

# INHOUD

HOOFDSTUK 1: <b>Microben: de aanjagers van een nieuwe landbouwrevolutie?</b>	9
HOOFDSTUK 2: <b>Herstel de bodem, red de wereld</b>	27
HOOFDSTUK 3: <b>Artificiële intelligentie te land, ter zee en op ons bord</b>	55
HOOFDSTUK 4: <b>Water en land: hoe vermijden we schaarste?</b>	79
HOOFDSTUK 5: <b>Nieuwe gentechnologie: de kip met de gouden eieren?</b>	109
HOOFDSTUK 6: <b>Avonturen in de keuken: Ons Kookboek op de schop?</b>	125
HOOFDSTUK 7: <b>We moeten samen de hand aan de ploeg slaan</b>	145
<b>Dankwoord en meelezers</b>	<b>164</b>
<b>Bibliografie</b>	<b>171</b>

## INLEIDING

Het gaat goed met ons eten. Minstens drie keer per dag vul jij je bord. Niet met karnemelk, roggebrood en aardappelen zoals je voorouders, maar met een variatie aan gezonde en zelfs exotische voedingsmiddelen. We staan er niet vaak bij stil, maar het is een hele prestatie dat de grotendeels onzichtbare voedselketen dit voor elkaar krijgt. Met wereldwijd meer mensen die wonen in een stad dan op het platteland, mag het een wonder heten dat er in die steden zelden of nooit een tekort is aan voedsel. Zelfs in coronatijden, toen alles letterlijk op slot ging, zaten we soms zonder wc-papier maar nooit zonder groenten en fruit. Het lege bord dat we serveren op de cover van dit boek, staat symbool voor die dagelijkse krachttoer, maar ook voor de keuzevrijheid die wij genieten. Of je nu overtuigd carnivoor, flexitariër, vegetariër, veganist of pescotariër bent en al dan niet seizoensgebonden, biologisch of geteisterd door voedselallergieën eet: dankzij de gesmeerde en flexibele aanleverketting van boer en visser tot bord, is er voor iedereen meer dan keus te over.

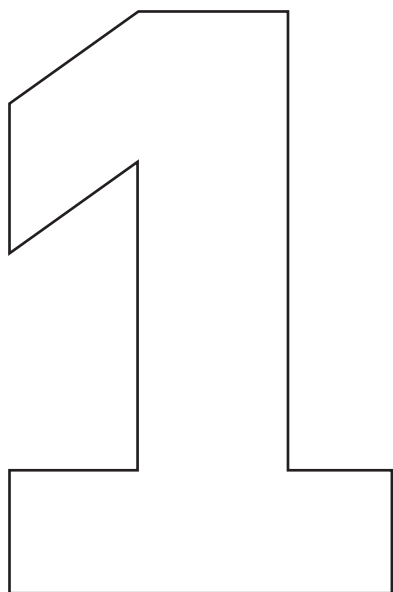
Het gaat goed met ons eten, beste lezer, waarom zou je dit boek dan lezen? Omdat de landbouw, de visserij en de voedingsindustrie op een aantal cruciale kantelpunten staan. Er komt een golf van uitdagingen op ons af, dat is zeker. Maar er staan ook kansen, nieuwe inzichten en technologische innovaties voor de deur. Feit is dat het klimaat ons dwingt om ons snel aan te passen. Feit is dat artificiële intelligentie een turbo zet op wat technisch mogelijk is. Feit is dat landbouwers, vissers en voedingsbedrijven, ondanks de uitdagingen, blijven innoveren, investeren en ondernemen. En feit is dat ook jij impact hebt door de keuzes die je maakt bij het vullen van je bord.

Het komt goed met ons eten. We hebben lang gediscussieerd of er een vraagteken achter die titel moet. Op een aantal vlakken is de trend vandaag eerder negatief dan positief. Er verdwijnt nog elke dag vruchtbare landbouwgrond en open ruimte achter een tuinhek of door een nieuwe brug. De gevolgen van de klimaatopwarming maken het boeren vandaag al moeilijk en de wereldwijde biodiversiteit neemt af. Pessimisten lijken hun gelijk te halen, maar vergeten dat er oplossingen in de maak zijn en dat kleine veranderingen een beweging in gang zetten. 'Necessity is the mother of all inventions', citeren we de landbouweconome Ester Boserup in het slothoofdstuk.

Het komt goed met ons eten. In dit boek laten we mensen aan het woord die in de frontlinie staan van de verandering. Wetenschappers van het Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO) en bedrijfsleiders die werken aan oplossingen. Wat mag je verwachten van fermentatietechnologie en bodemherstellende landbouw? Wat hebben data en robotica in de voedselketen te bieden? Wat kunnen maatregelen rond water en grond betekenen? En wat zit eraan te komen met de nieuwe generatie plantenveredelingstechnieken en alternatieve eiwitbronnen?

Verwacht geen receptenboek voor de toekomst, met alle antwoorden op je vragen. Verwacht wel een boek dat je aan het denken zet. Dit is onze uitnodiging om samen recepten uit te proberen en op punt te zetten.

We gaan samen op weg. Lees smakelijk.



## HOOFDSTUK 1

# Microben: de aanjagers van een nieuwe landbouwrevolutie?

We schrijven 2019. Corona heeft het vertrouwen in de globalisering nog niet aangetast en Oekraïne, wereldwijd een belangrijk leverancier van graan en kunstmest, is nog niet getroffen door oorlogsgeweld. Klimaat staat hoog op de agenda, met tienduizenden jongeren die spijbelen op donderdag om te gaan betogen in Stockholm en Brussel. In Frankrijk brengen *gele hesjes* vernieling en chaos, in Nederland slaat de volkswoede om in boerenprotesten tegen het stikstofbeleid.

In die grimmige maar verder vrij stabiele context krijgen wetenschappers het Amerikaanse rapport 'Rethinking Food and Agriculture 2020-2030' te lezen met als ondertitel: *The Second Domestication of Plants and Animals, the Disruption of the Cow, and the Collapse of Industrial Livestock Farming*.

Het einde van de intensieve veehouderij zoals we die de laatste 50 jaar kennen, wordt met de regelmaat van de klok voorspeld in opinie-stukken en debatten. Maar dit rapport was van een andere orde. Wat de lezers schokte, was niet de technologie die het beschreef, maar de snelle prijzevolutie die de technologie zou doormaken. Tegen 2030 zou het al vijf keer goedkoper zijn om melkeiwitten te laten produceren door microben in stalen vaten, dan door koeien van vlees en bloed. Goedkope microbiële eiwitten zouden de Amerikaanse voedselketen overspoelen en koemelk wegconcurreren, met gevolgen tot ver buiten de Verenigde Staten.

Intussen is het bijna 2030 en is het voorspelde economische kantelpunt nog niet in zicht. Toch heeft het rapport veel in gang gezet, ook in Europa. De vraag is niet of het scharnierpunt er komt, maar wanneer, en hoe de betrokken sectoren zich zullen aanpassen.

## Wat zijn eiwitten?

Eiwitten zijn onmisbare bouwstenen voor ons lichaam, maar gemiddeld krijgen Vlamingen er te veel van binnen. We halen ze uit dierlijke producten, maar ook uit brood, pasta, aardappelen, peulvruchten enzovoort. De bron waaruit ze komen, is voor onze gezondheid even belangrijk als de totale hoeveelheid die we eten, en zou volgens het Vlaams Instituut Gezond Leven best half-dierlijk-half-plantaardig zijn. Uit de EI-MEET-monitor door het departement Omgeving van de Vlaamse overheid blijkt dat we in 2023 nog gemiddeld 58,7 procent van onze eiwitten uit dierlijke bronnen halen en 41,3 procent uit plantaardige en gemengde bronnen. Opvallend weinig van onze eiwitten halen we uit de zogenaamde hoogwaardige plantaardige eiwitten (6,9%) zoals peulvruchten, noten, quorn en andere vlees- of zuivelvervangers. In een later hoofdstuk gaan we hier dieper op in.

## Fermentatie

In Gent doet Those Vegan Cowboys al wat het rapport voorspelde: het bedrijf maakt zachte kazen in een labo zonder enig dierlijk eiwit. Kaas die qua textuur en mondgevoel niet te onderscheiden is van een klasieke camembert of mozzarella. Even verderop werkt Biotalys aan een revolutie in de gewasbescherming. Ze produceren kameelachtige antilichamen voor planten om schimmelinfecties te verslaan, een potentieel krachtig alternatief voor chemische fungiciden.

Wat hebben deze burens met elkaar gemeen? Ze gebruiken geen melk, kamelen of chemische bouwstoffen om hun producten te maken, maar microben in kleine reactorvaten. Het zijn gisten, bacteriën, schimmels of microalgen – onzichtbaar voor het blote oog, maar van cruciaal belang voor alle leven en alle processen op aarde. Hun bijzondere kracht? Moleculen omzetten in andere moleculen, zodat de omgeving waarin ze zich bevinden ook andere eigenschappen krijgt. Vlees waaraan we melkzuurbacteriën en zout toevoegen, verzuurt en wordt salami. Melk waaraan we zuursel en stremsel toevoegen, klontert en wordt kaas. En druivensap waaraan we gist toevoegen, verliest zijn zoete smaak. In ruil daarvoor krijg je wijn.

Dit proces heet fermentatie en we gebruiken het al eeuwen om ons voedsel langer te bewaren. Je kunt je meteen ook inbeelden dat het wetenschappers al even lang fascineert. In hun poging het proces te begrijpen, ontdekten zij gaandeweg een enorm potentieel. Zo weten we intussen dat microben en fermentatie ook achter het wonder zitten dat zich afspeelt in de pens van een koe. Een koe heeft vier magen en herkauwt. De microben in haar pens, de eerste maag, fermenteren gras en produceren daarbij melkeiwitten die door ons lichaam opneembaar zijn. Aanschouw het wonder van de fermentatie!

Een logische volgende vraag is dan of we dat fermentatieproces ook uit de koe kunnen halen, en microben rechtstreeks de voedingsstoffen kunnen laten produceren die wij als mens nodig hebben. Het antwoord is ja, en dat is de gamechanger. Je kunt met de nieuwe fermentatietechnologie die Biotalys en Those Vegan Cowboys gebruiken zo goed als elk eiwit, maar ook bijna alle vetten, smaakstoffen, vitamines en pigmenten produceren die je wilt. Het enige wat je nodig hebt, is de juiste microbe in een gecontroleerde omgeving met water, energie en een geschikte voedingsbodem. Natuurlijk is het complexer dan dat – we gaan er dadelijk dieper op in – maar de eerste producten van deze revolutionaire technologie zijn intussen beschikbaar en niet meer weg te denken. EverSweet van Avansya, een samenwerking tussen het grote voedingsbedrijf Cargill en de ingrediëntenmaker DSM-Firmenich, is een goed voorbeeld. Het heeft de zoetkracht van stevia maar niet de bittere bijmaak. Het is sinds 2024 op de Europese markt beschikbaar en klaar om de snoep- en drankenrayon te veroveren.

## **Kweekvlees?**

De nieuwe fermentatietechnologie doet denken aan kweekvlees, maar er is een belangrijk verschil. Bij kweekvlees of cellulair vlees vertrek je van bestaande dierlijke cellen, die je vermeerdert tot ze spierweefsel vormen. Bij microbiële productie heb je geen dierlijke cellen nodig. Je programmeert een microbe om cellen te produceren die de functie van de dierlijke cellen – smaak, textuur, kleur, voedingsstoffen – in het eindproduct overnemen.

## Investerders lopen warm

Volgens een studie die Avansya bestelde, zou de koolstofvoetafdruk van zijn EverSweet 81 procent kleiner zijn dan die van suiker. Er zou ook 97 procent minder water en 96 procent minder land nodig zijn voor zijn productie. Het is maar één studie, maar het illustreert waarom wetenschappers en investeerders warm lopen voor deze technologie. Je hebt er weinig land, ruwe grondstoffen, tijd en water voor nodig en het produceert minder broeikasgassen dan de veehouderij en de klassieke maakindustrie. Een aantal van de uitdagingen waar we tegenaan lopen bij de productie van ons voedsel – denk aan grondstoftekorten, stikstofuitstoot, klimaatopwarming, bodemuitputting – zou je met fermentatietechnologie deels kunnen oplossen.

De uitkomst van een volledige levenscyclusanalyse (LCA) van de geproduceerde moleculen moeten we schuldig blijven, maar het is duidelijk dat de productie zeer efficiënt, zuinig en schaalbaar kan zijn. Koppel dit aan de verplichte duurzaamheidsrapportering (CSRD) voor grote bedrijven en kredietverleners in Europa, en je begrijpt dat hun interesse groeit. Biotallys haalde in 2021 bijna 53 miljoen euro extra kapitaal op voor de ontwikkeling van zijn antilichamen. Paleo, een Belgische start-up die gist gebruikt om eiwit te produceren dat vlees zijn typische kleur en smaak geeft, wist in 2023 12 miljoen euro bij elkaar te krijgen. En bij de incubator Biotope van het Vlaams Instituut voor Biotechnologie (VIB) ontvangen ze de laatste jaren opvallend veel kandidaten op zoek naar kapitaal voor hun microbiële innovaties.

Toch zijn het niet alleen de typische investeringsmaatschappijen en durfkapitalisten die in fermentatie investeren, ook gevestigde namen uit de klassieke productiesectoren wagen de sprong. We hadden het al over Cargill en DSM-Firmenich – de ene is groot geworden door de handel in granen, de ander door de handel in plastics, geur- en smaakstoffen. Maar ook Those Vegan Cowboys zegt potentiële klanten te hebben in de zuivelsector en de klassieke voedingsindustrie. ‘Voedingsbedrijven worden geconfronteerd met een toegenomen onzekerheid in de aanvoer van grondstoffen en onderzoeken hoe ze dat kunnen opvangen. Anderen willen hun assortiment verbreden met plantaardige alternatieven’, zegt CEO Hille van der Kaa. In de chocoladesector klinkt een gelijkaardig verhaal, met groeiende interesse in het potentieel van microbiële of *cell based* cacao als alternatief voor dure cacao's.



## Precisie- of biomassafermentatie

Even terug naar onze koe en de microben in haar pens. Die produceren een bijzonder complex melkeiwit. Maar de microben in de starter van je zuurdesembrood, die vermeerderen gewoon zichzelf. Dit verschil in complexiteit en eindproduct is er ook in de nieuwe fermentatietechnologie.

Bij *single cell* of biomassafermentatie laten technologen een microbe zichzelf onder gecontroleerde omstandigheden vermeerderen en gebruiken ze de hele *slurry* of pasta als eiwitrijke grondstof. Quorn wordt zo al jaren geproduceerd. Maar Those Vegan Cowboys en Paleo gebruiken een complexer proces dat precisiefermentatie heet. Ze programmeren microben om een specifiek eiwit, vet of antilichaam met specifieke eigenschappen te produceren, en daarvoor gebruiken ze gentransfertechnologie. Veel tijd, geld en onderzoek gaat momenteel nog naar die stap in het proces – van de zorgvuldige screening van de duizenden mogelijke micro-organismen en hun miljoenen stammen, tot het aanpassen van hun genen zodat ze precies de juiste molecuule produceren. Aan het einde van het proces oogsten de technologen alleen de bijzondere molecuule. De rest van het brouwsel, inclusief geprogrammeerde microbe, blijft achter als potentieel bruikbare nevenstroom.

## Meer dan eiwit

Precisiefermentatie is vele malen complexer en duurder dan biomassafermentatie. Toch trekt het de meeste investeringen aan, want ook de moleculen zijn vele malen zeldzamer en duurder dan de pasta's. Er is een wedloop aan de gang tussen de pionierende bedrijven, op zoek naar die ene molecuule die zo zeldzaam is dat de markt ervoor wil betalen. En hoewel de hype oorspronkelijk ontstond rond eiwit, verwachten de investeerders vandaag niet dat de commerciële doorbraak daar te vinden zal zijn. Ze kijken naar zeldzamere stoffen die we nodig hebben in voeding of voer, maar ook in chemie, farmacie of cosmetica. Stoffen waarvoor we afhankelijk zijn van andere regio's in de wereld, zoals aminozuren of palmolie. Stoffen die we vandaag synthetisch produceren, zoals vitaminen. Stoffen die we chemisch uit planten extraheren,

zoals de oorspronkelijke steviazoetstof. Of stoffen die door planten moeilijk te maken zijn, zoals bepaalde pigmenten en kameelachtige antilichamen.

‘Het kost vandaag drie keer zoveel om een ton eiwit te produceren uit gefermenteerde aardappelschillen, dan een ton soja in te voeren uit Zuid-Amerika. Zelfs als je slechts vijf procent sojaolie vervangt door een andere oliebron, plantaardig of microbieel, verdrievoudigt meteen je productiekost. Het alternatief kan nog zo veelbelovend zijn, ingevoerde soja is vandaag zo goedkoop dat het vervangen economisch onhaalbaar is.’ Aan het woord is Annatachja De Grande, ILVO-onderzoeker en voerspecialist. Ze bevestigt dat er in de voersector althans op dit moment weinig animo is voor microbieel eiwit, maar wel voor microbiële aminozuren en vetten. ‘Voor aminozuren zijn voerproducenten sterk afhankelijk van import uit de Verenigde Staten, Zuid-Amerika en China. We hebben de laatste jaren ervaren hoe kwetsbaar invoer de veehouderij maakt, met sterke prijsstijgingen en tekorten. In vetten voor voer zijn we zelfvoorzienend, maar microbiële vetten toevoegen kan de kwaliteit van onze dierlijke producten nog verbeteren. Je zou er het vetzuurprofiel in vlees of eieren mee kunnen aanpassen, op maat van bepaalde doelgroepen. Daar hebben retailers en *petfood*-producenten dan weer interesse in. De marges in honden- of kattenvoer zijn groter dan in veevoer, dus wie weet is daar de eerste doorbraak te verwachten.’

## Vlaanderen aan de top

Opvallend is dat Vlaanderen een belangrijke hotspot is voor het onderzoek naar fermentatietechnologie. Bedrijven uit de hele wereld brengen hun microben naar de Vlaamse Bio Base Europe Pilot Plant voor hulp bij de opschaling van hun processen. De universiteiten van Gent en Leuven en het Vlaams Instituut voor Biotechnologie (VIB) zijn toonaangevend in het screenen, ontwerpen en programmeren van microben zodat ze precies produceren wat de bedrijven zoeken. En met de oprichters en leden van het unieke platform The Protelnn Club is er bovendien heel wat expertise in mogelijke toepassingen aanwezig. Van voeding, voer en *petfood* tot chemie en cosmetica.

The Protelnn Club werd in 2022 opgericht door ILVO, Bio Base Europe Pilot Plant, Universiteit Gent en Capture, een onderzoeksfaciliteit voor de circulaire economie, om een dynamisch ecosysteem te creëren voor de ontwikkeling van nieuwe waardeketens rond fermentatietechnologie in Vlaanderen. Amper twee jaar later kon het al om en bij de tweehonderd professionals van over heel Europa motiveren om zich te verplaatsen naar Merelbeke-Melle bij Gent, voor de presentatie van enkele innovaties op labo en pilotschaal. De organisatoren moesten de inschrijvingen vroegtijdig afsluiten, zoveel interesse was er in een fysiek bezoek aan de pilootfaciliteiten van de Bio Base Europe Pilot Plant en ILVO. Relatiebeheerder Stef Denayer ervaart de grote bedrijfsinteresse dagelijks: 'Iedereen is op zoek naar de heilige graal waarmee ze hun productie kunnen verduurzamen en circulair kunnen maken. Fermentatietechnologie heeft dat potentieel. Wat we vandaag zien, is nog maar het topje van de ijsberg.'

Dat topje is nochtans impressionant. Those Vegan Cowboys, Biotalys en Paleo zijn slechts enkele voorbeelden van Belgische startups die al ver staan in de ontwikkeling van microbiële grondstoffen. Het Schotse voedingsbedrijf Enough produceert een schimmelwit op restsuikers van Cargill en levert het onder meer aan het grote Unilever voor verwerking in een nieuwe generatie vlees- en visvervangers. Het Gentse Biolynx werkt met schimmels om eiwitten te produceren voor vlees- en kaasalternatieven, maar past het ook toe in een uv-filter voor zonnecrème. Avecom, een spin-off van Universiteit Gent, gebruikt fermentatietechnologie om afvalstromen uit de voedingsindustrie te verwerken tot hoogwaardige grondstoffen. En AB InBev, de grootste bierbrouwerij ter wereld, heeft al een assortiment eiwitrijke poeders en sportdranken op de markt, gebrouwen in het Belgische Jupille – waar ooit het bekende pilsbier Jupiler voor het eerst uit de brouwketels vloeide.

Een nieuw type bedrijven dat interesse toont in The Protelnn Club en een grote sprong voorwaarts kan betekenen voor de hele fermentatiesector, is actief in artificiële intelligentie en robotica. Een voorbeeld is het Duitse bedrijf VCG.AI dat modellen ontwikkelt voor het automatisch screenen van technische en marktinformatie, op zoek naar de juiste match tussen technologie, grondstof en toepassing.

Ook in het screenen van microbenstammen en het aanpassen van de genen kan artificiële intelligentie een grote hulp zijn. ‘De combinatie van AI dat heel snel patronen kan opsporen in alle soorten data met robots die het labwerk kunnen automatiseren, heeft het potentieel om de omvangrijke biotechfase waarin verschillende fermentatiepioniers vandaag zitten, te versnellen met weken, maanden, misschien wel met jaren’, weet Karen Verstraete, communicatiemanager van The Protein Club.

## Markttoelating

Toch kan het zelfs met de hulp van artificiële intelligentie en robotica nog jaren duren voor de genoemde bedrijven hun innovaties op de markt brengen. De voedingsingrediënten van Paleo en Those Vegan Cowboys vallen onder de Europese *Novel Food*-wetgeving. Dat geldt voor alle ingrediënten die voor mei 1997 niet als menselijke voeding bekend waren. Ze mogen pas verkocht worden na toestemming van de Europese Commissie, die zich baseert op een advies van de Europese Voedselveiligheidsautoriteit (EFSA). Een toelatingsprocedure duurt enkele jaren en houdt een grondige beoordeling in van de voedselveiligheid.

‘Dat is belangrijk, want we weten dat sommige microben onder bepaalde condities giftige stoffen kunnen produceren. Uit het aanvraagdossier moet blijken dat die condities bekend zijn en dat de veiligheid voor de consument gegarandeerd kan worden. Dit beoordelen is een omvangrijk werk, want de risico’s zijn anders voor elke stam van elk micro-organisme, voor elke toepassing en elke realistische dosis die je met de consumptie binnenkrijgt’, benadrukt Lieve Herman. Ze is naast afdelingshoofd en onderzoeker bij ILVO ook actief binnen EFSA.

Those Vegan Cowboys hebben zowel in Europa als in de Verenigde Staten een toelatingsprocedure lopen en verwachten binnen enkele jaren hun vegan kazen en vegan melkeiwit te kunnen verkopen. Ook de antistoffen van Biotalys wacht nog een zware toelatingsprocedure. In hun geval niet voor Novel Food maar voor nieuwe gewasbeschermingsmiddelen. Zij leggen de horizon op tien jaar voor er sprake kan zijn van markttoetreding.

## Zuinig en circulair

Microben hebben in hun stalen reactorvaten niet veel nodig om te groeien. Energie, water en een bron van koolstof en stikstof volstaan. Die bron kan uit glucose bestaan, maar zou – voorlopig nog in theorie – ook kunnen komen uit snijresten van de aardappelverwerking, wei uit de kaasindustrie, melasse van de suikerfabriek of bierdrif uit de brouwerij. De enige voorwaarde is dat ze in grote hoeveelheden beschikbaar zijn, en geen belangrijke schakel vormen in een bestaande verwerkingsketen. In sommige gevallen moeten ze eerst een voorbehandeling ondergaan – verhitten, vermalen, ongewenste stoffen verwijderen – en niet elke microbe groeit op eender welke stroom. Maar het loont de moeite om het potentieel te onderzoeken. ‘Vandaag vinden resten uit de voedingsindustrie vaak hun weg naar veevoer en dat is op zich interessant, maar in bepaalde gevallen zou een hoogwaardige verwerking via fermentatie wenselijker zijn. Als dat biomassa en moleculen oplevert die fossiele grondstoffen kunnen vervangen bijvoorbeeld, is dat een win-win voor de bedrijven en de maatschappij’, zegt ILVO-wetenschapper Geert Van Royen.

## Voeding en voer

ILVO is een van de grondleggers van The ProtelInn Club en investeerde de afgelopen jaren fors in expertise en pilootinfrastructuur. Het eerste puzzelstuk was er al: met de Food Pilot in Merelbeke-Melle beschikt het instituut over een unieke combinatie piloottoestellen voor alle mogelijke voedingstoepassingen. ILVO baat de Food Pilot uit samen met Flanders’ FOOD, de speerpuntcluster van de Vlaamse overheid voor de voedingsindustrie. Een samenwerking die verzekert dat elke investering relevant is voor de praktijk. Zo werd de fabriek onlangs uitgebreid met een fermentor voor de productie van kleine hoeveelheden microbieel eiwit – net genoeg voor de wetenschappers om testen te doen – en een innovatieve eiwitverwerkingslijn waarin ze de slurry en pasta’s kunnen drogen, opzuiveren en verwerken tot nuggets, vegan mayonaise, hapklare repen of andere producten.