van het proces (Lille et al., 2018; Portanguen et al., 2022; Shen et al., 2022; Varvara et al., 2021; Watkins et al., 2022; Zhao et al. 2020).

2. Onderzoek

2.1 Probleemstelling

De afgelopen jaren is snacken wereldwijd uitgegroeid tot een dagelijkse gewoonte en vervangt het vaak een hoofdmaaltijd. Gezond snacken wint daarbij aan belang voor de consument, waarbij een trend naar personalisatie op te merken valt. 3DFP-techniek maakt op maat printen mogelijk.

Daarnaast stuurt de EU aan op het gebruik van meer plantaardige eiwitbronnen bij de productie van voedingsmiddelen. Een nieuwe alternatieve eiwitbron is eendenkroos, waarvan enkele soorten door EFSA reeds toegelaten werden voor humane consumptie op de EU-markt. Dit plantje kan een oplossing bieden naar eiwitverrijking van een snackbar toe. Er werd nog geen onderzoek verricht rond hoe dit zich gedraagt tijdens productie van een voedingsmiddel.

2.2 Doelstelling

In dit eindwerk wordt nagegaan of het mogelijk is een gezonde snack op basis van een alternatieve eiwitbron te produceren en te individualiseren met behulp van een 3DFP-techniek. Er zal onderzocht worden in hoeverre individualisatie op het vlak van eiwitgehalte mogelijk is met eendenkroospoeder. Dit om aan de ene kant een antwoord te bieden op de vraag van consumenten die een gezonde en duurzame snack op maat wensen, en aan de andere kant de mogelijkheden voor gebruik van eendenkroospoeder als ingrediënt te bestuderen.

2.3 Onderzoeksvragen

Als basis van de onderzoeksvraag wordt de PECO gebruikt:

Population	Volwassen consumenten op zoek naar gepersonaliseerde, milieu-verantwoorde en gezonde snacks
Exposure	3D-geprinte gezonde snackbar op maat op basis van eendenkroospoeder
Comparison	3D-geprinte snackbar vanuit bestaand recept verrijkt met soja-eiwit
Outcome	Personaliseerbare 3D-geprinte gezonde snackbar op basis van eendenkroospoeder

In welke mate is het mogelijk om een gezonde snack op basis van eendenkrooseiwit te printen met behulp van een 3D-voedselprinter?

In welke mate is het mogelijk deze qua eiwitgehalte op maat aan te passen?

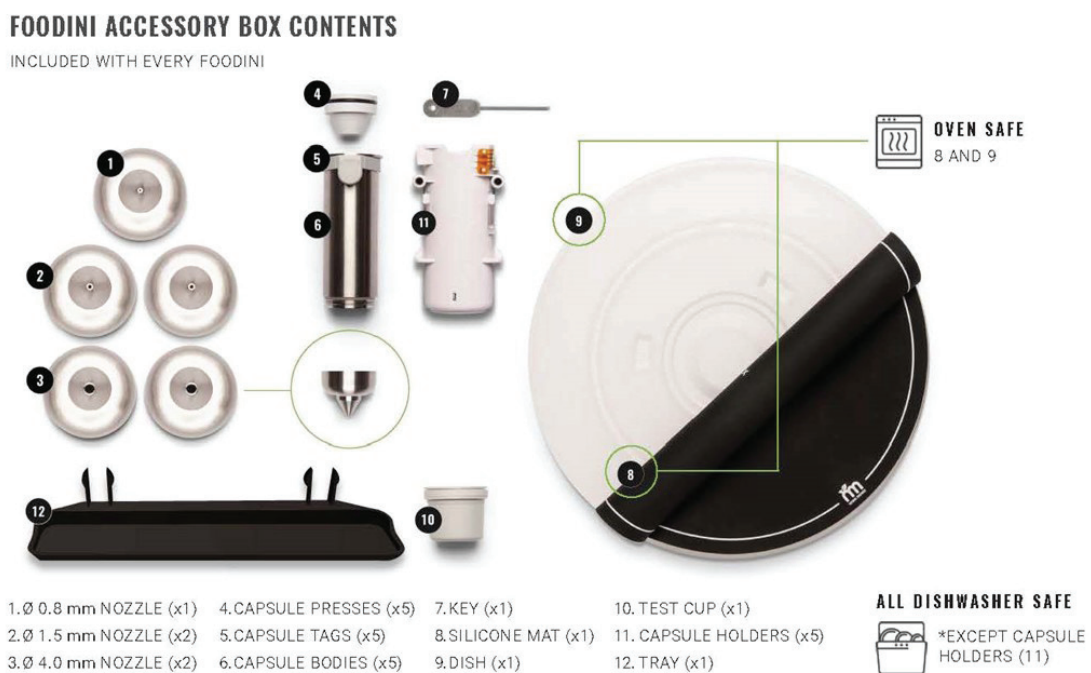
2.4 Materialen en methoden

2.4.1 3D-voedselprinter

De 3D-voedselprinter die gebruikt wordt binnen dit onderzoek is *Foodini* en is ontworpen en geproduceerd door *Natural Machines*. Deze printer beschikt over vijf capsules, die elk een pasta of deeg kunnen bevatten, vergelijkbaar met de kleurencartridges van een klassieke printer. Het zogenaamd drukken gebeurt door middel van extrusie, de pasta wordt onder hoge druk door een spuitmond geduwd en komt zo laag per laag op de printplaat terecht. Deze spuitmondzen of nozzles hebben een diameter van 0.8, 1.5 of 4.0 mm (Natural Machines et al., 2018; Portanguen et al., 2022).

Figuur 1

Foodini onderdelen



Noot. Aangepast van "Natural Machines Foodini Brochure", door Natural Machines et al., (2020, 19 augustus). Geraadpleegd van <https://static.naturalmachines.com/images/Natural-Machines-Foodini-Brochure.pdf>

2.4.2 Ingrediënten

2.4.2.1 Eendenkrooseiwitpoeder

Een aantal soorten eendenkroos voor humane consumptie werden recent toegelaten op de Europese markt (EFSA (European Food Safety Authority), 2021; Turck et al., 2023). Voedselproducenten zijn voorlopig in onderzoeksfase waardoor het nog niet vrij verkrijgbaar is. Deze onderzoeken gebeuren rond twee types: een eerste variant betreft productie van vers eendenkroos dat gedroogd wordt, wat een eiwitgehalte van ca. 35% geeft. Bij de tweede variant, een mengsel van de soorten *Lemna gibba* en *Lemna*

minor, wordt eerst het eiwit geëxtraheerd en nadien worden vezels en bezinksel mechanische gescheiden. Dit concentraat geeft een groen poeder dat gepasteuriseerd en gesproeidroogd is. Deze laatste techniek geeft een eiwitgehalte van ca. 65%. (R. Devlamynck, persoonlijke communicatie, 28 november 2023; Leemans en Flanders' Food, 2023).

Aangezien het eendenkroos binnen deze bachelorproef gebruikt zal worden om een voedingsmiddel te verrijken op vlak van eiwit, gaat de voorkeur uit naar het tweede type, met name het eendenkrooseiwitconcentraat (EKC) vanwege het hogere eiwitgehalte. De zoektocht naar producenten via *Google*, leverde de firma's *Plantible* en *Lemnature* op. Deze ondernemingen bevinden zich in USA. *Plantible* heeft een uitgebreide website met uitleg, maar geen bestelmogelijkheid (Contact - Plantible Foods, 2023). Via het contactformulier werd een korte voorstelling van het bacheloronderzoek verstrekt met de vraag of zij leveringsmogelijkheden hadden. Hierop kwam geen reactie.

De tweede firma, *Lemnature*, heeft eveneens een uitvoerige website. Hier wordt de mogelijkheid tot het aanvragen van een staal aangeboden (Lemnature Aquafarms, 2022). Alle gevraagde gegevens werden ingevuld en de aanvraag werd verstuurd. Hier kwam evenmin reactie op. Bij nader onderzoek nadien bleek dat deze firma het faillissement aanvroeg op 23 september 2023 (CourtListener, 2023; Watson, 2023).

Na overleg met de interne en externe promotor, werd contact opgenomen met *Inagro*. Dit onderzoekscentrum in Rumbekke-Beitem doet binnen het project *LemnaPro* onderzoek met als doel eendenkroos als eiwitgewas in Vlaanderen te introduceren (Inagro, 2023).

Er werd een mail gestuurd met de vraag naar mogelijke aanbieders. Zo werd een lead naar *Rubisco Foods* verkregen. Dit is een startend bedrijf in Nederland dat de commerciële mogelijkheden van type 2 onderzoekt (Rubisco Foods, 2021). Dit bedrijf werd via mail aangeschreven. Een grote hoeveelheid bestellen was helaas niet mogelijk aangezien zij momenteel hun productie gebruiken voor eigen onderzoek. Wel was het mogelijk een staal van 50 g te verkrijgen. Er werd meteen toegezegd op deze mogelijkheid. De communicatie viel nadien stil, op opvolgingsmails tijdens de maanden december, januari en februari kwam geen reactie.

Vervolgens werd opnieuw contact opgenomen met *Inagro*. Zij konden een kleine hoeveelheid van het eerste type, eendenkroospoeder (EKP), leveren, zijnde poeder van gedroogde verse planten van *Wolffia*, een mix van *arrhiza* en *globosa*. Deze soorten zijn in de vorm van verse planten voor humane consumptie door EFSA goedgekeurd, de gedroogde vorm is echter op dit moment nog niet toegelaten (EFSA (European Food Safety Authority), 2021).

Ook werd er een eiwitbepaling (zie bijlage B) bezorgd die gebeurde in 2023, dit is het gemiddelde resultaat van wekelijks genomen stalen van gedroogde *Wolffia*, mix van *arrhiza* en *globosa*.

2.4.2.2 Overige ingrediënten

Havermout (*Everyday*), rozijnen (*Boni*), cashewnoten (*Boni*), amandelmeel (*Boni*), gedroogde abrikozen (*Boni*), diepgevroren blauwe bessen (*Boni*) en diepgevroren bosvruchtenmix (*Boni*), honing (*Boni*) en zout (*Everyday*) werden aangekocht bij *Colruyt*. Pitloze gedroogde dadels (*Alesto*) werden aangekocht bij *Lidl*. Eiwitpoeder (*Purasana*) werd aangekocht bij *Bioplanet*.

2.5 Methodiek onderzoek

Binnen deze bachelorproef zal als definitie voor een snack gelden dat dit een consumptie is buiten de hoofdmaaltijden, zijnde ontbijt, middagmaal en avondmaal. Hieronder vallen zowel gezonde als ongezonde voedingsmiddelen. Dranken worden, gezien de opzet van het praktisch onderzoek, buiten beschouwing gelaten.

Dit onderzoek spitst zich in eerste plaats toe tot het ontwikkelen van een gezonde snack door gebruik te maken van 3DFP-techniek. Dit houdt in dat voedingsmiddelen omgezet dienen te worden tot een printbare pasta. Hierbij is de viscositeit van belang, de pasta dient voldoende vloeibaar te zijn om door de nozzle van de printer gedrukt te worden maar niet te vloeibaar zodat het, eens op de printplaat, zijn vorm behoudt. Als tweede focus dient de snackbar individueel aanpasbaar te zijn. Om aan deze eis te voldoen, wordt gekozen voor een ontwerp dat bestaat uit drie lagen. De snackbar werd in 3D ontworpen met behulp van het programma *Illustrator*, zie hiervoor figuur 2, en de *Foodini*-software. Het betreft een snackbar bestaande uit 3 lagen van 110 mm op 35 mm met telkens een dikte van 5 mm.

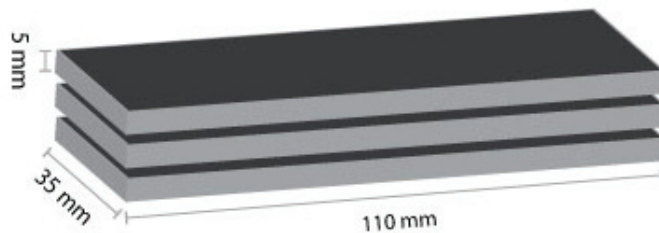
De methodiek van dit onderzoek houdt verschillende fases in: eerst zullen recepten zonder eiwitverrijking getest worden op printbaarheid. Er zal nagegaan worden of het recept aanpassingen nodig heeft om een printbare pasta te bekomen. Het verloop van het printproces zal nagegaan worden; deden er zich fouten voor of liep het proces vast? Het eindproduct zal beoordeeld worden qua vorm, kleur en het loskomen van printplaat net na printen.

Vanuit de overweging dat een 3D-voedselprinter niet gebruikt zal worden bij massaproductie maar eerder in kleinere productie-eenheden of op middellange termijn bij de consument thuis, zal er bij het opstellen en kiezen van de receptuur met volgende criteria rekening worden gehouden:

- zo weinig mogelijk ingrediënten
- ingrediënten die makkelijk verkrijgbaar zijn voor de consument
- zo weinig mogelijk gebruik van bijkomende technieken ter voorbereiding of afwerking bij het gebruik van 3DFP
- omzetting van huishoudmaten naar gestandaardiseerde basismaten van Hoge Gezondheidsraad (2005)

Figuur 2

Snackbar-ontwerp in Illustrator



De voedingswaardes zullen berekend worden met *Nubel Foodplanner Pro* (Nubel VZW & Seeuws, z.d.), vervolgens worden de recepten getoetst aan de beoordelingscriteria van Vlaams Instituut Gezond Leven (2018) en Diabetesliga (2020). Vermits deze criteria enkel rekening houden met de hoeveelheid vetten en niet de vetzuurverhouding, zal hiervoor een extra criteria toegevoegd worden: maximaal 1/3 verzadigde vetzuren van het totaal aantal vetten, dit aangezien de inname van verzadigde vetzuren bij voorkeur zo laag mogelijk is (Vlaams Instituut Gezond Leven, 2024).

De recepten die deze toetsen doorstaan, zullen vervolgens gebruikt worden om de verrijking met EKP te testen. Ter vergelijking van de eiwitverrijking zal er een bestaand eiwitverrijkt recept met soja-eiwit geprint worden.

Om te bepalen hoe groot een portie is, zullen van elk recept in de eerste fase, drie exemplaren geprint worden waarvan de gewichten genoteerd worden. Het gemiddelde hiervan zal gelden als portiehoeveelheid. Het gemiddelde per laag wordt hiervan afgeleid door het getal door het aantal lagen, drie, te delen.

De eiwitverrijking met EKP zal gebeuren door pasta's met 0%, 5%, 10%, 15% en 20% te prepareren. Aangezien EFSA aanbeveelt maximaal 10g eendenkrooseiwitpoeder te consumeren per dag (Turck et al., 2023), is hogere verrijking niet wenselijk vermits een portie in dat geval een te hoog gehalte zou bevatten.

Vervolgens worden er in combinatie met telkens drie repen geprint: drie lagen met eiwitverrijking, twee lagen eiwitverrijking en één laag 0%, één laag eiwitverrijking en twee lagen 0%. De eiwitgehalten zullen berekend worden met behulp van *Nubel Foodplanner Pro* (Nubel VZW & Seeuws, z.d.).

Tenslotte zullen de eiwitwaardes per 100 g en per portie ter indicatie berekend worden indien men gebruik had kunnen maken van het eiwitconcentraat van *Rubisco Foods*, dit om een beeld te geven van de verrijkingmogelijkheden met EKC. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de voedingswaardes van het eendenkroosconcentraat WLPC-75 van *ABCKroos* (nu: *Rubisco Foods*) (*ABCKroos* – WLPC-75 Water Lentil Protein Concentrate: Performance Protein For Food Applications, 2021).

2.5.1 Fase 1: Receptuurontwikkeling

Recept 1: Cashewnoot en dadel (Green, 2017, p. 40)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 150 g cashewnoten natuur
- 125 g gedroogde ontpitte dadels

Bereidingswijze:

- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 2 minuten op stand 4 en 37°C
- Met een spatel de pasta naar beneden duwen
- Mix nogmaals 2 min op stand 5 en 37°C
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, vervolgens printen

Recept 2: Vijg, framboos, cashewnoot en amandel (Pagrach, 2021)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 175 g gedroogde vijgen
- 50 g diepvriesframbozen
- 50 g cashewnoten
- 50 g amandelen
- 24 g cacaopoeder
- 24 g geraspte kokos
- 4,5 g acaipoeder

Bereidingswijze:

- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 2 minuten op stand 4 en op 40°C
- Met een spatel de pasta naar beneden duwen

- Mix nogmaals 2 min op stand 7 (zonder temperatuursinstelling)
- Met een spatel de pasta naar beneden duwen
- Mix nogmaals 2 min op stand 5 en op 40°C
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, vervolgens printen

Recept 3: dadels, cashewnoten, rozijnen en blauwe bessen (Colruyt Group, 2023)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 110 g dadels
- 70 g cashewnoten
- 40 g rozijnen
- 40 g blauwe bessen (diepvries)

Bereidingswijze:

- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 1 minuut op stand 4 en op 37°C
- Met een spatel de pasta naar beneden duwen
- Mix nogmaals 2 min op stand 5 en op 37°C
- Met een spatel de pasta naar beneden duwen
- Mix nogmaals 4 min op stand 7 (zonder temperatuursinstelling)
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, vervolgens printen

Recept 4: Cashew-granolareep (Green, 2017, p. 26)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 120 g havermout
- 2.25 g zout

- 60 g honing
- 120 g cashewnoten
- 30 g rozijnen
- 70 g eiwitpoeder

Bereidingswijze:

- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 4 minuten op stand 7 (zonder temperatuursinstelling)
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, vervolgens printen

Recept 5: Cashewnoten, abrikoos en havermout (eigen recept)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 125 g havermout
- 125 g gedroogde abrikoos
- 175 g cashewnoten

Bereidingswijze:

- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 4 minuten op stand 7 (zonder temperatuursinstelling)
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, vervolgens printen

Recept 6: Cashewnoten, bosvruchten en havermout (eigen recept)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 125 g havermout
- 125 g bosvruchten (diepvries)

- 175 g cashewnoten
- 55 g water

Bereidingswijze:

- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 4 minuten op stand 6 (zonder temperatuurstelling)
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, vervolgens printen

Recept 7: Cashewnoten, appel en havermout (eigen recept)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 125 g havermout
- 200 g appel
- 175 g cashewnoten
- 55 g water

Bereidingswijze:

- Klokhuis van appel verwijderen en in stukjes snijden
- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 4 minuten op stand 6 (zonder temperatuurstelling)
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, vervolgens printen

Recept 8: Cashewnoten, banaan en havermout (eigen recept)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 125 g havermout
- 125 g banaan

- 175 g cashewnoten
- 55 g ongezoete amandelmelk
- 20 g water

Bereidingswijze:

- Banaan schillen en in stukjes snijden
- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 3 minuten op stand 6 (zonder temperatuursinstelling)
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, vervolgens printen

2.5.2 Fase 2: Eiwitverrijking

A. Soja-eiwit

Recept 4b: Cashew-granolareep (Green, 2017, p. 26)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 120 g havermout
- 2.25 g zout
- 60 g honing
- 120 g cashewnoten
- 30 g rozijnen
- 70 g soja-eiwitpoeder

Bereidingswijze:

- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 4 minuten op stand 7 (zonder temperatuurstelling)
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, vervolgens printen

B. Eendenkroospoeder

Per %-verrijking 1 capsule basispasta 0% verrijking volgens recept 7 te voorzien.

Basispasta: Cashewnoten, appel en havermout (eigen recept)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 125 g havermout
- 140 g appel
- 175 g cashewnoten
- 65 g water

Bereidingswijze:

- Klokhuis van appel verwijderen en in stukjes snijden
- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 4 minuten op stand 6 (zonder temperatuurstelling)
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, vervolgens printen

Recept 7b: Cashewnoten, appel en havermout (eigen recept)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 80 g basispasta
- 15 g water
- 5 g gedroogde *Wolffia*, mix van *arrhiza* en *globosa*

Bereidingswijze:

- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 4 minuten op stand 6 (zonder temperatuurstelling)
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, instellingen aanpassen volgens gewenste lagen (0%/5%) en vervolgens printen
- 3 versies printen met volgende lagen:
 - 3 x pasta 5%
 - 2 x pasta 5% + 1 x pasta 0%
 - 1 x pasta 5% + 2 x pasta 0%

Recept 7c: Cashewnoten, appel en havermout (eigen recept)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 70 g basispasta

- 20 g water
- 10 g gedroogde *Wolffia*, mix van *arrhiza* en *globosa*

Bereidingswijze:

- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 4 minuten op stand 6 (zonder temperatuurstelling)
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, instellingen aanpassen volgens gewenste lagen (0%/10%) en vervolgens printen
- 3 versies printen met volgende lagen:
 - 3 x pasta 10%
 - 2 x pasta 10% + 1 x pasta 0%
 - 1 x pasta 10% + 2 x pasta 0%

Recept 7d: Cashewnoten, appel en havermout (eigen recept)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 63 g basispasta
- 22 g water
- 15 g gedroogde *Wolffia*, mix van *arrhiza* en *globosa*

Bereidingswijze:

- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 4 minuten op stand 6 (zonder temperatuurstelling)
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, instellingen aanpassen volgens gewenste lagen (0%/15%) en vervolgens printen
- 3 versies printen met volgende lagen:
 - 3 x pasta 15%
 - 2 x pasta 15% + 1 x pasta 0%
 - 1 x pasta 15% + 2 x pasta 0%

Recept 7e: Cashewnoten, appel en havermout (eigen recept)

Materialen:

- Vorwerk Thermomix TM6
- digitale weegschaal
- Foodini

Ingrediënten:

- 53 g basispasta
- 27 g water
- 20 g gedroogde *Wolffia*, mix van *arrhiza* en *globosa*

Bereidingswijze:

- Ingrediënten afwegen en in mengbeker doen
- Mix ingrediënten met de Thermomix 4 minuten op stand 6 (zonder temperatuurstelling)
- Foodini-capsule met 40mm-spuitmond vullen met bekomen pasta
- Capsule in Foodini plaatsen en snackbar-ontwerp kiezen, instellingen aanpassen volgens gewenste lagen (0%/5%) en vervolgens printen
- 3 versies printen met volgende lagen:
 - 3 x pasta 5%
 - 2 x pasta 5% + 1 x pasta 0%
 - 1 x pasta 5% + 2 x pasta 0%

2.6 Resultaten onderzoek

2.6.1 Fase 1: Receptuurontwikkeling

In tabel 5 en figuur 3 is een overzicht te vinden van de bevindingen tijdens het bereiden van de pasta, het printproces en het eindproduct.

Bij twee recepten (1 en 6) was geen aanpassing van het recept nodig. Beide recepten vertoonden geen fouten tijdens het printen en leverden een zeer goed resultaat. Bij recepten 2, 4, 5, 7 en 8 was meer water nodig om de pasta printbaar te krijgen. Bij recept 2 werd het acai-poeder weggelaten aangezien dit voor een eiwitverrijking zorgt wat niet wenselijk was in deze fase. In recept 4 werd honing vervangen door agavesiroop. Bij recepten 3 en 5 werden de hoeveelheden van de ingrediënten verhoogd om een betere consistentie te bereiken.

Tabel 5

Beoordeling printproces en -resultaten

Recept	Aanpassingen aan recept*	Consistentie pasta	Print-proces	Vorm	Kleur	Loskomen printplaat
1	Neen	goed, stevig, vormbaar	ok	ok	ok	zeer goed
2	Ja - acai-poeder + 50 ml water	plakkerig, brokkelig	fouten tijdens proces	niet ok	niet ok	moeilijk
3	Ja + 40 g blauwe bessen	plakkerig	fouten tijdens proces	niet ok	niet ok	zeer moeilijk
4	Ja - honing + agavesiroop - eiwitpoeder + 100 ml water	goed, vormbaar	ok	ok	ok	moeilijk
5	Ja + 100 ml water + 50 g cashew	brokkelig	fouten tijdens proces vastlopen	niet ok	ok	zeer moeilijk
6	Neen	goed, vormbaar	ok	ok	ok	zeer goed
7	Ja + 25 ml water	goed, vormbaar	ok	ok	ok	zeer goed
8	Ja + 20 g water	brokkelig	fouten tijdens proces vastlopen	niet ok	niet ok	moeilijk

*Aanpassingen aan recept: - weggelaten; + toegevoegd

Deze aanpassingen zorgden bij recepten 2, 3, 5 en 8 voor een plakkerige en/of brokkelige consistentie. Bij recepten 4 en 7 leverde dit een goede en vormbare pasta op. Van de printopdrachten verliep 50% zonder fouten of vastlopen.

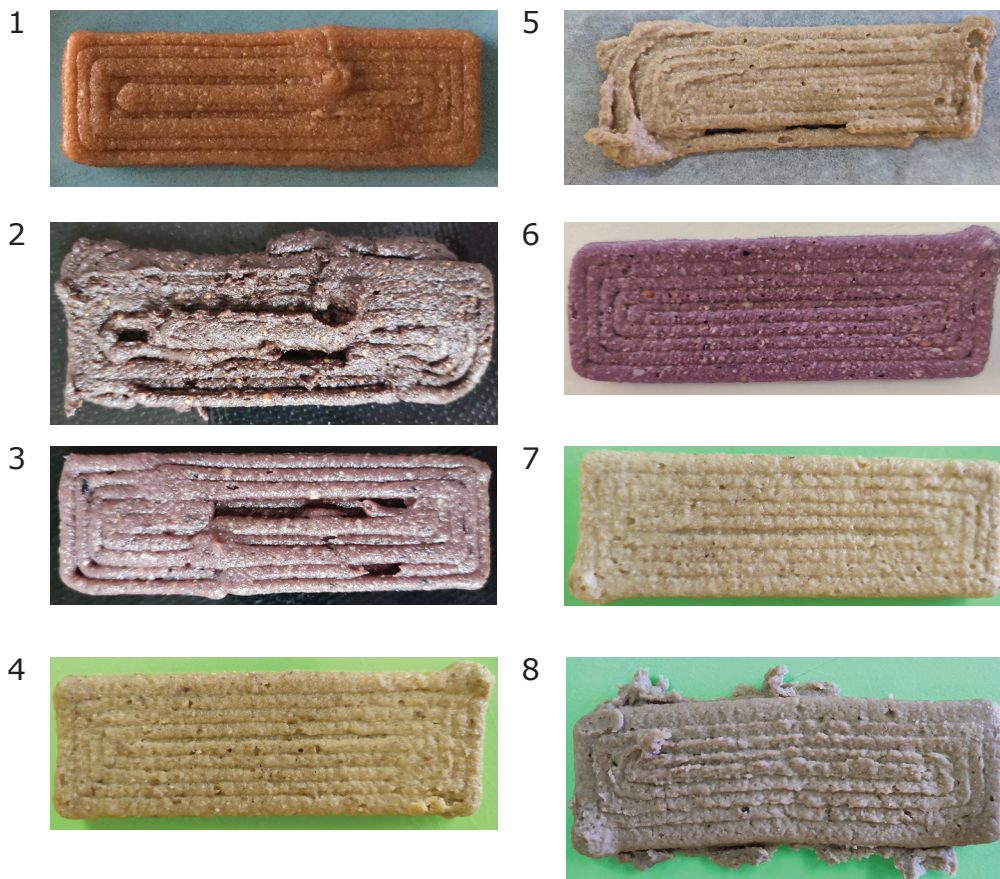
Qua vorm scoorde 50% goed terwijl de kleur bij 3 van de 8 recepten als niet wenselijk beoordeeld werd.

Het loskomen van de printplaat vertoonde gevarieerde resultaten: twee recepten kwamen zeer moeilijk los, drie moeilijk en drie zeer makkelijk.

Alle repen die moeilijk tot zeer moeilijk loskwamen werden na het printen in de koelkast geplaatst, na 30 minuten werd nagegaan of het loskomen makkelijker ging. Deze koeling had bij alle recepten een positieve invloed op het loskomen.

Figuur 3

3D-Printresultaten van de verschillende recepten



Het beoordelen van de kleur werd ondernomen met als doel een smakelijk uitzierend product te ontwikkelen. Recept 2 geeft door de combinatie van vijgen en frambozen een erg wansmakelijke kleur. Bij snackbar 3 is het resultaat ondermaats, dit is een combinatie van dadels, rozijnen en blauwe bessen. Recept 8 geeft een grauwe kleur, die niet wenselijk is bij een snackbar aangezien dit de indruk wekt dat het de houdbaarheidsdatum voorbij is.

Van alle recepten werden drie exemplaren gedrukt. Hiervan werden de gewichten genoteerd. Hieruit kwam 45 g als gemiddelde voor een portie, wat betekent een gemiddelde van 15 g per laag.

Tabel 6 toont het overzicht van de gezondheidscriteria. De rode cijfers duiden op het niet voldoen aan het betreffende criteria, de groene voldoen. Twee repen voldoen niet aan het criterium betreffende de energiewaarde van een portie, met name recepten 1 en 5, waarbij deze laatste het criterium van 150 kcal maar nipt overschrijdt. Twee recepten, 3 en 4, voldoen aan het maximum vetgehalte van 15 g/100 g. Ook hier is het recept 1 dat het hoogst boven de maximumwaarde uit komt. Alle recepten voldoen wat betreft vezel- en natriuminhoud. De verhouding suiker ten opzichte van koolhydraten dient maximaal een derde of 33% te zijn, hier voldoen enkel recepten 6, 7 en 8. De vetzuurverhouding, maximaal een derde verzadigde vetzuren ten opzichte van totaal aantal vetten, is bij alle recepten gunstig, waarbij enkel recept 2 maar nipt onder de maximumgrens scoort.

Tabel 6

Toetsing aan gezondheidscriteria

Criterium	Recept snackbar (1 portie = 45 g)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Portie (in kcal) max. 150	207	138	131	150	156	145	145	146
Vet (in g/100 g) max. 15	24,3	15,9	10,5	14,3	16,4	17,9	17,2	17,4
Vezels (in g/100 g) min. 2	4,3	9,4	3,8	3,7	4,9	4,2	4,2	3,7
Natrium (in mg/100 g) max 400	12	21	8	203	11	10	9	9
Verhoud- ing suiker/ totale KH (in %) max. 33	71,91	78,87	86,87	43,25	40,92	14,80	21,55	21,59
Verhoud- ing VVZ/ totaal vet (in %) max 33	17,78	32,52	18,10	17,97	17,74	17,82	17,85	17,76

Uit deze observaties kunnen recepten 1, 6 en 7 weerhouden worden op vlak van printbaarheid. Wat betreft de beoordeling naar een gezondere keuze

toe, is er geen recept dat op alle criteria positief scoort naar het halen van de gewenste minima of maxima. Recepten 3 en 4 scoren enkel slecht op het vlak van de verhouding suiker en koolhydraten; recepten 6, 7 en 8 scoren enkel slecht op vlak van vetgehalte. Aangezien deze laatste de grens van 15 g vet per 100 g product maar nipt overschrijden, gaat de voorkeur hiernaar uit. Recept 8 was uitgesloten vanwege printbaarheid, waardoor enkel recepten 6 en 7 weerhouden worden. Vermits recept 6 bosvruchten bevat, wordt verwacht dat dit met de groene kleur van het eendenkroospoeder geen smakelijk uitziend eindproduct zal opleveren. Hierdoor gaat de voorkeur naar recept 7 om in de tweede fase aan eiwitverrijking te doen.

2.6.2 Fase 2: Eiwitverrijking

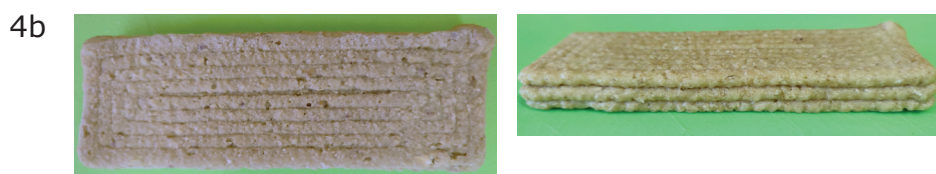
A. Controlerecept soja-eiwit

Op figuren 4 en 5 zijn de eindproducten met eiwitverrijking te zien. Figuur 4 is een verrijking met soja-eiwit op basis van recept 4, wat een egaal geprint eindproduct opleverde zonder printfouten. Figuur 5 toont de eiwitvergelijking op basis van recept 7 te zien. Het printen van de verschillende eiwitverrijkingen gebeurde vlot en met over het algemeen een egaal geprint eindresultaat. Er zijn enkele printfouten te zien zoals bij recepten 7c en 7d, telkens foto c. Een tweede print ter controle was het niet mogelijk vanwege een tekort aan het ingrediënt eendenkroospoeder.

Tabel 7 toont de hoeveelheid eiwit per 100 g en per portie van de snackbar verrijkt met soja-eiwit.

Figuur 4

3D-Printresultaat recept met soja-eiwit



Tabel 7

Eiwitgehalte pasta

Verrijking	E/100 g (in g)	E/portie (45g) (in g)
0%	9,30	4,19
14%	20,90	9,41

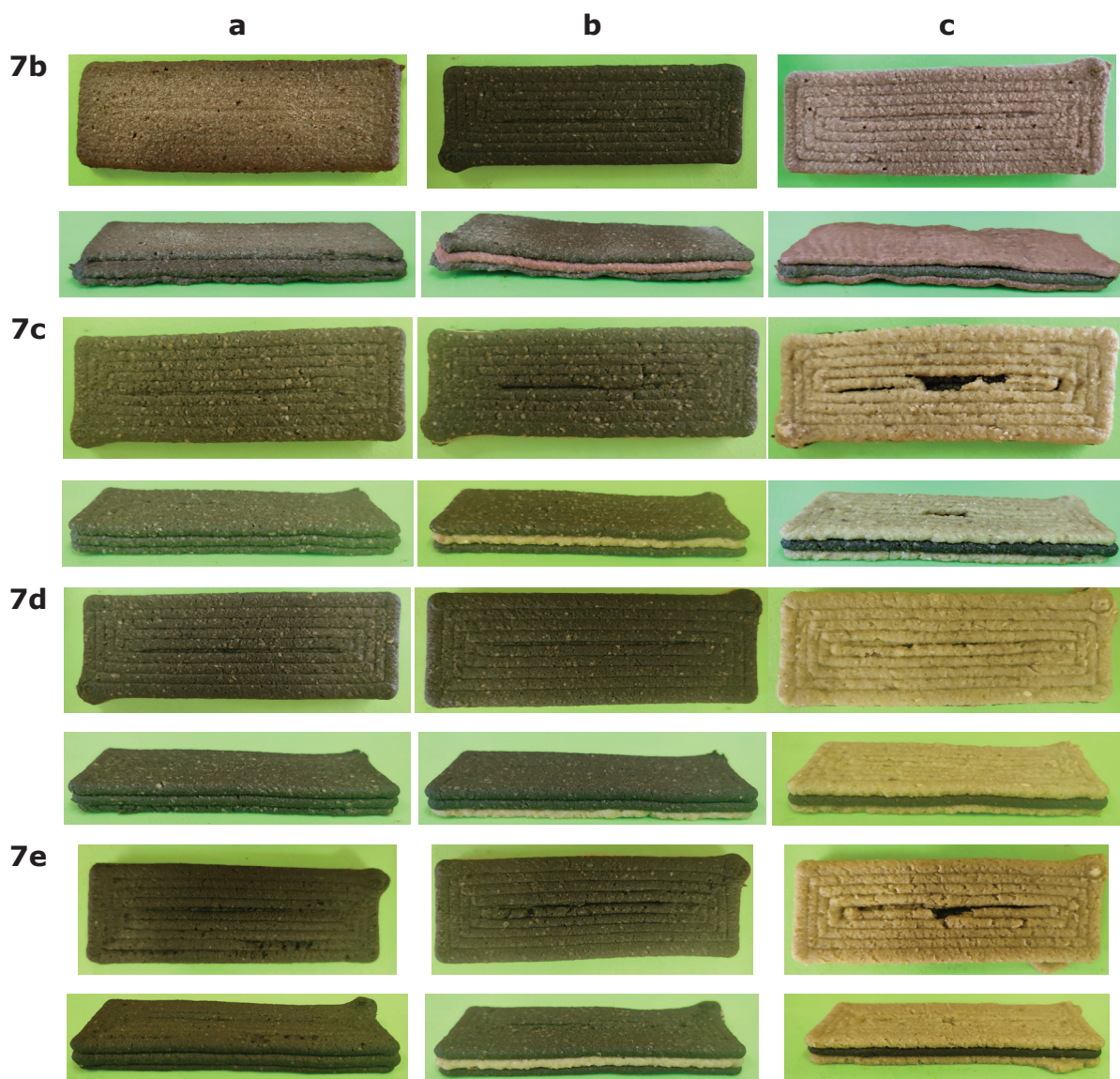
B. Eendenkroospoeder.

Op figuur 5 is te zien hoe de eiwitverrijking door het gebruik van de verschillende lagen op maat kan gebeuren. Hiervoor is slechts 1 snackbar-

ontwerp nodig. Men plaatst twee capsules met elk een andere pasta in de voedselprinter, geeft aan welke pasta voor welke laag gebruikt dient te worden en vervolgens wordt deze geprint. De eiwitgehaltenes in g per 100 g, per portie van 45g en per laag zijn terug te vinden in tabel 8. Deze tabel toont dat een pasta met 5% eendenkroospoeder een vermindering van het totale eiwitgehalte geeft. Vanaf een concentratie van 10% eendenkroospoeder is er sprake van verhoging van totale eiwitgehaltenes. De cijfers tonen aan dat dit type eendenkroospoeder kan leiden tot een totaal eiwitgehalte van 10,37 g, 11,44 g en 12,22 g bij respectievelijk gebruik van 10%, 15% en 20%-eendenkroospoeder in de pasta's.

Figuur 5

3D-Printresultaten recepten met eendenkroospoeder



Verrijking pasta eendenkroospoeder **7b** 5%. **7c** 10%. **7d** 15%. **7e** 20%.
a 3 lagen verrijking **b** 2 lagen verrijking **1** laag 0%
c 1 laag verrijking **2** lagen 0%

Tabel 8*Eiwitgehalte pasta*

Verrijking	E / 100 g (in g)	E/portie (45g) (in g)	E/laag (15g) (in g)
0%	9,80	4,42	1,47
5%	9,60	4,32	1,44
10%	10,37	4,67	1,56
15%	11,44	5,15	1,72
20%	12,22	5,50	1,84

Tabel 9*Eiwitgehalte snackbar op maat*

	5% (in g)	10% (in g)	15% (in g)	20% (in g)
a	4,32	4,67	5,15	5,50
b	4,35	4,59	4,91	5,14
c	4,38	4,50	4,66	4,78

a 3 lagen verrijking **b** 2 lagen verrijking 1 laag 0% **c** 1 laag verrijking 2 lagen 0%.

C. Indicatieve berekening

Om een indicatie te hebben van de eiwitwaardes indien er gebruik gemaakt wordt van eiwitconcentraat, werden de recepten herberekend met de eiwitwaardes van eendenkrooseiwitconcentraat WLPC-75 (ABCKroos – WLPC-75 Water Lentil Protein Concentrate: Performance Protein For Food Applications, 2021), zoals te zien in tabellen 10 en 11. Aangezien dit concentraat voor 75,4%, is hier een hogere eiwitverrijking mogelijk met grotere verschillen tussen de repen en combinaties van lagen onderling. Ook bij de laagste concentratie is er sprake van verhoging van totaal aantal eiwitten. De variatie in eiwitgehalte varieert van 4,41 g/portie (9,80 g/100 g) bij 0% eendenkroosconcentraat tot 9,13 g/portie (20,27 g/100 g) bij 20% eendenkroosconcentraat.

Tabel 10*Indicatief eiwitgehalte pasta*

Verrijking	E / 100 g (in g)	E/portie (45g) (in g)	E/laag (15g) (in g)
0%	9,80	4,41	1,47
5%	11,61	5,23	1,74
10%	14,40	6,49	2,16
15%	17,48	7,88	2,63
20%	20,27	9,13	3,04

Tabel 11*Indicatief eiwitgehalte snackbar op maat*

	5% (in g)	10% (in g)	15% (in g)	20% (in g)
a	5,23	6,49	7,88	9,13
b	4,96	5,80	6,72	7,56
c	4,69	5,11	5,57	5,99

a 3 lagen verrijking **b** 2 lagen verrijking 1 laag 0% **c** 1 laag verrijking 2 lagen 0%.

2.7 Discussie

De resultaten van de eerste fase rond receptontwikkeling tonen aan dat dit een proces is waarbij aanpassingen tijdens het bereiden nodig zijn om de gewenste eigenschappen van het pasta te bereiken, dit ligt in de lijn van eerder onderzoek van Portanguen et al. (2022), Varvara et al. (2021), Watkins et al. (2022) en Zhao et al. (2020). De noodzaak van aanpassingen bij op twee na alle recepten wijst op de complexiteit van het proces en de variabiliteit van ingrediënten en omgevingsfactoren. Deze aanpassingen betreffen het toevoegen van extra ingrediënten, zoals extra hoeveelheden van een of meer ingrediënten of het vervangen van ingrediënten met als doel een juiste viscositeit en textuur te verkrijgen om een printbare pasta te bekomen.

De gebruikte ingrediënten betreffen plantaardige producten. Deze producten beschikken over het algemeen over betere printbaarheid dan dierlijke producten (Portanguen et al., 2022). Het vetgehalte is hier onder meer van belang, zoals onderzoek van Habuš et al. (2022) uitwijst. Zij concluderen dat voor het printen van een graansnack, deeg met een oliegehalte van 20% het beste hardheid gaf. Het verlagen van het oliegehalte had een vermindering in hardheid van de snack tot gevolg. Dit kan mogelijk verklaren waarom recept 1, met het hoogste vetgehalte van 24,3 g een opmerkelijk goede, stevige en vormbare pasta gaf die daarenboven het makkelijkst loskwam van de printplaat.

Op te merken valt dat bij het zoeken naar de juiste consistentie van de pasta, het bij het merendeel van de recepten nodig was extra water toe te voegen. Dit kan wijzen op een behoefte aan een bepaalde vochtigheidsgraad. Varvara et al. (2021) tonen in een review aan dat de vochtigheidsgraad van belang is tijdens het printproces en de vormvastheid van het eindproduct. Deze toevoegingen leiden echter niet altijd tot het gewenste resultaat. Daarenboven bevat het eerste recept, met een goede, stevige en vormbare pasta en makkelijkst loskomen van de printplaat, slechts 12% water. Dit is een opmerkelijk verschil in vergelijking met de andere recepten die tussen de 30% en 39% water bevatten. Deze gehalten zijn opmerkelijk lager dan in andere onderzoeken. Onderzoek van Nowacka et al. (2023) wijst uit dat er bij plantaardige alternatieven voor vlees en vis, een watergehalte van 50-80% nodig is voor een goede printbaarheid en gewenst eindresultaat. Bij het onderzoek rond het gebruik van gelatine in op maat aanpasbare voeding voor ouderen van Yun et al. (2022) ligt het watergehalte tussen de 75% en 82%. Hierbij is verder experimenteel en analytisch onderzoek nodig om inzicht te krijgen in de verschillende factoren die van invloed zijn op de viscositeit van de pasta en de kwaliteit van het eindproduct.

Bekijkt men de verschillende aspecten van de beoordeling van het printproces en eindproduct, blijkt als eerste de consistentie van de pasta een belangrijke factor te zijn bij het loskomen van de printplaat. Over het algemeen kan gesteld worden dat een goede en vormbare pasta zorgt voor het makkelijk loskomen van de printplaat. Er zijn echter uitzonderingen zoals bij recept 4 waar het loskomen moeilijk was ondanks een goede

pasta. In alle gevallen waarbij het loskomen moeilijk verliep, bleek koeling effectief om dit probleem op te lossen. Deze positieve invloed duidt op het belang van omgevingsfactoren tijdens en na het printproces. Hier is ruimte voor optimalisatie van deze factoren.

Een tweede aspect betreft de vorm en kleur. Het beoordelen van de vorm is direct gekoppeld aan het printproces: een soepel proces levert de beoogde vorm. De kleur werd beoordeeld met het oog op een aantrekkelijk uitziend product. Dit toont aan dat de keuze van ingrediënten een cruciale rol speelt. Een aantal ingrediënten leiden tot een onaantrekkelijk gekleurd eindproduct, wat kan leiden tot negatieve percepties bij de consument. De observatie van een grauwe kleur bij recept 8 toont aan dat bepaalde reacties tussen de ingrediënten het uiterlijk van het eindproduct kunnen beïnvloeden. In dit specifieke geval is dit vermoedelijk doordat de zuurstof in de lucht een enzymatische reactie veroorzaakt bij de banaan (Petruzzello, 2017).

De toetsing aan de gezondheidscriteria toont aan dat er geen enkel recept voldoet aan alle criteria. Opvallend is dat een portie van 45g in slechts twee gevallen de grens van 150 kcal overschrijdt. Daarentegen zijn er slechts twee recepten die maximaal 15 g vet per 100 g bevatten, desondanks is de vetzuurverhouding in alle repen gunstig. De verhouding suiker ten opzichte van het totaal aantal koolhydraten is echter bij slechts drie recepten gunstig. Vezel- en natriuminhoud is bij alle recepten binnen de opgelegde grenzen. Het ontwikkelen van een gezonde snack is voor 3DFP een complex gegeven aangezien er vereisten zijn vanuit printbaarheid, zoals onder andere het vetgehalte (Habuš et al., 2022). De resultaten van deze toetsing zijn echter veelbelovend aangezien de minima en maxima van de criteria in de meeste gevallen nipt overschreden worden. Verder onderzoek naar optimalisatie van de recepten is hier nodig.

De tweede fase van dit onderzoek was gericht naar eiwitverrijking en hieruit vloeien belangrijke inzichten op het vlak van het printproces. De snackbars werden egaal geprint wat wijst op een succesvolle implementatie van de aanpassingen vanuit de receptontwikkeling. Er waren nauwelijks printfouten wat de consistentie en betrouwbaarheid van het printen onderstreept, wat onderzoek van Portanguen et al. (2022), Varvara et al. (2021) en Guo et al. (2023) bevestigt. Het gebruik van het eendenkroespoeder heeft bijgevolg geen negatieve invloed op het printproces.

Opvallend bij de eindresultaten is de groene kleur, die overheerst in elke concentratie. Dit is een observatie waarmee rekening dient gehouden te worden om een smakelijk uitziende snackbar te produceren. Het zal vermoedelijk niet mogelijk zijn om dit poeder met elk andere voedingsmiddel qua kleur te combineren. Verder sensorisch onderzoek dient hiervoor te gebeuren.

De eiwitverrijking gebeurde door verschillende concentraties eendenkroespoeder toe te voegen aan de basispasta. Vervolgens werd gebruik gemaakt van de verschillende lagen waaruit het ontwerp bestaat. Deze aanpak biedt een grote flexibiliteit om het eiwitgehalte aan te passen op maat van de behoeften en voorkeuren van de eindgebruiker

door aan elke laag een andere concentratie-pasta toe te wijzen. Het effect van deze aapak wordt aangetoond door het totale eiwitgehalte per portie. Op deze manier konden eiwitgehaltenes variërend van 4,32 g tot 5,50 g gerealiseerd worden. Hierbij valt op te merken dat lagere concentraties (5%) van eendenkroospoeder leiden tot een vermindering van het totale eiwitgehalte. Hierbij kan niet gesproken worden van eiwitverrijking, doch kan dit een belangrijke meerwaarde betekenen voor het individualiseren van het voedingsmiddel. Individualisatie kan zeer precies gebeuren door voor het printen gebruik te maken van de eiwitgehaltenes per laag om zo het precieze gehalte te bereiken en vervolgens de juiste pasta's toe te wijzen aan de te printen lagen.

De indicatieve berekeningen met eendenkroosconcentraat tonen dat hogere eiwitverrijking mogelijk is. Hiermee kunnen eiwitgehaltenes tussen de 4,69 g en 9,13 g voorzien worden. Voor het gebruik voor eiwitverrijkte voedingsmiddelen kan dit een veelbelovende plantaardige eiwitbron zijn. Hiervoor is verder praktijkonderzoek nodig.

2.7.1 Sterktes studie

Deze studie onderzoekt de mogelijkheden tot het gebruik als ingrediënt van eendenkroos. Van deze nieuwe en ongebruikelijke voedselbron wordt verwacht dat deze een prominente plaats zal innemen in de eiwitshift. Het duurzaamheidsaspect en de teeltmogelijkheden worden grondig onderzocht (Devlamynck et al., 2021; Inagro, 2023). Het ontbreekt echter aan studies rond het gebruik van eendenkroos als ingrediënt. EFSA keurde de soorten *Wolffia arrhiza* en *Wolffia globosa* (verse planten) en *Lemna gibba* en *Lemna minor* (concentraat) goed voor humane consumptie. Deze goedkeuring opent de deuren naar commercieel gebruik van deze voedingsmiddelen. Deze studie poogt hieraan een bijdrage te leveren door aan te tonen dat het gebruik als ingrediënt kan bijdragen tot een gebalanceerd dieet.

Het gebruik van 3DFP-techniek voor het ontwerpen van voedingsmiddelen wordt wereldwijd diepgaand onderzocht. Naar de praktische bruikbaarheid van deze techniek toe, worden voornamelijk de medische toepassingsmogelijkheden onderzocht zoals het voorzien van voeding met aangepaste consistentie voor patiënten met kauw- en slikproblemen. Deze studie opent de deur naar een wijder publiek voor een eerder allround toepassing en, afhankelijk van de evoluties in de toekomst toe, brengt het tot in de keuken van de eindgebruiker.

De eigenheid van 3D-printen, namelijk het printen in lagen, wordt functioneel ingezet door elke laag apart te bekijken in het aanleveren van eiwitten, waardoor het individualiseren van het eindproduct op vlag van eiwitgehalte zeer specifiek kan gebeuren.

2.7.2 Zwaktes studie

De belangrijkste zwakte van deze studie is het niet kunnen verkrijgen van het EKC. Dit had een hoger eiwitgehalte, waardoor dit een logischere keuze is om te gebruiken als eiwitverrijking. Het EKP dat gebruikt werd, bevatte 35% eiwit, er zijn eiwitpoeders verkrijgbaar met een hoger gehalte. Toch

werd gekozen voor het EKP om zo een eerste inzicht te krijgen in de gebruiksmogelijkheden in recepten aangezien er momenteel geen weet is van onderzoek met eendenkroos als ingrediënt.

Doordat dit EKP momenteel niet toegelaten is voor humane consumptie op de Europese markt, was het niet mogelijk sensorische tests uit te voeren. Tijdens het werken met het poeder, viel de donkergroene kleur op, die het hele voedingsmiddel kleurde. Ook de geur was sterk aanwezig, een eerder grasachtige, aardse geur die doet denken aan spinazie. Vanuit deze observatie lijkt het eerder een ingrediënt voor hartige recepten, wat verder onderzoek dient uit te maken.

Noch een volledige nutriëntenbepaling noch voedingswaardes van eendenkroos waren terug te vinden of op te vragen, wat maakt dat enkel de eiwitgehalten te berekenen waren, met slechts de nutriëntenbepalingen uitgevoerd tijdens de zomer van 2023 door één laboratorium.

Van het EKP was een beperkte hoeveelheid beschikbaar, waardoor er zuinig moest omgesprongen worden tijdens het testen. Er was geen mogelijkheid om te hertesten of om meer tests te doen met andere concentraties dan deze opgenomen in de studie.

Er werd bij de bevindingen geen rekening gehouden met de duurtijd van het printproces. Het printen van een snackbar varieerde van 2 minuten bij gebruik van eenzelfde pasta voor de drie lagen tot 7 minuten bij het gebruik van verschillende pasta's. Dit kan een beslissingsfactor zijn indien 3DFP-techniek gebruikt wordt in een situatie waar het eindproduct bedoeld is voor onmiddellijke consumptie en de consument dient te wachten tot het klaar is. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld een fitnessbedrijf dat zulke snacks wenst aan te bieden aan zijn leden. Echter is de print-snelheid printerspecifiek. Dit onderzoek heeft een bredere populatie voor ogen waardoor dit niet bij de observaties werd opgenomen.

Wat betreft voedselveiligheid werden de goede hygiëne praktijken (GHP) toegepast: persoonlijke hygiëne zoals handhygiëne, haarnetje en kookkledij. Er werd voor en na de testings gecontroleerd of de werkuitrusting en de -oppervlakken proper waren. Op te merken aan *Foodini* zijn de vele verschillende onderdelen zoals te zien op Figuur 1. Zowel de capsules, nozzles, als capsulehouders zijn kritische punten waar verontreiniging kan ontstaan. Reiniging gaat moeizaam en vereist de nodige werkmiddelen als een flessenborstel en rager om de nozzle voldoende proper te maken. Het meest aandacht dient te gaan naar de capsulepers (nr. 4 op Figuur 1). De afdichting en het oppervlak eronder dient voldoende gereinigd te worden aangezien er zich hier telkens pasta verzamelde.

Het productieproces houdt veel stappen in: voorbereiding zoals het schillen, snijden en malen van de ingrediënten. Dit houdt in dat er op verschillende punten mogelijke contaminatie kan ontstaan, zowel microbiologische, chemische, fysische als kruisbesmetting. Daarenboven is, zoals reeds vermeld, 3D-printen een traag proces. Dit houdt in dat de pasta gedurende een lange periode blootgesteld wordt aan de atmosfeer wat een potentieel risico inhoudt voor de voedselveiligheid.

De houdbaarheid van het eindproduct werd niet nader onderzocht, daarentegen werden alle geprinte repen drie weken in koelkast bewaard. Er was na deze periode geen schimmelvorming bij de recepten zonder verse vruchten, bij verse vruchten was dit er na twee weken. Bij het gebruik van eendenkroospoeder was er na tien tot veertien dagen schimmelvorming. Diepgaander microbiologisch onderzoek is hier nodig om conclusies te kunnen vormen.

2.7.3 Suggesties voor het werkveld

Vanuit de resultaten van deze studie kan geconcludeerd worden dat eendenkrooseiwit heeft een belangrijk potentieel als ingrediënt voor gebruik in de voedingsmiddelenindustrie. Enerzijds bevat het een hoog eiwitgehalte en anderzijds is het een duurzaam product vanwege het gebruik van weinig landbouwgrond en water. Er dient weliswaar rekening gehouden te worden met de groene kleur, die ook bij lagere concentraties domineert in het eindproduct. Het ontwikkelen van snackrepen op basis van eendenkrooseiwit ligt binnen de mogelijkheden. Sensorische onderzoek is echter aangewezen om inzicht te krijgen in de invloed op de smaak van het eindproduct. Mogelijk neigt dit ingrediënt tot een eerder hartige snack.

Het 3D-voedselprinten geeft de mogelijkheid om de snack uit dit onderzoek op vlak van het eiwitgehalte zeer specifiek aan te passen door gebruik te maken van de verschillende lagen van het ontwerp. Deze techniek kan gebruikt worden om ook andere voedingswaarden te controleren of te voorzien in vitamine- of mineralenverhoging of -verlaging. Hierdoor kan een snack nauwkeurig aangepast worden aan de behoeften van specifieke groepen, zoals sporters, ouderen, picky eaters, of patiënten met specifieke diëten.

Vermits er gebruik gemaakt wordt van een beperkt aantal pasta's om zo via het werken met lagen voor een individueel aangepaste snack te produceren, is het een mogelijkheid om deze pasta's op voorhand te bereiden en te bewaren. Hierbij kan gedacht worden aan rechtstreeks bij de consument thuis, maar evengoed in bijvoorbeeld fitnessclubs, of woonzorgcentra die snacks op maat aan hun cliënteel wensen aan te bieden. Dit sluit aan bij de onderzoeken van Vehmas et al. (2020) en Ahlinder et al. (2023). Voor de voedingsindustrie biedt dit een mogelijkheid om deze pasta's op grote schaal te produceren. Dit zou het voorbereidend werk van de eindgebruiker aanzienlijk verminderen. De pasta's zouden aangeleverd kunnen worden zodat zij meteen in de capsule ingebracht kunnen worden. Echter dient hiervoor verder sensorisch en microbiologisch onderzoek voor te gebeuren.

Conclusie

Dit onderzoek gaat na in welke mate het mogelijk is om een gezonde snack op basis van eendenkrooseiwit te ontwikkelen met behulp van 3D-voedselpinting. Daarbij wordt onderzocht in welke mate het mogelijk is om het eiwitgehalte van deze snack op maat aan te passen. Om hierop zicht op te krijgen, worden eerst de bevindingen van het 3D-voedselprinten besproken, nadien wordt ingezoomd op het eendenkrooseiwit en vervolgens de individualisatie van het eiwitgehalte.

De techniek van 3D-voedselprinten bestaat erin een computerontwerp te voorzien dat vervolgens door software in lagen wordt opgedeeld om vervolgens laag per laag geprint te worden. De uitdaging zit in het ontwikkelen van een printbare pasta, deze dient de juiste vloeibaarheid en structuur te hebben, dit is belangrijk zowel tijdens het printproces als voor de vormvastheid nadien. Heel wat voedingsmiddelen kunnen gebruikt worden, afhankelijk van hun macromoleculaire samenstelling en smeltpunt. De beste resultaten worden bereikt met plantaardige ingrediënten. Het gehele proces is echter tijdrovend, zowel naar voorbereiding, het printen zelf als de nabewerking toe. Dit maakt de techniek niet geschikt voor massaproductie. Voor de voedselindustrie bestaat echter de mogelijkheid tot het produceren van de pasta's om deze vervolgens aan te leveren aan de kleinschaligere productie-eenheden of consument voor thuisprinten.

De eerste fase van de studie houdt in dat er gezocht wordt naar de juiste receptuur voor het bereiken van een pasta met goede printbaarheid. Hiervoor worden meerdere recepten ontwikkeld en tijdens bereiding aangepast. De resultaten bevestigen dat de printbaarheid afhankelijk is van de juiste consistentie en structuur. Dit is een complex en dynamisch proces dat aanpassingen tijdens de bereiding nodig heeft. De bevindingen sluiten aan bij eerder onderzoek en benadrukken het belang van vetgehalte en vochtigheidsgraad. Echter is verder experimenteel en analytisch onderzoek nodig om dieper inzicht te krijgen in de verschillende factoren die van invloed zijn op de viscositeit van de pasta en de kwaliteit van het eindproduct en in hoeverre de verschillende ingrediënten, het vet- en watergehalte daarin een rol spelen.

Analyse van de voedingswaardes van de verschillende recepten tonen aan dat geen enkel recept op alle gezondheidscriteria voldoet aan minimum- of maximumgrenzen. De bevindingen zijn dat het vetgehalte in de meeste recepten net te hoog is en dat de verhouding tussen suiker en het totale koolhydraatgehalte in de meeste gevallen niet gunstig is. Opvallend is dat de vetzuurverhouding, vezel- en natriumgehalte in alle gevallen wel gunstig is. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de techniek van het voedselprinten een aantal vereisten inhoudt om een voedingsmiddel printbaar te maken, wat impact heeft op de nutritionele samenstelling ervan. Deze resultaten zijn veelbelovend vermits de criteria maar nipt overschreden worden. Verder onderzoek naar optimalisatie van de receptuur kan uitwijzen in hoeverre er aan alle gezondheidscriteria kan voldaan worden.

In een tweede fase gebeurt de verrijking met eendenkrooseiwit. Er wordt gebruik gemaakt van een eendenkrooseiwitpoeder dat geproduceerd wordt door middel van het drogen van verse *Wolffia*, mix van *arrhiza* en *globosa*. Vergeleken met het gebruik van soja-eiwit, is er geen verschil in het verlopen van het printproces en de kwaliteit van het eindproduct, wat anderzijds duidt op consistentie van het printproces en betrouwbaarheid van het ontwikkelde basisrecept en anderzijds gedraagt dit nieuwe ingrediënt zich op de zelfde manier als courant gebruikte alternatieven.

Het op maat aanpassen van het eiwitgehalte kan op verschillende manieren gebeuren. Enerzijds door een hoeveelheid eendenkroospoeder aan de basispasta toe te voegen tot de gewenste concentratie bereikt werd en van deze pasta een snack te printen. Anderzijds biedt de techniek van het 3D-printen de mogelijkheid om per laag een andere pasta te gebruiken. Hierdoor kan het eiwitgehalte van de snack specifiek en gericht aangepast worden, zowel naar verhoging als verlaging toe.

Het gebruik van dit soort eendenkroospoeder in de snackrepen toont aan dat er hogere concentraties nodig zijn om significante eiwitverrijking te bereiken, dit doordat het een lager eiwitgehalte bevat. Dit poeder is daarenboven aangewezen indien er in het eindproduct verlaging van het eiwitgehalte beoogt wordt. Om de mogelijkheden voor hogere eiwitverrijking na te gaan, worden indicatieve berekeningen verricht met een ander soort eiwit, eendenkroosconcentraat. Dit concentraat is ten tijde van het onderzoek niet beschikbaar waardoor hier geen testings mee zijn gebeurd. Deze indicatieve berekeningen tonen aan dat hiermee een hoger eiwitgehalte bereikt kan worden. De studie toont aan dat de techniek van het in lagen printen mogelijkheden biedt om het eiwitgehalte zeer specifiek aan te passen naar wens van het individu, zowel naar verhoging als verlaging van eiwitgehalte toe. Door het eiwitgehalte van de verschillende soorten concentratielagen te combineren, kan men het specifiek benodigde eiwitaandeel in het eindproduct bepalen.

Dit onderzoek toont aan dat het printen van een gezonde snack op maat sterk afhankelijk is van de juiste consistentie en structuur van de pasta, het samenstellen van de receptuur is een complex proces. De recepten voldoen niet volledig aan de gezondheidscriteria maar de resultaten zijn veelbelovend aangezien de grenzen maar nipt overschreden werden. Het verrijken met eendenkroospoeder laat zien dat er hogere concentraties nodig zijn voor significante eiwitverrijking. Dit onderzoek geeft aan dat eiwitpoeder met lagere eiwitwaardes gebruikt kan worden voor het verlagen van het eiwitgehalte in het eindproduct. Het 3D-printen biedt de unieke mogelijkheid om, via het gebruik van lagen, het eiwitgehalte zeer specifiek aan te passen aan de noden van de eindgebruiker.

Literatuurlijst

Rapport

- ABCKroos – *WLPC-75 Water Lentil Protein Concentrate: Performance protein for food applications*. (2021). Biorefinery Solutions BV (BRS). <https://rubiscofoods.com/wp-content/uploads/2019/10/ABCKroos-WLPC-75-product-sheet.pdf>
- Deleye, P. & Diabetes Liga. (2021). Richtlijnen gezonde(re) keuze. In *www.diabetes.be*. <https://www.diabetes.be/sites/default/files/2020-10/BoodscFppenkaartje.pdf>
- Diabetes Liga. (2020). Boodschappenkaartje [Brochure]. In P. Deleye (Red.), *Diabetes Liga*. Geraadpleegd op 13 maart 2023, van <https://www.diabetes.be/sites/default/files/2020-10/Boodschappenkaartje.pdf>
- Flycatcher. (2021). Snoep- en snackgedrag. In *voedingscentrum.nl*. Flycatcher Internet Research. Geraadpleegd op 24 november 2023, van <https://mobiel.voedingscentrum.nl/Assets/Uploads/voedingscentrum/Documents/Professionals/Pers/Perbericht/Rapportage%20snoep-%20en%20snackgedrag.pdf>
- Hoekstra, G. (2021). Consumentengedrag in relatie tot eiwittransitie. In *wur.nl*. Wageningen University & Research. Geraadpleegd op 30 november 2023, van <https://edepot.wur.nl/542283>
- Jonckheere, J., & Neven, L. (2020). Implications of food processing: the role of ultra processed foods in a healthy and sustainable diet: Health impact, environmental impact, and behavioral aspects. In *Gezond Leven*. Vlaams Instituut Gezond Leven. Geraadpleegd op 21 januari 2024, van <https://www.gezondleven.be/files/voeding/Pdf-report-UPF-website.pdf>
- Mondelēz International. (2023). State of Snacking Report 2022 - Mondelēz International. In *Mondelēz International, Inc*. Geraadpleegd op 1 mei 2023, van <https://www.mondelezinternational.com/stateofsnacking>
- Neven, L., & Versele, V. (2017). Onderbouwing inhoudelijke visie Voeding en gezondheid: Achtergronddocument bij vernieuwde richtlijnen en visuele voorstelling van de voedingsdriehoek (2017). In *Gezond Leven*. Vlaams Instituut Gezond Leven. Geraadpleegd op 28 januari 2024, van <https://www.gezondleven.be/files/voeding/Achtergronddocument-Voeding-en-gezondheid.pdf>

Van Teeffelen, C., & Van Maarschalkerweerd, H. (2023). *What's Happening Retail?* 2023. Ruigrok. Geraadpleegd op 20 november 2023, van https://content.mailplus.nl/m14/docs/user314100713/1091/Ruigrok_WhatsHappeningRetail_Duurzaamheid_2023.pdf

Vlaams Instituut Gezond Leven. (2018). *Checklist Analyse van het tussendoortjesaanbod in de basis- en secundaire school*. Geraadpleegd op 29 maart 2024, van https://www.gezondleven.be/files/onderwijs/Checklist_tussendoortjes_SO_4.pdf

Vlaams Instituut Gezond Leven. (2021). *Richtlijnen voor een gezond tussendoortjesaanbod op het werk*. <https://www.gezondleven.be/files/voeding/Richtlijnen-voor-een-gezond-tussendoortjesaanbod-op-het-werk.pdf>

Tijdschriftartikel

Ahlinder, A., Höglund, E., Öhgren, C., Miljkovic, A., & Stading, M. (2023). Towards attractive texture modified foods with increased fiber content for dysphagia via 3D printing and 3D scanning. *Frontiers in Food Science And Technology*, 2. <https://doi.org/10.3389/frfst.2022.1058641>

Almoraie, N. M., Saqaan, R., Alharthi, R., Al-Amoudi, A. H., Badh, L., & Shatwan, I. M. (2021). Snacking patterns throughout the life span: potential implications on health. *Nutrition Research*, 91, 81–94. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2021.05.001>

Anukiruthika, T., Moses, J., & Anandharamakrishnan, C. (2020). 3D printing of egg yolk and white with rice flour blends. *Journal Of Food Engineering*, 265, 109691. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109691>

Appenroth, K., Sree, K. S., Böhm, V., Hammann, S., Vetter, W., Leitner, M., & Jahreis, G. (2017). Nutritional value of duckweeds (Lemnaceae) as human food. *Food Chemistry*, 217, 266–273. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.116>

Assmus, F., Galbete, C., Knueppel, S., Schulze, M. B., Beune, E., Meeks, K., Nicolaou, M., Amoah, S., Agyemang, C., Klipstein-Grobusch, K., Bahendeka, S., Spranger, J., Mockenhaupt, F. P., Smeeth, L., Stronks, K., & Danquah, I. (2021). Carbohydrate-dense snacks are a key feature of the nutrition transition among Ghanaian adults – findings from the RODAM study. *Food & Nutrition Research*. <https://doi.org/10.29219/fnr.v65.5435>

- Bellisle, F. (2014). Meals and snacking, diet quality and energy balance. *Physiology & Behavior*, *134*, 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.03.010>
- Bleiweiss-Sande, R., Chui, K., Evans, E. W., Goldberg, J. P., Amin, S., & Scheck, J. M. (2019). Robustness of food processing classification systems. *Nutrients*, *11*(6), 1344. <https://doi.org/10.3390/nu11061344>
- Blutinger, J. D., Cooper, C. C., Karthik, S., Tsai, A., Samarelli, N., Storvick, E., Seymour, G., Liu, E., Meijers, Y., & Lipson, H. (2023b). The future of software-controlled cooking. *Science Of Food*, *7*(1), 6 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41538-023-00182-6>
- Chamontin, A., Pretzer, G., & Booth, D. (2003). Ambiguity of 'snack' in British usage. *Appetite*, *41*(1), 21–29. [https://doi.org/10.1016/s0195-6663\(03\)00036-9](https://doi.org/10.1016/s0195-6663(03)00036-9)
- Chapelot, D. (2011). The role of Snacking in Energy Balance: A Biobehavioral approach. *Journal Of Nutrition*, *141*(1), 158–162. <https://doi.org/10.3945/jn.109.114330>
- Coello, K. E., Frias, J., Martínez-Villaluenga, C., Cartea, M. E., Velasco, P., & Peñas, E. (2022). Manufacture of healthy snack bars supplemented with moringa sprout powder. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie/Food Science & Technology*, *154*, 112828. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112828>
- Cowan, A. E., Higgins, K., Fisher, J. O., Tripicchio, G. L., Mattes, R. D., Zou, P., & Bailey, R. L. (2020). Examination of different definitions of snacking frequency and associations with weight status among U.S. adults. *PLOS ONE*, *15*(6), e0234355. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234355>
- Da Silva, E. P., Siqueira, H. H., Lago, R. C. D., Rosell, C. M., & De Barros Vilas Boas, E. V. (2013). Developing fruit-based nutritious snack bars. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture/Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, *94*(1), 52–56. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6282>
- Dankar, I., Haddarah, A., Omar, F. E., & Sepulcre, F. (2018). 3D printing technology: The new era for food customization and elaboration. *Trends in Food Science & Technology*, *75*, 231–242. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.018>
- Derossi, A., Caporizzi, R., Azzollini, D., & Severini, C. (2018). Application of 3D printing for customized food. A case on the development of a fruit-based snack for children. *Journal Of Food Engineering*, *220*, 65–

75. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.05.015>

Devlamynck, R., Vanherpe, I., Leenknecht, J., Meers, E., & Eeckhout, M. (2021). Karakterisatie van eendenkroos en zijn verwerkingsstap-
pen: Wat is de samenstelling van eendenkroos en zijn verwerkte pro-
ducten? <https://inagro.be/>. Geraadpleegd op 2 mei 2023, van [https://
subsite.inagro.be/DNN_DropZone/Nieuws/7181/Karakterisatieverslag_
Eendenkroos_2021.pdf](https://subsite.inagro.be/DNN_DropZone/Nieuws/7181/Karakterisatieverslag_Eendenkroos_2021.pdf)

EFSA (European Food Safety Authority). (2021). Technical Report on the
notification of fresh plants of *Wolffia arrhiza* and *Wolffia globosa* as a
traditional food from a third country pursuant to Article 14 of Regula-
tion (EU) 2015/2283. *EFSA Supporting Publications*, 18(6). [https://
doi.org/10.2903/sp.efsa.2021.en-6658](https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2021.en-6658)

Escalante-Aburto, A., Santiago, G. T., Alvarez, M. M., & Chuck-Hernández,
C. (2021). Advances and prospective applications of 3D food printing
for health improvement and personalized nutrition. *Comprehensive
Reviews in Food Science And Food Safety*, 20(6), 5722–5741. [https://
doi.org/10.1111/1541-4337.12849](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12849)

Eswaran, H., Ponnuswamy, R. D., & Kannapan, R. P. (2023). Perspective
Approaches of 3D printed stuffs for Personalized Nutrition: A Compre-
hensive review. *Annals Of 3D Printed Medicine*, 12, 100125. [https://
doi.org/10.1016/j.stlm.2023.100125](https://doi.org/10.1016/j.stlm.2023.100125)

Guo, J., Zhang, M., Law, C. L., & Luo, Z. (2023). 3D printing technology
for prepared dishes: printing characteristics, applications, challenges
and prospects. *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 1–17.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2238826>

Hess, J., Jonnalagadda, S. S., & Slavin, J. L. (2016). What is a snack, why
do we snack, and how can we choose better snacks? A review of the
definitions of snacking, motivations to snack, contributions to dietary
intake, and recommendations for improvement. *Advances in Nutrition*,
7(3), 466–475. <https://doi.org/10.3945/an.115.009571>

Hess, J., & Slavin, J. L. (2018). The benefits of defining “snacks”. *Physi-
ology & Behavior*, 193, 284–287. [https://doi.org/10.1016/j.phys-
beh.2018.04.019](https://doi.org/10.1016/j.phys-
beh.2018.04.019)

Holmbäck, I., Ericson, U., Gullberg, B., & Wirfält, E. (2010). A high eating
frequency is associated with an overall healthy lifestyle in middle-aged
men and women and reduced likelihood of general and central obesity
in men. *British Journal Of Nutrition*, 104(7), 1065–1073. [https://doi.
org/10.1017/s0007114510001753](https://doi.org/10.1017/s0007114510001753)

Karyappa, R., & Hashimoto, M. (2019). Chocolate-based ink Three-

- dimensional Printing (CI3DP). *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50583-5>
- Katsnelson, A. (2021). 3D Printers Enter the Kitchen. *ACS Central Science*, 7(12), 1959–1962. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.1c01478>
- Kelly, K., McGuinness, O. P., Buchowski, M. S., Hughey, J., Chen, H., Powers, J. D., Page, T. L., & Johnson, C. H. (2020). Eating breakfast and avoiding late-evening snacking sustains lipid oxidation. *PLoS Biology*, 18(2), e3000622. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000622>
- Lee, C. P., Karyappa, R., & Hashimoto, M. (2020). 3D printing of milk-based product. *RSC Advances*, 10(50), 29821–29828. <https://doi.org/10.1039/d0ra05035k>
- Lille, M., Nurmela, A., Nordlund, E., Metsä-Kortelainen, S., & Sozer, N. (2018). Applicability of protein and fiber-rich food materials in extrusion-based 3D printing. *Journal Of Food Engineering*, 220, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.034>
- Liu, H., Meng, Y., Dai, X., Chen, K., & Zhu, Y. (2018). 3D Printing Complex Egg White Protein Objects: Properties and Optimization. *Food And Bioprocess Technology*, 12(2), 267–279. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2209-z>
- Liu, Y., Xue, L., Ahmed, S., Lan, W., & Qin, W. (2019). Properties of 3D printed dough and optimization of printing parameters. *Innovative Food Science And Emerging Technologies*, 54, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.03.008>
- Logatcheva, K., & Herceglić, N. (2023). Monitor Duurzaam Voedsel 2022: Consumentenbestedingen. *wur.nl*. Geraadpleegd op 20 november 2023, van <https://edepot.wur.nl/637651>
- Ma, Y., & Zhang, L. (2022). Formulated food inks for extrusion-based 3D printing of personalized foods: a mini review. *Current Opinion in Food Science*, 44, 100803. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.12.012>
- Mantihal, S., Bhandari, B., & Bhandari, B. (2019). Texture-modified 3D printed dark chocolate: Sensory evaluation and consumer perception study. *Journal Of Texture Studies*, 50(5), 386–399. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12472>
- Marangoni, F., Martini, D., Scaglioni, S., Sculati, M., Donini, L. M., Leonardi, F., Agostoni, C., Castelnuovo, G., Ferrara, N., Ghiselli, A., Giampietro, M., Maffei, C., Porrini, M., Barbi, B., & Poli, A. (2019). Snacking in nutrition and health. *International Journal Of Food Sciences And Nutrition*, 70(8), 909–923. <https://doi.org/10.1080/09637486.2019.1>

- Monteiro, C. A., Levy, R. B., Claro, R. M., De Castro, I. R. R., & Cannon, G. (2010). A new classification of foods based on the extent and purpose of their processing. *Cadernos de Saude Publica*, *26*(11), 2039–2049. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2010001100005>
- Morgan, R. L., Whaley, P., Thayer, K. A., & Schünemann, H. J. (2018). Identifying the PECO: a framework for formulating good questions to explore the association of environmental and other exposures with health outcomes. *Environment International*, *121*, 1027–1031. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.015>
- Murakami, K., & Livingstone, M. B. E. (2015). Decreasing the number of small eating occasions (<15 % of total energy intake) regardless of the time of day may be important to improve diet quality but not adiposity: a cross-sectional study in British children and adolescents. *British Journal Of Nutrition*, *115*(2), 332–341. <https://doi.org/10.1017/s0007114515004420>
- Murakami, K., & Livingstone, M. B. E. (2016). Energy density of meals and snacks in the British diet in relation to overall diet quality, BMI and waist circumference: findings from the National Diet and Nutrition Survey. *British Journal Of Nutrition*, *116*(8), 1479–1489. <https://doi.org/10.1017/s0007114516003573>
- Nowacka, M., Trusinska, M., Chraniuk, P., Drudi, F., Lukasiewicz, J., Nguyen, N. P., Przybyszewska, A., Pobiega, K., Tappi, S., Tylewicz, U., Rybak, K., & Wiktor, A. (2023). Developments in Plant Proteins Production for Meat and Fish Analogues. *Molecules/Molecules Online/Molecules Annual*, *28*(7), 2966. <https://doi.org/10.3390/molecules28072966>
- Petrus, R. R., Sobral, P. J. D. A., Tadini, C. C., & Gonçalves, C. B. (2021). The NOVA Classification System: A Critical Perspective in Food Science. *Trends in Food Science And Technology*, *116*, 603–608. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.010>
- Potter, M., Vlassopoulos, A., & Lehmann, U. (2018). Snacking Recommendations Worldwide: A scoping review. *Advances in Nutrition*, *9*(2), 86–98. <https://doi.org/10.1093/advances/nmx003>
- Rosenfeld, D. L., Bartolotto, C., & Tomiyama, A. J. (2022). Promoting plant-based food choices: findings from a field experiment with over 150,000 consumer decisions. *Journal Of Environmental Psychology*, *81*, 101825. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101825>
- Schlinkert, C., Gillebaart, M., Benjamins, J. S., Poelman, M. P., & De Rid-

- der, D. (2020). The snack that has it all: people's associations with ideal snacks. *Appetite*, *152*, 104722. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104722>
- Shahrubudin, N., Lee, T., & Ramlan, R. (2019). An overview on 3D printing technology: technological, materials, and applications. *Procedia Manufacturing*, *35*, 1286–1296. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089>
- Shen, D., Zhang, M., Mujumdar, A. S., & Li, J. (2022). Advances and application of efficient physical fields in extrusion based 3D food printing technology. *Trends in Food Science And Technology*, *131*, 104–117. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.017>
- St-Onge, M., Ard, J. D., Baskin, M. L., Chiuve, S. E., Johnson, H. M., Kris-Etherton, P. M., & Varady, K. A. (2017). Meal Timing and Frequency: Implications for Cardiovascular Disease Prevention: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, *135*(9). <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000476>
- Turck, D., Bohn, T., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H. J., Naska, A., Peláez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thiès, F., Tsabouri, S., Vinceti, M., Aguilera-Gómez, M., Cubadda, F., Frenzel, T., Heinonen, M., . . . Knutsen, H. K. (2023). Safety of water lentil protein concentrate from a mixture of *lemna gibba* and *lemna minor* as a novel food pursuant to regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, *21*(4). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7903>
- Varvara, R., Szabo, K., & Vodnar, D. C. (2021). 3D Food Printing: Principles of Obtaining Digitally-Designed Nourishment. *Nutrients*, *13*(10), 3617. <https://doi.org/10.3390/nu13103617>
- Vehmas, K., Lavrusheva, O., Seisto, A., Poutanen, K., & Nordlund, E. (2019). Consumer insight on a snack machine producing healthy and customized foods at point of consumption. *British Food Journal*. <https://doi.org/10.1108/bfj-01-2019-0033>
- Wadhera, D., & Wilkie, L. M. (2018). College-aged men view more foods as snacks than women do. *Food Quality And Preference*, *69*, 53–56. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.05.008>
- Wang, L., Zhang, M., Bhandari, B., & Yang, C. (2018). Investigation on fish surimi gel as promising food material for 3D printing. *Journal Of Food Engineering*, *220*, 101–108. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.02.029>
- Wegrzyn, T., Golding, M., & Archer, R. (2012). Food layered manufacture:

a new process for constructing solid foods. *Trends in Food Science And Technology*, 27(2), 66–72. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.04.006>

Xu, L., Gu, L., Su, Y., Chang, C., Wang, J., Dong, S., Liu, Y., Yang, Y., & Li, J. (2020). Impact of thermal treatment on the rheological, microstructural, protein structures and extrusion 3D printing characteristics of egg yolk. *Food Hydrocolloids*, 100, 105399. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105399>

Yun, H., Han, N., An, H., Jung, W., Kim, H., & Lee, S. (2022). Development of an Abalone 3D Food Printing Ink for the Personalized Senior-Friendly Foods. *Foods*, 11(20), 3262. <https://doi.org/10.3390/foods11203262>

Zhao, L., Zhang, M., Chitrakar, B., & Adhikari, B. (2020). Recent advances in functional 3D printing of foods: a review of functions of ingredients and internal structures. *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 61(21), 3489–3503. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1799327>

Webpagina

Baecke, C. (2017, 11 april). *Het snackgedrag van de Belgen onder de loep | Food in Action*. Food in Action. Geraadpleegd op 1 mei 2023, van <https://www.foodinaction.com/nl/snackgedrag-van-belgen-onder-loep/>

Colruyt Group. (2023). *BONI Raw Bar bosbes*. <https://www.colruyt.be/>. Geraadpleegd op 7 januari 2024, van <https://www.colruyt.be/nl/producten/30853>

CourtListener. (2023, 13 september). *Lemnature Aquafarms Corporation*. Geraadpleegd op 6 januari 2024, van <https://www.courtlistener.com/docket/67786146/1/lemnature-aquafarms-corporation/>

Departement Omgeving. (z.d.). *Green Deal eiwitshift op ons bord - 010*. Vlaanderen.be. Geraadpleegd op 23 november 2023, van https://omgeving.vlaanderen.be/nl/green-deal-eiwitshift#paddle_components_text_block_214dbae5-9061-4aae-b90c-a196a360f790

Diabetesliga. (2024). *Gezonde leefstijl met diabetes | Diabetes Liga*. Diabetes Liga. Geraadpleegd op 30 maart 2024, van <https://www.diabetes.be/nl/leven-met-diabetes/gezonde-leefstijl>

Directorate-General for Health and Food Safety Links. (z.d.). *Novel food*. Food Safety. Geraadpleegd op 5 december 2023, van https://food.ec.europa.eu/safety/novel-food_nl

- Drieskens, S., Charafeddine, R., & Gisle, L. (2019, oktober). *Gezondheidsenquête 2018: Voedingsgewoonten* (Door Sciensano & HIS; D/2019/14.440/55). www.sciensano.be; Sciensano. Geraadpleegd op 17 oktober 2023, van https://www.sciensano.be/sites/default/files/nh_rapport2_his2018_nl_v3.pdf
- Eat smart*. (z.d.). www.heart.org. Geraadpleegd op 22 april 2024, van <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-eating/eat-smart>
- Europese Unie. (2023). *Europese Green Deal*. Raad van de EU en de Europese Raad. Geraadpleegd op 23 november 2023, van <https://www.consilium.europa.eu/nl/policies/green-deal/>
- Folino, M. (2022, 13 oktober). *Can 3D printed food alleviate age-related malnutrition?* (Door Chalmers tekniska högskola). www.chalmers.se. Geraadpleegd op 28 september 2023, van <https://www.chalmers.se/en/departments/ims/news/Pages/Can-3D-printed-food-alleviate-age-related-malnutrition.aspx>
- Inagro. (2023, 8 juni). *LemnaPro*. Geraadpleegd op 23 maart 2024, van <https://inagro.be/projecten/lemnapro>
- Instituut voor Landouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek. (z.d.). *Dossier: Voeding: plantaardige en alternatieve eiwitten - ILVO Vlaanderen*. ILVO. Geraadpleegd op 5 november 2023, van <https://ilvo.vlaanderen.be/nl/dossiers/voeding-plantaardige-en-alternatieve-eiwitten>
- Leemans, M. & Flanders' Food. (2023, 28 april). *Eiwitconcentraat uit waterlinzen goedgekeurd - Flanders' FOOD*. Geraadpleegd op 19 november 2023, van <https://www.flandersfood.com/nl/nieuws-new-flanders-food/2023/eiwitconcentraat-uit-waterlinzen-goedgekeurd>
- Leemans, M. & Flanders' food. (2024). *Meet the Proteins: Eendenkroos, toch niet zo'n vreemde eend in de bijt!* - Flanders' FOOD. Geraadpleegd op 19 mei 2024, van <https://www.flandersfood.com/nl/artikel/2019/meet-the-proteins-eendekroos>
- Lemnature Aquafarms*. (2022). Lemnature Aquafarms. Geraadpleegd op 7 oktober 2023, van <https://www.lemnatureusa.com>
- Natural Machines, Sepulveda, E., & Kucsma, L. (2018). *Natural machines - Foodini*. Natural Machines. Geraadpleegd op 8 februari 2023, van <https://www.naturalmachines.com/foodini>
- Pagrach, J. (2021, 19 juni). *Bliss balls met gedroogde vijgen - My Food Blog*. My Food Blog. Geraadpleegd op 7 januari 2024, van <https://my-foodblog.nl/recipe/bliss-balls-met-gedroogde-vijgen/>
- Plantible foods*. (2023). Geraadpleegd op 7 oktober 2023, van <https://>

www.plantiblefoods.com/contact

Rubisco Foods. (2021, 3 november). *Home - Rubisco Foods*. Geraadpleegd op 4 oktober 2023, van <https://rubiscofoods.com/>

(Ultra)bewerkte voeding | *Gezond leven*. (z.d.). Geraadpleegd op 21 januari 2024, van <https://www.gezondleven.be/themas/voeding/ultrabewerkte-voeding>

Verstraeten, N. (2021, 18 november). *Belgische consument wordt gevoeliger voor duurzame voeding*. Fevia. <https://www.fevia.be/nl/pers/belgische-consument-wordt-gevoeliger-voor-duurzame-voeding>

Vlaams Instituut Gezond Leven. (2024). *Voeding*. Gezond Leven. Geraadpleegd op 30 maart 2024, van <https://www.gezondleven.be/themas/voeding>

Vlaams Instituut Gezond Leven. (z.d.). *(Ultra)bewerkte voeding*. Geraadpleegd op 19 april 2024, van <https://www.gezondleven.be/themas/voeding/ultrabewerkte-voeding>

Vlaams Instituut Gezond Leven vzw. (z.d.). *(Ultra)bewerkte voeding in een gezond en milieuverantwoord voedingspatroon*. Gezond Leven Academie. Geraadpleegd op 21 januari 2024, van <https://www.gezondlevenacademie.be/course/view.php?id=30>

Watson, E. (2023, 1 december). *Lemna/duckweed processor Lemnature AquaFarms files for bankruptcy, asset sale set for Dec 12*. AgFunderNews. <https://agfundernews.com/lemna-duckweed-processor-lemnature-aquafarms-files-for-bankruptcy-asset-sale-set-for-dec-12>

Hoofdstuk uit boek

Bhattacharya, S. (2023a). Health and special snacks. In *Snack Foods* (pp. 1–16). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819759-2.00007-0>

Bhattacharya, S. (2023b). Introduction. In *Snack Foods* (pp. 1–16). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819759-2.00002-1>

Bhattacharya, S. (2023c). Meat-, fish-, and poultry-based snacks. In *Snack Foods* (pp. 117–150). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819759-2.00008-2>

De Henauw, S., De Preter, V., Matthys, C., Meulemans, A., Vanhauwaert, E., Van Landeghem, K., & Van Loo, M. (2017). Proteïnen. In *Handboek voeding* (p. 169). Acco.

Portanguen, S., Tournayre, P., Sicard, J., Astruc, T., & Mirade, P. (2022). 3D Food Printing: Genesis, Trends and Prospects. In *Future Foods* (pp. 627–644). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91001-9.00008-6>

Sheng, R. (2022). Introduction. In *Elsevier eBooks* (pp. 1–2). <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-99463-7.00001-3>

Watkins, P. J., Logan, A., & Bhandari, B. (2022). Three-dimensional (3D) food printing—An overview. In *Elsevier eBooks* (pp. 261–276). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821292-9.00003-0>

Watts, E. (2024). Seafood handling, processing, and packaging. In *Encyclopedia of Meat Sciences* (3de editie, pp. 108–124). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85125-1.00102-2>

Zhang, L., Noort, M., & Van Bommel, K. (2022). Towards the creation of personalized bakery products using 3D food printing. In *Advances in food and nutrition research* (pp. 1–35). <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2021.11.002>

Online woordenboeklemma

Den Boon, T., & Hendrickx, R. (2022a). snack. In *www.vandale.be*.

Den Boon, T., & Hendrickx, R. (2022b). tussendoortje. In *www.vandale.be*.

Online encyclopedielemma

Encyclopædia Britannica, Inc. (2024). Food additive | Definition, Types, Uses, & Facts. In *Encyclopedia Britannica*. Geraadpleegd op 12 mei 2024, van <https://www.britannica.com/topic/food-additive/Preservatives>

Petruzzello, M. (2017). Why do sliced apples turn brown? In *Encyclopedia Britannica*. Geraadpleegd op 9 mei 2024, van <https://www.britannica.com/story/why-do-sliced-apples-turn-brown>

Boek

Green, F. (2017). *Energierepen en -balletjes: 69 recepten vol gezonde energie*. Becht BV.

Hoge Gezondheidsraad. (2005). *Maten en gewichten: Handleiding voor een gestandaardiseerde kwantificering van voedingsmiddelen* (M. Bellemans & M. De Maeyer, Reds.; 2de editie). <https://www.health>.

belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/4400388/Maten%20en%20gewichten%3A%20handleiding%20voor%20gestandaardiseerde%20kwantificering%20van%20voedingsmiddelen%20in%20Belgi%C3%AB%20(juni%202005%20-%202de%20oplage)%20(HGR%206545-2).pdf

Mullie, P. (2017). *Introductie tot epidemiologie en biostatistiek*. Maklu.

Nubel. (2018). *De Belgische voedingsmiddelentabel* (6de editie). Nubel VZW.

Presentatiedia's

Natural Machines, Sepulveda, E., & Kucsma, L. (2020, 19 augustus). *Natural Machines Foodini Brochure* [Presentatieslides]. naturalmachines.com; Natural Machines. Geraadpleegd op 19 februari 2024, van <https://static.naturalmachines.com/images/Natural-Machines-Foodini-Brochure.pdf>

Software

Nubel VZW, & Seeuws, C. (z.d.). *Nubel Foodplanner Pro* [Software]. https://admin.nubel.be/organizationPro/org_mod.aspx

Bijlagen

Bijlage A

Classificaties bewerkingsgraad

Tabel A1

Classificaties bewerkingsgraad

	Category I	Category II	Category III	Category IV	Category V	Category VI	Category VII
IFIC	Minimally processed: Foods that require little processing or production, which retain most of their inherent properties.	Foods processed for preservation: Foods processed to help preserve and enhance nutrients and freshness of foods at their peak.	Mixtures of combined ingredients; Foods containing sweeteners, spices, oils, colors, flavors, and preservatives used for promotion of safety, taste, visual appeal.	Ready-to-eat processed: Foods needing minimal or no preparation. Group subdivided into 'packaged ready-to-eat foods' and 'mixtures possibly store prepared.'	Prepared foods/meals: Foods packaged for freshness and ease of preparation.	NA	NA
	Examples: Milk, coffee, fruit, vegetables, meat and eggs.	Fruit juices; cooked, canned, or frozen vegetables and fruits.	Breads or rolls; sugars and sweeteners, cheeses, various condiments, and tacos or tortillas.	Soft drinks, sweets, salty snacks, cereal, lunchmeats, and alcoholic beverages.	Pizza, prepared meat dishes, pasta, and prepared meals.	NA	NA
Nova	Unprocessed & minimally processed: Foods of plant origin or animal origin, shortly after harvesting, gathering, slaughter or husbanding; foods altered in ways that do not add or introduce any substance	Processed culinary ingredients: Food products extracted and purified by industry from constituents of foods, or else obtained from nature, such as salt.	Processed foods: Manufactured by adding substances like oil, sugar or salt to whole foods, to make them durable and more palatable and attractive.	Ultra-processed foods: Formulated mostly or entirely from substances derived from foods. Processes include hydrogenation, hydrolysis; extruding, molding, reshaping; preprocessing by frying, baking.	NA	NA	NA
	Examples: Fresh or frozen vegetables and fruits; grains including all types of rice; freshly prepared or pasteurized non-reconstituted fruit juices; fresh, dried, frozen meats; dried, fresh, pasteurized milk.	Plant oils; animal fats; sugars and syrups; starches and flours, uncooked 'raw' pastas made from flour and water, salt.	Canned or bottled vegetables in brine; fruits preserved in syrup; tinned whole or pieces of fish preserved in oil; salted nuts; un-reconstituted processed meat and fish such as ham, bacon, smoked fish; cheese.	Confectionery; burgers and hot dogs; breaded meats; breads, buns, cookies (biscuits); breakfast cereals; 'energy' bars; sauces; cola, 'energy' drinks; sweetened yoghurts; fruit and fruit 'nectar' drinks; pre-prepared dishes.	NA	NA	NA
UNC	Unprocessed & minimally processed: Single-ingredient foods with no or very slight modifications that do not change inherent properties of the food as found in its natural form.	Processed basic ingredients: single isolated food components obtained by extraction or purification using physical or chemical processes that change inherent properties of the food.	Processed for basic preservation or precooking: single minimally processed foods modified by physical or chemical processes for the purpose of preservation or precooking but remaining as single foods.	Moderately processed for flavor: single minimally or moderately processed foods with addition of flavor additives for the purpose of enhancing flavor	Moderately processed grain products: grain products made from whole-grain flour with water, salt, and/or yeast.	Highly processed ingredients: multi-ingredient industrially formulated mixtures processed to the extent that they are no longer recognizable as their original plant/animal source.	Highly processed stand-alone: multi-ingredient industrially formulated mixtures processed to the extent that they are no longer recognizable as their original plant/animal source.
	Examples: Plain milk; fresh, frozen or dried plain fruit or vegetables; eggs; unseasoned meat; whole grain flour and pasta; brown rice; honey, herbs and spices.	Unsweetened fruit juice not from concentrate; whole grain pasta; oil, unsalted butter, sugar, salt.	Unsweetened fruit juice from concentrate; unsweetened/unflavored canned fruit, vegetables, legumes; plain peanut butter, refined grain pasta, white rice; plain yogurt.	Sweetened fruit juice, flavored milk; frozen French fries; salted peanut butter; smoked or cure meats; cheese, flavored yogurt, salted butter.	Whole grain breads, tortillas or crackers with no added sugar or fat.	Tomato sauce, salsa, mayonnaise, salad dressing, ketchup.	Soda, fruit drinks; formed lunchmeats; breads made with refined flours; pastries; ice-cream, processed cheese; candy.

^a International Food Information Council; ^b University of North Carolina at Chapel Hill.

Noot. Overgenomen uit "Robustness of food processing classification systems.", door Bleiweiss-Sande, R., Chui, K., Evans, E. W., Goldberg, J. P., Amin, S., & Satchek, J. M., 2019, *Nutrients*, 11(6), 1344. (<https://doi.org/10.3390/nu11061344>)

Bijlage B

Nutriëntenbepaling

Tabel B1

Nutriëntenbepaling Inagro

	Mean		Min	Max	Unit
Protein	35.12	± 4.44	27.05	42.80	g/kg dw
T-N		±			g/kg dw
T-P	19.58	± 5.15	11.56	26.34	g/kg dw
T-S	8.35	± 1.41	5.83	10.12	g/kg dw
Ca	10.03	± 5.69	3.34	20.98	g/kg dw
Mg	3.00	± 1.02	1.33	4.10	g/kg dw
Na	1.17	± 0.90	0.16	2.52	g/kg dw
K	59.56	± 12.65	40.24	82.05	g/kg dw
Fe	284.25	± 186.12	103.69	621.67	mg/kg dw
Mn	450.93	± 218.58	172.67	797.15	mg/kg dw
Zn	784.78	± 556.58	125.03	2437.88	mg/kg dw
Cu	25.18	± 14.74	5.32	48.25	mg/kg dw
Ni	0.86	± 1.22	0.19	4.36	mg/kg dw
Cr	0.46	± 0.11	0.22	0.67	mg/kg dw
Co	0.22	± 0.08	0.12	0.30	mg/kg dw
Cd	0.20	± 0.06	0.11	0.35	mg/kg dw
Pb	0.33	± 0.07	0.25	0.44	mg/kg dw

Bijlage C

Voedingswaardeberekening

Tabel C1

Voedingswaardeberekening Nubel

		1	2	3	4	5	6	7	8
Nutriënt	Eenheid	Per 100g	Per 100g	Per 100g	Per 100g	Per 100g	Per 100g	Per 100g	Per 100g
Energie	kcal	459	306	292	333	346	321	322	325
Eiwitten	g	10,9	7,5	5,6	9,3	10,2	10,4	10,0	10,2
Vetten	g	24,3	15,9	10,5	14,3	16,4	17,9	17,2	17,4
VVZ	g	4,3	5,2	1,9	2,6	2,9	3,2	3,1	3,1
KH	g	47,0	28,4	41,9	40,0	36,9	27,7	29,7	30,1
Suikers	g	33,8	22,4	36,4	17,3	15,1	4,1	6,4	6,5
Vezels	g	4,3	9,4	3,8	3,7	4,9	4,2	4,2	3,7
Water	g	12,0	37,0	35,0	30,0	30,0	39,0	37,0	37,0
Natrium	mg	12,0	21,0	8,0	203,0	11,0	10,0	9,0	9,0