

Overzichtsstudie biogebaseerde chemie

In opdracht van de B2BE facilitator en ILVO

Auteurs: Brecht Demedts (Centexbel) & Robbe De Bisschop (VKC)

Contributies : Willem Uyttendaele, Stijn Van Vrekhem, David De Smet, Ine De Vilder, Sofie Huysman, Isabel De Schrijver, Amir Bashirgonbadi, Stijn Corneillie, Ruben Geerinck en Myriam Vanneste

Inhoudstabel

Overzichtsstudie biogebaseerde chemie	1
1. Introductie	5
1.1 Achtergrond en doel.....	5
1.2 Over de auteurs.....	5
2. Landbouwstromen en hun samenstelling	5
2.1 ILVO-bronnen	5
3. Bottom-up: biogebaseerde bouwblokken uit agrarische (rest)stromen	6
3.1 Suikers	6
3.2 Eiwitten.....	7
3.3 Lipiden – oleochemie	9
3.4 Secundaire metabolieten	12
3.4.1 Fenolen.....	12
3.5 Polysaccharides	15
3.6 (ligno)cellulose en afgeleiden.....	19
Lignine.....	20
Cellulose.....	22
Hemicellulose	23
Tall oil.....	24
Vezels	24
Verwerkte lignocellulose.....	27
3.7 Kurk	27
3.8 Tannine.....	28
3.9 Dierlijke (rest)stromen.....	29
keratine.....	29
Visoliën en vismeel.....	30
Gelatine en collageen.....	31
4. Top-down: (fijn)chemicaliën met vraag naar biogebaseerde materialen.....	31
4.1 Weekmakers & impact modifiers	31
4.2 UV-beschermingsmiddelen.....	33
4.3 Brandvertragers.....	34
4.4 Nutraceuticals, cosmetische en farmaceutische componenten.....	37
4.5 Factice.....	38
4.6 Kleurstoffen en pigmenten.....	39

4.7 Biocides.....	42
4.8 Waterafstoting en waterbestendigheid.....	46
4.9 Biobrandstoffen.....	47
4.10 Anti-corrosie.....	48
4.11 Antioxidants.....	49
4.12 Surfactantia, emulgatoren, detergenten, schuimmiddelen & ontschuimers.....	51
4.13 Antistatica.....	55
4.14 Ionische vloeistoffen en NADES.....	55
4.15 Enzymen – witte biotechnologie.....	56
4.16 Oplosmiddelen/solventen.....	57
4.17 Deicing-vloeistoffen.....	58
4.18 Tackifiers.....	59
4.19 Polyolen.....	61
4.20 Smeermiddelen.....	62
4.21 Reologische additieven.....	62
4.22 Bioplastics en bindmiddelen (polymeren).....	64
4.23 Blaasmiddelen.....	67
4.24 Matteringsmiddelen.....	68
4.25 Abrasie-resistentie.....	69
4.26 Scrubbing en schuuradditieven.....	70
4.27 Humectanten.....	70
4.28 Smaak- en geurstoffen.....	70
4.29 Compatibilizer.....	72
5. Het belang van biogebaseerde chemicaliën in verschillende sectoren.....	74
5.1 Food & feed.....	74
5.2 Cosmetics & pharmaceuticals.....	75
5.3 Landbouw.....	76
5.4 Industriële toepassingen.....	78
5.5 Bouwmaterialen.....	79
6. Specifieke industriële bemerkingen voor de chemische industrie.....	80
6.1 Biologische variatie.....	80
6.2 Mass balance.....	81
6.3 Geur & kleur.....	82
6.4 Chemische stabiliteit.....	82

6.5 Opwaarderen van laagwaardige biomassa	83
6.6 (on)zuiverheden	83
6.7 Belang van LCA studies.....	84
6.8 Greenwashing	86
6.9 Trends in de chemische sector	87
6.10 Certificatie en testing.....	89
7. Conclusie.....	90

1. Introductie

1.1 Achtergrond en doel

Er is een groeiend bewustzijn van de effecten van fossiele grond- en brandstoffen, CO₂ uitstoot en impact van chemicaliën op het milieu. Daardoor wordt steeds meer ingezet op een bio-economie met een lagere milieu-impact. Deze transitie is erg relevant voor de chemische sector, waar de vraag naar biogebaseerde alternatieven toeneemt. De chemische industrie is van groot belang voor zowel de Vlaamse als de Europese economie. Om deze sector te ondersteunen en te verduurzamen, heeft de Vlaamse overheid een beleidsplan opgesteld dat zich richt op de verankering van de bio-economie in Vlaanderen. Innovatieve samenwerkingen tussen industriële actoren, landbouwers en intermediaire partners staan hierin centraal.

De B2BE Facilitator, opgericht binnen dit beleidskader, speelt een cruciale rol als matchmaker in de bio-economie. Deze organisatie faciliteert samenwerkingen en ondersteunt de ontwikkeling van biogebaseerde oplossingen. Een van de manieren waarop dit gebeurt, is via thematische dieptewerkingen waarin elk half jaar een specifiek thema wordt behandeld. Het huidige thema, speciality chemicals uit lokale biomassa, vormt de basis voor deze overzichtsstudie.

Het doel van de studie is om de beschikbare biomassastromen in Vlaanderen in kaart te brengen en deze te verbinden met de behoeften van de biogebaseerde chemische sector. Door zowel een bottom-up benadering, waarbij wordt gekeken naar de verschillende soorten chemische grondstoffen vanuit biomassastromen, als een top-down benadering, waarin wordt ingegaan op de specifieke vragen van de chemische sector, biedt deze studie in eerste instantie een overzicht. De inzichten ervan kunnen dienen voor het opsporen van opportuniteiten, belemmeringen en trends die kunnen bijdragen aan het verduurzamen van de chemische industrie in Vlaanderen, binnen een Europese context.

1.2 Over de auteurs

Deze studie werd uitgevoerd door Centexbel – VKC in opdracht van ILVO en de B2BE cluster. Centexbel-VKC is een collectief onderzoekscentrum voor de textiel en kunststoffensector. Het heeft drie vestigingen gespreid over België en heeft een focus op materiaalkundig onderzoek met verschillende gespecialiseerde labo's (geaccrediteerd fysisch, chemisch, brand en microbieel labo, daarnaast ook pilootlijnen voor kunststofverwerking, coatings & inkt en textielverwerking). Binnen de R&D activiteiten ligt een sterke focus en expertise bij biogebaseerde polymeren, recycling en circulaire economie, smart textiles en composieten. Deze studie werd gecoördineerd door Brecht Demedts en Robbe De Bisschop en er waren contributies van meerdere experts binnen materiaalkundig onderzoek (zie auteurslijst). In deze studie zijn AI-tools op een ondersteunende manier ingezet volgens de guidelines van Europese commissie¹ waarbij ChatGPT-4 werd ingezet om inhoudelijke volledigheid te waarborgen.

2. Landbouwstromen en hun samenstelling

2.1 ILVO-bronnen

Ter ondersteuning bij het opstellen van de documenten heeft ILVO twee voorgaande studies voorzien. Deze studies kaderen de bio-economie in Vlaanderen in 2018 en 2020. De studies duiden de rol van

¹ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/news/all-research-and-innovation-news/guidelines-responsible-use-generative-ai-research-developed-european-research-area-forum-2024-03-20_en

verschillende sectoren in de Vlaamse economie en daarbij ook cijfermatig de impact van verschillende sectoren. De studies gaan niet in op de chemische structuren van courant gebruikte chemicaliën, waardoor de huidige studie een meer technische insteek en aanvulling kan zijn tot deze documenten.

De eerste studie, gepresenteerd in het Structuuroverzicht van de Vlaamse Bio-economie, biedt een gedetailleerd inzicht in de productie en verwerking van biomassa binnen de Vlaamse economie in 2018. Dit overzicht maakt deel uit van het Vlaamse beleidsplan voor de bio-economie en is bedoeld om evidence-based beleidsvorming te ondersteunen. De studie brengt niet alleen de huidige situatie in kaart, maar voorziet ook in de mogelijkheid om toekomstige beleidsmaatregelen te evalueren door periodieke updates van de monitor.

Het rapport onderscheidt twee belangrijke sectoren binnen de bio-economie: de producerende sectoren (landbouw, veeteelt, visserij, bosbouw, enz.) en de verwerkende sectoren (voedingsindustrie, chemiesector, enz.). Het benadrukt de omvang en de aard van de biomassastromen in Vlaanderen, met een focus op zowel hoofdstromen als nevenstromen. De studie benadrukt verder de rol van internationale handel, vooral met naburige regio's en landen, in de biomassastromen van Vlaanderen. De studie biedt een basisoverzicht, maar geeft aan dat er behoefte is aan verdere verdieping en verfijning van gegevens om een volledig beeld te krijgen van de bio-economie in Vlaanderen.

De tweede studie, "Monitoring van de Bio-economie in Vlaanderen", biedt een bijgewerkte kijk op de bio-economie, met data tot en met 2020. De studie legt de nadruk op de economische prestaties van de Vlaamse bio-economische sectoren, met speciale aandacht voor toegevoegde waarde, omzet, en tewerkstelling. Daaruit blijkt dat de voedingssector de grootste contributies heeft tot bio-economische sector in Vlaanderen, met de biogebaseerde farmaceutische sector als de meest productieve op basis van toegevoegde waarde per werknemer.

De studie toont aan dat de bio-economie in Vlaanderen tussen 2016 en 2020 een groei van 21% in toegevoegde waarde kende, een veel sterkere groei dan die van de totale fysieke economie. De sectoren die het meest hebben bijgedragen aan deze groei zijn onder andere de voedings-, drank-, hout- en biogebaseerde chemische sectoren. Daarnaast benadrukt de studie de uitdaging om de biogebaseerde inhoud in hybride sectoren te kwantificeren, zoals de chemische en farmaceutische sectoren, en erkent het de noodzaak voor verdere verfijning van monitoringmethoden.

3. Bottom-up: biogebaseerde bouwblokken uit agrarische (rest)stromen

In dit stuk van de studie hanteren we een "bottom-up" aanpak, waarbij we kijken naar de chemische bouwblokken, ingrediënten en structuren die in de natuur voorkomen. Het gaat hier dan ook in tegenstelling tot het 4^e hoofdstuk over natuurlijke chemicaliën. De grootste fracties zijn suikers, vetten en eiwitten, maar er bestaan ook tal van kleine moleculen die een substantiële waarde kunnen hebben. We bespreken specifiek deze producten die een meerwaarde hebben voor de chemische industrie.

3.1 Suikers

Suikers, of sachariden, zijn een klasse van koolhydraten die een essentiële rol spelen in biologische processen en industriële toepassingen. Hun chemische structuur, variërend van eenvoudige monosachariden tot complexe polysachariden, bepaalt hun functionaliteit en veelzijdigheid als grondstof voor diverse producten. Er bestaan een immense diversiteit in soorten suikers. Ze kunnen worden ingedeeld in verschillende categorieën op basis van hun structuur.

De meest eenvoudige suikers zijn de monosachariden. Het zijn de eenvoudigste suikers en dienen als bouwstenen voor complexe koolhydraten. Er bestaan vooral monosacchariden met 5 koolstofatomen (pentoses) of 6 koolstofatomen (hexoses), hoewel er nog andere bestaan (vb. heptoses). Pentoses zijn vooral bekend als onderdeel van ribose en deoxyribose (in RNA en DNA) en hemicellulose. Er bestaan industrieel een aantal toepassingen voor zoals xylose als zoetstof.

De hexoses vormen de meest voorkomende suikers met enkele zeer prominente voorbeelden als glucose en fructose. In de natuur zijn ze alomtegenwoordig, niet alleen als monosaccharide, maar ook in veel andere vormen zoals dimeren (disacchariden), oligomeren, conjugaten en polymere vormen. De polymere vormen zijn zeker ook belangrijk en bestaan in meerdere polymerisatievormen o.a. in het geval van glucose als cellulose, zetmeel en glycogeen. Het is in de meeste vormen zeer goedkoop en zal daardoor in tal van toepassingen, ook buiten de voedingssector, te vinden zijn.

Er bestaan een twintigtal verschillende monosacchariden (zowel aldoses en ketoses), waardoor de complexiteit van suikers gigantisch kan worden in de vorm van dimeren, oligomeren en polymeren (polysacchariden, zie verder). Ze vervullen talrijke biologische functies en kunnen industrieel gemakkelijk worden toegepast omdat ze vaak vrij zuiver te isoleren zijn (vb. als zetmeel of suiker) uit een aantal veelvoorkomende teelten (suikerriet, suikerbieten, mais en andere zetmeelhoudende gewassen). Suikers zullen dan ook vaak in de witte biotechnologie gebruikt worden als grondstof voor andere chemicaliën. Voorbeelden zijn bio-ethanol, polyolen, biopolymeren, organische zuren, suikeralcoholen, surfactanten, enz.

3.2 Eiwitten

Proteïnen (eiwitten), complexe moleculen opgebouwd uit aminozuren, spelen een cruciale rol in zowel biologische systemen als industriële toepassingen. In de chemische sector worden proteïnen vanwege hun veelzijdigheid en functionaliteit in verschillende processen en producten gebruikt. Hun industriële toepassingen variëren van voedingsmiddelen en cosmetica tot biomedische en technische toepassingen.

Er zijn verschillende bronnen van waaruit proteïnen kunnen worden geëxtraheerd waaronder plantaardige (vb. soja, erwten), dierlijke (vb. caseïne, gelatine, keratine) en microbiële (vb. via fermentatieprocessen). Het industrieel gebruik van proteïnen zal te vinden zijn in verschillende sectoren.

De biologische functie van een eiwit is vaak ook terug te vinden in het uiteindelijk industrieel gebruik ervan. Zo zijn worden dierlijke vezels ook industrieel zo gebruikt (vb. wol en zijde), enzymen ook gebruikt als "biokatalysatoren" (vb. lipasen, amylasen, cellulasen, enz.) en bepaalde proteïnes ook ingezet in de medische sector (vb. hirudine, fibrinogeen).

Bepaalde proteïnes zijn vrij efficiënt in het vormen van films en kunnen ook in zekere zin als bioplastic beschouwd worden. **Een groot nadeel van proteïnes is echter dat ze niet bestendig zijn tegen hoge temperaturen, waarbij ze denatureren, decompositie optreedt of reacties met andere ingrediënten optreden (vb. de maillard reactie).** Daarom is het gebruik als bioplastic gelimiteerd tot enkele niche-toepassingen waar een slechts een korte blootstelling aan hoge temperaturen gebeurt, zoals in coatings, lijmen of als bindmiddel. Bekende voorbeelden zijn gelatine en caseïne (vb. in lucifers, fotografie of papiercoatings).

In de literatuur zullen vaak zeer performante coatings op basis van proteïne voorgesteld worden. Bekende voorbeelden zijn proteïneextracten uit zemelen of restproducten van graan die exceptionele

zuurstofbarrières kunnen hebben. Het probleem met dergelijke coatings is dat ze zich stevast op experimenteel niveau bevinden en een aantal aspecten hebben die ze industrieel irrelevant maken. Een proteïnenfilm zal bijvoorbeeld slechts dergelijke exceptionele karakteristieken vertonen wanneer de suspensie waaruit de coatings gecast worden volledig gedenatureerd proteïne bevat. Een complete denaturatie verkrijgen van proteïnes is niet alleen zeer moeilijk, dergelijke oplossingen hebben ook een immens hoge viscositeit waardoor ze zelden concentraties van hoger dan 3% in water toelaten, waarbij de oplossing bovendien nog maar een lage stabiliteit (korte pot-life) heeft. Een industrieel relevante coatingfilm (vb. acrylaat) heeft bijvoorbeeld solid-content gehaltes van 50% met zeer lange pot-life.

Zeker voor de markt van papiercoatings zijn een aantal initiatieven geweest voor proteïnecoatings, bijvoorbeeld onder het merk "Sobind" van Dupont. Dit was een gemodificeerd soja-proteïne poeder dat gemakkelijk oplosbaar was in water en vervolgens met crosslinkers op papier kon worden ingezet. **Dergelijke voorbeelden zijn nooit succesvol gebleken omdat de grondstof (proteïnes) redelijk duur is, zeker in vergelijking met suikers of vetten, en dat de performantie meestal veel lager is dat deze van conventionele polymeren.**

Box 1| de jacht naar vegan proteïnes

Het biotechbedrijf "Those Vegan Cowboys" gevestigd op het Gentse technologiepark is actief in fermentatietechnieken, specifiek om caseïne, een dierlijk proteïne, via fermentatieprocessen te produceren. Het caseïne kan vervolgens gebruikt worden in de productie van kaas. Vegan kaas is immers momenteel sterk verschillend van kaas uit melk, en caseïne is net het proteïne dat kaas zijn structuur, smaak en aroma geeft. Een andere Leuvense biotech-startup "Fishway" focust zich op de markt van het zogenaamde kweekvlees, maar dan specifiek voor vis. Het gebruikt daarvoor stamcellen van baars en paling om in laboratoriumomgeving celkweek te doen op grote schaal en dit voor de voedingssector.



The image shows a website for 'Those Vegan Cowboys'. At the top, there is a navigation bar with links: HOME, MEET MARGARET, CHEESE, MISSION, OUR RANCH, JOBS, CONTACT, and social media icons for Instagram, LinkedIn, and Facebook. Below the navigation bar is a banner for 'MARGARET OUR IRON LADY' featuring a cow illustration. To the right of the banner is the text: 'THE NEXT STEP IN DAIRY PRODUCTION'. Below this text is a paragraph: 'Looking at the mother cow, what do we see? We see an ineffective, sentient, and darn pitiful cog in the industrial process of modern dairy farming. An animal optimized like a machine where grass is put in on one end and milk comes out at the other.' Below this is another paragraph: 'So what do Those Vegan Cowboys do? **They take the next logical step in dairy production.** From hand milking, via the milking machine to the fully automatic milking robot of today. **We built the Stainless Steel Cow.**' To the left of the text is a photograph of industrial milking equipment.

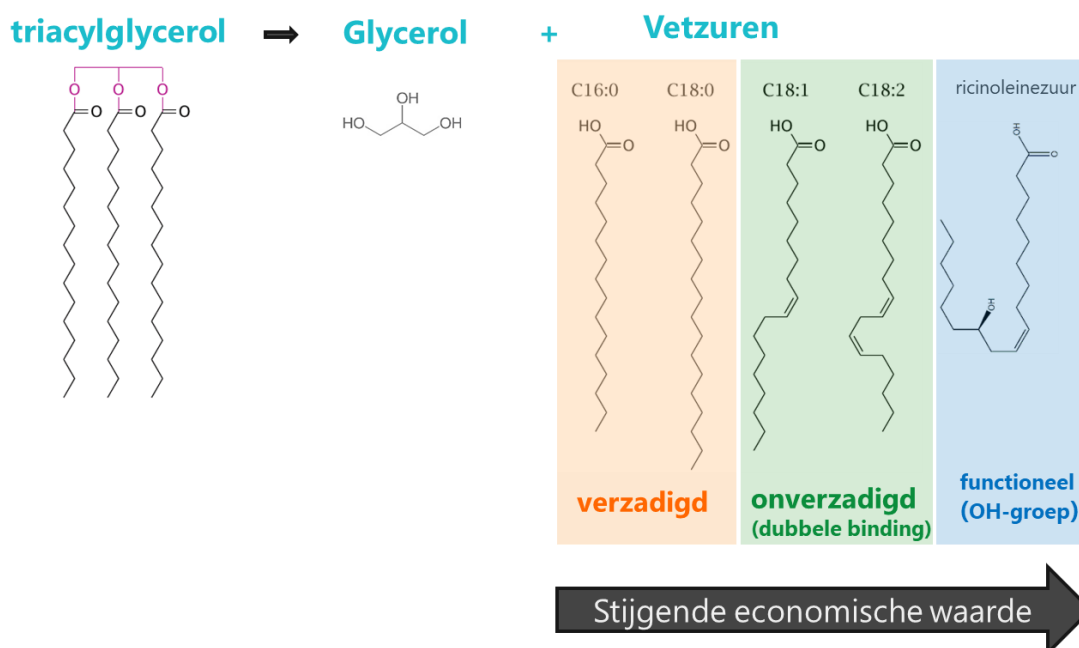
Industrieel zal het gebruik van proteïnes zich dan ook vooral toelagen op de voedingssector, waarbij het vooral als ingrediënt met hoge voedingswaarde, maar ook als functioneel additief (vb. broodverbeteraar) kan ingezet worden. Specifiek de markt van vegetarische en vegan vleesvervangers is belangrijk en er bestaan enkele belangrijke Belgische spelers (Cosucra, Arvesta, Naplasol) die zich specifiek richten op proteïne-ingrediënten uit peulvruchten of fermentatieprocessen. Ook biotechbedrijven als Protealis zoeken specifiek naar types soja die kunnen groeien in koudere klimaten als Vlaanderen. Waardecreatie uit proteïnes ligt binnen de chemische sector soms moeilijker omdat de

prijs ervan meestal te hoog ligt voor basischemicaliën, er zijn wel voorbeelden van de vinden en deze richten zich meestal op proteïnestromen met hoge zuiverheid en beschikbaarheid (vb. caseïne inzetten als vezel <https://wellfabric.com/milk-fabric/>). Er zijn ook een aantal toepassingen te vinden waar proteïnes de basis kunnen vormen van fijnchemicaliën zoals bijvoorbeeld brandvertragers (omwille van hun hoog stikstofgehalte, zie verder), nutraceuticals, farmaceutische producten en cosmetica.

3.3 Lipiden – oleochemie

Lipiden vormen een diverse groep biomoleculen die vetten, oliën, wassen en steroïden omvatten, spelen een cruciale rol in biologische systemen. Naast hun biologische functies hebben lipiden ook tal van industriële toepassingen vanwege hun unieke chemische eigenschappen.

Vetten & Oliën zijn wellicht de grootste groep binnen de oleochemie. Chemisch gezien spreken we van triacylglycerolen, wat aangeeft dat drie vetzuren verankerd zijn op een glycerol molecule. Wanneer ze bij ambiënte temperatuur vast zijn spreken we typisch van een vet, terwijl oliën vloeibaar zijn. **De economische waarde van een olie zal sterk afhangen van de types vetzuren die in de olie te vinden zijn.** Daarbij is het aantal dubbele bindingen (onverzadigdheid) belangrijk. Dubbele bindingen kunnen immers gebruikt worden voor tal van reacties (epoxidatie, hydrogenatie, hydratatie, oxidaties, polymerisaties) waardoor andere chemische producten bekomen kunnen worden. Sommige polyonverzadigde vetzuren kunnen met zuurstof reageren om zo een film te vormen. Dit noemen we drogende oliën en worden industrieel voornamelijk ingezet voor het behandelen van hout. Een typisch voorbeeld is lijnzaadolie, maar er zijn nieuwe gewassen als goudsbloemolie die eveneens een efficiënte drogende olie oplevert en een gewas is die goed groeit in Vlaanderen. Dergelijke oliën zijn van grotere waarde dan de verzadigde vetzuren (vb. ossevet, restproduct van slachthuizen). Typisch voor gewassen die in koudere klimaten groeien is dat ze meer onverzadigde of polyonverzadigde vetzuren bevatten omdat deze ook bij lagere temperaturen vloeibaar blijven (in tegenstelling tot bijvoorbeeld kokosolie en palmolie). **Het kan een interessante piste zijn om oliegewassen of variëteiten te onderzoeken die meer onverzadigde vetzuren bevatten en dus waardevoller zijn.**



Figuur 1: Oliën (vloeibaar) en vetten (vast) bestaan uit "triacylglycerolen". De waarde van een olie wordt bepaald door de vetzuren die ze bevatten. Met (poly)onverzadigde vetzuren kunnen meer chemische omzettingen gebeuren dan met verzadigde vetzuren. Sommige functionele vetzuren zijn nog waardevoller omdat ze gemakkelijk kunnen omgezet worden naar duurzame polymeren.

Er bestaan in de natuur enkele voorbeelden van oliën of vetzuren die reeds hydroxylgroepen bevatten. Dergelijke vetzuren zijn zeer interessante bouwblokken voor de chemische sector, maar komen erg sporadisch voor en naar onze kennis niet in Vlaamse gewassen. Het gaat vooral over cardanol (uit de hullen van cashew noten geperst) en castor olie, waaruit het vetzuur ricinoleinezuur van nature een hydroxylgroep bevat. De vraag naar deze twee oliën is zeer groot omdat ze gebruikt kunnen worden voor het vervaardigen van zeer hoogwaardige polymeren (polyurethanen en polyamides).

Een van de meest simpele omzetting van oliën is afsplitsen van de vetzuren. Dit is een zeer courant proces en is vereist voor het maken van biodiesel of bijvoorbeeld het verzepen van vetten. Het levert eveneens een grote hoeveelheid glycerol op, die vaak goedkoop verkocht wordt. Met de vetzuren kan een variëteit aan chemische producten vervaardigd worden zoals weekmakers, disperseermiddelen & surfactanten, cosmetische dragers, smeeroliën, epoxyharsen, etc. De diversiteit van oleochemische producten maakt het een van de belangrijkste biogebaseerde grondstoffen voor (fijn)chemicaliën. Deze worden verder besproken later in deze studie. Oliën zijn over het algemeen meer waard dan suikers (en minder dan proteïne), en soms kan het interessant zijn om te bestuderen of conversie van één type biomassa naar een ander interessant kan zijn. Als voorbeeld kunnen we hier insectenkweek geven, dat vaak laagwaardige biomassa kan omzetten in vetrijke biomassa (insecten bevatten proportioneel redelijk veel lipiden).

Box 2 | lipiden als farmaceutische dragers zijn booming business

De mRNA technologie heeft onder invloed van de succesvolle COVID-19 vaccins eveneens een grote afdruk achtergelaten op farmaceutische innovaties met vetten. mRNA wordt immers in het lichaam "geleverd" in minuscule vetemulsies. Daarbij is het belang van zeer speciale lipiden, cholesterolen en vetten minstens even belangrijk als het gebruik van mRNA zelf.

Dit vertaalt zich in versnelde investeringen voor drug-delivery op basis van lipiden, met als voorbeeld hier een nieuw innovatiecentrum geopend door Evonik specifiek om lipiden verder te onderzoeken. Alhoewel dit een voorbeeld van uit de VS is, is het topic toch zeer belangrijk voor België omdat onze regio zowel op vlak van chemie als op vlak van biotechnologie tot de wereldtop behoort. Bovendien worden tal van nieuwe therapieën verwacht op basis van DNA of RNA, niet enkel in vaccins, maar ook voor kankerbehandeling (kanker-vaccins), CRISPR-CAS, gentherapie of als drager voor agrochemicaliën.

PRESS RELEASE

Health Care Lafayette, IN, March 29, 2023

Evonik breaks ground on \$220 million Lipid Innovation Center in Lafayette, Indiana

- Secures U.S.-made key pharmaceutical excipients for RNA-based therapies for innovative medicines and pandemic preparedness
- Cooperative agreement with U.S. Government, with support from Indiana Economic Development Corporation, Greater Lafayette Commerce, and Duke Energy
- More than 80 highly skilled jobs in Greater Lafayette region

Onder de lipiden behoren nog een aantal molecules die niet bij de vetten of oliën onderverdeeld worden. Een dergelijk product zijn de sterolen, waarvan er zowel plantaardige als dierlijke bestaan. Onder andere de cholesterolen, steroïden, cortisonen, galzuren en vitamine D behoren ertoe. Soms zijn er belangrijke fracties restproduct die geïsoleerd kunnen worden. Een belangrijk voorbeeld is lanoline. Lanoline is een component van talg en komt van nature voor op wol, grote fracties lanoline worden dan ook gewonnen uit scheerwol van schapen. Lanoline is zeer lang als laagwaardig product verkocht geweest tot ontdekt werd dat het uitstekende anti-corrosieve eigenschappen heeft. Lanoline wordt daarom aan smeeroliën voor metalen onderdelen toegevoegd waar het roestvorming vertraagt. Lanoline wordt verder ook verwerkt in producten voor cosmetica, emulsifiëermiddelen en dispergeermiddelen voor pesticiden en herbiciden.

Een laatste veelgebruikte groep binnen de lipiden zijn de natuurlijke wassen. Wassen zijn esters van lange-keten vetzuren en lange-keten alcoholen. Ze worden gevonden in de natuur als beschermende coatings op planten, dieren en insecten, waar ze dienen als waterafstotende en beschermende lagen. Natuurlijke wassen zijn typisch vrij duur, voorbeelden zijn bijenwas, carnaubawas (van palmladeren) en jojoba-olie. Deze laatste is een specifiek geval omdat het bij kamertemperatuur in tegenstelling tot de andere wassen vloeibaar is. Deze wassen vinden voornamelijk hun weg naar cosmetica, omdat ze te duur zijn voor technische toepassingen. Er bestaan een hele range van synthetische wassen, die voornamelijk uit vetzuren van goedkopere oliën worden vervaardigd (vb. soja-was is de verestering van twee vetzuren uit sojaolie).

Wassen, oliën en vetten worden ook zonder ze te modificeren reeds in heel wat verschillende producten gebruikt. Ze worden bijvoorbeeld ingezet voor het hydrofoberen van gipsplaten (de typische groene "badkamer"-gipsplaat), coatings op papier, cosmetica, adhesieven, emulsies voor herbiciden, brandversnellers (vb. voor BBQ), houtvernissen, reinigingsmiddelen, lucifers, smeermiddelen, kaarsen, was-krijten, slipping additieven in kunststoffen, speelgoedklei, farmaceutische excipiënten, inkt, loodgieterij, boenmiddelen, coatings voor kaas, kauwgom, rubbercompounds of textielbehandelingen. Vlaanderen kent een rijke oleochemische sector met pure oleochemische verwerkende bedrijven (vb. Oleon, Vandeputte), specialisten in emulsifiëring van bijvoorbeeld was (vb. Govi), producenten van reinigingsmiddelen (vb. Christeyns) of drogende oliën (vb. Rubio Monocoating)

3.4 Secundaire metabolieten

Secundaire metabolieten zijn organische verbindingen die door planten worden geproduceerd en niet direct betrokken zijn bij hun groei, ontwikkeling of voortplanting. Deze stoffen hebben vaak specifieke functies zoals bescherming tegen herbivoren, pathogenen, of concurrerende planten. In de industrie worden secundaire metabolieten steeds vaker gewaardeerd vanwege hun unieke eigenschappen en veelzijdige toepassingen.

Secundaire metabolieten kunnen dienen als bouwstenen voor de synthese van complexe chemische stoffen. Veel farmaceutische producten, zoals alkaloiden (morphine, codeïne) en terpenen (menthol, taxol), zijn afkomstig van plantaardige metabolieten. Deze natuurlijke verbindingen vormen vaak de basis voor de ontwikkeling van nieuwe geneesmiddelen, omdat ze een breed scala aan bioactieve eigenschappen bezitten, zoals ontstekingsremmend, antimicrobieel en kankerremmend.

In de voedingsmiddelen- en cosmetica-industrie worden secundaire metabolieten gebruikt als additieven vanwege hun geur-, kleur- en smaakstoffen. Flavonoïden, bijvoorbeeld, worden gebruikt vanwege hun antioxidatieve eigenschappen en bijdragen aan de smaak en kleur van voedingsmiddelen. Essentiële oliën, rijk aan terpenen, worden vaak gebruikt in parfums en huidverzorgingsproducten vanwege hun aangename aroma's en potentiële therapeutische voordelen.

Box 3 biogebaseerde etherische oliën als antimicrobiële middelen

Chemiegroep Syensqo koopt Marokkaans rozemarijnbedrijf Azerys



Er bestaat een trend om terug meer natuurlijke producten te gebruiken als antimicrobieel middel. Vooral essentiële oliën of componenten daaruit (thymol, carvacrol, eucalyptol, etc.) zijn bekend voor een zekere antimicrobiële werking. Vaak worden ze in combinaties gebruikt, bijvoorbeeld in deodoranten (cosmetica).

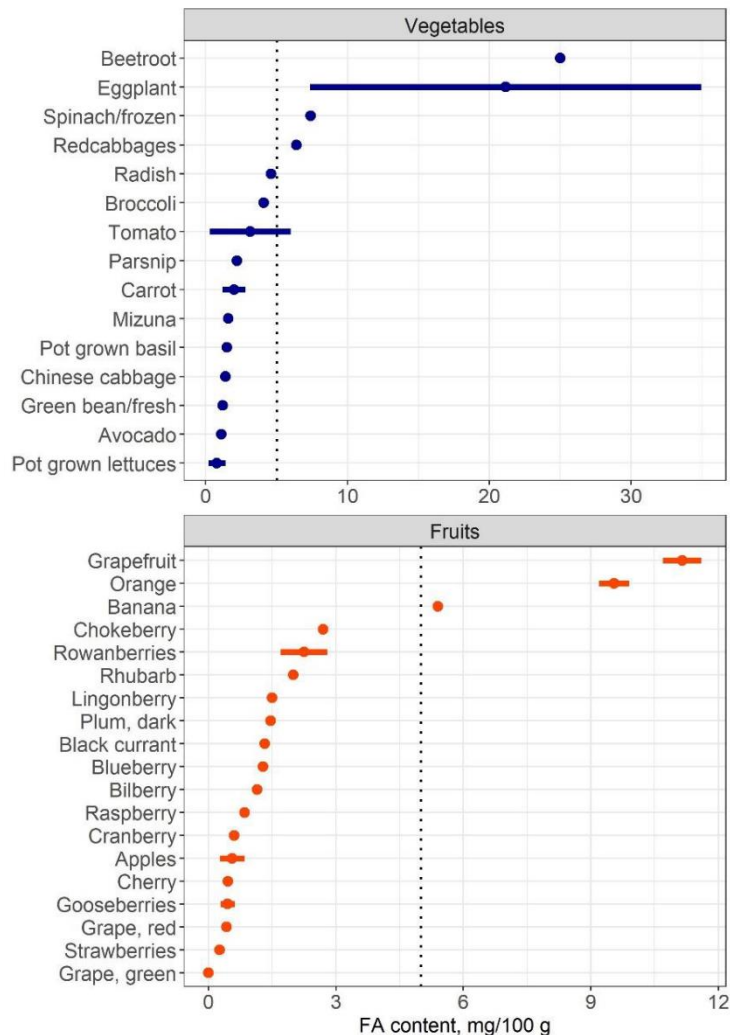
Dat ook grote chemische groepen als syensqo (ex-Solvay) recent investeringen doen in biogebaseerde verbindingen (het bedrijf noemt biochemicals als één van de beloftevolle groeimotoren) schetst een mooi beeld van de transitie van traditionele chemiebedrijven naar de bio-economie.

3.4.1 Fenolen

Fenolen zijn een groep chemische verbindingen die een hydroxylgroep (-OH) gebonden aan een aromatische koolstofring bevatten. Ze zijn een belangrijke klasse van secundaire metabolieten in planten en spelen een cruciale rol in de plantengroei, voortplanting en verdediging tegen pathogenen en herbivoren. Fenolen worden in verschillende delen van de plant aangetroffen, waaronder de bladeren, stengel, vruchten en zaden.

Fenolen zijn belangrijk in de productie van diverse chemische producten vanwege hun antioxiderende, antiseptische en anti-inflammatoire eigenschappen. Enkele toepassingen zijn farmaceutische producten vanwege hun gezondheidsbevorderende eigenschappen, de cosmetica vanwege hun antioxiderende eigenschappen en daarnaast ook al grondstof voor de productie van kunststoffen, kleurstoffen en andere chemicaliën.

In een eerdere studie, uitgevoerd in het kader van het Interreg-project Circulaire Teelt & Chemie, werd al onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van fenolen, met een specifieke focus op ferulinezuur en cafeïnezuur, in verschillende soorten groenten en fruit. Deze studie leverde waardevolle inzichten op in de variatie van fenolenconcentraties tussen diverse gewassen.

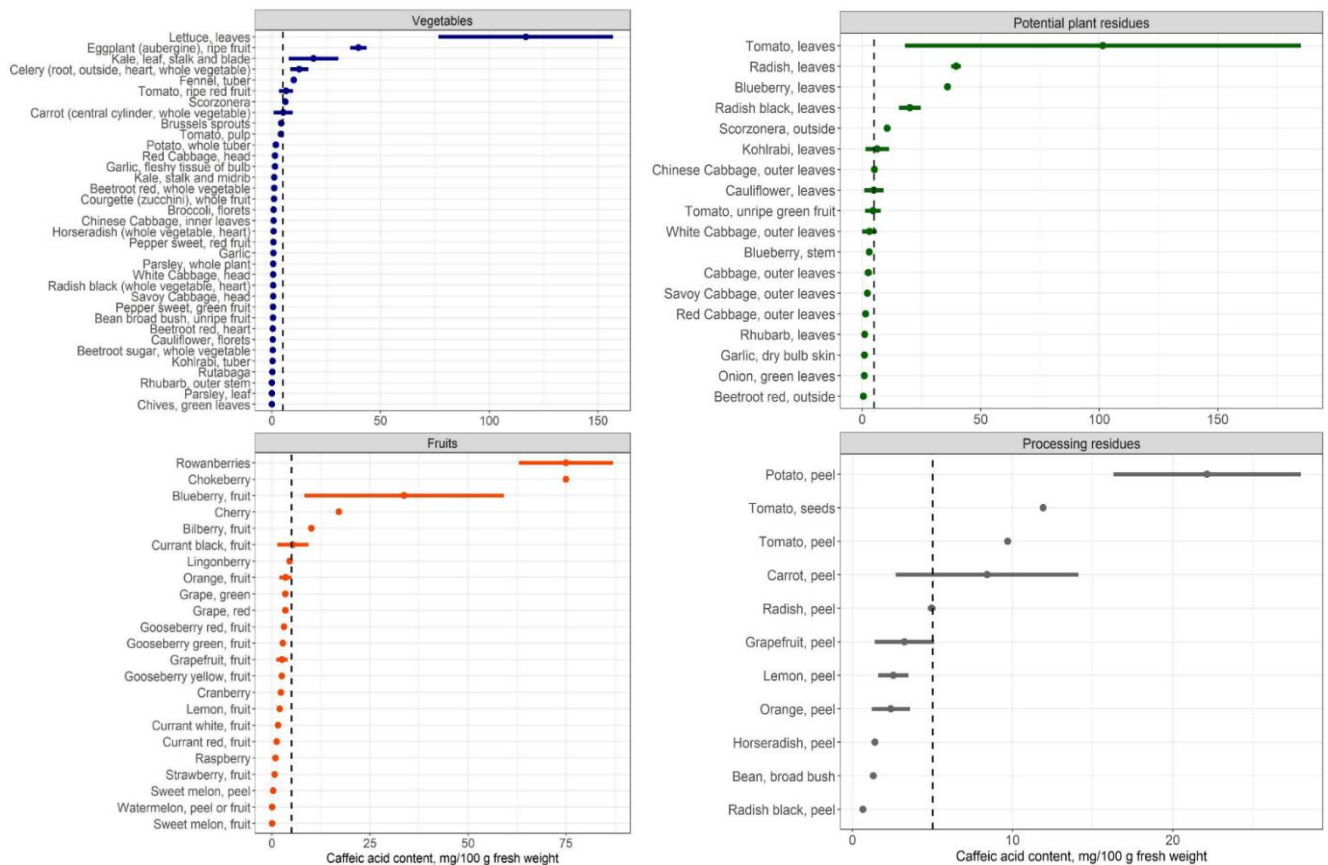


Figuur 2: ferulinezuur gehalte in verscheidene fruit en groenten, de stippellijn stelt 5mg/100g FA voor. Figuur gehaald uit het Circulaire teelt & chemie project

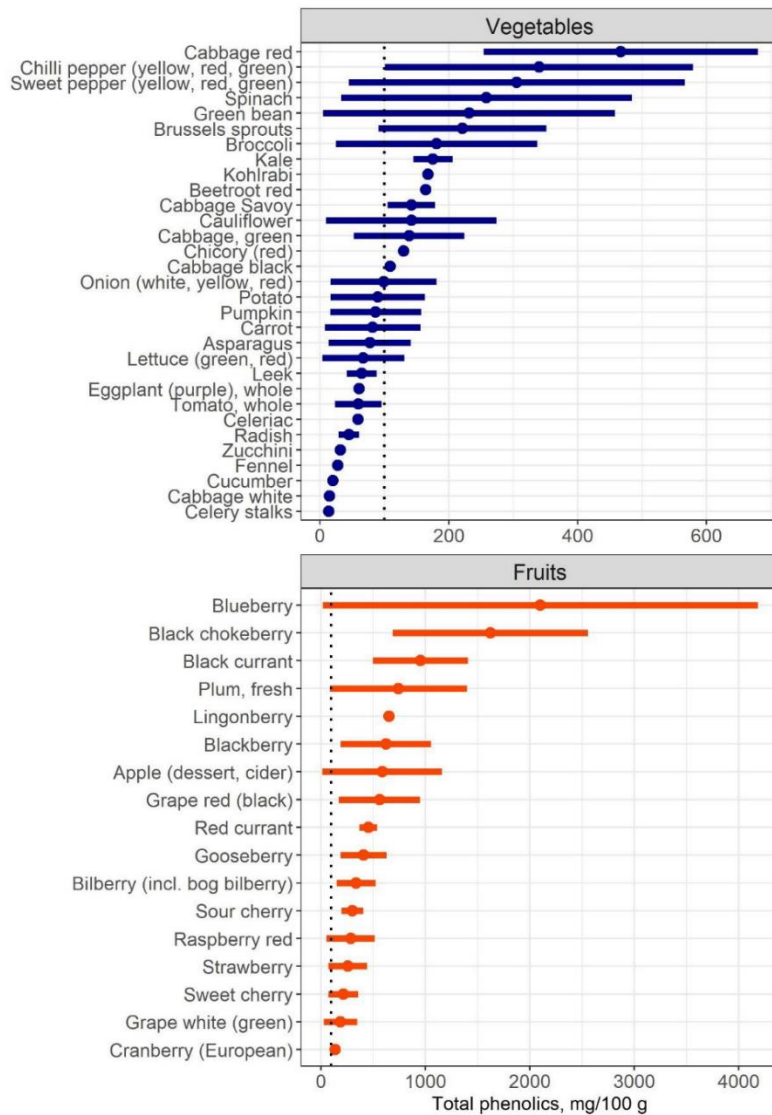
De studie was beperkt tot twee soorten functionele biomoleculen (FBM), namelijk: ferulinezuur (FA), cafeïnezuur (CA) en fenolgehalte. De resultaten van de literatuurstudie zijn samengevat voor verschillende soorten groenten, fruit en residuen die verwacht worden van tuinbouw- en landbouwgerelateerde activiteiten.² Ferulinezuur en cafeïnezuur zijn een hydroxykaneelzuren, een type fenolzuur, dat overvloedig aanwezig is in de celwanden van planten. De resultaten die hier besproken worden zijn met toestemming gehaald uit het rapport van "Circular Cultivation and Chemistry report, Task 7.1 "Biomass Residual Flows in the south of the Netherlands and Flanders".

² From the Circulaire teelt & chemie [Interreg project](#), the Circular Cultivation and Chemistry report, Task 7.1 "Biomass Residual Flows in the south of the Netherlands and Flanders"

Op basis van een brede verzameling literatuurresultaten is een overzicht samengesteld van de gehalten aan ferulinezuur (FA), cafeïnezuur en totaal fenolen in verschillende soorten fruit en groenten. Dit overzicht biedt inzicht in de variabiliteit van deze waardevolle bioactieve stoffen in diverse gewassen, wat essentieel is voor het evalueren van hun voedingswaarde en potentiële toepassingen in gezondheidsbevorderende en industriële processen. Door het samenvoegen van gegevens uit meerdere studies is een gedetailleerd beeld verkregen van de fenolenconcentraties in verschillende planten, wat bijdraagt aan een beter begrip van hun eigenschappen en gebruiksmogelijkheden.



Figuur 3: het gehalte van cafeïnezuur in verscheidene fruit en groenten, alsook vermeld uit welk deel van de plant dit gehaald wordt. De stippellijn stelt 5mg/100g CA voor. Figuur gehaald uit het Circulaire teelt&chemie project



Figuur 4: totaal fenolengehalte in verscheidene fruit en groenten. De stippellijn stelt 100mg/100g voor. Figuur gehaald uit het Circulaire teelt&chemie project.

3.5 Polysaccharides

Polysacchariden zijn complexe koolhydraten samengesteld uit lange ketens van monosacchariden (suikers). Ze zijn wijdverspreid in de natuur en worden aangetroffen in zowel bacteriën, fungi, planten, algen en dieren. Er bestaat een al vrij grote diversiteit in suikers (met vooral pentoses en hexoses) en soms worden ook bepaalde afgeleiden van suikers (vb. galacturonzuur in pectine of N-acetylglucosamine in chitine) geïncorporeerd in polysaccharide. Daardoor bestaat een immense diversiteit aan polysacchariden die elk hun eigen eigenschappen hebben. Hun eigenschappen en functionaliteiten maken ze waardevol in diverse industriële toepassingen. Hier bespreken we enkele courante polysacchariden, hun unieke eigenschappen en toepassingen, en de rol van modificaties.

Chitosan wordt geproduceerd door de deacetylatie van chitine, een polysaccharide die o.a. voorkomt in de exoskeletten van schaaldieren. Het is oplosbaar in zure oplossingen en heeft antimicrobiële eigenschappen, wat het geschikt maakt voor toepassingen in wondverzorging, waterbehandeling, zaadcoatings en voedselverpakkingen. Het kan gewonnen worden uit schaaldieren, maar kunnen dan mogelijks gecontamineerd zijn met zware metalen. Er wordt omwille van zuiverheid, maar ook om het

vermijden van allergeniciteit dan ook vaak gekeken naar restproducten van mycelium (vb. *Aspergillus* uit citroenzuurproductie). Een belangrijke Belgische producent is Kitozyme uit Wallonië.

Pectine is een polysaccharide dat voornamelijk voorkomt in de celwanden van planten, met name in citrusvruchten en appels. Het wordt gebruikt als geleermiddel in voedingsmiddelen zoals jam en marmelade, en als stabilisator in zuiveldranken en yoghurt. Pectine kan een hoge viscositeit hebben bij lage temperaturen, maar wordt zeer vloeibaar bij verhitting, wat herhaaldelijk kan worden gebruikt in verschillende cycli. Pectine wordt voornamelijk geproduceerd uit afvalstromen van de voedingssector, met name deze van citrus schillen.

Alginaat wordt voornamelijk gewonnen uit bruine wieren en kan in aanwezigheid van calciumionen hydrogels vormen. Deze eigenschap maakt het geschikt voor toepassingen in de voedselindustrie als verdikkingsmiddel en in de biomedische sector voor wondverzorging en gecontroleerde medicijnafgifte. Alginaat is een succesverhaal in de voedings- en industriële sector omwille van zijn specifieke eigenschappen (zie box.)

Box 4 | Van vegetarische viseieren tot (digitale) prints met hoge resolutie, de interessante eigenschap van alginaat

Alginaat bevat een zeer merkwaardige eigenschap. Het vormt zeer harde en zeer stabiele hydrogels in de aanwezigheid van 2-waardige ionen (vb. calciumionen), terwijl het laagvisceuze oplossingen heeft in de afwezigheid ervan. Daar wordt handig gebruik van gemaakt in zowel de voedingsindustrie als de grafische industrie. Bijvoorbeeld voor het vervaardigen van vegetarische vis-eieren wordt een oplossing met de juiste smaakstoffen en alginaat gemaakt waar geen 2-waardige ionen aanwezig zijn. Deze wordt vervolgens gedruppeld in een waterige oplossing met een calciumzout (zie figuur). Ogenblikkelijk zullen de druppels een harde hydrogel geven, die eruitzien als visseneieren. Op deze manier kunnen nog een reeks voedingsproducten gemaakt worden die gebaseerd zijn op hydrogels.



Dezelfde eigenschap wordt gebruikt om de resolutie van printinkten op poreuze ondergronden te verbeteren. Het is eerder een zeldzaamheid dat een oppervlakte niet voorbehandeld moet worden om er kwalitatief op te kunnen printen. Er zijn immers tal van fysico-chemische processen die gebeuren wanneer een (natte) inkt op een oppervlak wordt afgezet. Een veel voorkomend defect is dat van uitlopen van inkt, wat zeer vaak voorkomt op vezelachtige substraten zoals textiel en papier. Een natte druppel valt op deze substraten en de capillaire krachten zullen de inktdruppels doen uitlopen, waardoor een slechte resolutie wordt verkregen.

De opkomst van alginaten biedt een zeer milieuvriendelijke oplossing voor dit probleem. Het textiel of papier wordt voorbehandeld met alginaat en aan de inkt wordt een calciumzout toegevoegd (of omgekeerd). Wanneer de inktdruppel op het substraat valt zal het ogenblikkelijk coaguleren tot een hydrogel. Op deze manier wordt een veel betere resolutie van de print verkregen.

Agar, eveneens afkomstig uit (rood) zeewier, is een polysaccharide die wordt gebruikt als geleermiddel in voedingsmiddelen zoals desserts en als medium voor microbiologische kweek in laboratoria. Het vormt zeer vaste hydrogels.

Gellan gum, geproduceerd door bacteriële fermentatie, vormt stevige, taaie hydrogels. Het wordt gebruikt in levensmiddelen en dranken om de textuur te verbeteren en in technische toepassingen zoals suspensie van vaste stoffen in vloeistoffen. Specifiek aan gellan gum is dat het extreem laag gedoseerd kan worden in vergelijking met andere gelijkaardige verdikkers. Dit kan interessant zijn in formulaties die weinig tolerantie hebben voor additieven.

Xanthaangom, een bacterieel polysaccharide, vormt slijmerige structuren die biofilms helpen stabiliseren. In industriële toepassingen wordt het gebruikt om deeltjes in suspensie te houden, wat nuttig is voor bijvoorbeeld sprays en voedingsmiddelen zoals sauzen en yoghurt.

Arabische gom is een natuurlijk exudaat van acaciabomen. Het wordt gebruikt als emulgator, stabilisator en verdikkingsmiddel in voedingsmiddelen en dranken. Arabische gom wordt vaak ingezet omdat het zeer stabiel is en moeilijk kan afgebroken worden. Arabische gom is een excellente filmvormer en zal dus goede eigenschappen geven bij het vormen van o.a. veganistische snoepjes.

Inuline (een fructaan) is een voorbeeld van een onoplosbare vezel, wordt vaak gebruikt als voedingsvezel en prebioticum vanwege zijn onverteerbaarheid en gunstige effecten op de darmgezondheid.

Zetmeel is een zeer vaak gebruikt polysaccharide, het wordt gebruikt als sausbinder in de voedingsindustrie, maar omdat het zeer snel afgebroken wordt wanneer er bijvoorbeeld een contaminatie met amylase (uit speeksel) optreedt, worden vaak andere verdikkers verkozen. Zetmeel heeft ook de neiging om hydrogels te vormen bij verlaagde temperatuur die moeilijk reversibel zijn. Zetmeel zal om meerdere redenen vaak gemodificeerd worden. Omdat zetmeel zo alom tegenwoordig en goedkoop is, wordt het vaak ook voor industriële functies ingezet, zo is het bijvoorbeeld een tijdelijk sterkingsmiddel voor textiel dat ervoor zorgt dat garens beter glijden in weefgetouwen, maar ook sterker zijn, waardoor er minder breuk optreedt. De "sizing" van zetmeel wordt er achteraf weer afgewassen. Zetmeel kan ook als vulmiddel in composteerbare plastics gebruikt worden of geëxtrudeerd met water en glycerol tot verpakingschips.



Figuur 5: links een voorbeeld van biodegradeerbare zakjes waar zetmeel en een biodegradeerbaar polymeer werden gemengd. Rechts een voorbeeld van thermoplastisch zetmeel ingezet als schuimpjes in verpakkingen.

Polysachariden kunnen chemisch of fysisch worden gemodificeerd om hun oplosbaarheid, stabiliteit en functionaliteit te verbeteren. Een belangrijk voorbeeld daarvan is cellulose. Natuurlijke cellulose is onoplosbaar in water, maar kan worden gemodificeerd tot cellulose-derivaten zoals methylcellulose en carboxymethylcellulose (CMC), die oplosbaar in water zijn en gebruikt worden als verdikkingsmiddel en stabilisator in voedingsmiddelen en farmaceutische producten en ook bekend is als behanglijm. Andere chemische modificaties van cellulose zijn omzettingen tot cellulose acetaat (CA), cellulose acetaat butyraat (CAB) en nitrocellulose (NC). Deze vormen van cellulose zijn oplosbaar in solventen, maar onoplosbaar in water en vormen daardoor waterbestendige en krasvaste films die ingezet worden om leder te coaten of als additief in andere solvent-gebaseerde coatings. Vooral CA heeft ook zeer goede thermoplastische eigenschappen en kan bijgevolg ook geëxtrudeerd worden in films. CA, CAB en NC zijn duurder dan conventionele kunststoffen en hebben zwakke waterdampbarrières waardoor ze in de voeding niet vaak worden ingezet, het kent eerder nichetoe toepassingen zoals vensters in brieven en verpakkingfolie voor bloemen. Naast cellulose wordt ook zetmeel vaak gemodificeerd door processen zoals hydrolyse, cross-linking en esterificatie om specifieke eigenschappen te bereiken. Gemodificeerd zetmeel wordt gebruikt als verdikkingsmiddel, stabilisator en emulgator in voedingsmiddelen en industriële toepassingen.

Polysachariden vinden brede toepassing in zowel voedingsmiddelen als technische sectoren. Belangrijk daarbij is even stil te staan bij de natuurlijke functie van het polysaccharide. Wanneer een polysaccharide, zoals in zeewier, een structurele functie heeft, zal deze gemakkelijker toe te passen zijn als hydrogel. Polysachariden die als exudaat uit verwonding van planten komt (vb. arabische gom uit acacia) zullen betere filmvormers zijn, omdat dergelijke film ook in de natuur de wond van de plant zal dichten. Polysachariden die van nature in biofilms voorkomen, zoals xanthaangom, zullen sterke slijmerige structuren vormen die moeilijker afgebroken worden, omdat ze ook in de biofilm ervoor zorgen dat bacteriën, zelfs bij stromend water in buizen en leidingen mooi op hun plaats blijven in een biofilm. Dergelijke verdikkers geven dan ook een verhoogde stabiliteit.

De toepassingen van polysachariden zijn velerlei. Het gaat van verdikken van sauzen, over verhinderen van uitzakken, stabiliseren van emulsies, verbeteren van printresolutie, sterken van textiel, filmvormers

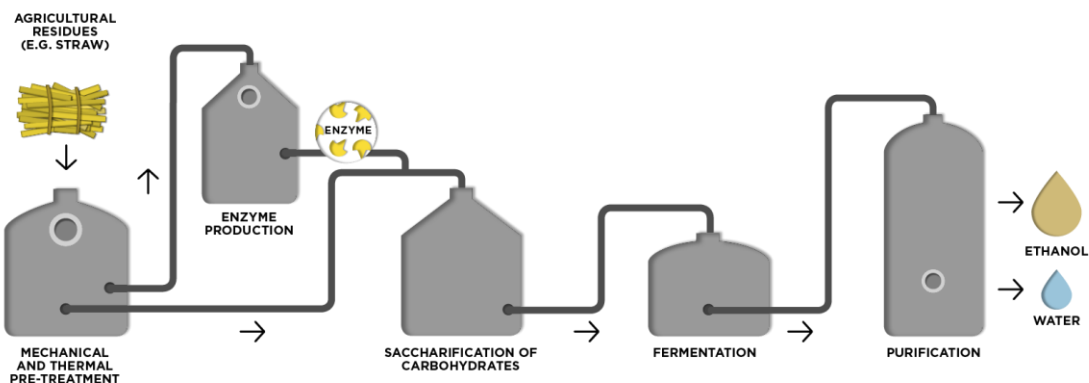
voor inkten, antimicrobieel en zo veel meer. De prijs van polysacchariden zal daarbij sterk afhangen van eventuele unieke eigenschappen. Sommige polysacchariden zijn ook stabiel en beter beschermd tegen (enzymatische) afbraak dan andere. Bovendien zijn er enkele polysacchariden die in zeer lage concentratie reeds exceptioneel goed water kunnen verdikken. Veel polysacchariden hebben zeer goede thixotrope eigenschappen waardoor ze breed ingezet worden in plaaster en bezettingsproducten in de bouwsector. Polysacchariden zijn altijd biogebaseerd, sommige teelten worden specifiek alleen maar geteeld voor de polysacchariden (vb. bruinwier, acasia), of worden specifieke fermentatie-installaties voor gebouwd (vb. xanthaangom), terwijl andere uit agrarische reststromen worden gewonnen (vb. pectine). Ook de grondstof zal bijgevolg bijdragen aan de prijs van een polysaccharide.

3.6 (ligno)cellulose en afgeleiden

Planten hebben voornamelijk twee types celwanden, primaire & secundaire. Vooral de secundaire kunnen belangrijk zijn omdat ze de verharde delen van planten vormen, naar het materiaal wordt meestal verwezen als "lignocellulose". Bij meerjarige planten vormt dit houtige delen, maar ook alle eenjarige planten hebben substantiële hoeveelheden secundaire celwanden (vb. stro of bastvezels). Materiaalkundig zijn ze van immens belang voor de bouwsector (hout), maar ook als brandstof (vb. pellets). Bij eenjarige planten is het benutten van "lignocellulose" moeilijker omdat bij de meeste planten de verkregen vezels niet sterk genoeg zijn of te stug zijn om als functionele vezel te gebruiken. Anderzijds is het chemisch omzetten van lignocellulose biomassa naar functionele chemicaliën zeer moeilijk (zie box). Bovendien bevatten veel grasgewassen substantiële minerale fracties (silica uit door de plant opgenomen silica of contaminatie door aarde tijdens de oogst).

Box 5 | (Bio)chemisch imiteren van de koeienmagen ligt industrieel zeer moeilijk

Lignocellulose vormt het grootste deel van de droge biomassa van de plant. Het is echter danig geëvolueerd dat het moeilijk afbreekbaar is en er ook in de natuur complexe biosystemen samenwerken (vb. bacteriën in verschillende magen van herbivoren) om de suikers uit cellulose te kunnen gebruiken. Er zijn tal van initiatieven om dit industrieel na te bootsen en vormen vooral de focus van de bio-ethanol industrie. Eén van deze initiatieven (<https://www.clariant.com/en/Business-Units/Catalysts/Sunliquid> we raden aan de video uit de link te bekijken) lichten we graag illustratief toe. Het "sunliquid" proces werd ontwikkeld over vele jaren industrieel (Clariant) en publiek (Horizon Europe) onderzoek.



Het proces gebruikt chemische voorbehandeling (een soort steam explosion) om vezels uit stro toegankelijker te maken voor enzymen. Deze enzymen worden in het proces gemaakt door gemodificeerde bacteriën een continue stroom van enzymen te laten leveren, geïntegreerd in het

proces. Vervolgens omvat het eveneens een fermentatieproces om suikers om te zetten naar ethanol, wat uiteindelijk wordt opgezuiverd als biobrandstof of als bouwblok voor de chemie. Na gefaalde flagship initiatieven van ExxonMobil in Florida, was dit het grootste initiatief om lignocellulose te benutten in Europa. **Helaas wordt ook dit initiatief quasi integraal afgeschreven door Clariant. Het illustreert dat het industriële proces van het “nabootsen van de koeienmaag” zeer moeilijk verloopt.** De processen hebben last van veel neveneffecten. Er is vroegtijdige slijtage van mechanische delen, ophoping van grond en zand, hemicellulose fracties zorgen voor inhibitie van de fermentatie, productie van enzymen is duur en in het geval van Sunliquid waar bacteriën de enzymen leveren is contaminatie van de reactoren met ongewenste bacteriën zeer moeilijk te beperken (het gaat immers niet om een klein bio-farmaceutisch reactorvat, maar over zeer grote agrarische nevenstromen).

Lignocellulose bestaat voornamelijk uit 3 componenten: cellulose (~50%), hemicellulose (~25%) en lignine (~25%). De eerste twee componenten worden enzymatisch aangemaakt en zijn dus ook gemakkelijk af te breken. De derde component lignine is echter het reactieproduct van een radicale polymerisatie van hoofdzakelijk 3 monomeren (G, S en bij vooral bij grassen ook een grote fractie H), die op meerdere manieren aan elkaar koppelen en zo een erg willekeurig polymeer vormen die niet of moeilijk enzymatisch afbreekbaar is. Hierdoor zijn secundaire celwanden zeer moeilijk af te breken, wat de plant duurzamer maakt tegen vraat. De houderige structuren hebben als primaire rol structuur geven aan de plant en watertransport van de wortel tot de bladeren, wat inherent stevige structuren oplevert, die ze ook nuttig maken als materiaalkundig product. Daarom nemen we ook kort fysico-chemische producten op in deze studie.

Lignine

Lignine is een zeer complex product omdat het niet enzymatisch wordt gemaakt, het is het polymere product van oxidatieve reactie die in de secundaire celwanden van planten optreedt. Er zijn belangrijke industriële toepassingen voor lignine. Zo wordt het gebruikt voor de productie van “**natuurlijk vanilline**” (cfr. Borregaard, Noorwegen), en is het een belangrijk additief voor de **asfalt industrie**, waar het de verwerking en eigenschappen van asfalt sterk kan verbeteren. Voorts kunnen zeer efficiënte dispergeermiddelen gemaakt worden uit lignine. Lignine op zich is zeer hydrofoob, maar tegelijkertijd zeer heterogeen als molecule. Het zorgt ervoor dat in tegenstelling van dispergeermiddelen op basis van vetzuren er **bijna geen schuimvorming mogelijk is met lignine-gebaseerde dispergeermiddelen**. Dit is van industrieel groot belang omdat schuimvorming zeer vaak niet gewenst is. Schuimen zorgen voor een verhoogd volume, verminderde verpompbaarheid, verhoogde viscositeit, defecten in inkt en coatings, enz. Het nadeel van lignine gebaseerde dispergeermiddelen is dat ze donker zijn van kleur.

Een belangrijke opmerking is dat “lignine” eigenlijk een foute benaming is voor het product dat industrieel beschikbaar is. Lignine op zich is niet oplosbaar en kan as-such ook niet geëxtraheerd worden uit hout. De grootst beschikbare lignine-grades komen uit de papierindustrie en zijn daar in feite een chemisch gedegradieerd lignine. Dat kan op zowel alkalische als zure manier gebeuren. Vooral “lignosulfonaten” vormen de fractie van lignine die commercieel beschikbaar is. Met sulfietzouten wordt de lignineketen afgebroken en de bekomen “lignosulfonaten” zijn extraheerbaar. Geëxtraheerd (gemodificeerd) lignine is hoog-energetisch en wordt daarom vaak in het proces verbrand om zo energie te leveren aan de papierfabrieken. Deze types lignines hebben een zeer “significante geur” die eerder als stank wordt waargenomen. Er bestaan “ontgeurings” initiatieven, maar deze zijn economisch vrij inefficiënt. Alternatieve geurvrije lignines bestaan door bijvoorbeeld het cellulose enzymatisch weg te

etsen en zo een pure vorm van lignine te bekomen. Deze vorm van lignine bestaat naar onze kennis slechts van een enkel bedrijf (Fibenol), is gepatenteerd en duur, waardoor het voornamelijk voor niche-markten en bijvoorbeeld in cosmetica wordt ingezet.

Box 6 lignine voor de vervaardiging van koolstofvezels

Koolstofvezel staat vooral bekend als een zeer sterk en licht constructiemateriaal. De eerste stap in de productie van koolstofvezel omvat het spinnen van organische polymeren, die uit koolstofatomen zijn opgebouwd, tot een precursor vezel. In de volgende stap ondergaat de precursor vezel een stabilisatie en carbonisatieproces

De voornaamste polymere grondstof is polyacrylonitril (PAN), dat via een solventgebaseerd spin proces omgezet wordt in precursorvezels. Maar omdat PAN afkomstig is uit aardolie is en gepaard gaat met een duur en ecologisch belastend proces, wordt er gekeken naar lignine als alternatieve bron voor precursorvezelproductie. Het hoge koolstofgehalte, de thermische stabiliteit, de lage kost en de biogebaseerde oorsprong maken lignine een veelbelovende kandidaat.

Het gaat hierbij om aangepaste lignines (bv. Lignova van Fibenol) met een thermoplastisch gedrag die via smeltspinnen omgezet kunnen worden tot vezels. Vaak is de zuivere vorm te bros en moeten er blends gemaakt worden verspinbare biopolymeren zoals polyamide en thermoplastisch polyurethaan (TPU). Op onderzoeksniveau (TRL 4-5) zijn er reeds precursor- en koolstofvezels geproduceerd met minstens 50% lignine (e.g. H2020 project LIBRE – GA n°720707, Horizon Europe project Suspens - GA n°101091906), maar de mechanische eigenschappen en het productieproces staan nog niet voldoende op punt voor commerciële opschaling.



Voor het benutten van "lignine" uit Vlaamse gewassen is wellicht een diepgaande kennis nodig naar zeer specifieke secundaire metabolieten. Het is immers zo dat bij bepaalde planten interessante moleculen kunnen opgenomen in het lignine (vb. ferulaten, of precursoren voor vb. vanilline). Indien men kan identificeren of dit voor bepaalde gewassen zo is, kunnen er interessante moleculen uit gewonnen worden (vb. UV-bescherming, bewaarmiddelen, smaakstoffen, geurmiddelen etc.).

Lignine is een goed voorbeeld van heterogene biomassa. De ligninestromen verschillen zeer sterk afhankelijk van het type plant, het groeiseizoen en het extractieproces. Voor chemische synthese is het daardoor moeilijk om ermee aan de slag te gaan omdat het steeds een andere compositie heeft. Om het chemisch te valideren zijn er dan twee opties, ofwel wordt het zonder modificeren ingemengd als

vuller (vb. in de asfaltindustrie), ofwel wordt het chemisch afgebroken tot kleine moleculen (monomeren, dimeren en oligomeren) waarop het verder chemisch verwerkt wordt. Dit wordt bijvoorbeeld onderzocht bij de synthese van polyurethanen, harsen, smaakstoffen (vanille), dispergeermiddelen, brandvertragers enz. Een bekend voorbeeld van onderzoek op dit niveau in Vlaanderen is dit van de onderzoeksinstelling VITO en bedrijven als Kaneka. Lignine als basismolecule heeft als nadeel dat het donkerbruin en hard is, daardoor zullen de toepassingen eerder voor harde coatings of substraten bruikbaar zijn, zoals ook reeds werd gecommuniceerd door Kaneka. Echte succesverhalen waarbij lignine op industriële schaal gebruikt wordt als grondstof voor fijnchemicaliën zijn momenteel eerder gelimiteerd (de Noorse firma Borregaard maakt er "bio-vaniline" van, zie verder).

Cellulose

Cellulose is het meest voorkomend polymeer op aarde. Het zit in alle planten en ook een reeks andere organismen kan het aanmaken. Het is een polymeer van glucose, net als zetmeel, maar zijn op een andere manier gepolymeriseerd waardoor ze zeer stabiele kristalstructuren kunnen vormen. Het maakt cellulose – in tegenstelling tot zetmeel – onoplosbaar in water. Cellulose kan gemakkelijk gemodificeerd worden (vb. cellulose acetaat bekend als verpakkingsmateriaal, carboxymethyl cellulose bekend van behangerslijm) en heeft als such een chemische waarde als zowel vezel als oplosbaar gemodificeerd cellulose.

Cellulose kan geregenereerd worden, daarbij wordt het chemisch eerst gemodificeerd en opgelost om vervolgens in een bepaalde vorm terug te regenereren, meestal vezels of filtermaterialen (gekend als rayon, lyocell, viscose), soms blijft geregenereerd cellulose chemisch gemodificeerd (vb. cellulose diacetaat of cellulose carbamaat). Vooral viscose heeft een milieuonvriendelijk karakter omdat het verwerkingsproces schadelijke chemicaliën vereist. Toch zijn er heel wat nieuwe processen ontwikkeld (vb. Lyocell TM) die milieuvriendelijker verlopen. De processen om geregenereerd cellulose te maken vereisen meestal zeer zuiver cellulose en gebruiken daarom vaak "virgin" pulp van bomen eerder dan van gerecycleerd katoen of papier.

Cellulose is reeds zeer lang bekend en zal in de meeste toepassingen weinig toegevoegde waarde bieden. Toch bestaan er tal van toepassingen waarbij speciale vormen van cellulose veel meerwaarde kunnen bieden (zie box). Het gaat er om de industriële niches voldoende te verkennen en de verschillende vormen van cellulose optimaal te benutten. Of er bepaalde vormen van cellulose uit agrarische stromen in Vlaanderen geïsoleerd kunnen worden op commercieel relevante schaal zal sterk afhangen van de eindtoepassing en of die bereid is er voldoende voor te betalen.

Box 7 Wanneer diepgaande R&D van een goedkoop vulmiddel een innovatief functioneel additief maakt



We halen graag het voorbeeld van JRS Rettenmaier, een Duits familiebedrijf en multinational naar boven als illustratie van hoe diepgaande R&D van een op zich goedkoop vulmiddel – cellulose – een zeer divers gamma van hoogwaardige additieven maakt. Het zet specifiek voor iedere toepassing een R&D team op die innovaties opzoekt in diverse sectoren. Het gebruikt cellulose op “out of the box” manieren waarbij het oplossingen biedt aan moeilijke problemen bij diverse sectoren als de chemie, filtratie, farmaceutische excipiënten, vezelversterking voor polymeren, carrier voor nutraceuticals in veevoeder, hydroseeding, enzymen, isolatiematerialen, synthetisch leder, bouwchemicaliën, vervanging van asbest, lasnaden, alternatieven voor ultrafijne aarde, enz. Naast hun vezeltoepassingen (links) heeft JRS nog een minstens even belangrijk gamma aan gemodificeerde, oplosbare celluloses die voornamelijk als reologisch additief worden aangewend in zeer diverse sectoren.

Bij cellulose zal voldoende onderzoek moeten aanwijzen of cellulose uit verschillende grondstoffen dan wel aangewend kan worden voor hoogwaardige toepassingen. Daarbij is voldoende kennis nodig over de verschillende vormen van cellulose. Het is bekend dat cellulose op zeer veel verschillende manieren voorkomt, in bomen/stengels komt het in de secundaire celwand voor en is het zwaar verankerd met hemicellulose en lignine waardoor een chemische verpulping nodig is om het voldoende zuiver te krijgen. Bij katoen maakt de plant een uitzonderlijk puur en hoog kristallijn cellulose aan die als biologische functie zaadverspreiding heeft (het fluffig cellulose blijft gemakkelijk hangen of vliegt gemakkelijk weg, waardoor zaden zich verspreiden). Ook bacterieel cellulose is zeer speciaal in vorm waarbij nano-fibrillair cellulose met specifieke eigenschappen verkregen kan worden. Soms zijn er verrassende bronnen van cellulose te vinden zoals bijvoorbeeld het cellulose uit sponzen die in de Westerschelde en de spuikom van Oostende vaak wildgroei vertonen. Het ene cellulose is het andere niet en of het kan ingezet worden voor hoogwaardige materiaalkundige of chemische eigenschappen zal per gewas moeten bepaald worden.

Hemicellulose

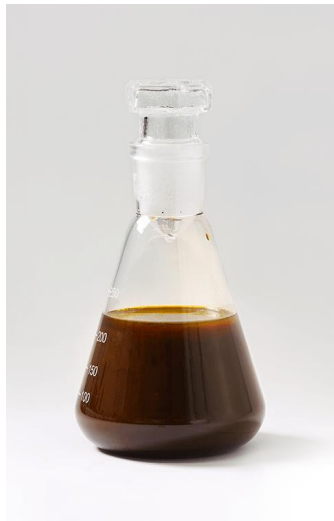
Hemicellulose beslaat een belangrijke fractie van hout, maar er zijn chemisch maar (zeer) beperkte toepassingen voor. Hemicellulose is vaak ongewenst voor fermentatieprocessen omdat pentoses (het monomeer van hemicellulose) een grote variëteit hebben en vaak inhiberend werken in reactoren. Ook industriële afvalstromen rijk in hemicellulose worden vaak slechts als “fertilizer” ingezet, bekende stromen zijn “brewer’s spent grain”, restproducten van de brouwerij-sector waar hexoses werden omgezet in ethanol en de pentoses en hemicellulose onbenut achter blijven.

Indien er zuivere pentoses of hemicelluloses kunnen opgezuiverd worden zal het belang ervan wellicht eerder beperkt zijn, bijvoorbeeld voor het vervaardigen van specialty dispergeermiddelen (cosmetica), reologie modifiers (inkten, coatings, voeding) of onverteerbare vezel (voeding). **Een bekend voorbeeld**

van industriële toepassing is de zoetstof xylitol, die vervaardigd kan worden uit het pentose xylose. Dit wordt gewonnen uit hemicellulose van bepaalde houtsoorten en uit resten van de maïskolf.

Tall oil

Tall oil, een bijproduct van de papierpulpindustrie, speelt een belangrijke rol in de biogebaseerde chemie vanwege zijn veelzijdige toepassingen en duurzame herkomst. Tall oil wordt gewonnen tijdens het kraftproces, een methode om hout tot papierpulp te verwerken. Gedurende dit proces wordt lignine afgebroken en worden harsen, vetzuren en andere organische stoffen uit het hout opgelost. Na verdere verwerking van het pulp, blijft een bijproduct over dat "black liquor" wordt genoemd. Tall oil wordt uit deze black liquor geëxtraheerd en verder verfijnd. Tall oil bestaat uit een mengsel van vetzuren, harszuren en andere organische verbindingen. Tall oil fatty acid (TOFA) is een specifiek product dat wordt verkregen door de vetzuren uit tall oil te scheiden en te zuiveren. TOFA bevat voornamelijk linolzuur en oleïnezuur, die waardevol zijn voor verschillende industriële toepassingen. Daarnaast bevat tall oil ook nog een grote fractie abiëtiënezuur, belangrijk voor de productie van tackifiers (zie verder). **Tall oil wordt gezien als restproduct, waardoor het een zeer lage ecologische voetafdruk heeft** (0.69 kg CO₂ equivalent/kg, ter vergelijking, bij soja-olie is dit gemiddeld 6.83g CO₂ eq/kg, bron Kraton, producent van tall-oil derivaten).



Figuur 6 : tall oil als bron voor biogebaseerde chemicaliën (figuur stora-enso) is een donkere oplossing die een mengsel vormt van geëxtraheerde componenten die op de waterfractie bij papierpulpen komt drijven.

Er bestaan tal van derivaten uit tall oil, gaande van alkyd harsen, inkten, polyamides, tackifiers en smeermiddelen, ook technische detergenten en zeep kunnen eruit vervaardigd worden. Er zijn niet al te veel chemische bedrijven die focussen op tall oil chemiën en de grote spelers zijn Kraton, Lawter en Forchem. Lawter heeft een vestiging in Kallo, in de Antwerpse haven en dient er als het Europese hoofdkwartier van de Japanse multinational. Het heeft er tevens een R&D vestiging. Deze industrie heeft zich lang gefocust op drukinkten, en deze hebben een zeer typische geur, die vaak kan waargenomen worden in sterk (chemisch) ruikende geprinte media. Onder invloed van de krimpende drukinkten markt zoeken deze takken van de biogebaseerde chemie momenteel naar andere markten.

Vezels

In de biogebaseerde chemie spelen vezels een cruciale rol door hun veelzijdigheid en duurzaamheid. We bespreken hier verschillende soorten vezels, hun bronnen, eigenschappen, verwerkingsmethoden

en toepassingen, met speciale aandacht voor bastvezels zoals hennep en vlas, minder courante exotische vezels zoals pineapple leaf fiber (PALF) en bananenvazel, cellulosevezels, lignocellulosevezels die geen bastvezels zijn, evenals sisal en jute.

Bastvezels, zoals hennep en vlas, zijn sterke en flexibele vezels die worden gewonnen uit de bast (schors) van planten. Hennepvezels worden geoogst en door een proces van roten, breken, scheiden en spinnen verwerkt tot textiel. Deze vezels vinden toepassingen in kleding, tassen, isolatie, papier en composieten. Een bijproduct van het verwerkingsproces zijn hennepscheven, die in non-wovens of als biocomposietmateriaal worden gebruikt. Vlasvezels ondergaan een vergelijkbaar proces van roten, zwingelen, hekelen en spinnen, waarna de vezels worden gebruikt in hoogwaardige textieltoepassingen zoals linnen, technisch textiel, papier en biocomposieten. Ook restproducten zoals vlaskladden worden gevaloriseerd, maar meestal in technische toepassingen (vb. non-wovens of composieten) en zijn daardoor lager in waarde. Lijnzaadolie, de olie gewonnen uit vlas, is eveneens een belangrijke olie voor de chemische sector, maar het is belangrijk te vermelden dat andere soorten vlas geteeld worden voor zijn olie als voor zijn vezel. De grootste producenten van lijnzaadolie bevinden zich in Oekraïne en Rusland, terwijl deze voor vlasvezels in Frankrijk en België te vinden zijn. Een andere bekende bastvezel is jute, die afkomstig is van de stengels van de *Corchorus* plantensoorten. Na een proces van roten, zwingelen en hekelen worden de vezels gesponnen tot garen. Jutevezels zijn vrij grof, maar zeer lang. Ze worden toegepast in grove stoffen zoals jutezakken, tapijten, gordijnen, verpakkingsmateriaal, agrotexiel, geotextielen en biocomposieten. Ook deze vezels zijn biologisch afbreekbaar, milieuvriendelijk en hebben een hoge treksterkte.

Box 8 | De vlasprijs neemt een hoge vlucht

Een zeer opmerkelijke trend is zichtbaar in de prijs van vlas, deze is namelijk meer dan verviervoudigd. Hoewel de groeiseizoenen grotendeels bepalen hoe goed niet alleen de oogst, maar ook de kwaliteit van de vezel zal zijn, is de oorzaak naar deze prijsstijgingen vooral te wijten aan een stijging in vraag en dus een onevenwicht in vraag en aanbod.



De vraag naar natuurlijke vezels neemt een hoge vlucht niet alleen door hernieuwde interesse in (kleding)textiel op basis van linnen, maar eveneens nieuwe toepassingen in vezelversterkte composieten en platen voor technische toepassingen. Zo geven geperste vlas-composietplaten een opmerkelijk voordeel in akoestische eigenschappen, waardoor deze ook nieuwe toepassingen in bijvoorbeeld motorkappen van auto's vinden.

Het ecologisch karakter van vlas is vooral de laatste jaren aan het doordringen naar de consument. Vlas heeft een aanzienlijk lagere uitstoot van broeikasgassen, een lager energieverbruik en een lager waterverbruik dan katoen.³ En aangezien vlas met weinig input een grote landbouwopbrengst kan opleveren, ligt ook het landgebruik veel lager dan bij katoen. Ten opzichte van katoen, maar ook wol, viscose en polyester, heeft vlas bovendien een zeer laag verzuringspotentieel ('acidification potential'). Deze vergelijking gaat over de vezels op zich, en is vooral toepasbaar op vlak van (kledij)textiel. In composiettoepassingen moet er uiteraard ook rekening gehouden worden met de prestatie van de vezel. Een vlasvezel heeft immers niet dezelfde sterkte als bijvoorbeeld een glasvezel. Afhankelijk van de vereiste eigenschappen van het finale composiet, kunnen vlasvezels een duurzaam alternatief bieden voor conventionele versterkingsvezels zoals glasvezels.⁴

Een ander courant gebruikte natuurlijke vezel zijn **bladvezels**. Ook daar is meer waarde te vinden in de langere vezels en het zijn typisch planten uit warme klimaten die lange kwalitatieve vezels hebben. De meest courante is sisal, gewonnen uit de bladeren van de *Agave sisalana* plant. Sisalvezels worden gebruikt in tapijten, matten, touw, verpakkingsmateriaal, speciaal papier en biocomposieten. Vanwege hun sterkte en slijtvastheid zijn sisalvezels waardevol voor hoogwaardige toepassingen zoals touw en composieten. Minder courant zijn exotische vezels zoals PALF (pineapple leaf fiber) en bananenvezel. Vezels uit bladeren hebben gelijkaardige eigenschappen aan bastvezels en vinden hun toepassingen in textiel, touw, papier en biocomposieten vanwege zijn goede treksterkte, waterbestendigheid en biologische afbreekbaarheid. Sisal is daarbij de fijnste bladvezel, maar over het algemeen zijn bladvezels ruwer dan bastvezels en daardoor lager in waarde. Bladvezels worden verwerkt via een proces van decorticatie waarna de vezels gewassen, gedroogd en geborsteld worden.

Uiteraard bestaat er een zeer uiteenlopend aanbod van vezelmaterialen uit planten. Het grootste volume aan vezels wordt gewonnen uit hout, dat kan versnipperd worden, verpulpt of gerecupereerde restfracties (vb. zaagsel). Maar er zijn ook veel bronnen van eenjarige gewassen die loof, stro of maaigras opleveren. Deze zijn eerder laagwaardig omdat ze korte of broze vezels leveren, of ze zijn moeilijk te extraheren zonder ze te breken. Verpulping tot cellulosevezels is steeds een mogelijkheid en dit is zeer bekend in de papiersector die voornamelijk zachthout, hardhout en bamboe (Azië) daarvoor gebruikt. De typische "bamboevezel" die voor textiel wordt gepromoot is in essentie geregenereerd cellulose (zie boven) en dus zeer gelijkaardig aan viscose/rayon/cellulose carbamaat/etc. Zuiver cellulose uit lignocellulosevezels vergt verwijdering van lignine (in verpulpingprocessen), maar vezels kunnen ook ingezet worden zonder te verpulpen. Voorts zijn de pure (hout)vezels, houtsnippers of schaafsel eerder laag in economische waarde en worden meestal ingezet voor allerlei geperste houtplaten (spaanplaten, MDF, etc.). Hoewel deze ruwe vezels op zich minder economische waarde hebben, heeft Vlaanderen zeer belangrijke economische belangen in de industrie van hout- MDF en laminaatplaten, met enkele grote werkgevers als Unilin.

In de textielindustrie worden vezels zoals hennep, vlas, sisal en jute verwerkt tot garen via spinnen, waarna ze worden geweven of gebreid tot textiel. Restvezels zoals vlaskladden en hennepscheven worden in non-wovens gebruikt voor toepassingen zoals isolatie en geotextiel. Non-wovens worden gebruikt voor technische toepassingen en hebben een lagere waarde in vergelijking met geweven textiel,

³ Gonzales, V.; Lou, X.; Chi, T. (2023) Evaluating Environmental Impact of Natural and Synthetic Fibers: A Life Cycle Assessment Approach. *Sustainability*, 15(9), pp. 1-16

⁴ <https://www.theseus.fi/handle/10024/808486>

maar zijn essentieel voor functionele toepassingen. Micro- en nanocellulosevezels worden toegevoegd aan kunststoffen en coatings om de mechanische eigenschappen en duurzaamheid te verbeteren.

In de context van vezels is het belangrijk te vermelden dat grote fracties niet uit agrarische stromen worden genomen, maar ook uit recyclaten. Zou wordt in onze regio hout zeer efficiënt benut door de houtverwerkende nijverheid, maar er worden evenzeer grote fracties textielvezels herwerkt tot isolatiematerial. Er bestaan ook gespecialiseerde firma's (vb. Derotex uit Wielsbeke) die bijvoorbeeld cacao-zakken en koffiezakken, die van voedingsverwerkende bedrijven komen recycleren tot vezels (voornamelijk jute). Naast plantaardige vezels bestaan ook dierlijke vezels, maar deze worden besproken onder "3.9 Dierlijke (rest)stromen".

Verwerkte lignocellulose

Er bestaan zeer veel verschillende bronnen van lignocellulose en die zijn steevast ietwat verschillend van elkaar. Het zorgt ervoor dat verwerking ervan moeilijk kan zijn. Soms wordt daarom lignocellulose verder verwerkt, bijvoorbeeld door het te carboniseren tot "biochar". Biochar is een stabiel, koolstofrijk materiaal dat wordt geproduceerd door de thermische ontleding van organische biomassa onder zuurstofarme of zuurstofvrije omstandigheden, een proces dat bekendstaat als pyrolyse. Het resultaat is een vaste stof die lijkt op houtskool, maar met unieke eigenschappen die het geschikt maken voor verschillende toepassingen. Het bekomen materiaal kan terug via meststoffen op het land worden verspreid. Daarbij zorgt het voor een betere waterhuishouding en het houdt nutriënten op. Soms wordt het ook als 'koolstofopslag' gezien omdat CO₂ er langdurig mee in de bodem wordt weerhouden. Doordat biochar gelijkaardig is aan actieve kool, kan het zeer poreus zijn en op deze manier gebruikt worden in waterzuivering of het opzuiveren van solventen. Deze processen gebruiken momenteel wel nog klassiek gevormde actieve kool en een belangrijke Vlaamse verwerker voor industriële zuiveringsprocessen is Desotec.

Bij pyrolyse van bepaalde plantendelen kunnen ook anorganische fracties vrijkomen. Dit is specifiek het geval bij rijsthullen, die rijk zijn aan een zeer fijne zandfractie die opgenomen wordt door de plant. Door de uitzonderlijke fijnheid is deze zandfractie interessant voor bepaalde toepassingen in olieabsorptie of in materialen voor de keramische en metaalverwerkende industrie. Het product staat bekend als rice husk ash.

Pyrolyse zorgt niet alleen voor vaste producten (biochar), maar ook boor een vloeibare fase, het is een soort bio-olie met teerachtige stoffen dat kan verder geraffineerd worden tot brandstoffen of chemische bouwstenen. Daarnaast komt ook een gasvormige fase vrij met syngas (waterstof koolmonoxide en methaan), dat eveneens in de vorm van energie kan gevaloriseerd worden.

3.7 Kurk

Kurk is een speciaal type biopolymeer dan van nature voorkomt in de schors van planten. Het is een heeft een bijzondere rol in het beschermen van bomen tegen insecten, impact, water, vraat, temperatuur, enz. Chemisch en fysisch gezien is het een zeer bijzondere structuur. Het is een natuurlijk elastomeer, genaamd suberine. Bovendien komt het in een zeer bijzondere vorm dat bestaat uit zeer dunne wanden die een celvormige structuur geven, die gevuld zijn met lucht. Dit zorgt ervoor dat kurk ook nog bijzonder licht is. Iedere plant heeft een kurk-laag, maar deze is zelden gemakkelijk te oogsten. Uitzonderingen zijn vooral de schors van de kurkeik, die niet in Vlaanderen voorkomt. In voornamelijk Portugal en enkele mediterrane gebieden komt het wel veelvuldig voor en kurk vindt ook gemakkelijk zijn weg naar Vlaanderen als restproduct of via gerecycleerde ophaling (vb. recycork).

De biologische eigenschappen van kurk geven meteen ook industrieel veel interesse voor het product, suberine is zeer hydrofoob en dus waterdicht, doordat het nog eens een elastomeer is dat samendrukbaar is, is het daarom ideaal voor afdichtingen zoals stoppen voor flessen. Tegelijkertijd is heeft het daardoor ook sterk dempende eigenschappen, waardoor het trillingen en geluid tegen kan houden. Het vindt dan ook tal van toepassingen in de bouwsector. De celvormige structuur zorgt er ook voor dat het een natuurlijke isolatie biedt. Doordat het product doordrongen zit van fenolische componenten en tannines is het ook nog behoorlijk resistent tegen vraat en microbiële groei. Kurk vindt om dezelfde redenen nog tal van toepassingen in de modesector (zolen, artificieel leder), sportfaciliteiten (handgrepen, schokabsorptie), automotieve (afdichtingen, geluidsisolatie), meubelsector en verpakkingsmateriaal.

In de kunststofverwerkende sector kan kurk als granules gemengd worden met conventionele plastics. Een bindmiddel is uiteraard van belang om de kurkpartikels samen te houden. De vrij grote partikelgrootte kan daarbij moeilijkheden leveren. Kurk-afval is ook zeer gemakkelijk en goedkoop beschikbaar. Er bestaan platformen van bijvoorbeeld de Portugese kurkindustrie waarbij je reststromen kan opvragen. Deze kunnen verschillende vormen hebben waarbij schaafsel van stoppen voor flessen de fijnste poeders opleveren. Deze zijn echter zeer licht en volumineus en kunnen daardoor specifieke logistieke problemen opleveren, net als explosiegevaar.

We zien eveneens steeds meer initiatieven waarbij kurk uit de papierindustrie gevaloriseerd wordt. Ook dennenbomen en berkenbomen, de twee meest voorkomende bomen voor papierproductie in Europa bevatten immers in mindere mate een kurkfractie. Vooral bij berkenbomen kan deze schilferige laag gevaloriseerd worden. Bijzonder aan kurk van berkenbomen is dat ze een vrij grote concentratie aan de molecule betuline, een natuurlijk diol, bevatten. Momenteel vindt betuline zijn toepassingen vindt in de cosmetica, maar ook onderzocht wordt om bijvoorbeeld polyurethanen mee te synthetiseren.

3.8 Tannine

Tannines zijn een diverse groep van polyfenolische biomoleculen die wijdverbreid voorkomen in het plantenrijk. Tannines spelen een belangrijke rol in de bescherming van planten tegen herbivoren, pathogenen, en UV-licht. Ze hebben ook verschillende toepassingen in de industrie en geneeskunde. Tannines kunnen worden onderverdeeld in twee hoofdcategorieën op basis van hun chemische structuur. Enerzijds zijn er de hydrolyseerbare tannines, deze bestaan uit een kern van suiker (meestal glucose) waaraan fenolzuren zoals galluszuur of ellaginezuur zijn gekoppeld. Ze kunnen gemakkelijk worden gehydrolyseerd door zuren, basen of enzymen om hun componenten vrij te geven. Voorbeelden zijn gallotannines en ellagitannines. Anderzijds zijn er de gecondenseerde tannines (proanthocyanidines), deze zijn opgebouwd uit flavonoïde-eenheden die polymeriseren. Ze zijn minder vatbaar voor hydrolyse en vormen een belangrijke klasse van natuurlijke antioxidanten (vb. catechine en epicatechine). Tannines komen voor in verschillende delen van planten, waaronder schors, hout, en zaden.

Vlaanderen heeft met Omnicem (nu een divisie van de Japanse multinational Ajinomoto) een grote speler in tannine-extracties. Tannines worden typisch geëxtraheerd met solventen om vervolgens op te zuiveren. Ze kunnen daarmee ondanks dat ze een biogebaseerd product zijn toch nog een relatieve grote CO₂ impact hebben, omdat destillatie van solventen steeds nodig is. Tannines worden vervolgens gebruikt in veel industriën, voornamelijk brouwerijen, voeding-, technische, textiel-, voedings-, wijn-, nutraceuticals en farmaceutische toepassingen.

Een van de bijzondere kenmerken van bepaalde tannines is dat ze excellent zijn om proteïnes te doen aggregeren. Dit is in het bijzonder belangrijk voor het "klaren" van troebele oplossingen, zoals vers gebrouwen bier, waar nog een grote proteïne fractie in aanwezig is. Via tannines worden die neergeslagen en kunnen ze gemakkelijk verwijderd worden, waardoor er een helder bier verkregen wordt. Dezelfde eigenschap wordt ook gebruikt voor het looien van leder, waarbij tannines ervoor zorgen dat collageen beter vernet tot een dichtere, duurzame structuur.

In de drankensector vinden tannines ook veel toepassingen in thee en wijn. Tannines hebben een zekere smaak en het toevoegen van tannines kan er als oxidant worden toegepast. Bovendien zorgen tannines er ook voor dat de smaak van wijn over verschillende groeiseizoenen heen steeds vergelijkbaar blijft.

Tannines worden ook zekere antimicrobiële en antivirale eigenschappen toegewezen. Daarom worden ze (vooral nog in homeopathische) therapeutisch soms nog aangewend. Verschillende teerverbindingen rijk aan tannines zullen bijvoorbeeld ook nog als helend voor de huid aangewend worden in behandelingen voor bepaalde huidziekten. De antimicrobiële eigenschappen worden vooral nog ingezet voor technische toepassingen als houtbehandelingen waar het rot en insectenschade kan beperken.

Tannines complexeren niet alleen proteïnes, maar ook tal van andere organische moleculen, inclusief bepaalde kleurstoffen. Bijzonder daarbij is dat kleuren versterkt worden, vooral wanneer deze metaalionen bevatten. Deze eigenschappen worden nog steeds gebruikt voor enkele toepassingen bij het verven van textiel en de productie van bepaalde, vooral zwarte kleurstoffen.

Met de groeiende interesse in duurzame en natuurlijke producten, neemt de aandacht voor tannines in diverse industrieën toe. Onderzoek naar de mogelijke gezondheidsvoordelen van tannines, is in volle gang. Bovendien wordt gezocht naar nieuwe toepassingen van tannines in bijvoorbeeld de biomedische sector en de productie van biopolymeren.

Een aanverwant product aan tannines en lignines is humine. Humine is een afbraakproduct van lignine en tannine dat wateroplosbaar is. Het zorgt voor de typische bruine kleur van composterende fracties en soms zit het ongewenst in drinkwater, waar het niet schadelijk is, maar wel voor een bruine kleur zorgt. In dergelijke gevallen kunnen grote hoeveelheden humine verkregen worden als restproduct bij het ontkleuren van leidingwater (vooral in Nederland).

3.9 Dierlijke (rest)stromen

Het spreekt voor zich dat allerhande reststromen gevaloriseerd kunnen worden, inclusief de dierlijke. Bij de dierlijke reststromen zullen minder suiker-gebaseerde grondstoffen te vinden zijn, maar wel meer vetrijke en proteïnerijke fracties. Over het algemeen zijn dierlijke vetten van mindere waarde doordat ze vaak volledig gesatureerd zijn, maar ze kunnen wel omgezet worden in vb. biodiesel, detergents of andere oleochemische verbindingen. Verder zullen zeker proteïnerijke fracties steeds gevaloriseerd worden, als belangrijke regio in de vleesverwerkende industrie vinden we dan ook een aantal gespecialiseerde bedrijven in de verwerking van slachtafval, zoals gelatineproducenten (Rousselot, Tessengerlo chemie) en bedrijven die bijvoorbeeld bloed uit slachthuizen zal opwaarderen (Veos) tot proteïnes. Daarnaast bestaan nog een aantal interessante dierlijke fracties die hieronder besproken worden.

keratine

Keratine is een veel voorkomend dierlijk proteïne dat structureel zeer sterke structuren en vezels oplevert in de vorm van wol, pluimen, nagels en hoorns. Wol is een veelzijdige vezel afkomstig van schapen en

andere dieren zoals geiten (mohair en kasjmier), konijnen (angora) en lama's (alpacawol). Deze vezels zijn hoogwaardig en zullen voornamelijk in textieltoepassingen ingezet worden. Bij het ontvetten van wol komt lanoline vrij, een waardevolle stof omdat het unieke anti-corrosieve eigenschappen heeft (zie eerder). Vooral gerecycleerde vezels worden ook ingezet in isolatiematerialen, waar deze op vele vlakken betere eigenschappen kunnen hebben dan (ligno)cellulose gebaseerde vezels omdat ze hydrofober zijn, van nature brandvertragend zijn, een zekere antimicrobiële werking hebben en moeilijker biologisch afbreekbaar zijn.

Box 9 | Het valoriseren van moeilijk verteerbare dierlijke vezels

Nagels, haar en pluimen zijn sterk verwant omdat ze (grotendeels) samengesteld zijn uit keratine. Keratine is een voorbeeld van een vezeleiwit. Het is sterkt gecrosslinkt via disulfidebruggen (natuurlijke vorm van crosslinken) en vormt water-onoplosbare, exceptioneel sterke vezels. Dit is meteen ook belangrijk voor de biologische structurele functie. Daarenboven heeft het een natuurlijke functie in isolatie in de vacht of vederkleed van dieren. Het is eveneens specifiek geëvolueerd om niet gemakkelijk te kunnen branden, waardoor het inherent brandvertragend is en daarom voor deze eigenschappen reeds historisch verkozen wordt als textiel van keuze in o.a. theaterzalen. De sterkte en onoplosbaarheid is echter eveneens een probleem. Zo kunnen restfracties van keratine maar moeilijk gevaloriseerd worden omdat ze zeer moeilijk verteren, zeer volumineus zijn (niet compact in logistiek) en niet opgelost kunnen worden. Toch zijn de reststromen zeer groot, zeker deze van pluimen uit slachtafval.

In België is vooral Empro een belangrijke speler in de valorisatie van pluimen. Empro is een divisie van een grote speler uit de kippenverwerkende industrie (Kipco-Damaco) en een mooi voorbeeld van hoe een specifieke reststroom een eigen industriële entiteit kan worden. Verwerking van pluimen vergt specifieke installaties die rekening houden met ontsmetting, logistiek, shredderen en verwerking. Pluimen worden via steam-explosion processen opengesteld waardoor deze veel beter toegankelijk zijn voor enzymen, en dus een betere verteerbaarheid kunnen krijgen. Er bestaan veel verschillende fracties van verwerkte keratine, onder andere vloeibare en vaste, en elk zal een verschillende waarde krijgen als veevoeder, meststof of nog verder verwerkt kunnen worden. Zo bestaan er toepassingen van keratine ook in cosmetica. Keratine is niet de enige fractie die uit pluimen kan gevaloriseerd worden. Er ligt een specifieke wax-olielaag op pluimen die in de oleochemie kan ingezet worden.

Het valoriseren van reststromen is zonder twijfel een positief verhaal, maar er kan ook geleerd worden uit negatieve aspecten. In dit verhaal is bijvoorbeeld veel bezorgdheid geweest rond geurhinder. Verwerking van biomassa allerhande zal steeds dit risico met zich meebrengen en het is aan te raden deze steeds goed te onderzoeken in verband met inplanning van deze industrieën. Er bestaan momenteel ook tal van initiatieven die de "typische geur" van brouwerijen, koffiebranderijen, composteerfaciliteiten, vleesverwerkende industrie, etc. kunnen limiteren.

Visoliën en vismeel

Visoliën en vismeel zijn belangrijke producten die worden gewonnen uit vis en andere zeeorganismen, en worden wereldwijd gebruikt in diverse industrieën. Vismeel is een hoogwaardig eiwitrijk poeder, dat voornamelijk wordt gebruikt in diervoeders, zoals voor aquacultuur, pluimvee, en varkens. Dankzij de hoge concentratie essentiële aminozuren, vitaminen en mineralen draagt vismeel bij aan de groei en gezondheid van dieren. Visolie, aan de andere kant, bevat hoge niveaus van omega-3-vetzuren (EPA en DHA), die van belang zijn voor zowel menselijke gezondheid als voor diervoeding, waar ze bijdragen aan de ontwikkeling van het zenuwstelsel en het immuunsysteem.

De productie van vismeel en visolie is sterk afhankelijk van wilde visvangst, met soorten zoals ansjovis, sardines en makreel die vaak gebruikt worden. Duurzaamheid speelt hierbij een grote rol, omdat overbevissing een bedreiging kan vormen voor visbestanden en ecosystemen. Daarom wordt er steeds meer gekeken naar alternatieve bronnen, zoals insectenmeel, algenolie en plantaardige eiwitbronnen, om de druk op wilde vispopulaties te verlagen.

Visolie wordt ook vaak gebruikt in de voedingssupplementenindustrie, waar het geprezen wordt om zijn gunstige effecten op de cardiovasculaire gezondheid en hersenfunctie bij mensen. Daarnaast worden zowel visolie als vismeel verwerkt in bepaalde cosmetische en farmaceutische producten, waar hun voedende en herstellende eigenschappen worden gewaardeerd. Ook bepaalde bestanddelen van bepaalde vissen hebben ook specifieke waarde voor de cosmetische sector of de farmaceutische sector (vb. anserine, squalen).

Gelatine en collageen

Gelatine en collageen zijn twee veelgebruikte biopolymeren die afkomstig zijn van dierlijke bronnen, zoals huid, botten en kraakbeen van runderen, varkens en vissen.

Collageen is een structureel eiwit dat van nature voorkomt in bindweefsels van dieren. Het speelt een cruciale rol in de stevigheid en elasticiteit van de huid, pezen, gewrichten en botten. In de voedingsindustrie wordt collageen vaak gebruikt als ingrediënt in functionele voedingsmiddelen en supplementen vanwege de vermeende voordelen voor de gezondheid van huid, haar, nagels en gewrichten. Daarnaast wordt collageen of gehydrolyseerd collageen veel gebruikt in de cosmetische industrie, vooral in anti-aging producten, omdat het de huid kan helpen verstevigen en hydrateren.

Gelatine is een afgeleide vorm van collageen, die ontstaat door gedeeltelijke hydrolyse van collageen. Het wordt in poeder- of bladvorm gebruikt vanwege zijn unieke geleereigenschappen. In de voedingsindustrie wordt gelatine toegepast in snoepgoed, desserts, zuivelproducten, en capsules voor voedingssupplementen en medicijnen. Daarnaast vindt het toepassing in de farmaceutische en fotografische industrie, waar het wordt gebruikt in bijvoorbeeld coatings voor tabletten en fotopapier.

In Vlaanderen zijn twee grote producenten van deze producten, Rousselot en Tessenderlo Chemie, deze producenten hebben belangrijke R&D activiteiten die ook alternatieve toepassingen voor gelatine, bijvoorbeeld in materiaalkundige toepassingen onderzoeken.

4. Top-down: (fijn)chemicaliën met vraag naar biogebaseerde materialen

In dit hoofdstuk hanteren we een andere aanpak, waarbij we specifiek kijken naar klassen van functionele additieven en polymeren die veel ingezet worden in de industrie. Het gaat vaak om synthetische producten, die welliswaar uit biogebaseerde grondstoffen kunnen vervaardigd worden, maar niet in de natuur voorkomen.

4.1 Weekmakers & impact modifiers

Weekmakers worden als additief gebruikt bij kunststoffen, voornamelijk thermoplasten, om het materiaal zachter en flexibeler te maken. De meeste moleculen zijn bij kamertemperatuur vloeibaar en beperkt vluchtig. Door het toevoegen van een weekmaker aan het polymeer, reageert deze door een niet-covalente binding te vormen en zorgt ervoor dat de glastransitie temperatuur (T_g) verlaagd wordt en de ductiliteit en rek van het materiaal verhoogd wordt. Weekmakers worden ook vaak ingezet als goedkoop (vloeibaar) vulmiddel of om meer vulmiddel (vb. krijt) te kunnen toevoegen aan bijvoorbeeld

sealants en afdichtingskitten. In verven worden weekmakers traditioneel ook toegevoegd om een betere "coagulatie" te krijgen bij het opdrogen van de verf. Een weekmakker kan immers soms optreden als gedeeltelijk solvent voor de latexpartikels die vervolgens sneller drogen en een betere film vormen. Weekmakers die dit gedrag vertonen worden vaak "coalescing agents" genoemd.

Er bestaan tal van weekmakers en ze beslaan brede klassen van moleculen. Weekmakers worden traditioneel in een negatief daglicht geplaatst. Dit is voornamelijk door het wijdverspreid gebruik van orthohtalaten zoals bis(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) sinds de jaren 30. Later werd gevonden dat de orthohtalaten teratogeen en endocrien disruptief is, en er zijn sindsdien tal van alternatieve weekmakers ontwikkeld geweest. Het merendeel van de markt omvat synthetische weekmakers (orthohtalaten, paraphtalaten, cycohexane esters, benzoaat esters, adipaat esters), **maar er bestaan reeds tal van (partieel) biogebaseerde weekmakers (succinaat esters, citroenzuur esters, vetzuuresters, trimellitaten, isosorbides etc.)**. Het is daarbij een misvatting dat alle weekmakers een negatief ecologisch of toxicologisch effect hebben.

De grootste volumes van weekmakers worden toegepast in de PVC sector, met name deze van zacht PVC (tarpolins, tenten, zeilen, speelgoedmatten, vijverfolies, PVC dakbanen, artificieel leder, sealants, afdichtingsringen, zachte vloerbekleding, luxury vinyl tiles, PVC krimpfolie, tuinslangen en leidingen, bloedzakjes, elektrische bedrading, metaalcoatings, enz.). Er bestaan er nog tal van andere grote niet-PVC toepassingen voor weekmakers zoals PU, verven, sealants en inkten. De goedkoopste zeer performante weekmakers zijn vaak ftalaat weekmakers, waar gezondheidsrisico's aan verbonden kunnen zijn, zeker in het geval van de laag moleculaire orthohtalaten. Typisch voor voedingstoepassingen worden reeds veel biogebaseerde polymere weekmakers ingezet. Deze zijn food contact approved, hebben een hogere viscositeit maar zijn meestal ook duurder.

Box 10 | Weekmakers zijn belangrijk voor de Vlaamse chemische en kunststofverwerkende sector

De Vlaamse chemische sector is een grootverbruiker van weekmakers. Dit is traditioneel gegroeid uit de activiteiten van bepaalde sectoren, zoals deze van vloerbedekking in zuidwest Vlaanderen, dat vrij snel de transitie naar zachte PVC vloeren heeft gemaakt (vb. IVC, Unilin, Beaulieu). Maar Vlaanderen heeft ook grote afnemers van weekmakers in de textielindustrie bijvoorbeeld voor de productie van behangpapier (vb. Grandeco, Masureel) of vijverfolies en dekzeilen voor vrachtwagens (vb. Sioen) en artificieel leder (vb. Sioen, Plastibert). Daarnaast zijn er enkele producenten van afdichtingskitten (Soudal, DL Chemicals), elektriciteitskabels (Nexans) en een aantal verffabrieken (vb. Boss paints, Aalterpaint, Liebaert paint) die in beperkte mate weekmakers gebruiken in hun producten. Er zijn nog een aantal KMO's in de kunststofverwerkende nijverheid die semi-rigide PVC korrels verwerken tot PVC slabben (vb. Voor gebruik in koelcellen). Eastman, een belangrijke producent van weekmakers heeft zijn Europees hoofdkwartier in Gent en heeft er ook een onderzoeksdienst rond weekmakers. Daarnaast zijn er enkele kleinere productiebedrijven actief in de productie van weekmakers in België (vb. Oleon met biogebaseerde weekmakers en Proviron) of het componderen van weekmakers (vb. Lyondellbasell). Een aantal distributiebedrijven (Azelis, IMCD, Kreglinger, Brenntag, Univar) zijn ook actief in de Europese distributie van weekmakers.

Een belangrijke opmerking is dat weekmakers wel worden aanzien als additief, maar eigenlijk vaak in zeer grote concentraties gebruikt worden (vb. 25-50% van de totale compound), waardoor ze zowel ecologisch als economisch heel relevant worden. Biogebaseerde weekmakers met een

positieve milieu impact kunnen daarom gemakkelijk gebruikt worden om de biogebaseerde content in tal van producten te verhogen.

Binnen de biogebaseerde weekmakers vinden we enkele grote klassen. Een eerste zijn de veresterde oliën, vetzuren, suikers of citroenzuur. De verestering is zeer vaak een butyratie of acetylatie en gebeurt via synthetische weg a.d.h.v. azijnzuuranhydride, waardoor deze moleculen slechts gedeeltelijk biogebaseerd zijn. Deze weekmakers zijn vaak redelijk kostenefficiënt en food contact approved (omdat ze ook gemakkelijk verteerbaar zijn). Een nadeel ervan is dat ze beperkt hydrolyse bestendig zijn. Na verloop van tijd kan in vochtige omstandigheden een azijnzuur geur worden waargenomen en komt de originele (gedeacetyleerd) olie uit het product gelopen (in vaktermen is dit exudatie). Sommige citroenzuuresters zijn wel volledig biogebaseerd.

Een zeer kenmerkende biogebaseerde weekmaker is geëpoxideerde olie. Deze olie (typisch geëpoxideerde lijnzaadolie of soja-olie) heeft als bijzondere eigenschap dat het chloor-radicalen, die vrijkomen bij verhitten van PVC zeer gemakkelijk kan opvangen. Een geëpoxideerde olie zal dan wel onder de noemer van weekmaker verkocht worden, maar steeds in zeer lage concentraties toegepast worden als "radical scavenger". De olie heeft immers niet de beste eigenschappen als weekmaker, maar het zorgt voor een veel stabielere verwerking van PVC en is daardoor haast een standaard ingrediënt.

Bijzonder performant zijn de polymere weekmakers. Die worden vervaardigd door een klein diol (vb afgeleid uit glycerol) met een dizuur te laten polymeriseren. Zeer vaak is het dizuur een sebacaat of een succinaat. Dergelijke producten kunnen uit fermentatie van (laagwaardige) suikers worden vervaardigd (succinaat) of afgesplitst worden uit hoogwaardige oliën (vb. castor-olie in het geval van sebacaat). Deze weekmakers worden typisch ingezet in speelgoed, maar ook in de afdichtingslaag van bijvoorbeeld glazen bokalen (het kunststof laagje aan de binnenkant van het metalen deksel). Andere food-contact toepassingen zijn deze van krimpfilm of blisters voor pillen in farmaceutische toepassingen omdat vooral PVDC excellente barrières heeft die oxidatie van farmaceutische producten vertraagt.

4.2 UV-beschermingsmiddelen

UV-beschermingsmiddelen zijn stoffen die UV-straling absorberen, reflecteren of verspreiden om schade aan de huid of andere materialen te voorkomen. UV-straling kan leiden tot oxidatieve radicalen die polymeren afbreken, kleurstoffen afbleken, zonnebrand met eventueel DNA-schade en een verhoogd risico op huidkanker. Verschillende polymeersoorten zijn vatbaar voor UV-schade waarbij ze broos worden en eventueel kunnen verbrossen of verpoederen. Daarom worden tal van UV-beschermingsmiddelen toegevoegd niet alleen aan cosmetica en zonnecrèmes, maar ook aan polymeren, coatings, verven en adhesieven. Er zijn eigenlijk drie types van UV-beschermingsmiddelen:

- 1) Antioxidanten: de antioxidanten nemen de oxidatieve radicalen, die gevormd worden onder invloed van UV-straling op waardoor deze geen schade kunnen doen aan het polymeer zelf. Zeer performante antioxidanten bestaan voor chemicaliën onder de HALS (hindered amine light stabilizers), die zichzelf kunnen regenereren en daarbij een "oneindige" antioxidatieve werking hebben. In planten zijn voornamelijk vitamines C (wateroplosbaar) en E (vetoplosbaar) performante antioxidanten.
- 2) UV-blockers: deze zijn typisch pigmenten die golflengtes uit het UV-spectrum ofwel volledig absorberen, reflecteren of verspreiden. Daardoor geraakt schadelijk UV-licht niet naar onderliggende lagen. Het zijn typisch producten met zeer hoge refractieve index zoals titaandioxide en zinkoxide. In planten zal de waslaag in de cuticula ook voor reflectie van zonlicht zorgen.

- 3) UV-fluorescentie: dit zijn moleculen die UV-licht absorberen en het fluoresceren met een lagere energetische waarde (meestal als blauw licht), waarbij een beetje energie in warmte verloren gaat.

Typische UV-beschermingsmiddelen gebruiken een combinatie van de drie. Een zonnecrème zal steeds een wit pigment als titaandioxide of zinkoxide bevatten, maar aangezien de consument liever kleurloze formuleringen heeft is het maximaal gebruik ervan beperkt en wordt de zonnecrème aangevuld met antioxidanten en fluorescerende producten.

Er bestaan tal van biogebaseerde moleculen die UV-bescherming kunnen bieden. Het gebruik ervan in polymeren is vaak beperkt omdat de producten maar een korte levensduur hebben. In het geval van UV-beschermingsmiddelen in planten en dieren is er een continue biosynthese van dergelijke producten, maar deze zijn van minder nut in polymeren die een lange levensduur moeten hebben. Voor toevoeging in cosmetische producten komen biogebaseerde additieven echter wel in aanmerking, en er is een tendens naar biodegradeerbare formulaties die geen schade doen aan marien leven inclusief koraalriffen. UV-additieven zijn daarenboven duur en daarom interessant om te onderzoeken in het kader van cosmetische toepassingen.

Biogebaseerde UV-beschermingsmiddelen zijn vaak producten uit de phenylpropanoïde pathway. Deze pathway maakt een waaier aan producten en lang niet alle derivaten zijn UV-beschermend. Bij planten is het ook net zoals bij dieren zo dat ze vaak geen UV-beschermende moleculen aanmaken wanneer ze niet in volle zon staan. Het zorgt voor een extra moeilijkheid bij het zoeken naar gewassen met eventuele UV-beschermende moleculen. Het is vaak ook zo dat deze moleculen vaak enkel te vinden zijn in de structuren van de plant (vb. de epidermis) die in de zon staat. Typische voorbeelden zijn sinapoyl-malaat en vergelijkbare moleculen, die door veel planten bij UV-stress worden aangemaakt. Ook zaden worden typisch heel goed tegen zonnebrand beschermd, vaak door donkere pigmenten en tannines. Uiteraard is ook de kleur van de componenten een belangrijke factor voor eindtoepassingen.

Een bijzonder voorbeeld van agrarische reststroom waar momenteel een UV-beschermend middel wordt uit gewonnen, is dat van druivenpellen. Deze zijn rijk aan resveratrol, een kleurloos product dat een vrij breed spectrum binnen het UV-bereik fluoresceert. Het is wellicht een goede keuze om vooral reststromen van plantendelen die aan de zon blootgesteld worden te onderzoeken op UV-beschermende additieven.

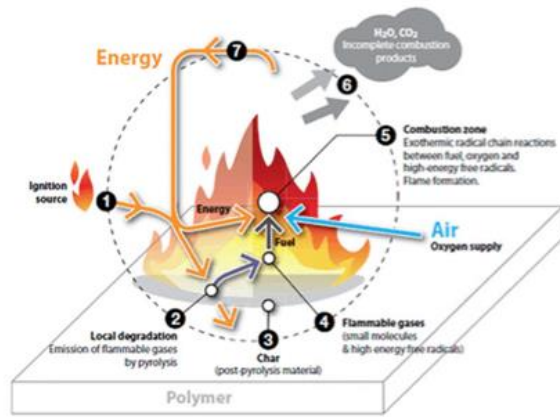
4.3 Brandvertragers

Om vuur te starten en te behouden, moeten er 3 belangrijke elementen aanwezig zijn: warmte, zuurstof en brandstof. In de afwezigheid van één van deze drie elementen, zal de brand niet beginnen of, eenmaal begonnen, zal de brand uitdoven. Vlamvertragende producten belemmeren de toevoer van hitte, zuurstof en/of brandstof.



In

(1) (vlam, hitte,...), de energie die door overgebracht, zet een pyrolyse reactie (af in kleinere stukjes, namelijk koolwaterstofmoleculen. Hierbij worden brandbare gassen en zeer energetische vrije radicalen (4) gevormd die op hun beurt als brandstof dienen voor het vuur in de gasfase. De gecondenseerde fase die overblijft, bestaat uit relatief inert verkoold materiaal, char (3) genoemd.



erde

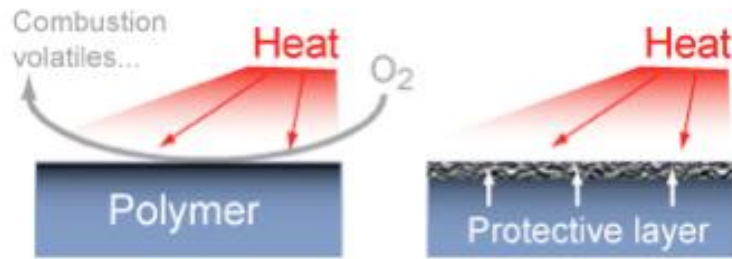
eer
ron
rdt
eer

In de gasfase worden de brandbare gassen en gevormde radicalen gemengd met zuurstof uit de lucht. In de verbrandingszone vinden meerdere exotherme chemische reacties plaats. Tijdens deze verbrandingsreacties worden water en kooldioxide gevormd. Onvolledige verbrandingen kunnen aanleiding geven tot de vorming van gassen (6) zoals koolmonoxide, waterstofcyanide (blauwzuur), waterstofchloride, polycyclische aromatische koolwaterstoffen, polychloordibenzodioxinen en -furanen.

Dit is zeker relevant in de context van biogebaseerde materialen die stikstof of zwavel bevatten (vb. proteïnen), omdat deze aanleiding kunnen geven tot deze vaak giftige gassen.

De energie die vrijkomt tijdens de exotherme reacties wordt doorgegeven aan het polymeer en zorgt voor de verdere afbraak van het polymeer. De brandcyclus houdt zichzelf zonder brandvertragers vaak in stand. Vlamvertragers werken chemisch en/of fysisch in de gecondenseerde of gasfase. Ze verstoren de verbranding door in te werken op het polymeer bij verhitting, ontleding of ontsteking. Eenmaal ontstoken vertragen ze de vlamverspreiding. Vele vlamvertragers combineren ook verschillende werkingsprincipes.

Brandvertragers werken via verschillende methodes, met voornamelijk fysische en chemische werkingsmechanismen. Onder de fysische werkmethodes zijn er onder andere **koeling**, door bijvoorbeeld endotherme reacties die energie-absorberend werken (vb. aluminium trihydraat dat endothermisch water afgeeft). Een andere fysisochemisch fenomeen is **het vormen van beschermende lagen**. Het vaste polymeer kan van de directe omgeving (d.w.z. de ontstekingsbron en zuurstof in de lucht) worden afgeschermd door een vaste of gasvormige laag die door de vlamvertrager wordt geproduceerd. Het werkt als een barrière in twee richtingen: de doorgang van brandbare gassen (gevormd tijdens de pyrolyse) wordt belemmerd en het polymeer wordt afgeschermd van zuurstof en hitte.



Figuur 8: Effect van houtskoolvorming op brandvoortplanting

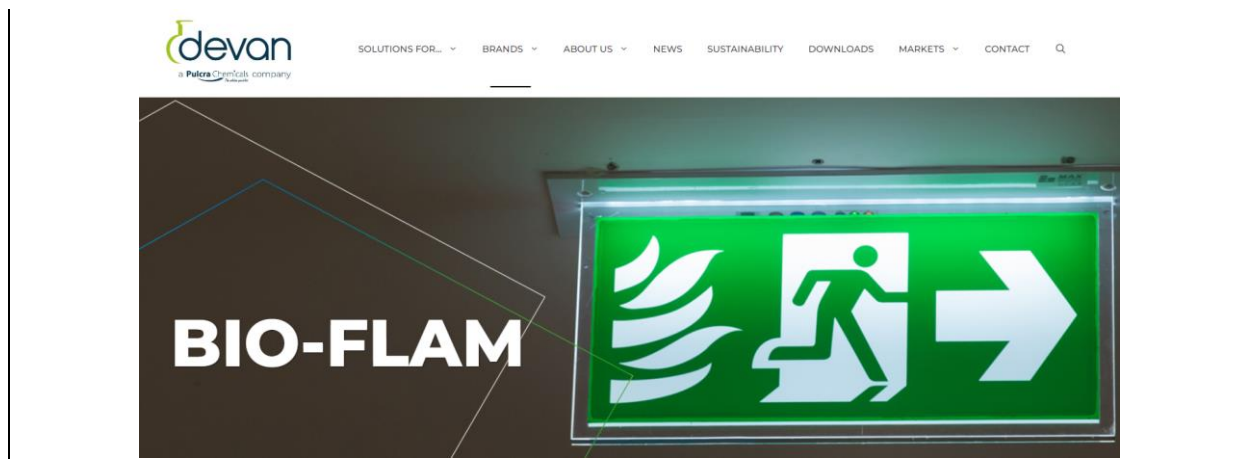
Fosforhoudende vlamvertragers werken voornamelijk in de vaste fase van het polymeer, en geven aanleiding tot vorming van deze barrière. De vlamvertrager wordt omgezet in fosforzuur door thermische afbraak. Door het gevormde polyfosforzuur en de daaropvolgende verkooling wordt een beschermende laag gevormd. De beschermende laag bestaat uit interpenetrerende netwerken van koolstof- en fosforoxiden. Vaak worden deze gecombineerd met stikstofhoudende vlamvertragers door hun synergistische werking. Het is immers zo dat stikstofhoudende verbindingen ook aanleiding geven tot het vormen van een verkoolde laag (naast vrijzetting van inert stikstofgas). Daarom zijn brandvertragers vaak rijk aan stikstof én fosfor (zwavel geeft eerder giftige gassen en wordt daarom vaak vermeden). **Zeker bij de biogebaseerde ingrediënten zijn vaak stikstof (proteïnen) en in mindere mate fosfor aanwezig, allerhande biogebaseerde grondstoffen of afvalstromen die daarom rijk zijn aan stikstof of fosfaten zijn daarom interessant om als biogebaseerde brandvertrager te verkennen.** Dergelijke moleculen zijn vaak "opslagmoleculen" die rijk aan nutriënten zijn, zoals fytinezuur uit zaden, proteïnes en stikstofrijke polysachariden als chitosan. Ook worden moleculen als lignine en tanninezuur onderzocht omdat ze sneller aanleiding kunnen geven tot een thermisch stabiele koolstoflaag. Andere fysische fenomenen die brand kunnen vertragen zijn het verdunnen van de brandstof met inerte gassen die vrijkomen bij brand of vlamvertragers die druppelvorming versnellen waardoor het polymeer wegkrimpt van de vlam.

Box 11 | biogebaseerde brandvertragers betreden stilaan de markt

Brandvertragers komen vaak negatief in het nieuws als vervuilende stoffen. Het gaat dan vaak over gebromeerde (gehalogeneerde) verbindingen. Deze producten zijn vaak persistent, waardoor ze in de natuur accumuleren. Daarom is er een sterke rationale om over te schakelen naar alternatieve brandvertragers.

Brandvertraging is verschillend voor elk type product. Er bestaan tal van normen die tal van parameters (vlamverspreiding, rookdensiteit, rooktoxiciteit, smeulen, enz.) voorschrijven voor verschillende productklassen. Een brandvertrager moet in eerste instantie toelaten evacuatie tijden te verlengen, en de gehanteerde brandklassen zullen strenger zijn in transport en publieke ruimtes dan vb. thuisgebruik.

In België zijn meerdere bedrijven actief in de formulatie van brandvertragende compounds, zoals CTF2000, Devan en EOC. We zien in de laatste jaren steeds meer biogebaseerde brandvertragers op de markt komen, zoals deze van Devan, ontwikkeld in Ronse. Ook voor specifieke toepassingen ontwikkelde Maes Mattress Ticking (in samenwerking met Centexbel) de biogebaseerde brandvertrager M-Pure, specifiek voor de matrasmatrix.



De meest courante vlamvertragers zijn gehalogeneerd en werken chemisch. Ze zorgen ervoor dat vrije radicalen die gevormd worden tijdens de pyrolyse van het polymeer worden ingesloten door de vlamvertrager. De exotherme radicale kettingreacties die in de gasfase optreden, worden hierdoor onderdrukt. Deze vermindering van het vrijkomen van energie vertraagt (of voorkomt zelfs) het verbrandingsproces. Aangezien in de natuur weinig tot geen halogenen in moleculen voorkomen is deze klasse van zeer performante vlamvertragers moeilijk bij de biogebaseerde grondstoffen te vinden.

Andere chemische reacties in de vaste fase die interessant kunnen zijn, is het versnellen van de vorming van een koolstoflaag. Dit gebeurt door een dehydrerende werking waardoor er sneller dubbele bindingen ontstaan. Ook bij biogebaseerde ingrediënten bestaan moleculen die het verkolen versnellen en het zijn daar vooral tannines en lignineverbindingen die bestudeerd worden.

Ten slotte zijn er nog de “intumescerende” brandvertragers die een geblazen verkoolde laag geven. Deze brandvertragers geven een soort schuimvorming waardoor ze veel dikkere en isolerende lagen vormen. Door de vele werkingsmechanismen die bestaan voor brandvertragers kan het interessant zijn om te formuleren met verschillende ingrediënten. Partieel biogebaseerde brandvertragers kunnen een stap zijn in de richting om deze markt milieuvriendelijkere opties te bieden.

4.4 Nutraceuticals, cosmetische en farmaceutische componenten

Componenten met bijzonder hoge meerwaarde zijn nutraceuticals, cosmetische en farmaceutische componenten. Er zijn tal van componenten die een helende, nutritionele of cosmetische waarde worden toegeschreven. Soms zijn de claims moeilijk verifieerbaar en zit de waarde eerder bij de marketing dan bij het ingrediënt (vb. homeopatische middelen), maar er zijn tal van kleine moleculen die wel degelijk een grote waarde kunnen hebben.

Nutraceuticals zijn bioactieve stoffen die, wanneer ze worden geconsumeerd als onderdeel van het dieet, gezondheidsbevorderende effecten hebben. Deze stoffen worden vaak gewonnen uit natuurlijke bronnen zoals planten, dierlijke producten of micro-organismen en kunnen worden verwerkt in voedingssupplementen, functionele voedingsmiddelen of zelfs dranken. Typische voorbeelden zijn omega-3-vetzuren, flavonoïden en probiotica.

Cosmetische ingrediënten kunnen zeer breed gaan, van emulgatoren, conserveringsmiddelen, geurstoffen, producten die uitdrogen van de huid tegengaan, antioxidanten, UV-filters, kleurstoffen, enz. Ze worden verwerkt in typische dragers, crèmes, enz. Het gaat om erg diverse producten die ook in

andere secties van deze studie worden beschreven. Verder zijn kleine "actieve ingrediënten" zoals peptiden, vitamines, enz. De trends in deze sector zijn om ingrediënten uit typisch dierlijke bronnen (vb. collageen, keratine, hyaluronzuur) te vervangen door gelijkaardige moleculen van plantaardige of microbiële oorsprong.

Farmaceutische componenten zijn wellicht de ingrediënten met de hoogste waarde, maar vereisten zeer strikte verwerking, tracking en GMP. Daardoor is de verwerking en opzuivering ervan eerder gelimiteerd tot grote gespecialiseerde firma's. Vaak worden de moleculen ook nog gemodificeerd en gaat het eerder om farmaceutische intermediären. In Vlaanderen is Ajinomoto Omnicem een voorbeeld van bedrijf die dergelijke componenten verwerkt, al is deze firma ook actief in andere sectoren zoals de voeding of industriële chemie.

Box 12 | farmaceutische ingrediënten bieden meerwaarde, maar zijn moeilijk voor kleine bedrijven.



DRUG SUBSTANCE **DRUG DELIVERY** BIOPHARMA NUTRITION MEDICAL DEVICES

Drug Delivery ▶ Parenteral drug delivery ▶ Parenteral excipients ▶ Plant-based, pharma-



**PHYTOSQUENE® PLANT-BASED,
PHARMA-GRADE SQUALENE
FOR VACCINE ADJUVANTS**

First plant-based squalene in the world in GMP quality

We halen hier een voorbeeld van een type squaleen naar voor die Evonik momenteel ook uit planten kan vervaardigen. Squaleen is een product die de werking van vaccins verbetert (vaccin adjuvant) waardoor het een zeer hoge waarde heeft. De beschikbaarheid van squaleen is echter beperkt en wordt voornamelijk uit leverolie van haaien gewonnen. Dit voorbeeld duidt op een aantal belangrijke aspecten die hier duidelijk zijn: (i) niche-producten kunnen hoge meerwaarde halen, (ii) GMP kwaliteiten zijn belangrijk, (iii) het zijn typisch grote bedrijven die dergelijke ontwikkelingen op de markt plaatsen en (iv) er is een trend weg van dierlijke ingrediënten voor cosmetische en farmaceutische producten.

4.5 Factice

Factice is eerder een merknaam en is het polymerisatieproduct van semi-drogende oliën. In tegenstelling tot drogende oliën leveren semi-drogende oliën (bijvoorbeeld koolzaadolie) geen harde films op wanneer de olie geoxideerd of ge vulcaniseerd wordt. Bij bepaalde oliën verkrijgt met een zachte massa die als vulmiddel in elastomeren gebruikt wordt. Daardoor wordt het vaak ook "rubber substituu" genoemd. Het is beduidend goedkoper dan bijvoorbeeld polyurethanen, waardoor het in die toepassingen als vulmiddel wordt gebruikt, maar het is vooral een handig additief om de hardheid van rubbers en elastomeren (natuurrubber, butylrubber, isoprene rubber, polyurethanen) te modificeren. De onregelmatige vorm van Factice zorgt ervoor dat het goed verankerd zit in de elastomere matrix. Over

het algemeen zijn ze geel, maar ze kunnen ook gebleekt worden (meestal het geval in de gommen van potloden).

4.6 Kleurstoffen en pigmenten

Kleur is overal aanwezig en is belangrijk voor de beleving, design en marketing van elk verkocht product. Het geven van kleur aan een materiaal kan gebeuren met kleurstoffen of pigmenten. Het verschil tussen een kleurstoffen en pigmenten is dat **kleurstoffen oplosbaar zijn** (in water of solventen) en uit zichzelf kunnen binden met het materiaal dat ze aankleuren, dit kan een chemische binding zijn (bv. reactief aanverven van katoen), ionische (vb. zure kleurstoffen in wol) of een fysische binding (bv vanderwaalskrachten voor disperse kleurstoffen in PES). **Pigmenten daarentegen zijn volledig of zo goed als volledig onoplosbaar** en geven hun kleur zonder bindingen aan te gaan met het materiaal dat ze aankleuren maar worden ingebed in de matrix. Over het algemeen zijn kleurstoffen meestal organische componenten die een transparante kleur geven (indien het medium dat ze aankleuren transparant is), terwijl pigmenten meestal anorganische materialen zijn die een opake kleur (en dus dekking) geven⁵.

Pigmenten zijn meestal mineralen, deze worden gewonnen uit de natuur als bijvoorbeeld ijzeroxide (oker), lapis lazuli(blauw), roet (carbon black). Daarnaast kunnen ze ook gesynthetiseerd worden door het mengen en verhitten van 2 mineralen, zo kan ultramarijn blauw verkregen worden door het behandelen van aluminium silicate met zwavel. Aangezien we over mineralen spreken kunnen deze niet gezien worden als "biogebaseerd", maar wel als natuurlijk. Een van de weinige uitzonderingen is carbon black, beter bekend als roet. Daarnaast zijn er ook bedrijven die deze natuurlijke of biogebaseerde pigmenten aanbieden in masterbatches voor gebruik in de kunststofverwerkende industrie.

Box 13 | Carbon black, een eeuwenoud en zeer performant pigment

Carbon black is een zwarte kleurstof die wordt geproduceerd door de onvolledige verbranding van koolstof houdende materialen zoals petroleum, hout, kokosnoot, turf of suiker. In essentie is carbon black "roet". Vaak zullen producenten zich vestigen in chemische clusters waarbij chemisch "waardeloze" moleculen gecontroleerd verbrand worden voor de productie van carbon black (vandaar wordt het soms ook "acetyleen zwart" genoemd, waar acetyleen een restproduct is met weinig economische waarde). Elk carbon black zal daarbij zeer specifieke eigenschappen hebben naargelang de porositeit en partikelgrootte die verschilt bij iedere productie-unit.

Industrieel wordt er jaarlijks 14 miljoen carbon geproduceerd, dit bijna uitsluitend van fossiele origine. Deze carbon black wordt grotendeels ingezet in de productie van rubber (bv. autobanden) wat goed is voor 90% van de consumptie. Daarnaast wordt het ook breed ingezet als kleurstof in inkt, coatings, verven en meer. Verschillende bedrijven produceren biogebaseerde carbon black, zoals "Origin Materials", "Nature Coatings", "UPM Biochemicals", "Hemp Black" en "Living Ink"⁶.

⁵ <https://www.pylamdyes.com/blog/pigments-vs-dyes-understanding-the-differences-between-dyes-and-pigments>

⁶ <https://www.bio-sourced.com/biobased-carbon-black-3/>



Traditionele productie van roet voor kalligrafie inkt, waarbij plantaardige oliën gecontroleerd worden opgebrand. (<https://www.youtube.com/watch?v=GSuFSYY-X9w&t=133s>)

Carbon black van biogebaseerde origine is een eeuwenoud gegeven dat volgens traditie tot op vandaag nog steeds wordt toegepast bij het vervaardigen van kalligrafie inkt. Daarbij wordt het pigment vervaardigd uit plantaardige oliën die gemengd worden met specifieke harsen. Het bekomen pigment wordt vervolgens verder verwerkt tot inkt of inkt-blokjes.

Kleurstoffen

Zoals eerder aangegeven interageren kleurstoffen met het materiaal dat ze aanverven om een (semi-)permanente binding te bekomen. Het type interactie hangt hier af met het type materiaal en daardoor bestaan er verschillende klassen kleurstoffen geschikt voor specifieke klassen materialen.

- Zure kleurstoffen zijn geschikt voor materialen die kationische groepen bevatten zoals polyamide (bv nylon), wol en zijde.
- Basische kleurstoffen zijn geschikt voor materialen met anionische groepen die voornamelijk gebruikt worden voor het aanverven van acrylvezels
- Directe kleurstoffen zijn geschikt voor papier, katoen, leder, wol, zijde en polyamide
- Kuipkleurstoffen worden tijdens het verfproces tijdelijk omgezet in een wateroplosbare vorm, de bekendste en meest gebruikte kuipkleurstof is Indigo; voor een aanverven van denim.
- Reactieve kleurstoffen reageren met de matrix en worden hierdoor covalent gebonden. Deze kleurstoffen worden voornamelijk toegepast voor het aanverven van katoen en andere cellulose vezels
- Disperse kleurstoffen zijn kleurstoffen die oplossen in de matrix van het aangeverfde materiaal, ze worden voornamelijk gebruikt om polyester aan te verven maar worden ook toegepast voor het aanverven van polyamide en acrylvezels
- Azo kleurstoffen zijn kleurstoffen die gevormd worden uit 2 componenten tijdens het verfproces. Deze 2 componenten reageren tijdens het verfproces en vormen een onoplosbare kleurstof die afgezet wordt. De kleur hangt af van de keuze van beide componenten. Deze kleurstoffen werden voornamelijk gebruikt voor het aanverven van katoen maar worden nog maar beperkt toegepast door de toxische natuur van de chemicaliën.

Er bestaan verschillende biogebaseerde kleurstoffen, deze worden geëxtraheerd uit planten, insecten of bacteriën en optioneel verder gemodificeerd om hun eigenschappen te verbeteren. Ook deze natuurlijke kleurstoffen kunnen ingedeeld worden binnen dezelfde klassen als de synthetische kleurstoffen.

Biogebaseerde reactieve kleurstoffen

Door afval uit de agrarische industrie te modificeren kunnen biogebaseerde reactieve kleurstoffen gemaakt worden. Een voorbeeld hiervan zijn de "Earthcolors" van "Archroma" die kleurstoffen produceren uit materialen zoals amandelschillen, katoenresiduen, sinaasappelresiduen en bietafval. Ondanks de chemische modificatie zijn deze kleurstoffen composteerbaar.



Figuur 9: Kleurstoffen uit natuurlijke reststromen die voldoende kleurecht zijn voor textieltoepassingen. Daarbij merk je dat het eerder de "donkere" en minder levendige kleuren zijn die voldoende lichtecht zijn.

Biogebaseerde kuipkleurstoffen

Er bestaan verschillende biogebaseerde kleurstoffen, zoals Indigo⁷, (gewonnen uit een reeks van planten maar de meest gekende is de Indigofera) of Alizarine (gewonnen uit meekrapwortel). Belangrijk hier is dat deze kleurstoffen ook synthetisch geproduceerd kunnen worden, Indigo wordt bijvoorbeeld grotendeels synthetisch geproduceerd. Deze keuze voor synthetisch indigo is gedreven door prijs en efficiëntie, verschillende LCA studies zijn beschikbaar die de chemische synthese vergelijken met natuurlijk gegroeide indigo waarbij soms synthetische indigo en soms natuurlijke indigo naar voor komt als meest ecologische alternatief. De reden dat natuurlijk indigo zo zwak scoort in LCA's is de nood aan een complexe opzuiveringsprocedure om puur indigo te verkrijgen uit de plant. Als alternatief zijn daarom ook al startups op de markt gekomen die Indigo verkrijgen uit bacteriën, dit vereenvoudigt de opzuivering. Voorbeelden van bedrijven die biogebaseerde Indigo (en andere biogebaseerde kleurstoffen) aanbieden zijn "Natural Indigo Finland", "Maiwa Handprints Ltd."

⁷ <https://naturaldyes.ca/indigo>

Beitse kleurstoffen

Beitse kleurstoffen zijn kleurstoffen die gefixeerd kunnen worden met behulp van een additief (het beitsmiddel), de meeste natuurlijke kleurstoffen zijn beitse kleurstoffen omdat ze meestal sterk wateroplosbaar zijn en het beitsmiddel dit tegengaat. Voorbeelden van dergelijke kleurstoffen zijn kamille, meekrap, ajuinenschil, vuilboom en nog veel meer. In essentie kunnen vele gekleurde extracten uit vruchten, noten of wortels op deze manier gebruikt worden om te verven. Een voorbeeld van een natuurlijk beitsmiddel is tannine. Veel beitsmiddelen zijn echter gebaseerd op zware metalen en dienen vermeden te worden.

Veel kleurstoffen zijn voor industriële toepassingen te zwak in lichtechtheid. Dit betekent dat ze onder invloed van temperatuur, licht (UV) of oxidatie snel hun kleur verliezen. Daarom wordt het merendeel van natuurlijke kleurstoffen gelimiteerd ingezet in de voedingssector, maar weinig daarbuiten. Typische voorbeelden zijn chlorofyl, carotenen, anthocyanen of moleculen als curcumine. Curcumine zal bijvoorbeeld zeer intense gele kleur geven bij zeer lage concentraties. Het probleem is dat bij blootstelling aan licht de gele kleur reeds binnen enkele uren zal vervagen en daardoor de toepassing voornamelijk voor voedingsproducten die beschermd zijn tegen direct zonlicht kan gebruikt worden.

4.7 Biocides

Biogebaseerde biocides zijn antimicrobiële stoffen die afkomstig zijn van natuurlijke bronnen zoals planten, micro-organismen of dierlijke producten. Deze biocides worden gebruikt om de groei van schadelijke organismen, zoals bacteriën, schimmels, virussen, en insecten, te remmen of te doden. Vaak is de perceptie dat biogebaseerde biocides milieuvriendelijker en veiliger zijn, maar dat is niet altijd zo (vb. nicotine, neurotoxines, enz.). Meestal zijn biogebaseerde biocides wel veel minder persistent omdat ze gemakkelijker biologisch afbreekbaar zijn. Het is belangrijk om te beseffen dat deze klasse van producten zeer breed is, aangezien fungicides, algicides, bactericides, insecticides, etc. telkens volledig verschillende werking kunnen hebben. Voor veel industriële toepassingen is een langdurige werking nodig, en dat is tegenstrijdig aan het sneller biodegraderen van biogebaseerde biocides. Toch worden tal van biogebaseerde biocides ingezet in een verscheidenheid aan toepassingen. We halen kort enkele verschillende klassen van biogebaseerde biocides aan.

Essentiële oliën, zoals tea tree olie, eucalyptusolie en thymol, bevatten natuurlijke antimicrobiële en insectenwerende eigenschappen. Ze worden gebruikt in cosmetica, schoonmaakproducten, en als conserveringsmiddelen in voedingsmiddelen.

Extracten van planten zoals neem, knoflook en permethrine (zie box) worden vaak gebruikt als natuurlijke pesticiden en fungiciden. Deze stoffen hebben een breed werkingsspectrum tegen verschillende soorten plagen en ziekteverwekkers. Bepaalde planten kunnen ook ingezaaid worden bij andere teelten om bijvoorbeeld nematoden te bestrijden, als toepassing binnen ecologische landbouw.

Box 14 | hoe een nieuwe teelt zowel ecologische als economische opportuniteiten biedt

De plant *Chrysanthemum cinerariifolium* bevat relatief grote hoeveelheden van het natuurlijk insecticide permethrine. De plant, die reeds van in de oudheid bekend is voor zijn insectidale eigenschappen, werd echter pas recent (eind jaren 70) op grote schaal geteeld, gedeeltelijk gedreven door de zoektocht naar alternatieven voor DDT.

Het insecticide is zeer breed spectrum en kan worden ingezet voor tal van toepassingen gaande van muggennetten, anti-mijt tot luizenproducten. Er bestaat een natuurlijke variëteit in de permethrines, en deze zou eigenlijk beter moeten aangewend worden om resistentie tegen dit biocide tegen te gaan. Permethrine heeft zeer belangrijke toepassingen in bijvoorbeeld muggennetten en heeft daardoor een belangrijke rol in malariabestrijding. Deze bloemen groeien voornamelijk in Afrika, waar ze een volledig nieuwe teelt gevormd hebben. Vaak bieden grote chemische multinationals faire prijzen omdat ze strikt te werk gaan met externe audits en certificatiesystemen.



ENVIRONMENT PLANET POSSIBLE

The deadliest flower in the insect world is a lifeline to farmers—and the planet

The yellow center of the 'killer chrysanthemum' contains a natural toxin that is a powerful insecticide.

Photographs by Vito Fusco
By Jacob Kushner

Figuur & artikel: National Geographic

Veel bacteriën en schimmels produceren natuurlijke antibiotica en antifungale stoffen. *Bacillus thuringiensis* (Bt) is een bekend voorbeeld van een bacterie die biocides produceert en wordt ingezet tegen insectenplagen.

Quaternaire ammonia compounds (QAC) zijn een belangrijk type biocides. Het vormt een groot scala aan antimicrobiële middelen, vaak ook vervaardigd uit biogebaseerde vetzuren en lecithines, die wanneer ze positief geladen zijn kunnen interageren met celwanden en biogebaseerde processen. Deze interacties vormen inhibitie in tal van biologische processen en zijn daardoor vrij breedspectrum biocides. Veel compounds zijn echter schadelijk voor het milieu en diepgaand onderzoek is nodig om niet schadelijke verbindingen te synthetiseren of isoleren. Een gelijkaardig mechanisme treedt op bij **chitosan**, een biopolymeer afgeleid van chitine (dat voorkomt in de exoskeletten van schaaldieren), heeft antimicrobiële eigenschappen en wordt gebruikt in gewasbescherming, voedselverpakking en zelfs in medische toepassingen.

Organische zuren zoals azijnzuur en citroenzuur of bepaalde vetzuren als monolaurine, die van nature voorkomen in planten, kunnen als biocide fungeren door de groei van bacteriën en schimmels te remmen. Ze worden veel toegepast in voedingsmiddelen en schoonmaakmiddelen. Soms in hun voornaamste werkzaamheid dat een te lage pH maar weinig bacteriële groei toelaat, maar het kan ook zijn (vb. monolaurine) dat er specifieke interacties zijn tussen het organisch zuur en bepaalde vitale celdelen.

Veel biocides hebben slechts een gedeeltelijk biocidale werking, ze werken bijvoorbeeld enkel tegen gram positieve of gram negatieve organismen. Daarom worden ze vaak gecombineerd. Veel combinaties geven bovendien synergistische werking en worden daarom als "biocidal booster" ingezet, die meteen ook minder wetgeving met zich meebrengen (zie box). Biocides vinden hun toepassingen in zowat alle sectoren. In de **landbouw** worden ze ingezet om gewassen en dieren te beschermen tegen plagen en

ziekten. Er is een tendens die vraag naar duurzamere landbouwpraktijken door de impact op het milieu te verminderen en de biodiversiteit te bevorderen.

In de **cosmetica**-industrie worden biogebaseerde biocides gebruikt om producten te beschermen tegen microbiële besmetting zonder de gezondheid van de consument te schaden. Essentiële oliën en natuurlijke extracten dienen als conserveringsmiddelen in lotions, crèmes, en andere verzorgingsproducten. Dergelijke producten worden ook verkocht om bijvoorbeeld bepaalde types gisten die eczeem bevorderen te gaan remmen.

Veel natuurlijke biocides, zoals organische zuren, worden gebruikt om de houdbaarheid van **voedingsmiddelen** te verlengen en voedselbederf te voorkomen, er bestaat een klassificatie (E200-E299) die de bewaarmiddelen bevatten, waarin tal van biogebaseerde componenten voorkomen.

Bewaarmiddelen worden aan tal van vooral vloeibare, waterhoudende producten toegevoegd. Dit gaat van verf tot emulsies, coatings en lijmen, maar ook voor hout worden ze toegepast tegen houtrot. In watergedragen producten kunnen zeker schimmels en gisten zeer snel tot bederf van de producten leiden. Vooral de synthetische isothiazolines (CMIT, BIT, MIT, enz.) worden op grote schaal gebruikt, maar onder invloed van de wetgever wordt ook **het eindproduct dat deze producten bevat zeer vaak gelabeld met risk en safety zinnen en symbolen. Omdat vooral B2C bedrijven die producten direct aan consumenten verkopen liever geen veiligheidssymbolen op hun producten zien verschijnen, is er momenteel een vrij grote vraag naar alternatieve bewaarmiddelen.** Daarbij wordt gegrepen naar nieuwe mengsels met bijvoorbeeld benzoaten of parabenen waarbij minder veiligheidssymbolen van toepassing zijn op het eindproduct.

2.2. Etiketgevingselementen

Etiketgeving conform Verordening (EG) Nr. 1272/2008 [CLP]

Gevarenpictogrammen (CLP):



GHS07

Waarschuwing

1,2-benzisothiazool-3(2H)-on; reactiemassa (3:1) van: 5-chloor-2-methyl-4-isothiazoline-3-on en 2-methyl-2H-isothiazool-3-on; 2-methylisothiazool-3(2H)-on

H317 - Kan een allergische huidreactie veroorzaken.

P102 - Buiten het bereik van kinderen houden.

P280 - Draag beschermende handschoenen.

P302+P352 - BIJ CONTACT MET DE HUID: met veel water en zeep wassen.

P333+P313 - Bij huidirritatie of uitslag: Een arts raadplegen.

P501 - Inhoud en verpakking afvoeren naar inzamelpunt voor gevaarlijk of bijzonder afval in overeenstemming met lokale, regionale, nationale en/of internationale regelgeving.

Signaalwoord (CLP):

Bevat:

Gevarenaanduidingen (CLP):

Veiligheidsaanbevelingen (CLP):

Figuur 10: veiligheidssymbolen bij watergedragen verven (hier een voorbeeld van Boss Paints) zijn bijna altijd toe te wijzen aan het bewaarmiddel dat erin aanwezig zit (hier een mengsel van BIT en CMIT)

Ook **anti-biofilmvorming** is een sector op zich binnen de biocides. In technische termen heet dit anti-fouling. Onder de term "soft-fouling" verstaan we dan typische microbiële (inclusief biofilm) en algen (groene) aanslag, wat zeker bij gevel-verven, zwembadliners, leidingen en poreuze oppervlakten zeer veel voorkomt. Hard fouling bestaat ook, maar omslaat veelal mariene toepassingen met mosselgroei, zeepokken of ook wel slakken. Biofilms zorgen voor veel schade, bijvoorbeeld in leidingen die verstopt raken of vloeit belemmeren. Ze hebben eveneens een immense impact op de scheepvaart omdat biologische aangroei op scheepsrompen tot een slechtere stroomlijning en meer brandstofverbruik leidt. Een groot ecologisch probleem is de grote hoeveelheden van anti-fouling verf op scheepsrompen die

zeker in havengebieden voor bioaccumulatie zorgt. Veel anti-fouling verf moet een extreem breed-spectrale werking hebben tegen zowel mollusken als algen. Daardoor werden in het verleden veel zware metalen (tinverbindingen) ingezet. Deze werden stelselmatig vervangen door koperhoudende verbindingen (de typische kleur van de verf of scheepsrompen), maar ook dit kan voor ecologische problemen zorgen. Bepaalde biogebaseerde producten zoals menthol blijken goede werking tegen mollusken te hebben, maar het product heeft een korte levensduur in deze applicaties.

Europa speelt een leidende rol in de regulering van schadelijke stoffen. Deze rol is van cruciaal belang, niet alleen voor de gezondheid van de burgers, maar ook om onze impact op het milieu te verminderen en heeft wereldwijd effect omdat Europese regelgeving vaak als voorbeeld dient voor betere regelgeving elders. **Ook biogebaseerde antimicrobiële additieven zijn biociden en worden opgenomen in de lijst van zeer zorgwekkende stoffen (SVHC-lijst) omdat ze allergische reacties kunnen veroorzaken, teratogeen, kankerverwekkend, neurotoxisch of hormoonverstorend kunnen zijn, of andere schadelijke effecten kunnen vertonen. Daarom is de Biocidenverordening (528/2012) (BPR) ingevoerd**, ter vervanging van Richtlijn 98/8/EC betreffende biociden, met als doel het gebruik van deze producten onder controle te houden. Dit impliceert ook dat producten die biocides bevatten, zelf als biocidaal worden beschouwd. De BPR onderscheidt 22 producttypes (PT) die zijn geclassificeerd in 4 families (desinfectiemiddelen, conserveermiddelen, plaagbestrijding en overige). De wetgeving en toegelaten biociden zullen dan ook verschillend zijn binnen bijvoorbeeld PT1 (biociden voor menselijke hygiëne) als bij PT2 (desinfectie van oppervlakken) en het maakt de biociden wetgeving zeer complex. Om chemicaliën als biociden te mogen gebruiken in bijvoorbeeld coatings, moeten de producten worden goedgekeurd via een aanvraagprocedure bij het Comité voor Biociden van ECHA. **De lange en kostbare procedure heeft ertoe geleid dat veel nieuwe biociden niet op de markt zijn gebracht, en ook veel biogebaseerde producten (bijv. tanninezuur, carvacrol, thymol, cinnamaldehyde, ...) nooit zijn goedgekeurd.** Desondanks heeft de Europese Commissie, naar aanleiding van de COVID-19-uitbraak, besloten om uitzonderingen op de normale vergunningsvereisten voor biociden toe te staan, zodat nieuwe biociden sneller konden worden toegelaten. Toch blijft wetgeving een groot probleem en dat wordt via tal van "ontwijkingsmechanismen" omzeild door de industrie (zie box).

Box 15 | wanneer biocidale producten onder een andere noemer worden verkocht

Zoals bovenstaande alinea bespreekt is het introduceren van nieuwe biocides geen evidentie vanuit wettelijk standpunt, en zullen chemische bedrijven zelden nieuwe biocides registeren. Toch komen tal van nieuwe producten op de markt, onder een andere benaming. Vaak is dit onder de noemer "**anti-geur**", waar bijvoorbeeld een product de geur van zweet in kledij zal tegen gaan. De geur is echter steevast geen resultaat van zweet, maar van bacteriële groei, en het additief werkt door een antibacteriële werking, maar dat wordt niet geclaimd. In de plaats daarvan wordt een anti-geur werking geclaimd en moet niet voldaan worden aan de biocide wetgeving.

Eenzelfde fenomeen zien we bij cosmetische ingrediënten, waar veel "**dispergeermiddelen**" quaternaire ammonia compounds zijn, die eigenlijk niet als dispergeermiddel dienen, maar wel een sterke antimicrobiële werking hebben.

Er worden ook veel "**antimicrobiële boosters**" geclaimd. Deze producten worden op zich niet als "antimicrobieel" geclaimd, maar worden gecombineerd met een bestaand en geregistreerd biocide, waarmee ze 'synergistisch' werken. Het is echter vaak zo dat de booster zelfs zonder het geregistreerde

biocide al voldoende antibacterieel werkt en het geregistreerde biocide onder de drempel wordt gebruikt om veiligheidssymbolen te kunnen vermijden.

Ten slotte bestaan er veel "**parfums**" die op zich eveneens een antibacteriële werking hebben. Deodoranten bevatten heel vaak mengsels van limoneen, carvacrol en thymol, met als officiële reden dat ze een geurstof zijn, maar in realiteit zijn het producten die een biocidale werking hebben. Ook op deze manier moeten de producten niet als biocide geregistreerd worden.

Resistentie is bij alle biocides een probleem, en het stimuleren van "slim gebruik" van biocides, met correcte dosering en het inzetten waar het nodig is, moet niet alleen bij antibiotica, maar bij alle biocides een aandachtspunt zijn. Natuurlijke variatie kan daarbij voorbeelden bieden, planten binnen dezelfde familie kunnen immers molecules opleveren die net iets verschillend zijn, waardoor een groter spectrum aan actieve bestanddelen kan bekomen worden.

Biogebaseerde biocides spelen een steeds belangrijkere rol in de biogebaseerde chemische industrie als milieuvriendelijke alternatieven voor synthetische antimicrobiële middelen. Ze vinden toepassing in een breed scala van sectoren, waaronder landbouw, cosmetica, voeding, bouw en waterbehandeling. Hoewel er uitdagingen zijn, zoals kosten, wetgeving en stabiliteit, kunnen biogebaseerde biocides waardevolle voordelen bieden. Bovendien zijn het producten met grote economische meerwaarde, waardoor ook secundaire metabolieten of extracten die in kleine concentraties in planten voorkomen, toch substantiële economische waarde kunnen hebben.

4.8 Waterafstoting en waterbestendigheid

Waterafstotende middelen spelen een cruciale rol in tal van industrieën waar bescherming tegen vocht essentieel is. Ze zorgen ervoor dat materialen waterafstotend worden, wat de levensduur en prestaties van producten aanzienlijk kan verbeteren. In de textiel-, bouw-, papier- en coatingindustrie worden waterafstotende middelen veelvuldig gebruikt om materialen te beschermen tegen waterabsorptie, wat kan leiden tot schade, slijtage en degradatie.

Waterafstotende middelen werken door een laag op het oppervlak van het materiaal te vormen die hydrofobe eigenschappen heeft. Dit betekent dat de behandelde oppervlakken water afstoten in plaats van het te absorberen. Deze middelen kunnen het oppervlak van materialen zoals textiel, papier, hout, en beton coaten, waardoor ze bestand worden tegen waterpenetratie.

Het hydrofobe effect wordt vaak bereikt door het aanbrengen van stoffen die fluor- of siliconenverbindingen bevatten. Deze verbindingen verminderen de oppervlaktespanning van het materiaal, waardoor waterdruppels niet kunnen verspreiden en in plaats daarvan bolvormige druppels vormen die van het oppervlak rollen zonder door te dringen. Zowel fluor (16mN/m voor PFAS) als siliconenverbindingen (20-25mN/m) hebben een exceptioneel lage oppervlaktespanning en natuurlijke chemicaliën halen dergelijke oppervlaktespanningen niet. De beste performantie kan verkregen worden met vetzuren en wax (typisch vanaf 30 mN/m), wat zeker voldoende is voor waterafstoting, maar onvoldoende voor bijvoorbeeld olie-afstoting.

We zien dat veel vetten en wassen direct ingezet kunnen worden voor hydrofobering. Bijvoorbeeld in gipsplaten worden was-emulsies ingezet om deze waterbestendig te maken. Ook bij papiercoatings wordt was ingezet, maar daar deze zorgen ervoor dat het papier nog moeilijk te recyclen valt. Een waslaag vormt immers geen sterke film die gemakkelijk van het papier loskomt bij het herpulpen. Vetten en wassen zullen ook gemakkelijk verwijderd kunnen worden door slijtage en abrasie en trekken vaak

ook vuil aan. Daarom zal voor meer duurzame applicaties waterafstoting door coatings gebeuren. Vooral polyurethanen komen in aanmerking hiervoor en er zijn toch al een redelijk groot aantal zeer performante biogebaseerde polyurethanen beschikbaar. Voor een goede hydrofobiciteit is een polyol met grote hydrofobe zijketens nodig en het zijn de producenten van de polyolen (apart besproken in deze studie) die deze zullen synthetiseren, waarbij biogebaseerde vetzuren handige en versatiele bouwblokken zijn. Dergelijke water-resistente coatings kunnen in zekere mate waterafstotend zijn, maar zorgen voornamelijk voor een excellente waterbarrière.

Alternatieven voor een lage oppervlaktespanning kunnen bereikt worden door nanostructurering. De natuur is daar zeer efficiënt in, bijvoorbeeld bij het oppervlak van lotus-bladeren, vleugels van vlinders of de huid van haaien. Deze oppervlakten zijn door hun nanostructurering waterafstotend. Het probleem is dat nanostructurering ook gemakkelijk afslijt, dus in de gevallen waar het in materiaalkundig onderzoek wordt voorgesteld dient het eveneens zeer slijtvast te zijn, wat moeilijk ligt. Bovendien moet de nanostructurering zeer fijn en consistent zijn (<40nm) om waterafstoting te bereiken, waardoor het een technisch moeilijke oefening is om de natuur op dit vlak na te bootsen.

4.9 Biobrandstoffen

Biodiesel is een hernieuwbare, biogebaseerde brandstof die wordt geproduceerd uit plantaardige oliën, dierlijke vetten, of gerecycleerde kookolie. Door transesterificatie, een chemisch proces waarbij triglyceriden uit deze oliën en vetten reageren met methanol of ethanol, ontstaat biodiesel samen met glycerine als bijproduct.

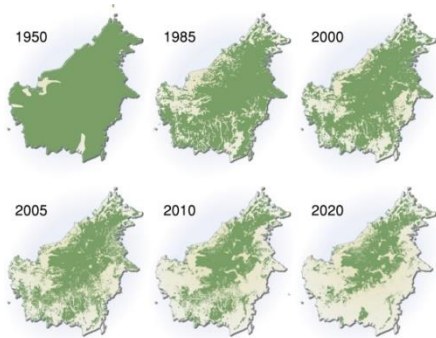
De voordelen van biodiesel zijn aanzienlijk. Het gebruik van biodiesel leidt tot een vermindering van uitstoot van broeikasgassen, fijnstof, en andere schadelijke stoffen vergeleken met fossiele diesel. Daarnaast is biodiesel compatibel met bestaande dieselmotoren zonder dat er grote aanpassingen nodig zijn, wat de overstap naar deze schonere brandstof vergemakkelijkt. Biodiesel draagt ook bij aan de energiezuikerheid door de afhankelijkheid van geïmporteerde fossiele brandstoffen te verminderen.

Box 16| De delicate context van biomassa en hun impact op het milieu, is palmolie slecht?



De impact van teelten voor biogebaseerde chemicaliën kan zeer groot zijn. Hiernaast een beeld uit de documentaire (David Attenborough: A life on our planet – Netflix), dat illustreert dat een monocultuur (hier palmolie) grootschalige ontbossing van primair tropisch regenwoud met zich kan meebrengen. Vooral de sector van de palmolie wordt naar voor geschoven als voorbeeld hoe het niet moet.

Toch is de context genuanceerd. Palmolie is een extreem efficiënt gewas (3300 kg olie/ha) dat het meest productieve oliegewas in Europa (koolzaad – 700 kg olie/ha) doet verbleken, bovendien is het combineerbaar met bijvoorbeeld veeteelt. Louter in opbrengst bekeken is palmolie daarom veel milieuvriendelijker dan alle andere oliegewassen. Toch is dit het gewas dat meestal negatief naar voor geschoven wordt omdat het effect ervan gemakkelijk zichtbaar is op ontbossing.



We zien effectief dat bijvoorbeeld in Borneo meer dan de helft van het eiland ontbost werd, onder andere gedreven door de teelt van palmolie. Dit komt overeen met een areaal de grootte van Duitsland. **Vooral overconsumptie en de vraag naar biobrandstoffen voor de transportsector** is de belangrijkste oorzaak hiervan (in Europa gedreven door de wetgever). De “case” van biobrandstoffen heeft zowel voordelen (CO₂ reductie) als nadelen (ontbossing), en er zijn vanuit wetgevend karakter in Europa effectief opvolgmaatregelen genomen om de negatieve aspecten ervan in de toekomst te reduceren.

The Green Mirage: The EU's Complex Relationship with Palm Oil Biodiesel in the Context of Environmental Narratives and Global Trade Dynamics, *Energies* 2024, 17(2), 343; <https://doi.org/10.3390/en17020343>

<https://www.statista.com/statistics/1263201/vegetable-oil-yields-per-hectare-worldwide-by-type-globally/#:~:text=Global%20vegetable%20oil%20yields%20per%20hectare%20worldwide%202020%2C%20by%20type&text=Palm%20oil%20produces%20more%20oil.0.4%20metric%20tons%20per%20hectare.>

Waar biodiesel een direct vervangmiddel is voor traditionele diesel, is **bioethanol** (fermentatieproduct van suikers) een partiële vervanging voor conventionele benzine. Biobrandstoffen zijn echter geen fijnchemicaliën te noemen. Er bestaan enkele hoogwaardige toepassingen voor biodiesel (vb. rheologieverlagers bij smeeroliën of plastisolën) en bio-ethanol kan als bouwblok dienen voor een aantal biopolymeren (vb. bioethyleen), maar ze vallen niet onder de hoogwaardige fijnchemicaliën met hoge toegevoegde waarde. Er zijn eveneens kanttekeningen te maken bij hun rol bij grootschalige ontbossing (zie box). Er bestaan heuse “bioraffinaderijen” waarbij biobrandstoffen steeds een prominente rol zullen hebben. Het “Flanders Biobased Valley – North Sea Port” in Gent is daarbij een voorbeeld waar zowel Alco biofuels (bioethanol) en Bioro/Cargill (Biodiesel) er geclusterd zijn. Dergelijke producenten kunnen ook opteren om bepaalde andere hoogwaardige additieven als vet-oplosbare vitamines eerst te isoleren uit de oliën.

4.10 Anti-corrosie

Anticorrosie-additieven zijn essentiële componenten in coatings en smeermiddelen die metalen beschermen tegen roest en corrosie. Traditioneel worden verschillende synthetische chemicaliën gebruikt om corrosie te voorkomen, waarbij zink een van de meest effectieve middelen blijft dankzij zijn galvanische bescherming. Zink, toegepast in de vorm van zinkrijke primers of verzinkte coatings, biedt een uitstekend niveau van bescherming doordat het fungeert als een opofferingsmateriaal dat voorkomt dat het onderliggende metaal gaat roesten. Deze methode blijft een van de meest performante opties in de strijd tegen corrosie.

In de zoektocht naar duurzamere oplossingen wordt echter steeds meer onderzoek gedaan naar biogebaseerde alternatieven voor anticorrosie-additieven. Beschermende oliën, zoals plantaardige oliën, vormen een van de eenvoudigste en meest toegankelijke opties. Deze oliën creëren een fysieke barrière op het metaaloppervlak die voorkomt dat vocht en zuurstof het metaal bereiken, waardoor roestvorming wordt vertraagd.

Lanoline, een wasachtige stof en restproduct afkomstig van schapenwol, is een ander veelbelovend biogebaseerd alternatief voor anticorrosieve additieven voor smeeroïën. Lanoline en zijn derivaten hebben uitstekende waterafstotende eigenschappen en kunnen effectief worden gebruikt als een beschermende laag om metalen oppervlakken te beschermen tegen corrosie. Ze vormen een milieuvriendelijk alternatief voor meer traditionele petrochemische anticorrosieve smeermiddelen.

Ook op vlak van anticorrosieve coatings komt het er vaak op aan een chemie te kiezen waarvan de coating zeer ondoorlatend is voor vocht en zuurstof. Polymeren met een goede vocht, waterdamp en zuurstofbarrière zijn dus nodig, evenals coatings met zeer hoge krasvastheid, omdat vaak krassen het begin vormen van corrosie. We zien daar vaak epoxy-coatings als primer naar voor komen, die reeds vaak biogebaseerd zijn. De afwerkingslaag is vervolgens vaak een PU-coating (met een beperkt maar stijgend biogebaseerd aandeel) omdat polyurethanen vaak betere UV-bescherming bieden dan epoxy coatings.

Andere biogebaseerde oplossingen omvatten extracten uit planten zoals tannines, die corrosiewerende eigenschappen hebben vanwege hun vermogen om een beschermende laag op metalen oppervlakken te vormen. Daarnaast worden eiwitten zoals caseïne onderzocht voor hun mogelijke toepassing in biogebaseerde anticorrosiecoatings. Hoewel deze biogebaseerde alternatieven nog in ontwikkeling zijn en vaak niet dezelfde prestaties leveren als zink en andere traditionele methoden, bieden ze veel potentieel voor toekomstig gebruik in duurzame corrosiebescherming.

4.11 Antioxidants

Antioxidanten zijn moleculen die oxidatieprocessen in cellen of materialen tegengaan door vrije radicalen te neutraliseren. Vrije radicalen zijn reactieve zuurstofverbindingen die schade kunnen veroorzaken aan cellen, DNA, en materialen door ongewenste oxidatieprocessen. In biologische systemen helpen antioxidant om cellulaire schade en veroudering tegen te gaan. In industriële toepassingen, zoals kunststoffen en textiel, worden antioxidant gebruikt om de levensduur en prestaties van deze materialen te verlengen. Zo kunnen antioxidant ingezet worden als bescherming tegen radicalen gevormd bij verhoogde temperatuur (vb. tijdens extrusie), oxidatieve afbraak, stabiliseren van kleur, UV-nescherming, ozon bescherming maar bijvoorbeeld ook vergevorderde crosslinking tegengaan.

Antioxidanten worden zeer vaak als UV-beschermingsmiddelen ingezet en spelen een cruciale rol in het beschermen van kunststoffen en textiel tegen oxidatieve schade (zie stukje UV-bescherming). In kunststoffen beschermen ze vaak tegen verpoedering of het versterven van het polymeer, terwijl ze in textiel worden toegepast om veroudering en verkleuring tegen te gaan. Door het gebruik van antioxidant blijven de eigenschappen en de esthetiek van kunststoffen en textiel langer behouden.

Er zijn 2 verschillende types antioxidant die ingezet kunnen worden:

- **Primaire antioxidant** (radicaalvangers): Deze antioxidant vangen vrije radicalen af voordat ze de polymeren kunnen aanvallen. Voorbeelden zijn fenolische antioxidant, zoals butylhydroxytolueen (BHT) en geëpoxideerde natuurlijke oliën
- **Secundaire antioxidant** (peroxide-afbrekers): Deze antioxidant breken hydroperoxiden af tot niet-reactieve producten. Fosfiet-antioxidant vallen in deze categorie.

Een belangrijke opmerking bij antioxidanten voor materiaalkundige toepassingen is dat ze meestal langdurig moeten werken. Daarbij zijn liggen natuurlijke antioxidanten vaak moeilijk. Ze werken wel uitstekend, of zelfs beter dan synthetische, maar hun werking is (zeer) beperkt in de tijd. Voor levende organismen is er een continu biosynthesesysteem die opgebruikte antioxidanten kan regenereren, in kunststoffen kan dit echter niet. Een bepaald type antioxidanten, de Hindered Amine Light Stabilizers (HALS), regeneert zichzelf via een complexe cascade aan reacties, waardoor het wel een langdurige antioxidant is. Biogebaseerde alternatieven voor deze zeer frequent gebruikte antioxidant zien we niet. **Toch zijn er een aantal antioxidanten voor materiaalkundige toepassingen die wel biogebaseerd kunnen zijn. Een voorbeeld is geëpoxideerde soja en lijnzaadolie die als antioxidant werkt bij het verwerken van PVC.** PVC is een gechloreerd polymeer dat niet bestendig is tegen zijn eigen smeltpunt, er komt immers een redelijk grote hoeveelheid HCl bij vrij wanneer je het verhit tot boven de 180°C. Geëpoxideerde oliën zijn daar erg performant om het gevormde HCl weg te nemen door er snel mee te reageren, naast geëpoxideerde oliën zijn bij PVC andere thermische stabilisatoren ook nog steeds nodig.

Het gebruik van natuurlijke antioxidanten is dan ook voornamelijk gelimiteerd tot voedingsproducten en cosmetica, waar het aanzienlijke voordelen biedt op vlak van verlenging van de houdbaarheid, behoud van voedingswaarde, en bescherming van de smaak, geur, en kleur van de voedings- en cosmetica ingrediënten. Daarnaast draagt het bij aan voedselveiligheid en duurzaamheid door bederf te verminderen en voedselverspilling tegen te gaan.

Box 17 | Astaxanthin, een sterk antioxidant uit microalgen

Bij de Belgische spin-off Axabio in Hemiksem staat een indrukwekkende installatie van microalgenkweek. De kweek van microalgen komt vaak naar voor in de literatuur als alternatief voor biodiesel productie, maar is danig duur dat deze in deze sector moeilijk rendabel kan worden. Fijnchemicaliën, hier in de vorm van het antioxidant astaxanthine, zorgen voor een hoogwaardig product met excellente prestatie en hoge meerwaarde.

Het initiatief illustreert meerdere zaken: (i) alternatieve teelten kunnen succesvol zijn; (ii) fijnchemicaliën kunnen voldoende meerwaarde bieden om innovatieve productieprocessen op gang te trekken, (iii) grotere chemische bedrijven en conglomeraten kunnen als broedplaats dienen voor spin-offs en (iv) Vlaanderen heeft het goede ecosysteem voor deze ontwikkelingen met voldoende know-how en afnemers (voedingsindustrie en cosmetica) in de buurt.



foto De Tijd ©Jeffrey Torremans (links) axabio.com (rechts)

De meest courante biogebaseerde antioxidanten zijn wellicht vitamines C (water-mengbaar) en E (vet-mengbaar). Vitamine E zal op grote schaal gezuiverd worden uit natuurlijke vetten. Daarnaast zijn er ook meer experimentele antioxidanten zoals polyfenolen worden ook terpenen op kleine schaal commercieel ingezet worden. Het gebruik van terpenen, zoals limoneen en pineen, zit momenteel vooral in de onderzoeksfase om een beter inzicht te krijgen van hoe deze additieven de eigenschappen (zoals treksterkte, biocompatibiliteit en de degradeerbaarheid) van het gebruikte polymeer kunnen beïnvloeden. (<https://www.mdpi.com/2073-4360/13/15/2465>). Daarnaast zien we ook innovatie op ander vlak (zie box) waar uit specifieke teelten hoogwaardige producten kunnen gewonnen worden, zoals astaxanthine.

4.12 Surfactantia, emulgatoren, detergenten, schuimmiddelen & ontschuimers

In de chemische en industriële sector spelen surfactantia, emulgatoren, detergenten, schuimmiddelen en ontschuimers een cruciale rol bij de productie en werking van talloze producten en processen. Deze stoffen verbeteren de prestaties en functionaliteit van producten door hun unieke eigenschappen op het gebied van oppervlaktespanning, mengbaarheid en stabilisatie. Hoewel deze klasse van chemicaliën zeer divers is worden ze hier gegroepeerd omdat ze gekenmerkt worden door het combineren van een hydrofiel en een hydrofoob deel in dezelfde molecule. Daardoor kunnen ze interessant fysicochemische interacties aangaan met zowel watergebaseerde als vet-gedragen bestanddelen. Ze maken vetten mengbaar in water, sommige kunnen schuimen, schuimen stabiliseren of net destabiliseren, emulsies maken, oppervlaktespanning verlagen, enz.

Onder de verzamelnaam “zeep” is deze klasse van molecules al sinds de oudheid bekend. Veel van deze producten zijn zeer goedkoop en om meerwaarde te creëren moet het dispergeermiddel op een of ander manier een exceptionele performantie bieden binnen een bepaalde toepassing. **Er bestaan talloze (biogebaseerde) surfactanten en de meeste worden geclassificeerd volgens enerzijds hun ioniciteit en anderzijds hun zogenaamde HLB waarde.** Het HLB-systeem (Hydrophilic-Lipophilic Balance) is een methodiek om de affiniteit van een oppervlakte-actieve stof (surfactant) voor water (hydrofiel) of olie (lipofiel) te kwantificeren. Dit systeem helpt bij het voorspellen van de functie en het gedrag van surfactanten in verschillende toepassingen, zoals emulsievorming en stabilisatie. De HLB-waarde is een getal dat de balans tussen de hydrofiele en lipofiele delen van een surfactant aangeeft. Dit getal varieert van 0 tot 20. Surfactanten met lage HLB-waarden zijn meer lipofiel (olie-oplosbaar). Ze worden vaak gebruikt als W/O (water-in-olie) emulgatoren. Surfactanten met hoge HLB-waarden zijn meer hydrofiel (wateroplosbaar). Ze worden vaak gebruikt als O/W (olie-in-water) emulgatoren.

Een andere belangrijke parameter van surfactanten is hun ioniciteit. Het is uiteraard in het deel van de molecule dat affiniteit heeft met water dat ionen kunnen voorkomen. Zeer vaak zijn dan anionen (vb. carboxylgroepen of sulfonaten), maar er zijn ook vaak kationische (vb. ammonia groepen) beschikbaar. Vooral de kationische dispergeermiddelen hebben vaker een negatief aspect op het milieu (vb. in water levende organismen), waardoor de kationische dispergeermiddelen minder worden ingezet. Soms worden ze wel specifiek gebruikt voor bepaalde antimicrobiële werking (vb. quaternaire ammonia, zie verder). Er bestaan ook zeer veel niet-ionische dispergeermiddelen, deze hebben als voordeel dat ze zeer compatibel zijn met andere stoffen. Niet-ionische dispergeermiddelen zijn meestal maar deels biogebaseerd omdat veruit het meest gebruikte niet-ionische hydrofiele deel een polyethyleenglycol is. Biogebaseerde voorbeelden bestaan zeker ook, zoals suikergroepen (vb. polyglycosides of alkyl glycosides), maar zijn duurder om te synthetiseren. In de biogebaseerde dispergeermiddelen bestaan

zeker ook zwitterionische (of amfoterische) voorbeelden (zowel een anionische als kationische groep is aanwezig), zoals bijvoorbeeld in de lecithines. Deze zijn vaak zeer efficiënte emulgatoren.

Box 18 | Van afvalproduct tot populaire chemicaliën in dispergeermiddelen

Het Brits-Nederlandse Croda, een van de wereldleiders in de oleochemie heeft een proces ontwikkeld om van glycerol polyethyleenglycol te produceren. Glycerol is een restproduct uit biodiesel productie en komt daardoor in zeer grote volumes voor zonder dat er genoeg eindtoepassingen voor zijn. Het maakte van glycerol een afvalproduct. Tegelijkertijd is er een gestage groei in de vraag naar polyethyleenglycol, een zeer hydrofiele en niet-ionische molecule die veel wordt ingezet voor dispergeermiddelen. Het is een mooie illustratie dat restproducten ingezet kunnen worden als grondstof voor andere chemicaliën die momenteel uit aardolie worden vervaardigd.



Als **reinigingsmiddel, wasmiddelen en detergenten** is vaak de prijs van het surfactant van belang. Het zijn eerder producten met lage waarde en hoge beschikbaarheid. Andere belangrijke parameters zijn schuimvorming, zeepresten en huid-tolerantie. Voor detergenten zijn richtwaardes van HLB-waardes tussen de 12-15 nodig omdat deze producten goed wateroplosbaar zijn maar toch olieachtige vuildeeltjes kunnen omhullen en verwijderen.

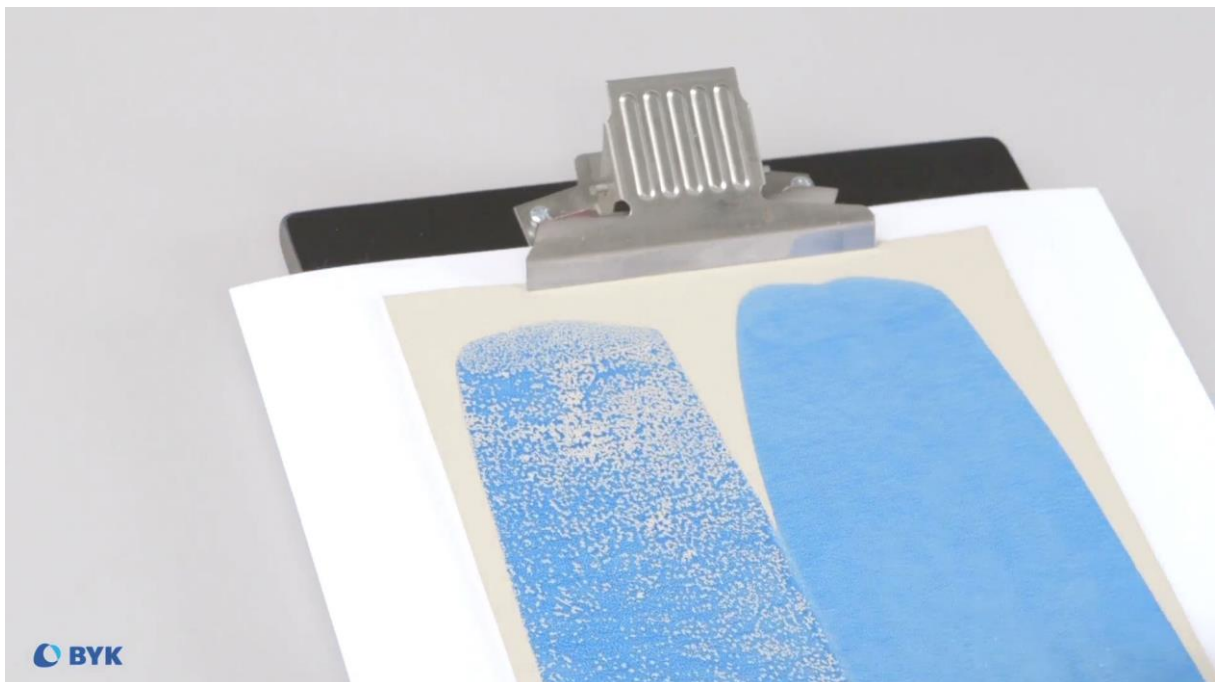
Voor **emulsies** wordt in eerste instantie gekeken naar het soort emulsie, de meerderheid zijn olie-in-water emulsies waarvoor surfactanten met HLB waarden tussen de 8 en 18 gebruikt worden. Er bestaan ook in mindere mate water in olie emulsies (vaak vette crèmes in cosmetica), en daar zijn surfactanten met HLB-waarden tussen de 3 en 8 geschikt. Bij emulsies is eveneens de stabiliteit van de emulsie zeer belangrijk. Wanneer druppeldeeltjes affiniteit voor elkaar hebben kunnen ze "fuseren" en dan schift de emulsie gemakkelijk. Meestal wordt dit tegengegaan door iogene dispergeermiddelen te gebruiken, deze stoten elkaar namelijk af. Ook specifieke "block" copolymeren worden gebruikt die bijvoorbeeld grote zijketens hebben die elkaar sterisch kunnen hinderen.

Schuim is een geval apart. Schuim is op zich een verzameling van micellen. Waarbij de hydrofobe staart van vele moleculen samen een bel zal vormen. Deze kunnen enkelvoudig, maar ook dubbelvoudig zijn. Er bestaat een volledige wetenschappelijke expertise rond schuimen. Een vereiste voor surfactanten die kunnen schuimen is dat ze zich mooi kunnen ordenen. Dit is het geval met de meeste dispergeermiddelen op basis van vetzuren. De HLB waarde van schuimmiddelen ligt in het midden (rond

de 10) en er bestaan zowel additieven die schuimen stabiliseren en schuimen destabiliseren. Schuim kan een gewenste eigenschap zijn, bijvoorbeeld in shampoo of in het vervaardigen van geschuimde industriële producten (vb. schuimcoatings). Meestal is schuim echter ongewenst. Schuimen zorgen voor het ongewenst inmengen van luchtbelletjes, een slechte verpompaarheid, defecten in coatings, verhoogd volume en is vaak moeilijk weg te spoelen. Er bestaan daarom zeer veel ontschuimers op de markt voor tal van toepassingen. Deze producten hebben zeer lage HLB waarden.

Quillaja Saponaria (Soap Bark) is een natuurlijke schuimmiddel afkomstig van de Soap Bark-boom, die inheems is in centraal Chili. Decyl Glucoside is een milde en zuivere natuurlijke oppervlakte-actieve stof uit 100% hernieuwbare plantaardige bronnen, gemaakt door glucose uit maïszetmeel te laten reageren met decanol uit kokosnoot. Cocamidopropyl Betaine (CocoBetaine), verkregen uit kokosolie, zorgt voor een gladde, zijdezachte textuur en goede schuimvorming en een zeer frequent gebruikt schuimmiddel in de cosmetische sector. Coco Glucoside, een ultra-milde oppervlakte-actieve stof van kokosnoot en fructose, kan gebruikt worden als schuimmiddel, conditioner of emulgator, en is zacht voor de huid terwijl het producten soepel laat aanvoelen. Sodium Cocoamphoacetate, een organische verbinding uit kokosolie, werkt als oppervlakte-actieve stof, schuimversterker en conditioner, wat zorgt voor een zachte en gladde applicatie. Honeyquat, afgeleid van honing, dient als natuurlijk schuimmiddel met hydraterende en conditionerende voordelen, wat de textuur en soepelheid van producten verbetert.⁸

In het verlengde van schuimen bestaan er ook **ontluchters**. Deze producten zijn eveneens tensioactieve stoffen en zorgen er voornamelijk voor dat lucht, dat toegevoegd wordt door bijvoorbeeld inmengen van poeders, kan ontsnappen uit een formulatie. Een bekend fenomeen is dat wanneer poeder wordt toegevoegd aan water, het poeder als een aggregaat samengeklonterd blijft zitten. Het trekt daarbij ook veel lucht in de formulatie. Ontluchters zijn producten die de benatting van clusters van droog poeder vergemakkelijken. Dergelijke producten zijn zeer belangrijk voor processen waar poeders met water gemengd worden, zoals de verfindustrie.



⁸ [Natural Foaming Agents - Mrs Frisbee's All Naturals \(mrsfrisbeesallnaturals.co.uk\)](https://www.mrsfrisbeesallnaturals.co.uk)

Figuur 11: eenzelfde coating met rechts een wetting agent en links zonder wetting agent illustreert dat additieven de benatting van verf of coatings op hun substraten sterk kan verbeteren. (figuur BYK-ALTANA)

Benatters zijn meestal beter bekend onder hun Engelse term: **wetting agents**. Zeker in de verfindustrie is het vormen van een egale verflaag op zijn ondergrond belangrijk. Er is echter een belangrijke parameter die ervoor kan zorgen dat de aangebrachte vloeistof in plekken trekt. Als de oppervlaktespanning van de coatingformulatie hoger is dan deze van de ondergrond gebeurt dit. Aangezien de oppervlaktespanning van water vrij hoog is (72 mN/m) is water eigenlijk een moeilijke vloeistof om op allerlei ondergronden toe te passen. Hoe performant een wetting agent is zal afhangen van hoe sterk het deze oppervlaktespanning kan doen dalen. De meest performante zijn op basis van silicone en kunnen de oppervlaktespanning doen dalen tot 20 mN/m, voldoende om zelfs moeilijke ondergronden te benatten.

Box 19 | de ene zeep is de andere niet, het belang van differentiëren

De Gentse spin-off AmphiStar focust op het ontwikkelen van zeer speciale zeepstoffen, namelijk sophorolipiden. Het is een zeer bijzondere klasse van surfactanten omdat ze ringvormig kunnen zijn of atypische eindstandige carboxylgroepen kunnen hebben. Er bestaan tal van sophorolipiden en het is eigenlijk niet bekend wat hun natuurlijke functie precies is. Sommige bacteriën kunnen tal van verschillende sophorolipiden afscheiden.

AmphiStar
BIOSURFACTANTS

HOME TECHNOLOGY PRODUCTS TEAM JOBS EVENTS NEWS CONTACT

AmphiStar

Making Biosurfactants Mainstream

AmphiStar is the first company to develop, scale-up, produce and sell sophorolipid biosurfactants which are 100% sourced from biobased waste- and side streams. These biosurfactants are amphiphilic molecules which can be applied in home care, personal care, cosmetics, industrial cleaners, textiles, agrochemicals and many more. The latter is possible thanks to e.g. their excellent wetting, degreasing and foaming functionalities, their mildness and non-irritating nature.

Amphistars biosurfactant platform relies on a microbial production process converting nearly any type of biomass into a range of sustainable biosurfactants. Indeed, our waste-based products are not linked to direct land use or deforestation.

We never waste a good waste – we turn it into biochemicals!

AmphiStar is een voorbeeld van valorisatie van afval tot chemicaliën, in dit geval surfactanten, en het is in dergelijke voorbeelden belangrijk om zich voldoende te kunnen differentiëren van de huidige grote groepen van vaak goedkope en reeds biogebaseerde surfactanten. Het verder onderzoeken van deze moleculen en hun eigenschappen naar schuimvorming, benatting, tensio-actieve eigenschappen of andere functionaliteiten als antimicrobieel zullen daarbij van belang zijn.

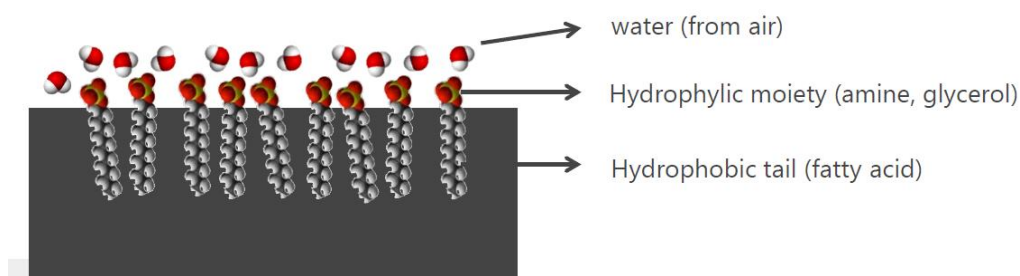
Het industrieel belang en het huidig aandeel van biogebaseerde moleculen dat hierbij gebruikt wordt mag niet onderschat worden. Het gaat om een zeer extreem veelzijdige groep van moleculen. Ter illustratie: Evonik, een van de grootste Europese chemiebedrijven en gespecialiseerd in additieven heeft 404 coatingadditieven in zijn gamma. 42% daarvan zijn surfactanten (pigment wetting, substrate

wetting, defoamers en deaerators). Van deze producten is ongeveer 70% minstens gedeeltelijk biogebaseerd (bron: coatino van Evonik). Het duidt aan dat vooral de sector van de tensioactieve stoffen nu reeds zeer veel biogebaseerde ingrediënten gebruikt. Het gaat in het overgrote deel van de gevallen over oleochemische verbindingen. Het geeft ook aan dat er zeer veel "tailor made" ingrediënten zijn in de speciaalchemie, het is ook specifiek daar dat veel meerwaarde kan gecreëerd worden.

4.13 Antistatica

Antistatica zijn additieven die worden toegevoegd om producten statisch dissipatief te maken. Als voorbeeld wordt vaak dit van big-bags gegeven, dit zijn grote kunststof containers of zakken die in magazijnen hangen, waar door de wind een statische oplading kan gebeuren. Wanneer een operator de zak aanraakt kunnen hevige en gevaarlijke ontladingen gebeuren. Daarom worden antistatische additieven toegevoegd aan veel kunststofproducten die statisch kunnen opladen. Het gaat over zeer diverse producten zoals matten in de mijnbouw, zakken, vloeren, gordijnen, gietvloeren (vb. in operatiekwartieren met gecontroleerde luchtafvoer), enz.

Er is een grote klasse van antistatica die nu reeds gedeeltelijk biogebaseerd is. Het gaat om surfactanten die wanneer ze in kunststoffen verwerkt worden vanzelf naar de oppervlakte migreren. Hun hydrofobe staart zit vast in het hydrofobe polymeer, maar de hydrofiële kop is gericht naar het kunststofoppervlak. Indien deze kop hygroscopisch is, dan kan deze water en vocht uit de lucht aantrekken, wat op zich een voldoende elektrische geleiding kan geven om het polymeer van zijn statische opladingen te ontladen.



Figuur 12: voorstelling werking antistatische additieven

Deze klasse van antistatica zijn enkel toepasbaar wanneer er voldoende luchtvochtigheid is. Er bestaan ook permanent elektrisch geleidende additieven, zoals carbon black, maar deze zijn voor deze toepassing zelden biogebaseerd.

4.14 Ionische vloeistoffen en NADES

Ionische vloeistoffen (IV) zijn zouten die bij of nabij kamertemperatuur vloeibaar zijn. Ze bestaan uit een combinatie van kationen en anionen, en staan bekend om hun unieke eigenschappen zoals lage dampdruk, hoge thermische stabiliteit en vermogen om een breed scala aan stoffen op te lossen. Door deze eigenschappen worden IV gezien als milieuvriendelijkere alternatieven voor traditionele oplosmiddelen. Biogebaseerde ionische vloeistoffen zijn IV die worden geproduceerd uit hernieuwbare grondstoffen. Dit maakt ze aantrekkelijker vanuit een duurzaamheidsperspectief. De belangrijkste hernieuwbare bronnen voor biogebaseerde IV zijn uiteraard voor de anionen een hele reeks organische zuren en vetzuren, kationen zijn typisch moeilijker te vinden en vaak ook toxischer. Ionische vloeistoffen zullen dan ook vaak maar partieel biogebaseerd zijn (het anionische deel). Er bestaan een reeks

biogebaseerde quaternaire ammonium groepen die als kation kunnen dienen in ionische vloeistoffen. Biogebaseerde moleculen (met de aminozuren op kop) kunnen ook zwitterionisch/amfoterisch zijn (zowel een kationische als anionische groep in dezelfde molecuul) en kunnen ook ingezet worden bij de productie van IV.

Deze IV verbeteren de oplosbaarheid van diverse stoffen, waardoor ze geschikt zijn voor extractie, scheiding, en zuivering van chemische verbindingen. Ze kunnen de efficiëntie van katalytische reacties verhogen, wat leidt tot hogere opbrengsten en selectiviteit. Bovendien hebben biogebaseerde IV vaak een lage toxiciteit en vluchtigheid, wat de veiligheid in laboratoria en productieomgevingen bevordert. Hun lage dampdruk maakt hergebruik en recycling mogelijk, wat economisch voordelig is en afval vermindert. Door hun toepassing passen biogebaseerde IV perfect binnen de principes van groene chemie, waardoor ze bijdragen aan duurzamere en milieuvriendelijkere chemische processen.

Aansluitend hieraan bestaan ook de "natural deep eutectic solvents" (NADES), dit zijn oplosmiddelen die ontstaan door het mengen van twee of meer natuurlijke componenten, zoals suikers, organische zuren of aminozuren, in specifieke verhoudingen. Dit mengsel heeft een veel lager smeltpunt dan de individuele bestanddelen. NADES zijn milieuvriendelijk, niet-toxisch en biologisch afbreekbaar, wat ze aantrekkelijk maakt als alternatief voor conventionele oplosmiddelen in groene chemie en biotechnologie.

4.15 Enzymen – witte biotechnologie

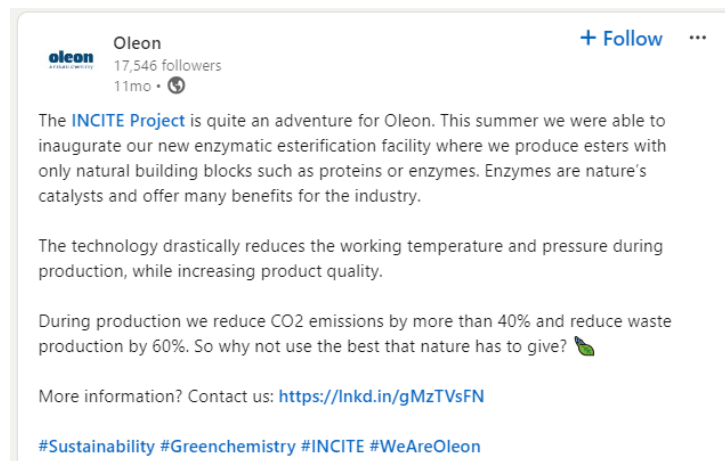
Witte biotechnologie, ook wel industriële biotechnologie genoemd, betreft het gebruik van biologische systemen en organismen om industriële processen te verbeteren. Deze tak van biotechnologie richt zich op het ontwikkelen van efficiëntere en milieuvriendelijkere productieprocessen door gebruik te maken van micro-organismen en enzymen. Het doel is om chemische producten te vervaardigen op een manier die minder energie verbruikt, minder afval produceert en een kleinere ecologische voetafdruk heeft vergeleken met traditionele chemische processen.

Het concept van enzymen kan moeilijk te vatten zijn. Het zijn onzichtbare sub-microscopische kleine fabriekjes die met extreme specificiteit de ene chemische bouwblock omzetten in de andere. Een voorbeeld maakt het duidelijk: "lactase" zet bijvoorbeeld "lactose" (een suiker dimeer) om in zijn monomeren (glucose en galactose). Wanneer het lichaam geen lactase meer aanmaakt, word je "lactose intolerant" en verdraag je melk niet goed meer. Enzymen houden niet enkel in hun biologische context steek. Tussen de miljoenen verschillende enzymen die er bestaan zitten er tal die ook voor de chemische sector nuttig zijn. Ze werken immers met extreme precisie én bij lage temperatuur, zonder de nood voor chemische catalysatoren.

De chemische sector heeft veel baat bij het gebruik van enzymen. Er zijn een aantal grote klassen van enzymen die veel gebruikt worden in (i) de productie van fijnchemicaliën (vb. lipases en esterasen in de oleochemische industrie, zie box), (ii) bio-katalytische processen (vb. omzetten van zetmeel naar suikers) (iii) milieuvriendelijke productieprocessen (vb. het gebruik van nitril hydratase bij de productie van acrylamide), (iv) afvalverwerking (vb. het gebruik van peroxidases om overschotten bleekwater te neutraliseren). (v) detergenten (vb. om vetvlekken te verwijderen), (vi) het gebruik in de voedingsnijverheid (vb. zachter maken van vlees) en (vii) de textielnijverheid (vb. het zachter maken van katoen).

Box 20 | De opmars van witte biotechnologie in de chemische sector

In de oleochemische sector kunnen bepaalde omzettingen op chemische manier gebeuren bij hoge temperatuur en gebruik makend van katalysatoren. In het groeiend aanbod van enzymen zitten een aantal enzymen die bijvoorbeeld esterificatie kunnen doen die een identiek eindproduct levert als het chemisch proces. Het INCITE project (met het Belgische Oleon en onderzoeksinstelling VITO) maakt gebruik van deze nieuwe technologie om CO₂ emissies bij de productie van hetzelfde product met 40% te doen dalen en de afvalproductie met 60%. In het volgende filmpje <https://www.youtube.com/watch?v=i57OvYePLC8> zie je uitgelegd wat deze enzymatische omzetting betekent voor Oleon.



De meeste enzymen worden via biotechnologische weg gemaakt. Dit is aan de hand van genetisch gemodificeerde organismen (vb. *Escherichia coli* of *Pichia pastoris*) die na modificatie bijvoorbeeld enzymen voor de productie van detergents zullen uitscheiden in grote reactoren. Een belangrijk productiecentrum voor dergelijke enzymen bestaat in Brugge bij IFF (het vroegere Danisco, Genencor). Enzymen hoeven niet noodzakelijk via fermentatie gemaakt te worden. Er bestaan belangrijke klassen van proteases die gewonnen kunnen worden uit agrarische stromen, deze zijn voornamelijk tropische onrijpe vruchten zoals papaya en ananas. Er bestaat een belangrijke Belgische producent van dergelijke enzymen (Enzybel).

Het economisch belang van witte biotechnologie en enzymen is niet te onderschatten. De voordelen zijn immers tweërlei, op zich zijn enzymen dure producten met hoge marges, en tegelijkertijd bieden ze toch besparingen voor de chemische bedrijven die ze gebruiken, omdat deze veel besparen op energie en afvalverwerking.

4.16 Oplosmiddelen/solventen

Biogebaseerde solventen, oftewel biobased oplosmiddelen, zijn een groeiende categorie van oplosmiddelen die zijn afgeleid van natuurlijke, hernieuwbare bronnen. De opkomst van deze oplosmiddelen is voornamelijk gedreven door de toenemende vraag naar milieuvriendelijke alternatieven voor traditionele, op petroleum gebaseerde oplosmiddelen. Dit is mede te danken aan striktere milieuregels en een groeiend bewustzijn van de impact van chemische stoffen op het milieu en de gezondheid.

De verschuiving naar biobased oplosmiddelen is een belangrijke stap in de richting van een duurzamere chemische industrie. Zo kunnen minder gewenste solventen zoals THF, NMP, DMF, enz., ondanks hun uitstekende functionaliteit toch vervangen worden met duurzamere alternatieven. Met de voortdurende

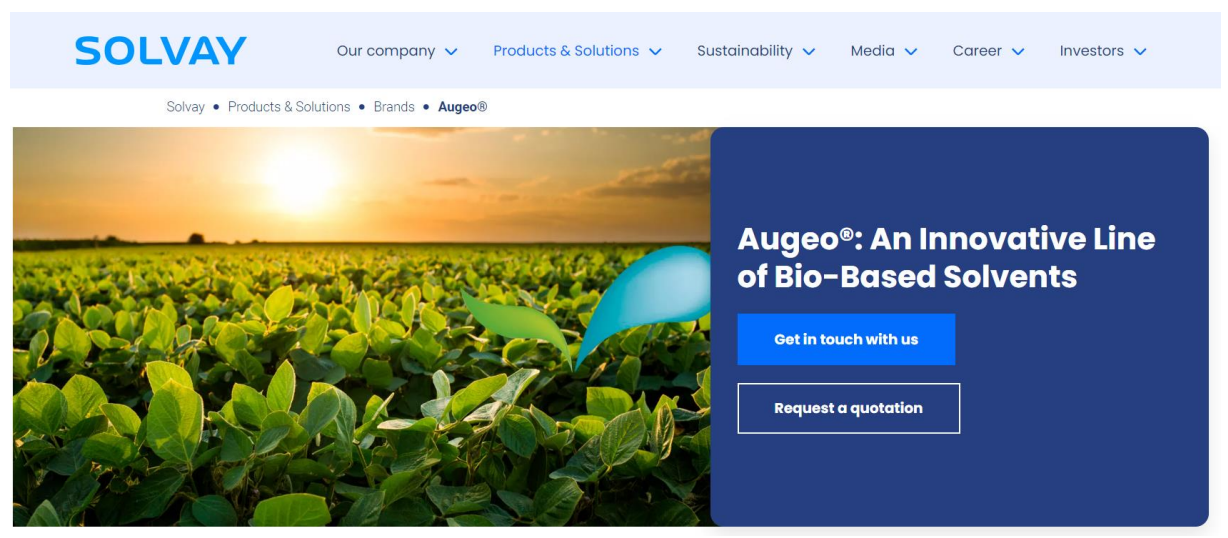
ontwikkeling van nieuwe producten en technologieën, zullen biobased oplosmiddelen naar verwachting een steeds grotere rol spelen in verschillende sectoren, van landbouw tot schoonmaak en coatings.

Een vaak voorkomende klasse van biogebaseerde solventen zijn de zogenaamde 'dibasic esters'. Solventmengsels van zulke esters worden typisch geproduceerd op basis van adipinezuur, glutarzuur, barnsteenzuur (butaandizuur). Deze solventen zijn vaak niet brandbaar, biodegradeerbaar, niet-corrosief en hebben typisch een milde, fruitige geur. Gekende producenten van zulke solventen/solventmengsels zijn Syensqo (Rhodiasolv solventen), Eco-Point, iBiotec (Fast Clean solventen, Neutralene solventen) en Solvay (Augeo).

Het meest gekende voorbeeld van een groen solvent is waarschijnlijk Cyrene, ontworpen als duurzaam alternatief voor NMP en DMF door Circa-group. Ook produceert Lambiotte groene solventen op basis van acetalen, die als alternatief kunnen gebruikt worden voor een hele range aan schadelijkere solventen. We zien ook dat solventen vaak aan zeer specifieke vereisten moeten doen zoals deze die agrochemicaliën moeten oplossen die specifiek biodegradeerbaar moeten zijn en daardoor ook nieuwe biogebaseerde ontwikkelingen op de markt zien komen (vb. PuraSolv green solvent van Corbion)

Box 21 | ecosolventen uit bijproducten

Het Belgische Solvay heeft uit glycerol, een bijproduct uit de biodiesel industrie met weinig meerwaarde een nieuwe familie van performante solventen ontwikkeld onder het Augeo merk. Het is een familie van molecules met hoog oplossend vermogen, weinig geur, geen toxiciteit en snelle biodegradeerbaarheid. Het is een voorbeeld van waar innovatie niet alleen een bijproduct valoriseert, maar ook een productengamma met verbeterde veiligheid oplevert. Het product wordt ingezet voor reinigingsmiddelen, co-solvent voor verbeterde coalescentie, versterker van geurstoffen en oplosmiddel voor kleurstoffen.



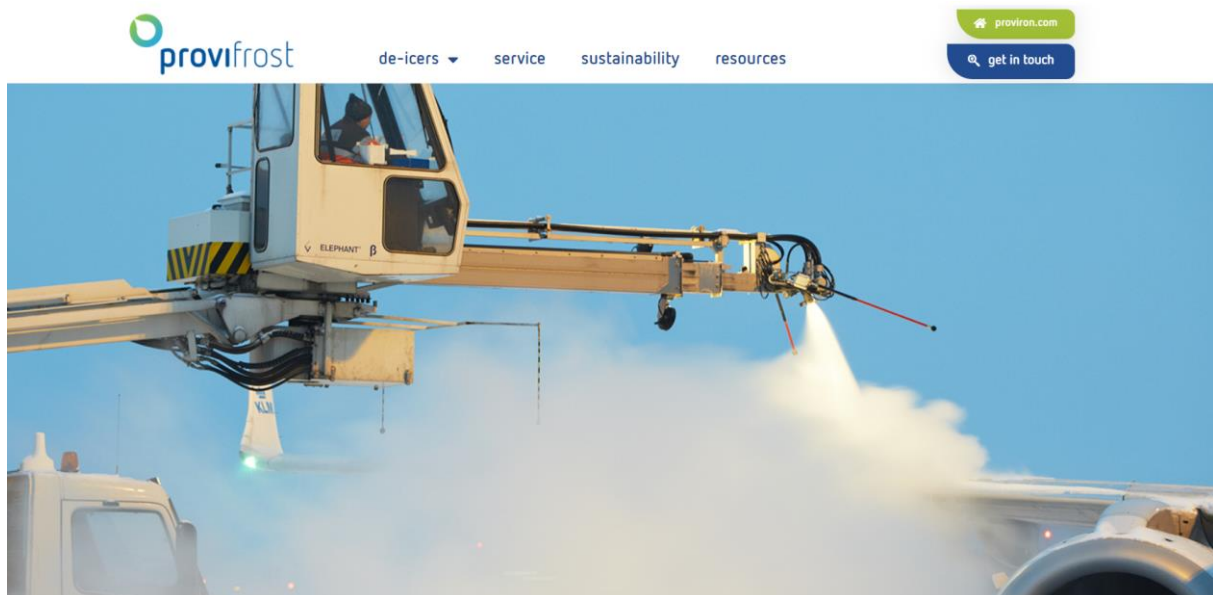
The image shows a screenshot of the Solvay website. At the top, the Solvay logo is on the left, and a navigation menu includes 'Our company', 'Products & Solutions', 'Sustainability', 'Media', 'Career', and 'Investors'. Below the navigation, there is a breadcrumb trail: 'Solvay • Products & Solutions • Brands • Augeo®'. The main content area features a large image of a green field under a sunset sky. Overlaid on the right side of the image is a dark blue box with the text 'Augeo®: An Innovative Line of Bio-Based Solvents'. Below this text are two buttons: 'Get in touch with us' and 'Request a quotation'.

4.17 Deicing-vloeistoffen

Deicing (ontdooi) vloeistoffen zijn essentieel in verschillende sectoren, waaronder de luchtvaart waar ze worden gebruikt om ijsvorming te voorkomen. Traditioneel worden deze vloeistoffen gemaakt van

synthetische chemicaliën zoals ethyleenglycol en propyleenglycol. Deze stoffen hebben een laag vriespunt, waardoor ze ideaal zijn voor gebruik in extreme omstandigheden, maar ze brengen ook milieurisico's met zich mee en kunnen giftig zijn voor mens en dier.

In de zoektocht naar duurzamere en milieuvriendelijkere oplossingen, wordt steeds meer onderzoek gedaan naar biogebaseerde alternatieven voor de-icing fluids. Een van de belangrijkste biogebaseerde componenten die worden onderzocht is glycerol, een bijproduct van de biodieselproductie. Glycerol heeft een laag vriespunt en goede thermische stabiliteit, waardoor het een veelbelovend alternatief is voor traditionele glycolen in zowel ontdooi- als koelvloeistoffen. Het is bovendien biologisch afbreekbaar en minder toxisch, wat het milieuvriendelijker maakt. Het zijn vooral afgeleiden ervan die commercieel ingezet worden, waarbij een belangrijke producent (Proviron) zich in België bevindt. Het produceert er biogebaseerde monopropylene glycol (MPG) voor de-icing fluids voor vliegtuigen. Een ander voorbeeld is propaan-1,3-diol, een biogebaseerde glycol die kan worden gewonnen uit hernieuwbare bronnen zoals maïs. Deze stof wordt ook steeds vaker gebruikt in koelvloeistoffen vanwege zijn uitstekende thermische eigenschappen en lagere milieu-impact in vergelijking met synthetische alternatieven.



Figuur 13: de-icing fluids worden op grote schaal ingezet om vliegtuigen te vrijwaren van ijs vooraleer ze opstijgen. Het Belgische Proviron heeft produceert hiervoor biogebaseerd MPG.

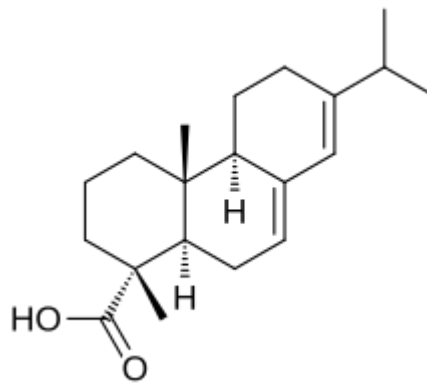
Daarnaast worden natuurlijke antivriesmiddelen, zoals die in bepaalde planten en insecten worden aangetroffen, onderzocht voor hun mogelijke toepassingen in ontdooivloeistoffen. Deze stoffen kunnen ijsvorming remmen zonder de nadelen van traditionele chemicaliën, zoals milieuverontreiniging. Hoewel biogebaseerde alternatieven nog in ontwikkeling zijn en vaak nog niet dezelfde prestaties leveren als synthetische opties, bieden ze veelbelovend potentieel. Ze dragen bij aan het verlagen van de ecologische voetafdruk van ontdooien en koelen, en vormen een stap richting duurzamere industriële processen.

4.18 Tackifiers

Tackifiers zijn chemische producten die toegevoegd worden aan allerhande adhesieven om hun kleefkracht aan te passen. Het is een typisch additief voor adhesieven (vooral de pressure sensitive

adhesives (PSA), dit zijn de adhesieven die kleven wanneer je erop drukt) en hotmelt lijmen. Het belang van tackifiers bij adhesieven is zeer groot omdat het niet alleen de kleefkracht verbetert, maar ook de temperatuursrange waarin een adhesief kan worden gebruikt zal vergroten. Een typisch adhesief wordt voornamelijk gekenmerkt door twee parameters: (i) de tack/kleefkracht, die weergeeft hoe sterk een lijm kleeft wanneer je erop duwt en (ii) shear/afschuifweerstand, die aangeeft hoe sterk een lijm weerstaat aan afglijden. Adhesieven hebben een relatief klein temperatuurbereik waarin ze te gebruiken zijn, onder hun glastransitietemperatuur zijn ze te broos om te kleven, terwijl ze bij te hoge temperatuur te slap worden om nog voldoende shear te hebben.

Tackifiers zijn van relatief groot economisch belang omdat ze vaak het duurste ingrediënt van een adhesieve formulatie vormen. Bovendien worden ze vaak in grote concentraties gebruikt (10-40%). Ze zijn vandaag reeds grotendeels biogebaseerd, en voornamelijk bekend van dennenhars (colofon), het typische hars dat bij verwonding uit bepaalde dennenbomen gewonnen kan worden. Het bestaat voornamelijk uit abietic acid.



Figuur 14: dennenhars (links) is het typisch amberkleurig sap dat bij verwonding uit dennenbomen kan geïsoleerd worden. Het bestaat voornamelijk uit abietic acid (rechts)

Meestal wordt dennenhars gedehydrogeneerd (dubbele bindingen verwijderen) omdat het hars daarbij kleurloos wordt. Verder komen ze zeer vaak voor als verbinding met glycerol of pentaerythritol, waarbij het iets andere eigenschappen of betere compatibiliteit in formulaties kan opleveren. Het zuivere product is vaak vast met een smeltpunt van tussen de 40 en 80°C en wordt ofwel gedispergeerd of opgelost in weekmaker of solvent om toe te voegen aan adhesieve formulaties.

Eén van de problemen bij dennenhars is zijn allergeniciteit. Naast abietic acid wordt immers ook een kleine fractie proteïne mee geëxtraheerd en ongeveer 1-4% van de bevolking is hier allergisch aan. Het is een van de redenen waarom veel hoogwaardige toepassingen (vb. medische adhesieven) alternatieven zoeken voor dennenhars. Deze kunnen synthetisch zijn, maar een biogebaseerd succesverhaal zijn de polyterpenen, die bijvoorbeeld uit limoneen kunnen gepolymeriseerd worden. Limoneen is van dergelijk belang dat in VS en Europa appelsienenschillen niet langer als afval worden beschouwd. Of dergelijke ingrediënten ook in Vlaanderen kunnen worden geoogst vergt meer onderzoek, terpenen vormen immers een brede klasse aan chemische componenten en zijn vaak aanwezig in een olie-mengsel die vaak als etherische olie wordt herkend (vb. van appelsienen, tijm, lavendel, hoppe, rozemarijn), er bestaan ook eerder experimentele gewassen (vb. paardenbloem) die belangrijke terpeen-fracties

bevatten. Bovendien zal voor elk van deze terpenen vrijwel zeker een chemische verwerking nodig zijn om tot een tackifier te komen.

Tackifiers worden zeer vaak ingezet voor adhesieven en hotmelts, maar eveneens voor cosmetische producten (vb. ontharingsproducten) en in een aantal andere nichetoepassingen zoals soldeersel, waarbij het verbeterde verwerking geeft (vb. betere flux en minder afglijden van vloeibaar metaal op printplaten).

4.19 Polyolen

Polyolen, ook bekend als polyalcoholen, zijn een veelzijdige klasse van verbindingen met meerdere hydroxylgroepen (-OH) die veelvuldig worden gebruikt in de chemische industrie. Hun unieke eigenschappen maken ze geschikt voor een breed scala aan toepassingen, vooral voor coatings, inkt en verven.

Theoretisch gezien kunnen zeer veel moleculen als een polyol gezien worden. Een technisch bruikbaar polyol heeft echter enkele voorwaarden. Het gaat over moleculen met een stoichiometrisch zeer gecontroleerd aantal OH groepen (meestal 2, de diolen). Bovendien zijn de meest waardevolle diolen grote complexe moleculen (prepolymeren) die zeer divers kunnen zijn. Deze kunnen worden ingezet om verder te polymeriseren tot polyurethanen (PU) of alkydharsen. Zeker de polyurethanen zijn bekend als zeer duurzaam polymeer dat ingezet wordt voor tal van verschillende toepassingen (verven, coatings, laarzen, schoenzolen, schuimen, gietvloeren, enz.). De diversiteit van polyurethanen is veel groter dan bij veel andere polymeren en zal sterk afhankelijk zijn van het gebruikte polyol. De biogebaseerde polyolen zijn bijna uitsluitend "polyester polyolen" wat aangeeft dat het gaat om een oligomere vrij grote molecule dat veresterd werd uit kleinere moleculen. In het geval van diolen worden thermoplastische polyurethanen bekomen. Indien het polyol meer dan 2 OH-groepen bezit, zal er meer vernetting optreden en zal het resulterend polyurethaan thermoset zijn.

De belangrijkste biogebaseerde bouwblokken voor polyolen zijn deze uit de oleochemie. Specifiek vetzuren die vanuit de natuur reeds hydroxylgroepen bevatten (zoals ricinusolie en castor olie) zijn bijzonder relevant in de productie van polyolen. Verder worden ook heel vaak dizuren (vaak sebacaat afgeleid uit castor olie) ingezet om te polymeriseren tot een polyester polyol samen met een klein diol (vaak uit glycerol of ethyleen glycol of propaandiol). Deze reacties worden vaak uitgevoerd door oleochemische bedrijven (vb. het Belgische Oleon, maar ook andere oleochemische bedrijven als Croda, Vertellus, Alberdink-Boley).

Biogebaseerde polyolen komen niet uitsluitend uit de oleochemie. Er zijn een aantal voorbeelden van polyolen uit fermentatieproducten van suiker worden gemaakt. Voorbeelden zijn polyolen op basis van melkzuur of succinaat, beide fermentatieproducten van glucose. Daarnaast zijn er bedrijven gespecialiseerd in het vervaardigen van polyolen uit sorbitol (de isosorbides van Roquette).

Zowel polyurethanen als alkydharsen zijn reactieproducten tussen een polyol en een "verharder". In het geval van polyurethanen is dit een isocynaat (waarbij bijna geen biogebaseerde alternatieven bestaan), in het geval van alkydharsen een dizuur, wat momenteel zelden biogebaseerd is. Alkyd verven zijn zelf-drogende verven die nog zeer vaak als houtverven en vernis worden ingezet. Er is een trend naar de "biogebaseerde verven" zichtbaar, maar heel vaak zijn deze verven nog maar partieel biogebaseerd en het is meestal het polyol dat voor de biogebaseerde content zorgt.

Naast hoogmoleculaire diolen bestaan nog veel kleine molecules die als polyol worden verkocht voor toepassingen in de voeding of farmaceutica. Het gaat om polyolen op basis van bijvoorbeeld maltitol, mannitol, xylitol, etc. en dus heel vaak "speciality carbohydrates". Deze kunnen eventueel ook gemodificeerd worden tot brandvertrager door fosfaat- en ammoniumgroepen te incorporeren.

4.20 Smeermiddelen

Smeermiddelen vormen een industrie op zich. Er zijn tal van gespecialiseerde firma's die mengsels van oliën maken waarbij bepaalde eigenschappen vereist zijn. Vaak gaat het over het behouden van viscositeiten op bepaalde temperaturen waarbij wrijving optreedt tussen materiaalonderdelen.

Er bestaat een tendens waarbij smeeroïlen terug meer met biologische oliën en vetzuren worden vervaardigd. Vaak is dit omdat smeeroïlen "opgebruikt" worden en in de natuur verspreid kunnen worden.

De smeermiddelenindustrie gebruikt niet alleen oliën als grondstoffen, maar hebben ook nood aan verdikkers, stabilisatoren, antioxidanten en andere additieven. Het Amerikaanse Chevron heeft onder zijn divisie Artec in België productie en R&D activiteiten voor smeermiddelen en koelvloeistoffen.

4.21 Reologische additieven

Reologische additieven spelen een cruciale rol in de verwerking van veel vloeibare chemicaliën. Ze zijn stevast aanwezig in o.a. inkt, coatingpasta's, sauzen, emulsies, smeermiddelen en bouwmaterialen (crepie, smeercement en plaaster). Deze additieven zijn ontworpen om de stromingseigenschappen en mechanische prestaties van materialen te optimaliseren, wat leidt tot verbeterde verwerkbaarheid, consistentie en eindproductkwaliteit.

Reologieadditieven zijn chemische stoffen die aan een formulering worden toegevoegd om de viscositeit, stroming, en stabiliteit van het product te controleren en te verbeteren. Deze additieven beïnvloeden hoe een materiaal reageert op krachten en hoe het stroomt onder verschillende omstandigheden. Reologieadditieven werken uitsluitend voor bepaalde klassen van chemieën (vb. watergebaseerd, solvent gebaseerd, high solid). Heel vaak zijn het synthetische polymeren met een affiniteit voor zijn matrix. Een zeer grote en belangrijke klasse voor watergebaseerde chemieën zijn de polysacchariden (zie eerder). Vaak voorkomend in de chemische industrie zijn cellulosederivaten (vb. carboxymethylcellulose), maar bepaalde polysaccharide verdikkers hebben zeer specifieke eigenschappen waardoor er een grotere meerwaarde voor wordt betaald. Voorbeelden zijn verdikkers die specifiek werken wanneer de oplossing warm is, verdikkers die zeer specifiek bij bepaalde temperaturen een hoge of net lage viscositeit hebben (vb. gellan gum), verdikkers die thixotropie leveren (vb. voor crepie), verdikkers die films vormen (vb. acasiagom), verdikkers die emulsies stabiliseren (vb. negatief geladen alginaten), verdikkers met antimicrobiële werking (vb. chitosan), verdikkers die zeer egale films vormen (voor in verven) en ten slotte de producten die vloeistoffen niet verdikken, maar het uitzakken van partikels tegengaan (vb. microfibrillaire suspensies voor spray-toepassingen). Reologieadditieven worden typisch in zeer kleine hoeveelheden toegepast. Verdikkers als carboxymethylcellulose kunnen zeer goedkoop zijn, maar wanneer een verdikker specifieke eigenschappen heeft kunnen het vrij dure additieven worden (vb. acasiagom of alginaten).

Ook verdunners worden vaak toegepast. Dergelijke additieven zorgen ervoor dat de viscositeit daalt. Dat kan van belang zijn als de verwerking zeer lage viscositeiten vereist (vb. in sprays). Dikwijls is het ook belangrijk verdunners toe te passen om meer goedkoop vulmiddel te kunnen toevoegen (vb. kalk). Viscositeitsverlagende additieven worden eerder toegepast in high-solid formulaties waar voor een of andere reden geen solvent kan worden toegevoegd. Het zijn daardoor zeer vaak hydrofobe formuleringen zoals epoxy-gietvloeren, 2-componentssystemen, PVC plastisol, katten en sealants. Vaak wordt een weekmaker gebruikt, maar soms wordt ervoor gekozen de combinatie van een disperseermiddel met een inert traag verdampend exuderend solvent te gebruiken. Typische voorbeelden zijn benzine-achtige componenten, ze zijn voldoende inert om niet te reageren met de componenten, zullen wanneer de chemie uit gehard is migreren naar de oppervlakte en van daar traag verdampen. **Deze synthetische producten zijn zeer vaak toxisch en we zien op de markt milieuvriendelijke biogebaseerde alternatieven verschijnen** die meestal een mengsel zijn van een partieel biogebaseerd disperseermiddel en een type biodiesel.

Aquafaba is een waardevol ingrediënt in de voedingsindustrie, vooral vanwege zijn veelzijdige functionele eigenschappen zoals schuimen, emulgeren en geleren. Deze eigenschappen maken het bijzonder geschikt voor het creëren van complexe en innovatieve voedingsmiddelen. Aquafaba ontstaat tijdens het koken of inblikken van peulvruchten, zoals kikkererwten. Het is de vloeistof die overblijft nadat de peulvruchten zijn gekookt in water. Deze vloeistof bevat oplosbare eiwitten, zetmelen en andere componenten die bijdragen aan de unieke functionele eigenschappen van aquafaba. Hoewel het gebruik van ingelaste kikkererwten als bron voor aquafaba populair is, blijkt commerciële productie op basis van blikafval niet haalbaar. Dit komt omdat industriële processen consistentie vereisen en er ook een nuttige toepassing moet zijn voor het overgebleven kookzaad. Dit werd beschreven in een paper door He et al.⁹

Clariant heeft in zijn portfolio een natuurlijk reologisch additief, Plantasens Biogum Tara. De actieve plantaardige stoffen in Plantasens® Biogum Tara zijn voornamelijk tara-gom, een polysaccharide die uitstekende gelaagdheid en textuureigenschappen biedt. Deze gom werkt als een effectieve verdikker en stabilisator, wat essentieel is voor de juiste consistentie en prestaties van cosmetische producten zoals crèmes, lotions en gels. De tara-gom is bekend om zijn vermogen om een mooie, gelijkmatige textuur te creëren zonder de ongewenste klonterigheid die soms bij andere natuurlijke verdikkingsmiddelen kan optreden.

De keuze voor tara-gom in plaats van andere verdikkingsmiddelen is bijzonder waardevol omdat het een lage ecologische impact heeft. Het is volledig biologisch afbreekbaar en biedt een duurzame oplossing in lijn met de groeiende vraag naar milieuvriendelijke en plantaardige ingrediënten in de cosmetica-industrie. Door de herkomst en eigenschappen van de tara-gom, draagt Plantasens® Biogum Tara bij aan zowel de milieuvriendelijkheid als de prestaties van cosmetische producten.

Het onderzoek van Méheust et al. toont aan dat bio-gebaseerde polyesters, specifiek polyricinoleaat (PRic) en polyhydroxystearaat (PHS), effectieve viscositeitsmodificatoren kunnen zijn voor smeeroliën. Beide polymeren, gesynthetiseerd uit vetzuur-methylesters via bulkpolycondensatie, vertonen een breed scala aan moleculaire gewichten en goede thermische stabiliteit heeft. Bij de reologische tests bleek dat PRic met een moleculair gewicht boven 25 kg·mol⁻¹ verstrikt raakt, en PHS met hoge moleculaire gewichten bleek een uitstekende verdikker en viscositeitsindexverbeteraar, met een aanzienlijke

⁹ [Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications - ScienceDirect](#)

verbetering van de viscositeitsindex in zowel organische als minerale smeeroïlen. Polyricinoleaat (PRic) komt van ricinusolie, terwijl polyhydroxystearaat (PHS) kan worden gemaakt van vetzuren uit verschillende oliehoudende planten zoals soja, zonnebloem, en palm.¹⁰

De studie van Duval et al. onderzoekt het potentieel van stereoisomeren van 2,3-butanediol (2,3-BDO) als ketenverlengers in thermoplastische polyurethanen (TPU's). 2,3-BDO kan biotechnologisch worden geproduceerd uit suikers of lignocelluloserijke biomassa, zoals maïs of hout. De fatty acid dimers in de TPU's zijn afkomstig van plantaardige oliën, zoals soja- of zonnebloemolie, terwijl 4,4'-methylene bis(phenyl isocyanate) synthetisch wordt vervaardigd.¹¹

4.22 Bioplastics en bindmiddelen (polymeren)

Er zijn heel wat biopolymeren beschikbaar. We bespreken hier enkele meer belangrijke voorbeelden. Belangrijk in de context van biopolymeren is dat sommige thermoplastisch zijn en blijven (ze hebben een smeltpunt) en dat sommige niet meer hersmeltbaar zijn na verwerking (vb. epoxy). Ze zullen uiteraard volledig andere verwerkingsmethodes hebben.

Veel biopolymeren zijn het reactieproduct van monomeren, waarbij de grondstof meestal niet veel kost. Het is dan ook vaak suiker (PLA, bioPE, bioPET, bioPVC) of een bepaalde olie (bioPA, bioPU, PHA, epoxy) die aan de basis ligt van het polymeer.

In het geval van polymeren gemaakt uit suikers is de fermentatietechnologie de drijfveer, het gaat om fermentatie tot melkzuur (PLA) of ethanol (bioPE, bioPET, bioPVC) in het geval van suikers. Daarbij zijn vaak niet veel aanbieders omdat de keten om vanuit suikers polymeren te maken complex kan zijn. In het geval van PLA zijn slechts drie grote aanbieders (NatureWorks, TotalCorbion en het Belgische Futerra, die echter geen grootschalige productie in België heeft). In het geval van ethanol gebaseerde polymeren is het Braskem die in Brazilië produceert en waar suikerriet aan de basis van goedkope ethanolproductie ligt. Ethanol kan vrij gemakkelijk gedehydrateerd worden tot ethyleen, de bouwblok die gebruikt wordt voor de productie van polyethyleen of polyethyleneglycol. Polyethyleen is op zich geen high-performance polymeer en dan ook niet echt een duur polymeer.

In het geval van oliën is het zeer vaak castor olie die gebruikt wordt, ook daar ligt de productie zelden tot nooit in Europa, maar vooral in India. Speciaal aan deze olie is dat deze gesplitst kan worden in 11-aminoundecanoic acid en sebacaat, de bouwblokken van respectievelijk PA10 en PA11. Deze polymeren zijn extreem duurzaam, met exceptionele sterktes en resistentie t.o.v. alkali. Het toont aan dat biopolymeren zeker niet altijd laagwaardig moeten zijn. PA11 is een duur polymeer waarvan Arkema de productie vlot blijft opschalen, omdat de eigenschappen ervan zeer hoogwaardige slijtvaste en sterke polymeren oplevert.

Ook bij coatings, gietvloeren, 2K mastieken en injection molding resins kunnen biogebaseerde polymeren zeer hoogwaardig zijn, dit is het geval voor biogebaseerde epoxy en PU systemen. Zeker bij de epoxy 2K systemen is één component al lange tijd bij veel types een biogebaseerde component. Het gaat daar om de geëpoxideerde oliën (voornamelijk uit lijnzaadolie en soja-olie) en vooral polyonverzadigde vetzuren zijn daar inzetbaar. PU harsen zijn eveneens zeer duurzaam en veelzijdig en

¹⁰ [Bio-Based Polyricinoleate and Polyhydroxystearate: Properties and Evaluation as Viscosity Modifiers for Lubricants | ACS Applied Polymer Materials](#)

¹¹ [2,3-Butanediol as a Biobased Chain Extender for Thermoplastic Polyurethanes: Influence of Stereochemistry on Macromolecular Architectures and Properties | Macromolecules \(acs.org\)](#)

worden in deze studie beter beschreven onder de rubriek polyolen, die de voornaamste bouwblok van PU zijn.

Box 22 | het Belgische Solar team heeft oog voor performante biogebaseerde polymeren

Epoxy-coatings en harsen zijn zeer vaak gebruikte producten in het vervaardigen van lichtgewicht composieten. Een zeer vaak gebruikt product - epichlorohydrine – wordt reeds lange tijd uit fossiele grondstoffen vervaardigd en wordt op grote schaal ingezet bij de productie van deze harsen.

Door de overvloedige productie van biodiesel, waar glycerol als restproduct in zeer grote volumes vrijkomt, is er steeds meer onderzoek naar productie van allerhande chemicaliën uit glycerol. In dit geval gaat het om epichlorohydrine productie. Het geeft een duurzaam alternatief dat hier ook door het Belgische solar team werd ingezet in hun prototype.



<https://www.solarteam.be/nl/nieuws/hoog-performante-duurzaamheid-met-bio-gebaseerde-epichlorohydrin>

Bovenstaande voorbeelden duiden aan dat biogebaseerde polymeren zeker en vast geen natuurlijke polymeren hoeven te zijn, de bovenstaande voorbeelden zijn allemaal synthetisch, maar gebruiken uitsluitend biogebaseerde grondstoffen. De meeste ervan zijn ook helemaal niet biodegradeerbaar, het is een algemene misvatting dat biogebaseerde polymeren ook biodegradeerbaar zouden zijn.

Een ander goed gekend voorbeeld van een biopolymeer is dat van drogende oliën. Deze worden reeds oudsher ingezet voor het behandelen van hout en als verf bijvoorbeeld bij de oude Vlaamse meesters. De dubbele bindingen die voorkomen in onverzadigde oliën kunnen oxideren en daarbij covalente bindingen met elkaar maken. Opdat dit kan gebeuren moet de olie voldoende polyonverzadigd zijn. Dit is het geval bij lijnzaadolie, maar ook enkele andere oliën zoals tung oil en ook goudsbloemolie behoren tot de drogende oliën. Belangrijk om het proces te versnellen zijn katalysatoren die meestal tot de zware metalen behoren (vb. mangaanionen), wat bij de drogende oliën een aandachtspunt kan zijn. Het belang van drogende oliën in de houtbescherming is sterk verminderd, maar er bestaan nog een aantal nichespelers, zoals het Belgische Rubio Monocoating die actief zijn in deze sector.

Natuurlijke polymeren bestaan uiteraard ook. Een bekend voorbeeld en één van de eerste polymeren die breed gebruikt werden in natuurrubber, die voortkomt uit een plantensap bestaande uit terpenen

die snel kunnen polymeriseren tot een film die de wonde van de plant kan dichten. Dergelijke sappen komen in meerdere planten voor, maar zijn vooral bekend van de rubberboom (*Hevea sp.*), die niet in Vlaanderen groeit. Er zijn in Vlaanderen wel gewassen die gelijkaardige rubberemulsies kunnen opleveren (vb. paardenbloem), maar kost-gewijs is het moeilijk te vergelijken met rubber-sap dat ongeveer 2 à 3 € per liter kost. Er zijn voor terpenen nog andere toepassingen (vb. tackifiers) waarbij een grotere meerwaarde kan geboekt worden.

Een ander interessant type natuurlijk voorkomend biopolymer is "polyhydroxyalkanoaat" (PHA), het is een bacterieel polymeer dat door bepaalde klassen van bacteriën wordt aangemaakt wanneer ze wel voldoende voeding hebben, maar niet de condities om aan celdeling te doen. In dergelijke omstandigheden zullen de bacteriën de beschikbare voeding opnemen en omzetten in granules (genaamd carbonosomen), die eigenlijk een kleine korrel van PHA polymeren vormt. PHA is een verzamelnaam van polymeren, bacteriën maken immers allerhande varianten van hetzelfde polymeer. Het zorgt ervoor dat de dag van vandaag veel verschillende graden van PHA (PHB, PHBV, PHBH, PH3HB4HB, enz.) beschikbaar zijn om te verwerken in allerlei kunststoftoepassingen.

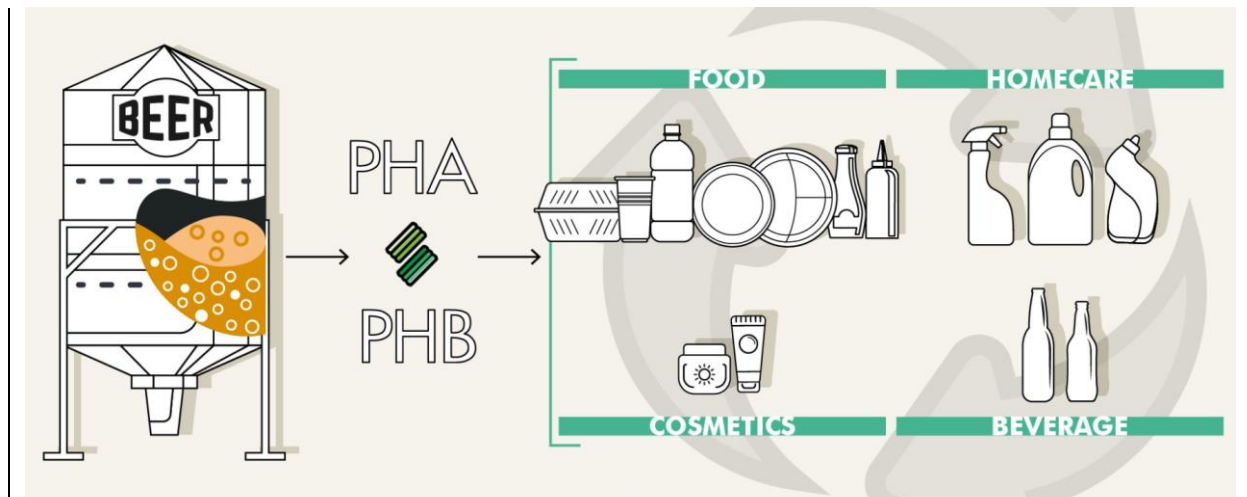
PHA wordt de dag van vandaag nog vooral geproduceerd uit palmolie. **Interessant zijn de talrijke initiatieven (ook via Horizon Europe projecten) waarbij PHA geproduceerd wordt uit afvalstromen zoals rioolslib, groenafval, melkafval, brewer's spent grain, enz (zie box).** De conversiegraad van suikerhoudende reststromen is traditioneel lager dan deze van vethoudende afvalproducten. Enkele producenten geven ook aan dat ze zelf zeer succesvolle proeven hebben lopen met het gebruik van afvalolie, waaronder de Belgische divisie van de Japanse producent Kaneka. Kaneka produceert in België op kleine schaal PHA, maar op veel grotere schaal in Japan. Omdat Europa de grootste afnemer wereldwijd is van PHA, heeft Kaneka in België belangrijke compoundingfaciliteiten voor PHA. Het mengt er verschillende types PHA samen om zo graden te bekomen die inzetbaar zijn voor verschillende verwerkingsmethodes zoals filmproductie, injection molding of extrusie.

Box 23 | Biopolymeren uit afval, een interessante piste?

Onderzoek en ontwikkeling (R&D) speelt een cruciale rol in het bereiken van Europa's doelstellingen om meer te vertrouwen op groene chemie en biogebaseerde producten. Verschillende projecten tonen aan hoe afvalbronnen effectief kunnen worden ingezet voor de productie van waardevolle biogebaseerde materialen zoals PHA (Polyhydroxyalkanoaat).

In het Europese Interreg-project WOW! wordt aangetoond dat het technisch haalbaar is om grondstoffen uit rioolwater te halen en deze te gebruiken voor de productie van PHA via fermentatie. Dit project laat ook zien dat er een markt is voor deze materialen en richt zich op het wegnemen van wettelijke belemmeringen voor markttoegang.

Een ander project, BioSupPack, streeft ernaar om nieuwe, economische en hoog presterende biogebaseerde verpakkingsopties op basis van PHA op te schalen. Dit project onderzoekt de mogelijkheid om bijproducten uit de brouwerij-industrie, zoals brewer's spent grain, te gebruiken als fermentatiegrondstof voor de productie van PHB (een soort PHA). Daarnaast werkt het project aan de verbetering van de eigenschappen van PHA-gebaseerde verpakkingen en aan het hergebruik en de recycling ervan.



Tot slot richt het Nenu2PHAr-project zich op de ontwikkeling van een innovatieve route om PHA te produceren uit duurzame en hernieuwbare bronnen, zoals microalgenbiomassa met CO₂ als koolstofbron. Deze projecten illustreren hoe R&D kan bijdragen aan de transitie naar een duurzamere economie door het ontwikkelen van biogebaseerde alternatieven voor fossiele brandstoffen. De auteurs van dit document zijn actief betrokken bij de projecten Biosuppac en Nenu2PHAr en ontwikkelden er gepatenteerde technologie om PHA te verwerken in coatings.

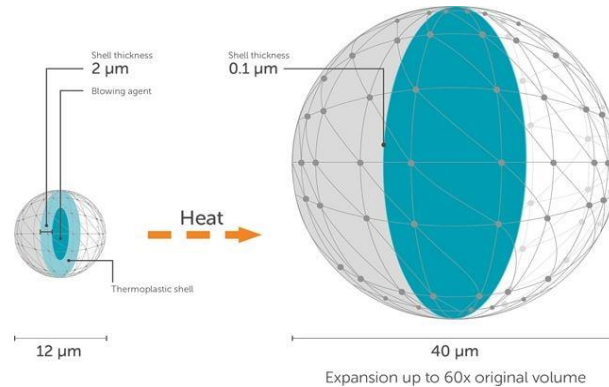
Omdat PHA een natuurlijk product is, zal het zeer snel afgebroken worden door de natuur. De biodegradeerbaarheid van PHA is verzekerd in haast alle omstandigheden (van compost tot zout water), wat het belang benadrukt van de rol van organismen in de biodegradeerbaarheid van kunststoffen. PHA is de klasse van biopolymeren dat een van de sterkste groei vertoont in prospecties van European bioplastics, een federatie van de bioplastics. Het kan daarom interessant zijn om de kunststofindustrie in Vlaanderen en Europa op tijd te laten kennis maken met deze relatief nieuwe types van kunststoffen.

4.23 Blaasmiddelen

Blaasmiddelen zijn typisch producten die onder invloed van temperatuur zullen ontleden in gasvormige componenten. Ze worden ingezet om polymeerschuimen te maken voor verpakkingsmaterialen, demping- of isolatiematerialen. Typische blaasmiddelen zijn poeders als ADCA (azodicarbonamide) die onder invloed van hoge temperatuur vervallen in N₂, CO en CO₂ en daarbij zeer grote volumes lucht creëert. ADCA werd onder invloed van de wetgever op de SHVC lijst geplaatst, waardoor onderzoek naar (biogebaseerde) alternatieven een boost heeft gekregen. De biogebaseerde producten zijn slechts partieel biogebaseerd en zijn een combinatie van bicarbonaten (bakpoeder) en organische zuren. Afhankelijk van de partikelgroottes, composities en stabilisatoren kunnen ze nu eveneens in een brede range worden ingezet.

Een ander zeer frequent gebruikt blaasmiddel is pentaan-isopentaan blends, het is een vloeistof met een laag kookpunt dat vooral in polystyreen wordt ingezet, door ze boven het kookpunt te brengen komen ze in de gasfase waarbij schuimen worden gevormd. Voorbeelden met eenzelfde mechanisme zijn CO₂, water en de schadelijke CFC's (chlorofluorocarbonen), afhankelijk van de procestemperaturen om de schuimen te maken wordt een ander blaasmiddel ingezet en er zijn biogebaseerde alternatieven (vb. methyl formaat), maar ze worden maar sporadisch ingezet.

Als alternatief voor blaasmiddelen komen nu ook vaak microcapsules naar voor die expanderen (vb. expancel van Nouryon (ex. AkzoNobel), die ook aankondigde dat er nieuwe varianten op basis van biopolymeren in ontwikkeling zijn. Natuurlijke schuimen bestaan eveneens, kurk is zo'n voorbeeld en kan gemakkelijk aangewend worden voor de productie van vb. drijvende structuren waar een gesloten celstructuur gewenst is.



Figuur 15: microcapsules in de plaats van blaasmiddelen, waarbij de capsule uit biogebaseerde polymeren kan bestaan (figuur Nouryon)

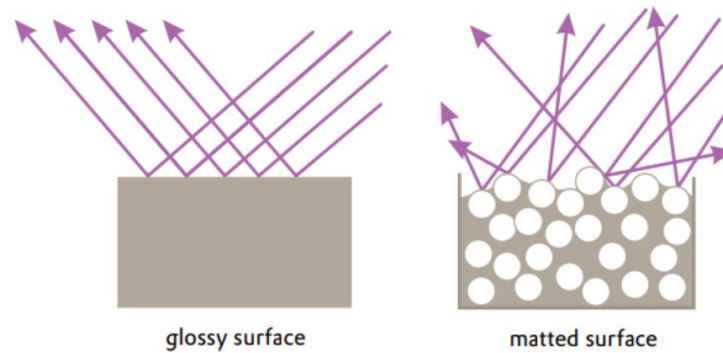
Alternatief voor blaasmiddelen zijn de schuimmiddelen, waar veel biogebaseerde alternatieven bestaan. Deze worden hier besproken bij de surfactanten.

Blaasmiddelen zijn belangrijk omdat ze het mogelijk maken om lichte materialen te creëren met uitstekende thermische en akoestische isolatie-eigenschappen, wat cruciaal is in sectoren zoals de bouw en de auto-industrie. Ze verminderen de hoeveelheid benodigde grondstoffen, wat kostenbesparend werkt, en zorgen voor producten met hoge schokabsorptiecapaciteit, essentieel voor verpakkingen van breekbare goederen. Bovendien verbeteren ze de flexibiliteit en het comfort van consumentenproducten zoals matrassen en sportuitrusting, wat hen onmisbaar maakt in een breed scala aan toepassingen.

4.24 Matteringismiddelen

Matteringismiddelen zijn additieven die aan coatings, verven, kunststoffen en andere materialen worden toegevoegd om een matte of niet-glanzende afwerking te verkrijgen. Ze worden veel gebruikt in de verf- en coatingindustrie, maar ook in drukinkt, cosmetica en kunststoffen om het uiterlijk en de oppervlakte-eigenschappen van een product aan te passen. Het gebruik van matteringsmiddelen is essentieel voor situaties waarin een hoge glans ongewenst is, bijvoorbeeld om verblinding te verminderen of om esthetische redenen.

Matteringismiddelen werken door de structuur van het oppervlak van een coating of kunststof te veranderen. Ze creëren microscopische onregelmatigheden op het oppervlak, die het invallende licht verspreiden in plaats van het te reflecteren, wat resulteert in een matte uitstraling. Dit effect kan worden bereikt door toevoeging van verschillende typen deeltjes, zoals silica, was, polymeerbolletjes of organische en anorganische stoffen. **Er zijn een aantal biogebaseerde partikels die in aanmerking komen zoals natuurlijke wassen, partikels van biopolymeren (PLA, PHA), en allerhande biogebaseerde partikels.** Er zijn echter een aantal belangrijke parameters waaraan matteringsmiddelen moeten voldoen, ze zijn best kleurloos, resistent tegen de gebruikte procestemperaturen, moeten uit het oppervlak te steken en gemakkelijk dispergeren.



Figuur 16: lichtrefractie op een oppervlakte zal helemaal anders zijn met wanneer matteringsmiddelen werden gebruikt (figuur: Evonik)

Het type matteringsmiddel, de deeltjesgrootte en de concentratie bepalen de mate van mattering en de gladheid van het oppervlak. Grotere deeltjes kunnen een sterk matterend effect geven, maar kunnen ook de oppervlaktestructuur ruw maken. Kleinere deeltjes zorgen voor een subtielere matte afwerking en een gladder oppervlak. Matteringsmiddelen worden veel gebruikt in decoratieve en industriële verven en coatings. Ze helpen om verblinding te voorkomen en geven oppervlakken een luxueuze, niet-reflecterende uitstraling. Dit is vooral belangrijk voor toepassingen zoals binnenmuren, meubelen, en metalen oppervlakken, waar een glanzende afwerking ongewenst kan zijn. In de drukindustrie worden matteringsmiddelen gebruikt om de glans van inkt op verschillende substraten te beheersen. Dit kan helpen om de leesbaarheid van gedrukte materialen te verbeteren of om een specifieke esthetische uitstraling te bereiken.

In de opkomst van duurzame chemie is er ook toenemende interesse in biogebaseerde matteringsmiddelen. Deze kunnen bijvoorbeeld worden gemaakt van hernieuwbare bronnen zoals plantaardige wassen of biopolymeren, wat helpt om de milieu-impact van coatings en andere producten te verminderen. Dit kan ook belangrijk zijn om microplastics tegen te gaan omdat uitstekende partikels zoals matteringsmiddelen de eerste zijn die van een oppervlakte afschuren.

Gelijkaardige partikels worden ook ingezet als **“anti-blocking” additief**. **Dit zijn additieven die ervoor zorgen dat films niet aan elkaar blijven kleven** op een rol, bijvoorbeeld omdat ze te glad zijn. Oneffenheden van anti-blocking additieven zorgen ervoor dat dit verhinderd wordt.

4.25 Abrasie-resistentie

Net zoals de matteringsmiddelen worden soms partikels toegevoegd aan vooral coatings en overprint varnishes om slijtvastheid te verkrijgen. Dit kan op twee manieren, ofwel wordt een deeltje toegevoegd dat zeer sterk en slijtvast is, waardoor de oppervlakte minder kan afslijten, ofwel is het een soort lubricant, waarbij het oppervlakte glibberig wordt en wrijving minder schade kan doen.

In de eerste klasse worden vooral slijtvaste producten gebruikt (vb. keramische parels), **er bestaan slechts gelimiteerde biogebaseerde voorbeelden, maar PA11 is er een van, aangezien dit een zeer stevig polyamide is met uitstekende slijtvastheid en het biogebaseerd polyamide komt in een zeer fijn goed dispergeerbaar poeder voor** dat bovendien goed hecht in andere plastics en coatings.

In de tweede klasse bestaan een aantal biogebaseerde wassen (vooral soja of suikerriet wassen) die ingezet worden om het oppervlakte gladder te maken.

4.26 Scrubbing en schuuradditieven

Eveneens polymere partikels zijn scrubbing additieven, die in cosmetische scrubbings worden ingezet. **Zeker deze markt werd disruptief veranderd door de eis naar biodegradeerbare producten.** De meeste scrubbing poeders waren vroeger op basis van polyethyleen en daarmee een rechtstreekse vervuiler in de vorm van microplastics.

Scrubbing poeders zijn vrij groot en een stuk groter dan de additieven voor abrasie en mattering. Toch kunnen dezelfde types biopolymeren (PLA, PHA) er ingezet worden. Bij deze toepassing dient er heel goed op gelet te worden dat het polymeer ook in zijn eindomgeving (rioolwater) gemakkelijk kan degraderen. Daardoor zijn de partikels op basis van PLA eigenlijk geen goede vervanging, aangezien deze pas bij 60°C snel zullen degraderen en deze condities niet aanwezig zijn in riolen.

Ook voor allerlei technische schuurtoepassingen is er interesse om steeds meer biodegradeerbare materialen te gebruiken. Dit zijn de toepassingen zoals schuurpapier, polijstmaterialen en sacrificiële coatings (vb. verf op scheepsrompen is ontworpen om af te slijten). In dergelijke toepassingen komen de afgesleten materialen in het milieu terecht en kunnen biodegradeerbare materialen vanuit ecologisch standpunt voordelen bieden.

4.27 Humectanten

Humectanten zijn stoffen die vocht uit de omgeving aantrekken en vasthouden, waardoor ze helpen om de vochtbalans van producten te behouden. Ze worden veel gebruikt in de cosmetica-, voedingsmiddelen- en farmaceutische en grafische (inkt) industrie vanwege hun vermogen om producten gehydrateerd te houden en uitdroging te voorkomen. Hun werking is vooral belangrijk in producten die gevoelig zijn voor uitdroging, zoals crèmes, lotions, voedsel, printkoppen en geneesmiddelen.

Humectanten werken door watermoleculen uit de lucht aan te trekken en deze vast te houden in het product waarin ze zijn opgenomen. Dit proces, ook wel hygroscopie genoemd, helpt om de vochtigheid van een product te reguleren en te stabiliseren. In huidverzorgingsproducten, bijvoorbeeld, trekken humectanten water naar de bovenste lagen van de huid, waardoor de huid gehydrateerd en soepel blijft.

De werking van humectanten is gebaseerd op hun chemische structuur, die vaak hydroxylgroepen bevat die gemakkelijk waterstofbruggen met watermoleculen kunnen vormen. Hierdoor kunnen ze effectief vocht opnemen en vasthouden. **Humectanten zijn vaak biogebaseerd, een belangrijk voorbeeld is glycerine**, een van de meest gebruikte humectanten, zowel in cosmetica als in voedingsmiddelen. Glycerine is een kleurloze, geurloze vloeistof die helpt om de huid te hydrateren en voedselproducten vochtig te houden. Als restproduct van biodiesel productie is het ook extreem goedkoop.

Toch kunnen er redenen zijn om duurdere (eveneens biogebaseerde) humectanten te gebruiken, dit is vaak het geval voor huidverzorgingsproducten (vb. hyaluronzuur, dat wel tot duizend keer zijn gewicht in water kan vasthouden), maar ook voor technische applicaties waar het humectant niet mag migreren, daar worden polymere vormen (vb. polyglycerol) ook wel gebruikt. Andere biogebaseerde componenten met excellente hygroscopie zijn suikers.

4.28 Smaak- en geurstoffen

Smaak- en geurstoffen uit planten zijn natuurlijke moleculen die zorgen voor de unieke aroma's en smaken van plantaardige producten. Deze stoffen, zoals essentiële oliën, fenolen, en esters, kunnen worden geëxtraheerd uit verschillende delen van planten, waaronder bloemen, bladeren, vruchten en

schors. Essentiële oliën, bijvoorbeeld, bevatten een complexe mix van terpenen en fenypropenen, die verantwoordelijk zijn voor de frisse, fruitige en kruidige geuren van planten zoals citrusvruchten, naaldbomen, en specerijen. Daarnaast spelen moleculen zoals flavonoïden en tannines een belangrijke rol in de smaakprofielen van koffie, thee, en wijn, waarbij ze niet alleen smaak toevoegen maar ook antioxidatieve eigenschappen hebben.

Box 24 | Biovanilline uit... hout

Vanilline is de belangrijkste smaakstof die voorkomt in vanillebonen en verantwoordelijk is voor het karakteristieke vanille-aroma en de smaak. Het wordt veel gebruikt in voedsel, dranken, parfums en farmaceutische producten. Hoewel natuurlijke vanilline wordt gewonnen uit vanillebonen, wordt het merendeel van de vanilline op de markt tegenwoordig synthetisch geproduceerd. Deze synthetische vanilline wordt vaak gewonnen uit fossiele bronnen, zoals guaiacol, een bijproduct van de petrochemische industrie. De grootschalige productie van synthetische vanilline uit fossiele brandstoffen maakt een meer betaalbare en overvloedige levering mogelijk in vergelijking met het arbeidsintensieve proces van extractie uit vanillebonen.



Borregaard



Synthetisch vanille kan echter geen "natuurlijk aroma" genoemd worden, een van de belangrijkste ontwikkelingen van aroma's stelt zich uit een afbraakproduct van lignine uit hout. De Noorse firma Borregaard ontwikkelde een proces die toelaat om uit 1000kg hout tot wel 3kg vanilline te produceren. Het proces gebruikt 29x minder energie dan het synthetische proces en is een commercieel succes. Bovendien mag dit vanilline, in tegenstelling tot het synthetisch geproduceerde wel als "biovanilline" of "natuurlijk aroma" worden getiteld.

Andere belangrijke groepen moleculen die bijdragen aan de smaak- en geurervaring zijn alkaloiden, thiolen, sulfiden, en carotenoïden. Alkaloiden zoals cafeïne geven een bittere smaak en zijn bekend van koffie en thee, terwijl thiolen en sulfiden, die zwavel bevatten, verantwoordelijk zijn voor de sterke geuren van knoflook en uien. Esters zorgen voor de zoete, fruitige geuren in veel vruchten zoals bananen en ananas, en carotenoïden dragen bij aan zowel de kleur als de smaak van groenten en fruit zoals wortels en tomaten. Deze natuurlijke verbindingen worden breed toegepast in de voedingsindustrie, parfumerie, en farmacologie vanwege hun diverse eigenschappen en toepassingen.

4.29 Compatibilizer

Compatibilizers zijn chemische stoffen of additieven die worden gebruikt om de compatibiliteit tussen twee of meer niet-mengbare polymeren of materialen te verbeteren. In veel gevallen kunnen bepaalde polymeren of kunststoffen niet goed met elkaar mengen omdat hun chemische structuren en eigenschappen te verschillend zijn, wat leidt tot slechte hechting, fase-scheiding, en zwakke mechanische eigenschappen in het eindproduct. Compatibilizers worden toegevoegd om deze problemen te overwinnen en een homogeen, stabiel materiaal te creëren met verbeterde eigenschappen.

Compatibilizers worden veel gebruikt in polymeer blends, waar twee of meer polymeren worden gecombineerd om een materiaal met gewenste eigenschappen te creëren. Zonder compatibilizers zouden de verschillende polymeren vaak niet goed mengen, wat leidt tot zwakke of broze materialen. Compatibilizers werken door tussen de verschillende polymeerfasen te zitten en de oppervlaktenspanning tussen hen te verlagen, waardoor ze beter mengen. Door de compatibiliteit tussen de polymeren te verbeteren, verhogen de mechanische eigenschappen van het materiaal, zoals treksterkte, impactbestendigheid en elasticiteit.

Compatibilizers spelen een belangrijke rol in het recyclen van kunststoffen, vooral wanneer verschillende soorten kunststoffen samen worden gerecycled. Bijvoorbeeld, in het geval van post-consumer plastic afval, zoals een mix van polyethyleen (PE) en polypropyleen (PP), kunnen compatibilizers helpen om deze niet-mengbare polymeren te combineren tot een nuttig gerecycled materiaal met consistente eigenschappen.

In sommige toepassingen, zoals verpakkingen, kunnen compatibilizers ook helpen om de barrière-eigenschappen van materialen te verbeteren. Ze kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt om de gasdoorlaatbaarheid van een polymermix te verminderen, wat belangrijk is voor het verlengen van de houdbaarheid van verpakte voedingsmiddelen.

Verder kunnen compatibilizers ook gebruikt worden in co-extrusieprocessen en in de productie van laminaten, waar verschillende lagen van polymeren met verschillende eigenschappen aan elkaar worden gehecht. De compatibilizer zorgt ervoor dat deze lagen goed aan elkaar hechten, zonder dat er delaminatie kan optreden.

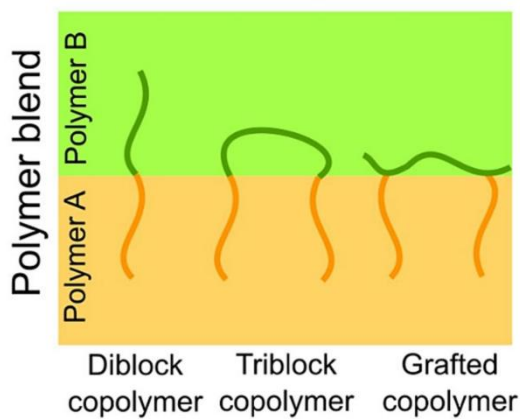
Er zijn verschillende types compatibilizers op de markt, die gebruikt worden afhankelijk van de te mengen polymeren en de gewenste eigenschappen van het eindproduct:

- **Niet-reactieve copolymeren:** Enerzijds zijn er blokcopolymeren bestaan uit blokken van verschillende polymeren die chemisch aan elkaar zijn gebonden. Deze blokken kunnen segmenten van beide polymeren bevatten, wat de compatibiliteit tussen deze polymeren verbetert. Styreen-ethyleen/butyleen-styreen (SEBS) is een thermoplastisch elastomeer dat vaak wordt gebruikt als compatibilizer voor polyolefinen en polystyreenblends. Anderzijds zijn er functionele copolymeren die specifieke functionele groepen (zoals carboxylgroepen, hydroxylgroepen, of epoxygroepen) bevatten, die interageren met de aanwezige polymeren via intermoleculaire krachten zoals waterstofbindingen of ionische interacties. **Bij de biogebaseerde polymeren worden polybutylene succinate (PBS) of Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) (PHBV) worden vaak gebruikt als**

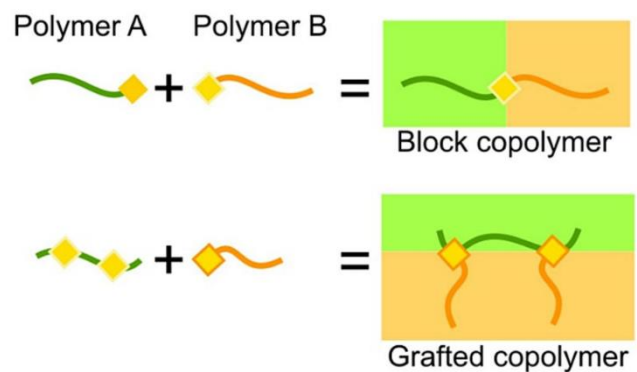
compatibilizers om de mengbaarheid van PLA-blends te verhogen, om zo de smeltsterkte en mechanische eigenschappen van de blends te verbeteren.

- **Reactieve copolymeren:** Copolymeren zijn compatibilizers die bestaan uit een hoofdketen van een polymeer met zijketens van een ander polymeer of functionele groepen die chemisch kunnen reageren met 1 of meerdere polymeren in de blend. Deze structuur maakt het mogelijk om twee niet-mengbare polymeren aan elkaar te binden. **Maleïnezuuranhydride (MAH) is 1 van de meest gebruikte chemicaliën om reactieve compatibilizers te produceren en kan geproduceerd worden uit biomaterialen, zoals levulinezuur, furfural en 5-hydroxymethylfurfural (HMF). Anderzijds worden epoxiden ook vaak gegrapt op polymeren** om een reactieve compatibilisatie in polymeerblends te verkrijgen. Tenslotte kunnen ook isocyanaten en oxazolines reageren met hydroxyl- of carboxylgroepen van (bio)polymeren, zoals PLA om een reactieve compatibilisatie in blends te bewerkstelligen.

Non-reactive compatibilization

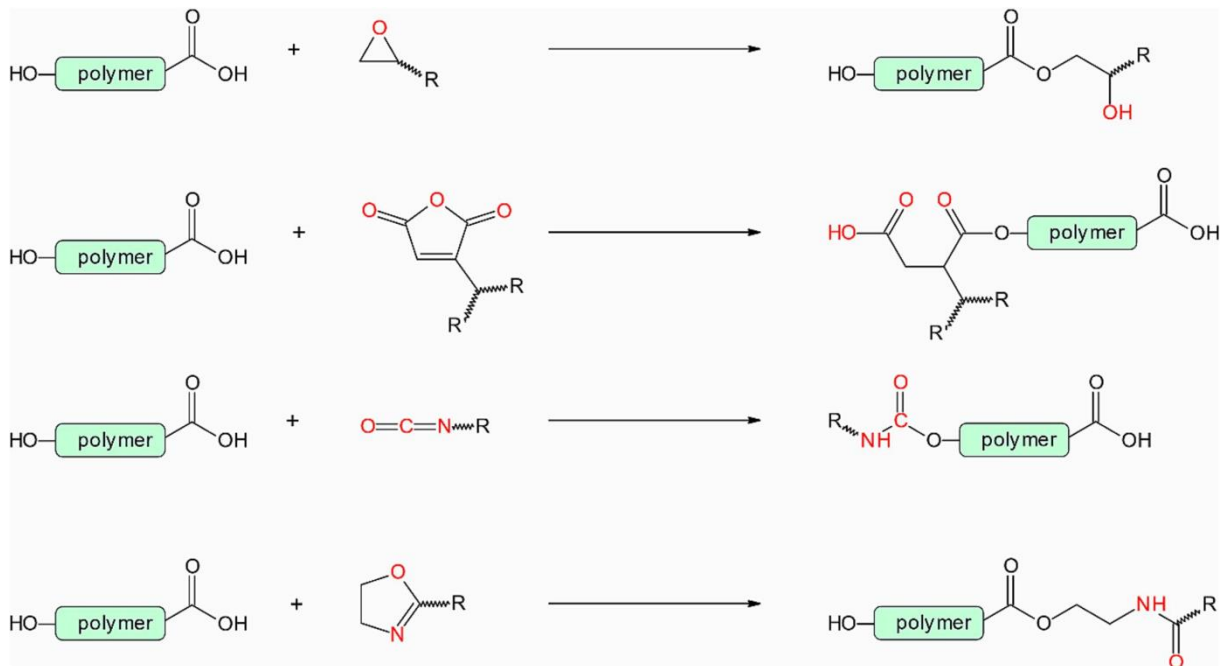


Reactive compatibilization



Figuur 17: Verschil tussen reactieve en niet-reactieve compatibilizers¹²

¹² [Recent advances in bio-based functional additives for polymers - ScienceDirect](#)



Figuur 18: Het creëren van een compatibiliserend effect in polymeren met het gebruik van de reactieve epoxy-, MA-, isocyanaat- en oxazoline-groepen, overgenomen uit Mohanty et al.¹³

5. Het belang van biobaseerde chemicaliën in verschillende sectoren

De chemische producten die beschreven werden in de voorgaande delen van deze studie worden door tal van sectoren ingezet als functionele additieven, ingrediënten en bouwblokken voor tal van productklassen. Hier overlopen we kort het belang van enkele sectoren die als afnemer dienen voor deze producten.

5.1 Food & feed

Voeding wordt vaak niet als "chemisch" gezien, maar in feite zijn het allemaal chemische molecules. Ze worden uiteraard ingrediënten genoemd en deze kunnen vaak een complex mengsel van molecules zijn. Om voeding beter te kunnen verwerken kunnen er tal van "modificaties" met de ingrediënten gebeuren, in zekere zin is elke bereiding een modificatie. Vooral de term "processed food" wordt gehanteerd wanneer gevorderde omzettingen zijn uitgevoerd. Naast het gebruik van gezuiverde ingrediënten kunnen ook tal van additieven ingezet worden. Deze zijn onder andere bewaarmiddelen, smaakstoffen, kleurstoffen, emulgatoren, vergisting, krokanker maken, smaakversterkers, enz.

Elk additief moet toegestaan worden om te gebruiken in de voeding. Er worden tal van studies uitgevoerd om te garanderen dat de additieven veilig zijn. Hoewel additieven ook synthetisch kunnen zijn, is het merendeel van de ingrediënten en voedingsadditieven biobaseerd. De voeding is dan ook een zeer belangrijke afnemer van biobaseerde grondstoffen en ingrediënten. Er zijn tal van bedrijven die zich specialiseren in het verwerken van ingrediënten of het bereiden van specifieke voedingsproducten. De rol van innovatie mag niet onderschat worden en er zijn tal van nieuwe initiatieven om in te spelen op trends, zoals het Limburgse Naplasol dat specialiseert in fermentatie van mycoproteïnen uit fermentatie voor vegetarische gerechten of de producent van alternatieven voor melk

¹³ [Recent advances in bio-based functional additives for polymers - ScienceDirect](#)

zoals TipToh of Alpro, op basis van erwten of sojaproteïne. België heeft een zeer belangrijke en diverse voedingsindustrie, in al zijn aspecten van ingrediënten over additieven tot bereidingen.

Box 25 | “biogebaseerde chemicaliën” in de voeding, veel voorkomend en belangrijk.



ACTIVE FILTERS

Ingredient categories

Bakery

Puratos is een Belgische (familiale) multinational actief in margarines, broodverbeteraards, broodmixen, granen, chocolade, vullingen voor patisserie, enz. Het bedrijf is een voorbeeld van een succesvol Vlaams groeibedrijf actief in voedingsingrediënten. Daarbij wordt volop gebruik gemaakt van biogebaseerde chemicaliën die soms natuurlijk, soms synthetisch zijn en in tal van toepassingen die zeer divers kunnen zijn.

5.2 Cosmetica & pharmaceuticals

In vergelijking met de voedingssector zullen bij cosmetische producten reeds veel meer ingrediënten van fossiele oorsprong te vinden zijn, toch is de sector traditioneel zeer afhankelijk van biogebaseerde chemicaliën, voornamelijk uit de oleochemie. Veel bereidingen zijn in feite emulsies waaraan actieve ingrediënten worden toegevoegd. Er zit zeer veel innovatie in de sector, en deze is te vinden zowel op vlak van ingrediënten als op vlak van marketing.

Zowel wetgeving als klantengedrag zorgen ervoor dat de cosmetische sector steeds meer kiest voor biogebaseerde en biodegradeerbare ingrediënten. Zijn vallen scrub-poeders onder de microplastics, waardoor polyethyleenpoeders nu verplicht vervangen moeten worden door biodegradeerbare scrub-poeders. Verder wordt veel aandacht besteed aan steeds meer “vegan” ingrediënten, en ook de impact op het milieu, zoals van zonnecrèmes op koraalriffen wordt via certificaties vaak beter onderzocht dan vroeger.

Omdat de cosmeticasector vaak kleinere volumes en grotere marges hanteert, is het vaak een van de eerste sectoren waar ook innovaties op andere vlakken (zoals verpakkingen) te zien zijn (zie box).

Box 26 | Eco-designed, marien getest, hypoallergeen, met hyaluronzuur, in kartonnen verpakking én met vulkanisch water. Vooral cosmetica richt zijn pijlen zeer sterk op de perceptie naar de consument toe.



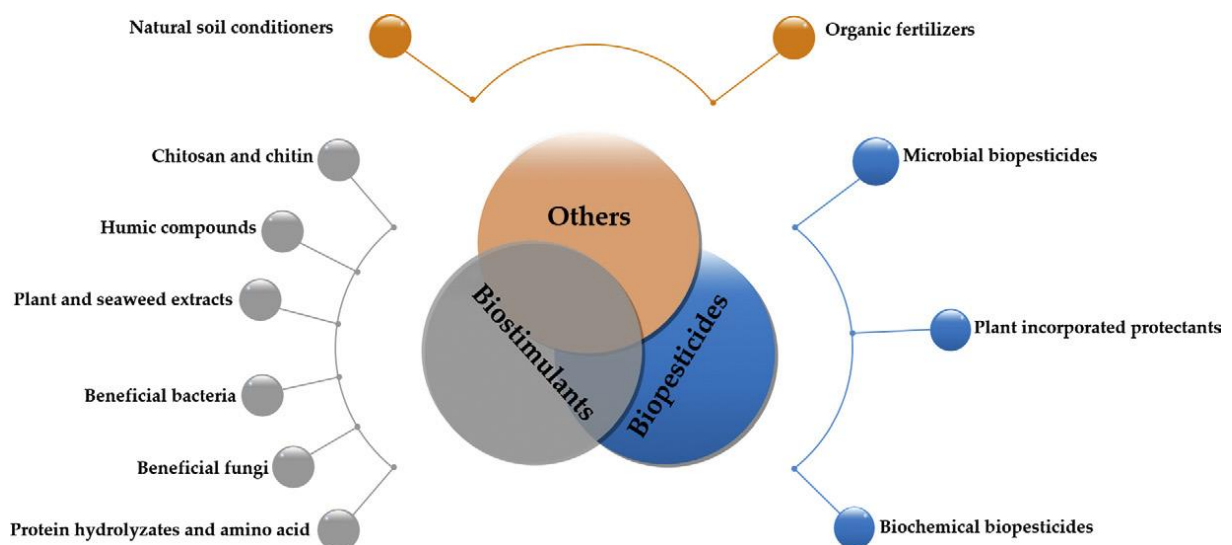
Cosmetische producten worden vaak met hoge marges verkocht, het vormt dan ook vaak een markt waar extra certificatie, innovatieve verpakkingen en doordachte marketing worden aangetroffen.

Soms is het voor de consument gissen naar wat alles echt betekent. Vaak zullen gecertificeerde claims (vb. marien getest of hypoallergeen) effectief positieve bijdrages hebben naar mens of milieu. Tegelijkertijd zijn het vaak buzzwoorden die soms irrelevant (vb. vulkanisch water) of misleidend (vb. de verpakking is geen puur karton, maar plastic en daarmee ook kunststof) zijn. Toch bieden ze coole looks en een marketingwaarde.

De farmaceutische industrie heeft in mindere mate dezelfde trends, maar daar speelt vooral de zuiverheid, tracering en functionaliteit een doorslaggevende rol. Het is wel de sector waar vaak de hoogste meerwaarde kan worden gevonden. De farmaceutische industrie heeft enkele nieuwe trends zoals biologicals, mRNA vaccins en DNA therapieën die allen sterk afhankelijk zijn van de "delivery" methode. Aangezien deze producten vaak ingespoten worden, is biocompatibiliteit belangrijk en vormen natuurlijke chemische verbindingen vaak de basis hiervoor.

5.3 Landbouw

In de landbouwsector vinden biobaseerde chemicaliën tal van toepassingen die bijdragen aan duurzame productie en milieubehoud. Deze chemicaliën verbeteren de bodemvruchtbaarheid, stimuleren plantengroei en beschermen gewassen tegen ziekten en plagen zonder de schadelijke effecten van traditionele pesticiden en meststoffen. Ze worden gebruikt in de formulering van biopesticiden en biofertilizers, die niet alleen de opbrengst verhogen, maar ook de gezondheid van de bodem op lange termijn bevorderen. Ook de veevoeder sector is een belangrijke groep, die vaak de nutritionele (zie deel voeding) combineert met gezondheidsaspecten van de dieren (zie pharma).



Figuur 19: Indeling van biogebaseerde producten in de landbouw. Dezelfde publicatie toont ook marktoverzichten van agrochemicaliën¹⁴

Biostimulanten zijn biogebaseerde producten die in de landbouw worden gebruikt om de groei, ontwikkeling en stressbestendigheid van planten te bevorderen. In tegenstelling tot voedingsstoffen stimuleren ze de gezondheid van planten door middel van kleine hoeveelheden verbindingen, materialen of micro-organismen. Behalve de actieve bestanddelen zijn ook de dragers ervan belangrijk. Agrochemicaliën worden aangebracht op verschillende manieren en aan de formulatie worden steeds meer voorwaarden (zoals biodegradeerbaarheid) gesteld.

Box 27 | chitosan als zaadcoating

Met nieuwe wetgeving die zaadcoatings verplicht biodegradeerbaar maakt (vanaf 2028 en volgens de nieuwe microplastics richtlijnen) komen nieuwe coatingtechnologieën naar voor, zoals deze op basis van chitosan. Zaadcoatings kunnen tal van voordelen bieden voor de landbouwsector, zoals minder vraat door dieren, een betere bescherming tegen beschimmelen of het voorzien van nutriënten of bestrijdingsmiddelen aan de kiemplant.

Kitogreen, een afdeling van het Belgische Kitozyme maakt chitosan coatings die zowel een zekere antimicrobiële werken hebben alsook biodegradeerbaar zijn en dus binnen de nieuwe wetgeving passen.

KitoGreen

Seed Coating



Vlaanderen kent een cluster van agro-chemiebedrijven dat sterke R&D activiteiten heeft in Gent¹⁵. De cluster kent zijn ontstaan rond pionierswerk verricht door Ugent (olv. Marc Van Montagu en Jeff Schell) die de grondleggers van genetisch gemodificeerde gewassen zijn. De cluster is uitgegroeid met verschillende activiteiten in gewasveredeling (vb. BASF, Bayer, Inari), gewasbescherming (vb. Syngenta, Biotalys, Apha.Bio) en dierenwelzijn (vb. Animab, Boehringer Ingelheim animal health). Dergelijke

¹⁴ DOI: [10.1039/D3SU00075C](https://doi.org/10.1039/D3SU00075C), Biobased agricultural products: a sustainable alternative to agrochemicals for promoting a circular economy

¹⁵<https://vib.be/nl/business/succesverhalen/gentse-cluster-agribiotech#:~:text=De%20agro%2Dbiotechnologiesector%20situeert%20zich,samen%20met%20deze%20industri%C3%ABle%20spelers.>

clusters trekken ook andere bedrijven in deze sector aan omdat ze gemakkelijker kennis, expertise en relevant personeel kunnen aantrekken. Bovendien gaat het in kennisclusters vaak over zeer hoogwaardige jobs in R&D of regulatory affairs. Met Globachem bevindt zich in Limburg eveneens een wereldspeler in herbiciden en pesticiden voor de landbouw, ook de wereldleider in animal healthcare Zoetis heeft een grote divisie in België. Daarnaast is ook de Boerenbond een belangrijke investeerder in tal van bedrijven actief in de agro-sector en het is vaak ook een verschaffer van kapitaal voor tal van nieuwe initiatieven in de agriculturele sector.

De trends naar meer biogebaseerde oplossingen leeft sterk en we zien biostimulanten uit bacteriën (spin-off APHEA.Bio), gefermenteerde antilichamen tegen schimmels (BioTalys), plant-gebaseerde veevoeder vaccins (Animab) en allerhande natuurlijke vijanden die ontwikkeld worden voor een milieuvriendelijkere bestrijdingsmiddelen. Een specifiek voorbeeld is ook Biobest uit Westerlo, dat zich specialiseert in voordelige mijten, insecten, nematodes, enz. Biobest vindt zijn oorsprong bij het voorzien van hommeldoosjes die ingezet worden voor optimale bestuiving van allerhande serreteelten. De innovatie gaat erg ver, want er bestaan nu ook systemen waar deze hommels bij de uitgang van de hommeldoosjes over sporen van schimmels lopen, die op hun beurt nadelige Botrytis infecties in planten tegengaan. De hommels zijn dan niet enkel bestuivers, maar ook zoals Biobest het in de markt zet "flying doctors". Hoewel agrochemicaliën een specifieke niche zijn, zien we dus dat Vlaanderen er op een absoluut wereldniveau zit op vlak van innovatie en de transitie naar biogebaseerde chemie, zij het in de vorm van nuttige organismen, biogebaseerde ingrediënten, biotechnologische toepassingen en synergiën met de farmaceutische industrie.

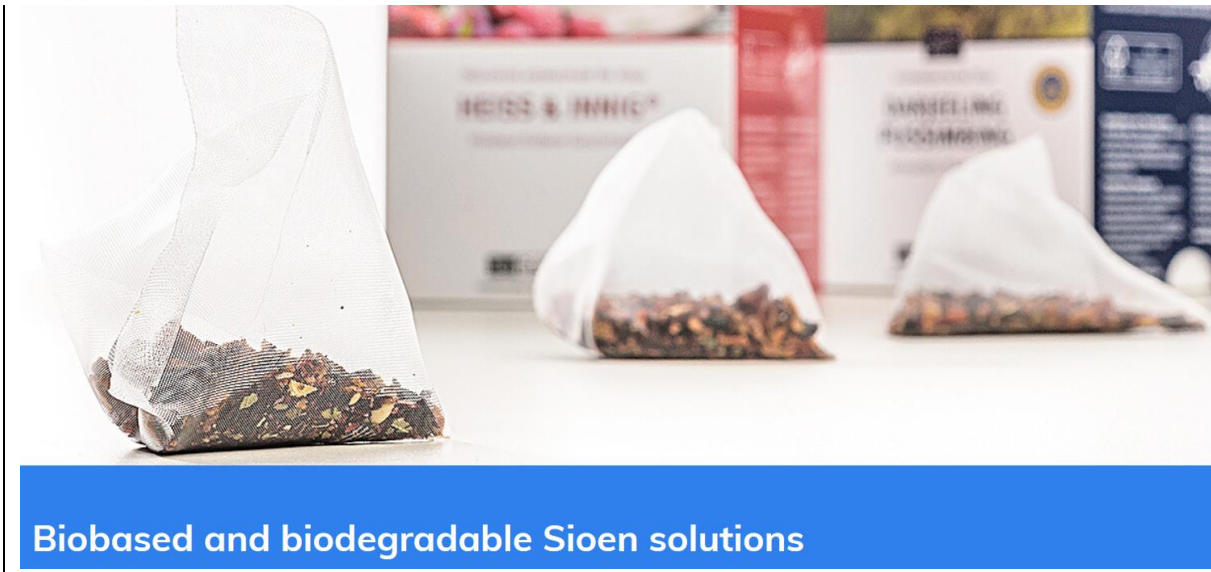
5.4 Industriële toepassingen

Biogebaseerde chemicaliën vinden steeds vaker industriële toepassingen in uiteenlopende sectoren, waarbij hun unieke eigenschappen zoals biodegradeerbaarheid of biobased afkomst worden benut. Een aantal van deze toepassingen zijn direct gericht op milieuvriendelijkheid en circulariteit, terwijl andere toepassingen focussen op prestaties en duurzaamheid, zonder noodzakelijk een positieve CO₂ afdruk te hebben of biologisch afbreekbaar te zijn.

Biodegradeerbaarheid is in de meeste toepassingen eigenlijk zelfs geen goede end-of-life en recycleerbaarheid is een belangrijkere parameter. **Toch zijn er een aantal toepassingen waar biodegradeerbaarheid steek houdt**, het gaat om toepassingen waar het eindgebruik moet biodegraderen (vb. asbest-opvangzakken, horticultuur-clips, agrotexiel, lijkzakken, enz.), voedingsverpakkingen die maar moeilijk te scheiden zijn van voeding (vb. theezakjes, koffiefilters, sauspotjes, enz.), sacrificiële toepassingen die moeten wegslijten (vb. remblokjes, anti-foulingverf op scheepsrompen, dolly-ropes in de visserij), producten die gemakkelijk microplastics leveren (vb. textiel, afbladderende verf, enz.) en toepassingen die gemakkelijk verkeerdelijk in de natuur terechtkomen (vb. confetti, wet-wipes, enz.).

Box 28 | Nichetoepassingen waar biodegradeerbaarheid meerwaarde biedt

De Belgische producent van technisch textiel Sioen produceert stoffen voor theezakjes die biodegradeerbaar zijn, ook de agro-textielproducenten IFG Cresco, DS Fibers en Beaulieu specialiseren in gronddoeken die biodegradeerbaar zijn.



Biobased and biodegradable Sioen solutions

Het merendeel van de industriële toepassingen vinden we echter waar de biogebaseerde materialen gebruikt worden voor hun prestaties zonder dat ze biologisch afbreekbaar zijn. Dit geldt vooral voor materialen die in technische toepassingen een lange levensduur en hoge weerstand moeten bieden. Voorbeelden zijn de technisch zeer performante PA11 en epoxy materialen, maar ook in tal van inkt, verven en polymeren voor technische toepassingen zijn ze te vinden. Er zijn nog tal van andere toepassingen die steeds meer gebruik maken van biogebaseerde grondstoffen en er is vaak een grote know-how nodig om de producten om te zetten. België kent een diepgaande biotechnologische sector (<https://www.essenscia.be/over-essenscia/secties/bio-be-essenscia/>) die hier synergiën biedt.

5.5 Bouwmaterialen

Veel biobased materialen zijn bouwmaterialen gemaakt van natuurlijke bronnen. Voorbeelden hiervan zijn hout, wol en bamboe, die bijna onverwerkt kunnen worden gebruikt, en materialen zoals kurk, karton en spaanplaten, die van houtvezels worden gemaakt. Daarnaast worden steeds meer kunstmatige producten ontwikkeld op basis van natuurlijke materialen, zoals bioplastic, biobased verf en biofoam. Al deze bouwmaterialen kunnen worden gebruikt in een breed scala aan bouwtoepassingen, van structurele componenten tot afwerkingsmaterialen.

Restproducten zoals houtsnippers worden gebruikt voor spaanplaten, en materialen zoals hennep (zie box), stro en vlas worden veelvuldig toegepast in de bouw. Nieuwe gewassen zoals olifantengras worden nu ook onderzocht voor tal van toepassingen in de bouw. In asfalt wordt lignine, een houtstof, als alternatief voor bitumen gebruikt. Biobased beton, asfalt en wegenvet worden vooral bij straatwerk steeds meer toegepast.¹⁶ Er bestaan talloze toepassingen voor en we verwijzen graag naar samenvattende boeken en studies voor deze topic^{17,18}. Enkele trends zien we in de markt van composieten waar zowel harsen als vezels gebruikt worden die biogebaseerd kunnen zijn

¹⁶ <https://ecochain.com/nl/blog/de-voordelen-van-biobased-bouwen/>

¹⁷ <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.165> Biobased building materials for sustainable future: an overview

¹⁸ ISBN:978-0-12-822381-9 Bio-based materials and biotechnologies for eco-efficient construction

Belangrijk voor de bouwsector is dat de materialen correct gebruikt worden. In België is het kenniscentrum voor de bouw, buildwise, een instelling die materialen onderzoekt in functie voor deze sector. Het kan interessant zijn voor nieuwe biogebaseerde materialen na te gaan of deze specifieke eigenschappen hebben (vb. akoestisch isolerend, verhogen van inertie, etc.) waardoor ze een grotere meerwaarde kunnen hebben. Uiteraard zijn studies naar veiligheid en duurzaamheid van nieuwe bouwmaterialen, inclusief biogebaseerde, steeds belangrijk voor de eindgebruiker. Bovendien wijst Buildwise er ook op dat steeds moet worden nagegaan of de biogebaseerde producten wel degelijk ecologisch verantwoord zijn.¹⁹²⁰

Box 29 | composieten en isolatiematerialen zijn de grootste brok voor innovatie met biogebaseerde materialen in de bouwsector

Kurk, isolatievlokken, hennepblokken, schapenwol, gerecycleerd textiel en vlas komen steeds meer naar voor in de bouwindustrie. Er bestaan ook tal van Belgische spelers, zoals Isohemp die zich op de markt plaatsen met dergelijke producten.

Belangrijk is dat er steeds wordt nagegaan wat de karakteristieken zijn van deze nieuwe producten. Daarvoor dienen gestandaardiseerde testen en set-up die in België bijvoorbeeld door Buildwise worden onderzocht (<https://www.buildwise.be/nl/publicaties/buildwise-artikels/2023-02.06/> is een referentie specifiek naar biogebaseerde isolatiematerialen)



HOME TOEPASSINGEN ▾ PRODUCTEN & I



6. Specifieke industriële bemerkingen voor de chemische industrie

6.1 Biologische variatie

Een vervelend aspect van biogebaseerde grondstoffen is de grote variatie die kan optreden in biologische organismen en gewassen. Planten zijn uitermate goed aangepast om in diverse

¹⁹ <https://www.buildwise.be/nl/publicaties/buildwise-artikels/2020-01.03/>

²⁰ <https://doi.org/10.3390/su14031384> Carbon Footprint Assessment of a Novel Bio-Based Composite for Building Insulation

omstandigheden te overleven en kunnen snel aanpassen aan droogte, UV, temperatuur, etc. Dit uit zich in veranderingen in compositie en structuur. Daardoor kan biomassa zeer moeilijk te verwerken zijn of de eigenschappen jaar tot jaar verschillen. Bovendien zijn bepaalde producten zeer heterogeen, zeker in het geval van lignine, suberine (kurk) en secundaire metabolieten die pas aangemaakt worden in bepaalde omstandigheden is dit het geval.

Zeker in de context van het benutten van agrarische (rest)stromen in de chemische sector is biologische variatie een zeer belangrijke opmerking. Industrieel kunnen bepaalde voorzorgsmaatregelen genomen worden. Bijvoorbeeld komen voor "hoogwaardige" lignine-fracties enkel papierfabrieken in aanmerking die bijna uitsluitend met één type hout worden voorzien (vb. berk). In de oleochemie is het zeer gangbaar om verschillende batches van vb. koolzaadolie uit verschillende regio's te blenden om zo een meer constante vetzuur samenstelling te bekomen.

6.2 Mass balance

Mass balance is een cruciaal concept in de chemische industrie. Het houdt in dat de totale massa van de inputs in een productieproces gelijk moet zijn aan de totale massa van de outputs, inclusief het eindproduct, bijproducten en afval. Dit principe is essentieel om ervoor te zorgen dat productieprocessen efficiënt, duurzaam en kosteneffectief zijn. **Het speelt ook een belangrijke rol bij het berekenen van de milieu-impact van industriële processen, vooral bij het evalueren van de koolstofvoetafdruk van producten.**

Bij biogebaseerde ingrediënten brengt het concept van massabalans specifieke uitdagingen met zich mee. In tegenstelling tot petrochemische grondstoffen, die vaak uniform en consistent van kwaliteit zijn, kunnen biogebaseerde grondstoffen sterk variëren door factoren zoals landbouwpraktijken, seizoensgebonden veranderingen en geografische verschillen. Deze biologische variatie kan leiden tot schommelingen in de massabalans, wat de stabiliteit en voorspelbaarheid van productieprocessen beïnvloedt.

Om met deze variabiliteit om te gaan, past de chemische industrie verschillende strategieën toe. Een van de methoden is het gebruik van mass balance benaderingen om biobased content in producten te berekenen en te certificeren. **Dit houdt in dat men een bepaald percentage van de grondstoffen als biogebaseerd kan claimen, zelfs als deze niet fysiek in elk product aanwezig zijn, zolang het totale volume van biogebaseerde grondstoffen in de productie gelijk is aan het percentage dat wordt geclaimd.** Dit biedt flexibiliteit in de productie en helpt bedrijven om biogebaseerde producten te produceren zonder dat ze volledig afhankelijk zijn van consistente biogebaseerde inputs.

Deze aanpak vereist echter zorgvuldige monitoring en certificering om ervoor te zorgen dat de claims over biogebaseerde inhoud nauwkeurig en geloofwaardig blijven. De industrie moet dus investeren in technologieën en processen die de variabiliteit van biogebaseerde grondstoffen kunnen opvangen en tegelijkertijd de integriteit van de massabalans kunnen waarborgen. Het heeft ook een invloed op certificatie van eindproducten, omdat deze via koolstofdatering bepaalde normen gebruiken om "biogebaseerde content" te bepalen, en deze worden via steekproeven geverifieerd. Bij het concept mass balance kan het echter zijn dat één batch zeer hoge percentage biogebaseerde koolstofcontent heeft (als gemeten met C14 methode), terwijl een andere batch bijna geen biogebaseerde koolstof content zal hebben.

6.3 Geur & kleur

Veel biogebaseerde componenten hebben een bepaalde kleur of geur. Dit is veelal ongewenst, zelfs al is de kleur mooi of de geur aangenaam. Wanneer additieven en biogebaseerde materialen geur en kleurloos zijn, kunnen deze in de breedste vorm op de markt geplaatst worden. Bij diep gekleurde additieven (vb. surfactanten uit lignine die donkerbruin tot zwart zijn) kunnen vaak enkel bij technische toepassingen waar kleur niet belangrijk is ingezet worden.

Geur kan niet alleen hinderlijk en vervelend zijn, het kan ook tegen wettelijke limieten lopen. Geurcomponenten zijn immers vluchtig en veel markten kennen een wettelijke limiet van vluchtige componenten (de zogenaamde VOC – volatile organic compounds). Deze VOC's worden vaak bepaald als "total VOC" en maken geen onderscheid tussen schadelijke en niet-schadelijke VOC's. Natuurlijke componenten die bijdragen aan VOC's liggen daarom gevoelig vooral bij toepassingen waar deze parameter belangrijk is, zoals interieurtoepassingen, automotive toepassingen en speelgoed.

6.4 Chemische stabiliteit

Chemische stabiliteit is een cruciale factor in de productie en toepassing van biogebaseerde ingrediënten en grondstoffen. Deze stabiliteit bepaalt in hoeverre een materiaal zijn eigenschappen behoudt onder verschillende omstandigheden zoals temperatuur, vochtigheid, licht en zuurstof. Biogebaseerde ingrediënten, vaak afkomstig van natuurlijke bronnen zoals plantaardige oliën, eiwitten, en natuurlijke kleurstoffen, kunnen vatbaar zijn voor verschillende vormen van chemische degradatie die hun functionaliteit en esthetische eigenschappen negatief beïnvloeden. We lichten hier enkele veelvoorkomende ongewenste effecten toe.

Eiwitten, vaak gebruikt in biogebaseerde producten zoals coatings, voedselverpakkingen en cosmetica, **kunnen denatureren wanneer ze worden blootgesteld aan extreme temperaturen, pH-waarden of mechanische krachten.** Denaturatie leidt tot verlies van de native structuur van het eiwit, wat kan resulteren in verminderde functionaliteit, zoals verlies van waterbindend vermogen of verminderde filmvorming. **Natuurlijke kleurstoffen zijn gevoelig voor afbraak door UV-licht en zonlicht.** Dit leidt vaak tot vervaging of verkleuring van producten over tijd, wat een uitdaging vormt voor de esthetische kwaliteit van biogebaseerde cosmetica, textiel, en verpakkingen. Chemische reacties, zoals oxidatie van kleurstoffen, kunnen het kleurverlies versnellen. Bij de verwerking van biogebaseerde ingrediënten, vooral bij verhoogde temperatuur, kunnen de Maillard-reactie en caramelisatie optreden. Deze reacties, die plaatsvinden bij verhitting van suikers, vetten en/of eiwitten, kunnen leiden tot ongewenste kleurveranderingen en ongewenste afbraak of chemische verbindingen. **Over het algemeen zijn biogebaseerde polymeren en andere organische materialen vaak gevoeliger voor thermische afbraak dan hun petrochemische tegenhangers.** Bij hoge temperaturen kunnen deze materialen ontleden, wat leidt tot verkoling of de vorming van koolstofresten, wat de structurele integriteit en het uiterlijk van het eindproduct negatief beïnvloedt. **Ook zijn veel biogebaseerde materialen, met voorsprong de veel voorkomende biogebaseerde polyesters, vatbaar voor hydrolyse.** Deze chemische reactie, waarbij een molecule afbreekt door de reactie met water, kan leiden tot verminderde mechanische eigenschappen, zoals brosheid of verlies van elasticiteit in producten zoals coatings en verpakkingen. **Oxidatie is een veelvoorkomend probleem bij biogebaseerde ingrediënten,** vooral bij oliën en vetten. Wanneer deze materialen worden blootgesteld aan zuurstof, kunnen ze ranzig worden, wat niet alleen de smaak en geur, maar ook de chemische stabiliteit van het product beïnvloedt. **Daarnaast is er, bij vooral de natuurlijke grondstoffen, steeds een risico op biologische en**

enzymatische afbraak. Dit is vooral een uitdaging bij de opslag en het gebruik van biogebaseerde materialen, vooral in vochtige omgevingen waar enzymatische activiteit toeneemt.

Om deze uitdagingen aan te pakken, worden verschillende strategieën in de chemische industrie toegepast. Deze omvatten het gebruik van stabilisatoren en antioxidanten, het aanpassen van de verwerkingstemperaturen en -tijden, en het ontwikkelen van barrièrecoatings die bescherming bieden tegen vocht, zuurstof en UV-licht. Daarnaast wordt onderzoek gedaan naar de modificatie van biogebaseerde materialen om hun intrinsieke stabiliteit te verbeteren, bijvoorbeeld door chemische cross-linking of de toevoeging van synthetische componenten die de levensduur van het product verlengen.

6.5 Opwaarderen van laagwaardige biomassa

Zowel vergisting, (industriële) composteren of inzetten als fertilizer zijn gangbare praktijken voor “end-of-life” van agrarische zijstromen. Ze bieden echter weinig meerwaarde. Er bestaan in onderzoeksfase een aantal interessante alternatieven om “waardelose” biomassa op te waarderen. Een zo’n voorbeeld is **insectenkweek**, waarbij de insecten vervolgens rijk zijn in oliën, die van grotere industriële waarde zijn voor de chemische sector. Er bestaan echter nog heel wat beperkingen (waaronder enkele belangrijke van wetgevend karakter) en we verwijzen naar andere gespecialiseerde actoren (vb. KdG Hogeschool, Thomas More Hogeschool of Inagro) voor meer informatie rond dit topic.

Een andere mogelijkheid voor het opwaarderen van biomassa is deze die in zeer veel Horizon Europe projecten wordt gebruikt voor het **vervaardigen van bioplastics**. Deze zijn voornamelijk polyhydroxyalkanoaten (PHA), een opslagpolymeren die een beperkt aantal micro-organismen kan aanmaken wanneer ze voldoende voeding hebben, maar niet de ideale condities om te vermenigvuldigen. PHA is op zich een “energieopslag”, maar komt in de vorm van een polymeer dat thermoplastisch is. Het kan vervolgens versmolten worden en als een kunststof gebruikt worden dat eigenschappen heeft die vrij gelijkwaardig zijn aan polyolefines (PP en PE). Vooral reststromen die rijk zijn aan vetten (vb. visafval, rioolslib, perskoeken, etc.) kennen een goede conversie naar PHA. In Vlaanderen is vooral het Japanse Kaneka bekend als producent en compounder van PHA.

Verder bestaan er tal van chemische processen om met **methaan** aan de slag te gaan als bouwstof voor allerlei chemicaliën. Methaan kan gemakkelijk verkregen worden uit anaerobe vergistingsprocessen en is eer bekend uit de mestverwerkingssector en er bestaan in België meerdere “biogas” energiecentrales, waarbij het gas meestal als brandstof wordt gevaloriseerd. Deze route moet het echter economisch afleggen tegen fossiel aardgas, die vaak betere zuiverheden heeft. Het is wel een mogelijkheid om via mass balance (zie eerder) partieel biogebaseerde chemicaliën te produceren.

6.6 (on)zuiverheden

In biogebaseerde ingrediënten, die vaak afkomstig zijn van natuurlijke bronnen zoals planten, dieren of micro-organismen, kunnen onzuiverheden een belangrijke uitdaging vormen. Deze onzuiverheden kunnen variëren van organische en anorganische stoffen tot microben en enzymen die het eindproduct negatief kunnen beïnvloeden. Het beheersen van onzuiverheden is cruciaal om de consistentie, veiligheid en kwaliteit van biogebaseerde producten te waarborgen.

In eerste instantie kan **variabiliteit van de biogebaseerde grondstof tot inconsistente zuiverheden leiden**. Verschillen in seizoen, omgevingsomstandigheden en groeigebied kunnen leiden tot variaties in de zuiverheid van de verkregen grondstoffen, wat de voorspelbaarheid van de productieprocessen en

de kwaliteit van het eindproduct beïnvloedt. Daarnaast kunnen **biogebaseerde ingrediënten kunnen onzuiverheden bevatten zoals plantaardige wassen, vetzuren, suikers, of lignine, die niet volledig verwijderd kunnen worden tijdens het extractieproces**. Deze onzuiverheden kunnen de verwerking bemoeilijken, leiden tot verkleuring, of zelfs de reactiviteit van het eindproduct beïnvloeden. **Ook anorganische onzuiverheden kunnen optreden**, bijvoorbeeld door zand of grond tijdens de teelt en oogst of bij de verwerking van biogebaseerde materialen kunnen anorganische stoffen zoals metalen, zouten, of mineralen in het eindproduct terechtkomen. Biogebaseerde ingrediënten zijn vaak vatbaar voor microbiële groei, vooral wanneer ze afkomstig zijn uit organische bronnen. **Bacteriën, schimmels, en gisten kunnen aanwezig zijn als onzuiverheden en kunnen niet alleen de houdbaarheid van producten verkorten**, maar ook gezondheidsrisico's veroorzaken in producten zoals cosmetica, voedselverpakkingen en farmaceutische toepassingen.

Om deze uitdagingen te beheersen, gebruikt de chemische industrie verschillende zuiveringstechnieken, zoals filtratie, destillatie, chromatografie, en fermentatieprocessen om het gehalte aan onzuiverheden te minimaliseren. Daarnaast wordt steeds meer onderzoek gedaan naar het verbeteren van de extractiemethoden en het ontwikkelen van nieuwe technieken om de zuiverheid van biogebaseerde ingrediënten te verhogen. Ondanks deze inspanningen blijft het beheersen van onzuiverheden een voortdurende uitdaging, vooral vanwege de inherente variabiliteit van natuurlijke bronnen.

6.7 Belang van LCA studies

Levenscyclusanalyse, beter bekend als LCA (Life Cycle Assessment), is een analytische methode gebaseerd op ISO14040 en 14044 die wordt gebruikt om de milieu-impacten van een product, proces of dienst te evalueren. Een **cradle-to-grave** analyse omvat alle stadia, van de winning van natuurlijke grondstoffen, productie, transport, gebruik, tot en met de afvalverwerking of recycling. Bij een **cradle-to-gate** analyseert men enkel de eerste twee fasen van de levenscyclus: de extractie van de natuurlijke grondstoffen (en bijhorend transport), en het uiteindelijke productieproces. Alles dat plaats vindt na het verlaten van de 'gate' of fabriekspoort wordt niet in beschouwing genomen, bv. omdat deze fasen niet gekend zijn of sterk kunnen variëren. De cradle-to-gate aanpak geeft vooral inzicht in de interne processen van een productiesysteem. Naast cradle-to-grave en cradle-to-gate wordt soms ook gesproken over **cradle-to-cradle**. In geval van recyclage kan het graf van de eerste cyclus beschouwd worden als de wieg van de nieuwe, tweede cyclus.

Het doel van een LCA is om een uitgebreid beeld te krijgen van de ecologische voetafdruk van een product, hotspots te identificeren en op die manier beslissingen te ondersteunen die leiden tot duurzamere productie- en consumptiepatronen.

Het opmaken van een LCA omvat belangrijke stappen en aspecten, waarbij vooraleerst een **scope-bepaling** gebeurt, waarin de doelstellingen van de LCA worden vastgesteld en de reikwijdte van de studie wordt bepaald. Hierbij worden de grenzen van het systeem en de functionele eenheid gedefinieerd. Vervolgens wordt een **inventaris** opgesteld van alle input- en outputgegevens die gelinkt zijn aan het bestudeerde systeem. Dit omvat zowel ruwe grondstoffen, energie, emissies naar lucht, water en bodem als afvalstromen. Tijdens de **impact analyse** wordt de data van de inventarisatie gekoppeld aan milieu-impact categorieën om een milieuprofiel op te stellen. De meest voorkomende impact categorieën zijn klimaatverandering, verzuring, aantasting van de ozonlaag, smogvorming, eutrofiëring, toxiciteit, ioniserende straling, fijnstof, watergebruik, landgebruik en schaarste van metalen en mineralen. Afhankelijk van de gekozen impactcategorie en methode wordt er een bepaalde

karacterisatiefactor toegekend aan elk input- of outputgegeven van de inventaris, om deze om te zetten in milieu-impacten.

Klimaatopwarming kan bijvoorbeeld uitgedrukt worden in CO₂ equivalenten (eq.). De factor voor CO₂ wordt gelijkgesteld aan 1 CO₂ eq. en die van methaan aan 25 CO₂ eq. Indien er 2 kg aan methaan wordt vrijgelaten zal dit hetzelfde effect hebben als 2 x 25 = 50 kg CO₂. Zo worden alle factoren die een invloed hebben op klimaatopwarming opgeteld.

Soms worden nog twee optionele stappen uitgevoerd (i.e. niet verplicht in ISO 14040/14044, namelijk normalisatie en weging) om individuele impact resultaten weer te geven als 1 geaggregeerde score. Bij de **interpretatie** worden de resultaten geëvalueerd en geïnterpreteerd om conclusies te trekken en aanbevelingen te doen. Deze fase helpt om inzicht te krijgen in de voornaamste oorzaken van de verschillende milieu-impacten en zo mogelijke verbeterpunten te identificeren.²¹

Zoals reeds blijkt uit bovenstaande omschrijving, zijn de ISO-normen voor LCA vrij open en laten ze bepaalde keuzes toe, bijvoorbeeld op vlak van impact methodes, het al dan niet uitvoeren van aggregatiestap, ... Om tot meer uniforme, vergelijkbare resultaten te komen zijn daarom afgeleide standaarden ontstaan, zoals de EPD (Environmental Product Declaration) en de PEF (Product Environmental Footprint). De EPD is ontstaan vanuit de bouwsector in 1998, de PEF werd opgericht door de Europese Commissie in 2013. Terwijl de EPD al een gevestigde waarde is, vooral in de bouwindustrie, bevindt de PEF zich nog in een transitiefase. Deze moet de weg vrijmaken voor beleidsvorming en bredere implementatie in de EU op termijn. Ondanks de gemeenschappelijke doelstelling van de EPD en de PEF, het voorzien van vaste regels om vergelijkbare resultaten te kunnen bekomen, hebben ze beiden erg verschillende inhoud, waardoor de resultaten enkel binnen hun eigen kader vergeleken kunnen worden.

	Kg CO ₂ eq/kg
Soybean oil (Brazil – rainforest)	11,17
Soybean oil (global)	6,83
Soybean oil (eco)	3,11
Tall oil	0,69



Figuur 19: uitstoot van CO₂ gassen is slechts één van de aspecten die in een LCA worden opgenomen. Vaak zijn data moeilijk te achterhalen en hetzelfde product (hier soja-olie) kan al sterk verschillen naargelang het type teelt. Deze data kent bijvoorbeeld een zeer lage CO₂ score toe aan tall oil, omdat de producent het louter als afval en niet als bijproduct van de papierindustrie beschouwt. LCA studies zijn daarom niet altijd even gemakkelijk op te stellen of te interpreteren. Er is steeds voldoende context nodig.

Hoewel biogebaseerde materialen vaak als duurzamer worden beschouwd, betekent dit niet automatisch dat ze een beter LCA-profiel hebben dan traditionele, op fossiele brandstoffen gebaseerde materialen. Het productieproces van biogebaseerde materialen kan namelijk ook significante milieu-impact hebben. Enkele factoren die de LCA-resultaten van biogebaseerde materialen kunnen

²¹ Zoë De Muynck (2021) Het belang van de eindelevensduur van een gebouw: Beschikbare methodes en hun invloed op de milieuscore. Masterthesis universiteit Gent, faculteit ingenieurswetenschappen-architectuur

beïnvloeden zijn gebruik van landareaal, water, meststoffen, pesticiden, herbiciden, energie en logistieke stromen.

LCA-studies zijn essentieel om een wetenschappelijk onderbouwde beoordeling te maken van de milieu-impact van zowel traditionele als biogebaseerde materialen. Ze helpen om de volledige reikwijdte van milieu-impact te begrijpen, rekening houdend met alle aspecten van de levenscyclus. Door het uitvoeren van gedetailleerde LCA's kunnen bedrijven en beleidsmakers meer weloverwogen keuzes maken die bijdragen aan een duurzamere toekomst. Het is belangrijk om te erkennen dat biogebaseerd niet per definitie synoniem is met milieuvriendelijk, en dat een holistische benadering nodig is om de werkelijke milieu-impact te bepalen. Daarnaast is het ook van belang op te merken dat bij het interpreteren van LCA's steeds voldoende context en expertise oordeel nodig is, denk hierbij bijvoorbeeld aan het verschil tussen de EPD en de PEF.

6.8 Greenwashing

Greenwashing is een marketingpraktijk waarbij bedrijven zich groener of duurzamer voordoen dan ze in werkelijkheid zijn. Het is een strategie waarbij misleidende informatie of valse claims worden gebruikt om producten, diensten of bedrijfsactiviteiten milieuvriendelijker te laten lijken dan ze werkelijk zijn. Deze tactiek is bedoeld om consumenten te overtuigen dat een bedrijf of product een positieve impact op het milieu heeft, terwijl dat in werkelijkheid vaak niet het geval is. Vaak zijn er veelvoorkomende strategieën, die heel vaak ook onbewust worden toegepast:

1. **Vage Claims:** Bedrijven gebruiken vaak termen zoals "natuurlijk", "eco", of "milieuvriendelijk" zonder duidelijke definitie of onderbouwing. Deze vage claims kunnen consumenten misleiden door hen te laten geloven dat een product milieuvriendelijk is, zonder dat er daadwerkelijk bewijs voor is.
2. **Onvolledige Informatie:** Soms worden alleen de milieuvriendelijke aspecten van een product benadrukt, terwijl schadelijke effecten worden weggelaten. Bijvoorbeeld, een product kan gemaakt zijn van biogebaseerd materiaal, maar het productieproces kan nog steeds veel vervuiling veroorzaken.
3. **Irrelevante Claims:** Dit gebeurt wanneer een bedrijf een claim maakt over een productkenmerk dat technisch waar is, maar niet relevant voor de duurzaamheid van het product. Bijvoorbeeld, een product dat claimt "CFK-vrij" te zijn (een stof die al jaren verboden is) wekt de indruk dat het milieuvriendelijker is dan vergelijkbare producten, terwijl dit kenmerk inmiddels standaard is.
4. **Verhullen van Waarheid:** Sommige bedrijven richten zich op een klein milieuvriendelijk aspect van hun activiteiten om te verhullen dat hun kernactiviteiten schadelijk voor het milieu zijn. Bijvoorbeeld, een oliebedrijf dat zijn hernieuwbare energie-initiatieven benadrukt, maar de negatieve impact van zijn kernactiviteiten verdoezelt.

Greenwashing ondermijnt het vertrouwen van consumenten in duurzaamheid en maakt het moeilijker voor echte duurzame initiatieven om erkend te worden. Consumenten kunnen hierdoor sceptischer worden over alle milieuvriendelijke claims, wat de vooruitgang naar echte duurzaamheid belemmert. Bovendien kan het bijdragen aan de vervuiling en uitputting van natuurlijke hulpbronnen, omdat consumentenproducten kopen in de veronderstelling dat ze milieuvriendelijk zijn, terwijl ze dat niet zijn.

Om greenwashing te vermijden, moeten consumenten kritisch kijken naar duurzaamheidsclaims en vragen om bewijs, **zoals certificeringen van onafhankelijke organisaties**. Bedrijven moeten transparant zijn over hun milieueffecten en alleen claims maken die zij kunnen onderbouwen met feitelijke gegevens en transparante rapportages. Het bevorderen van duidelijkheid en verantwoordelijkheid is essentieel om greenwashing tegen te gaan en echte vooruitgang in duurzaamheid te bevorderen.



Figuur 20: Voorbeelden van greenwashing zijn "compostable in backyards, waterways & oceans", terwijl shampooflessen daar nooit een plaats zouden mogen hebben.

6.9 Trends in de chemische sector

Een belangrijke trend in de chemische sector is een vernieuwde focus voor biogebaseerde (fijn)chemicaliën. Dit is met name zichtbaar bij een aantal grote chemische bedrijven. Het Belgische Solvay heeft zich bijvoorbeeld opgesplitst in twee delen, waarbij de divisie voor innovatieve ontwikkelingen (**Syensqo**) vier verschillende meerwaardeclusters heeft gedefinieerd, waarvan één specifiek biochemicals ontwikkelt. We zien dezelfde trend bij de Nederlandse chemiereus **DSM**, die grote delen van zijn traditionele fossiele chemie-activiteiten heeft afgesplitst en zijn focus heeft toegespitst op de activiteiten van nutraceuticals, voedingssupplementen en vitamines. In dit kader heeft DSM ook het Zwitserse **Firmenich** overgenomen die eveneens met biogebaseerde chemicaliën en supplementen actief is. Verder zien we dat ook het Duitse **Evonik**, een specialist in fijnchemicaliën voor al zijn producten de biobased content standaard meevert. Evonik is eveneens een voorloper in het gebruik van biogebaseerde disperseermiddelen en een zeer grote focus legt op zijn biogebaseerde ingrediënten. Eenzelfde verhaal zien we bij het Amerikaanse **DuPont** de Nemours, die zijn divisie "nutrition & Bioscience Subsidiaries" in 2019 heeft gefuseerd met **IFF** (international Flavors & Fragrances). We zien eveneens zeer belangrijke activiteiten van bedrijven die enzymen voor de chemische sector produceren, met bijvoorbeeld in België grote productiecapaciteiten van IFF (in de voorbije jaren ook bekend onder

Genencor, Danisco en Dupont) die op biotechnologische manier produceert, maar er zijn ook belangrijke enzymeproducenten die uit onrijpe vruchten enzymen isoleren (vb. Enzybel).

We zien dus dat naast traditionele (typisch oleochemische) aanbieders van biogebaseerde ingrediënten voor de chemische sector steeds meer van de chemie-conglomeraten zich specialiseren in verschillende takken van de biogebaseerde economie. Het gaat heel vaak over fijnchemicaliën met hoge toegevoegde waarde zoals bewaarmiddelen (Syensqo), blaasmiddelen (Syensqo), vitamines (DSM), nutraceuticals (Syensqo, DSM), (vee)voedingsadditieven (DSM, IFF), geurmiddelen (IFF), smaakmiddelen (IFF), dispergeermiddelen & emulgatoren (Evonik).

Box 30 | van traditionele chemieproducent tot een scala van biogebaseerde chemie



Proviron is een Belgisch chemiebedrijf dat aantoont dat ook kleinere bedrijven nog een rol kunnen spelen tussen de chemieconglomeraten. Het vindt zijn ontstaan als toeleverancier van chemische tussenproducten (in Hemiksem), maar na het overkopen van voormalige UCB terreinen in Oostende vervelde proviron tot een producent van allerlei chemicaliën. Het innovatiegehalte ligt er hoog en ook de transitie naar biogebaseerde chemicaliën is er duidelijk aanwezig.

Je ziet bij het bedrijf verschillende divisies (de-icing fluids voor vliegtuigen (provifrost), hittetransfer vloeistoffen (proviflow), toll manufacturing, fijnchemie (provichem), weekmakers (proviplast), microalgae en diergezondheid. De diversificatie naar hoogwaardige fijnchemicaliën is frappant, zo stootte het bedrijf zijn biodiesel activiteiten (met lage meerwaarde af) en komt het geregeld met innovaties in het nieuws. Het heeft zo bijvoorbeeld innovatieve voeding voor de kweek van garnalen en er is recentelijk de spin-off Axabio die specifiek algen kweekt voor de natuurlijke antioxidant astaxanthine, gebruikt in voedings- en de schoonheidsindustrie. Proviron heeft ook biogebaseerde de-icing fluids en tal van voedingssupplementen.

Naast fijnchemicaliën bestaan nog andere klassen van chemicaliën die weliswaar minder meerwaarde met zich meebrengen, maar veel grotere volumes representeren en daardoor eveneens economische zeer relevant zijn. Het gaat typisch over de productie van biopolymeren. De productieprocessen ervoor zijn zeer kapitaalsintensief en deze investeringen zien we typisch gebeuren in regio's waar reeds bioraffinaderijen bestaan of grote multinationale agro-conglomeraten zich vestigen (vb. Cargill, Tereos, etc.). Het Belgische Futerra investeert voor zijn nieuwe vestiging bijvoorbeeld niet in België voor PLA productie maar kiest een site naast deze van Tereos in Frankrijk). **Grote industriële agro-clusters zijn daarom zeer belangrijk voor het aantrekken van grootschalige investeringen in biopolymeren of bioconversie-faciliteiten.** In België zijn deze bijvoorbeeld gebaseerd in de Gentse haven. Het valt op dat productie van biopolymeren amper in Europa gebeurt, terwijl Europa wel een grote afname van deze producten kent. Productie van PLA gebeurt vooralsnog niet in Europa, terwijl twee grote producenten




(Corbion – Nederlands en Futerro – Belgisch) wel Europees zijn. Ook bij de productie van PHA zien we dat deze voornamelijk in Azië gebeurt.

6.10 Certificatie en testing

Het belang van testen en certificatie van zowel agriculturele (rest)stromen en verwerkte materialen is een niet te onderschatten sector geworden. Het gaat om zowel commerciële als niet-commerciële entiteiten die een uitgebreide expertise hebben voor het testen van dergelijke materialen. Dat kan gaan van het testen van ruwe componenten (vb. vetgehalte, eiwitgehalte), pathogenen (vb. microbiële testen), milieu-vereisten (vb. stikstof, zware metalen), biogebaseerde content, biodegradeerbaarheid in al zijn aspecten (vb. home compost, mariene biodegradatie), DNA-analyses, cosmetische testen (vb. skin contact), duurzaamheidsstudies (vb. LCA), enz.

We zien in België heel wat bedrijven die actief zijn in deze sector (vb. commerciële spelers als Eurofins, Primoris en eveneens Vlaamse instellingen als ILVO of VITO). We zien eveneens belangrijke consolidaties in Vlaanderen (vb overname van Organic Waste Systems door Normec en ECCA-labs door Eurofins).

Het verhaal van Organic Waste Systems (OWS) is overigens een voorbeeld van hoe testcentra zeer snel kunnen groeien door snel in te spelen op nieuwe trends. OWS was een van de pioniers in het ontwikkelen en opvolgen van nieuwe testmethodes voor biodegradatie in Europe, US en Australië. Daardoor is het testinstituut zeer snel gegroeid en bekend voor zijn expertise in het testen van allerlei normen voor biogebaseerde en biodegradeerbare producten.

Label	Indication of biobased content	Standards	Owned by/Granted by
<p>OK biobased</p> 	<p>stars:</p> <p>*: 20-40%</p> <p>** : 40-60%</p> <p>***: 60-80%</p> <p>****: >80%</p>	<p>Organic carbon content</p> <p>TÜV AUSTRIA document TS-OK20</p> <hr/> <p>Biobased content</p> <p>ASTM D 6866 DIN SPEC 91236</p>	<p>TÜV AUSTRIA</p>
<p>DIN-Geprüft Biobased</p> 	<p>number on label:</p> <p>20-50%</p> <p>50-85%</p> <p>>85%</p>	<p>Organic carbon content</p> <p>EN 13039 DIN 18128</p> <hr/> <p>Biobased content</p> <p>ISO 16620 ASTM D 6866 DIN SPEC 91236</p>	<p>DIN CERTCO</p>
<p>Bio-based content</p> 	<p>number on label</p>	<p>Organic carbon content / Biobased content</p> <p>EN 16785-1</p>	<p>Managed by NEN, granted by TÜV AUSTRIA or DIN CERTCO</p>

Figuur 21: voorbeelden van bekende certificaten voor (partieel) biogebaseerde materialen

Een certificaat is vaak een vrijwillig label die bepaalde informatie meegeeft aan de consument (hier het biogebaseerd gehalte van een product of verpakking). Los van certificaten bestaan er tal van geaccrediteerde testen. Dit zijn testen die ontwikkeld werden door bijvoorbeeld het European committee for standardisation (CEN) of in opdracht daarvoor. Deze testen zijn gestandaardiseerd en

ieder testlabo die ze wil uitvoeren moet geaccrediteerd zijn, in België verleent Belac dergelijke accreditaties en de testcentra moeten voldoen aan een set vereisten, waaronder interlabo testen.

Verleners van certificaten accepteren testverslagen van alle geaccrediteerde labo's en indien een product voldoet aan de vereisten kan het certificaat verleend worden. Normaal zal dan ook steekproefsgewijs nagegaan worden of de producten die op de markt geplaatst worden nog steeds voldoen aan de testen. Uiteraard is daar een kost aan verbonden, en het is belangrijk voor certificatieverleners dat hun certificaat zo bekend mogelijk raakt onder de bevolking. Bekende certificaten kunnen immers de certificaatverlener winst opleveren.

7. Conclusie

Biogebaseerde chemicaliën bestaan al geruime tijd, maar hun gebruik is sinds de jaren '60 aanzienlijk gedaald en pas sinds de laatste decennia weer aan het toenemen. Voor Vlaanderen is de chemische en kunststofverwerkende industrie erg belangrijk, dus is het cruciaal om de overgang naar een biogebaseerde economie goed te volgen en op tijd in te spelen op opportuniteiten en markttrends.

De transitie naar biogebaseerde chemicaliën wordt aangestuurd door een toenemend bewustzijn van de impact van chemicaliën en fossiele grondstoffen op milieu en gezondheid. Europese wetgeving zoals REACH en ECHA speelt hierin vaak een bepalende rol. Hoewel uitdagend voor bedrijven, biedt deze wetgevende evolutie ook nieuwe kansen voor economische ontwikkeling.

Deze studie illustreert dat er al heel wat succesverhalen te vinden zijn gebaseerd op biogebaseerde grondstoffen. Innovatie is hierbij steeds essentieel, en we zien enkele trends die zich meermaals in successen vertaalden. We bieden hieronder een overzicht van typische additieven en andere factoren die bijdragen aan een gezonde en sterk groeiende biogebaseerde economie:

1) Additieven die in **lage dosering** een **zeer hoge meerwaarde**

Antimicrobiële middelen, UV-beschermingsmiddelen, antioxidanten, geur- en smaakstoffen, farmaceutische componenten en dragers zijn erg waardevol in kleine hoeveelheden. Deze additieven zijn relevant voor sectoren als chemie, voeding, kunststofverwerking en farma in Vlaanderen.

2) Additieven die in **hoge dosering** worden gebruikt en toch een **substantiële waarde** hebben

Brandvertragers, weekmakers en tackifiers worden in grote concentraties ingezet en zijn tegelijkertijd relatief duur. Deze sector kent veel mogelijkheden voor innovatie in formulatie en het testen van nieuwe componenten. Er blijft in Vlaanderen ook veel vraag naar dergelijke additieven.

3) **Herformuleren van "laagwaardige" biogebaseerde materialen als fijnchemicaliën** in niche-toepassingen

Goedkope, breed beschikbare biogebaseerde materialen zoals cellulose, hout, zetmeel en lignine hebben potentieel in niche-toepassingen die diepgaande kennis vereisen voor optimale meerwaarde. Dit omvat onder andere additieven voor reologie, mattering en abrasie, waarbij pre-dispersies, voorformuleringen en kennisgedreven verwerking nodig zijn.

4) Het inzetten op laag-energetische **omzettingsprocessen**

Hoogwaardige chemicaliën beginnen vaak met laagwaardige grondstoffen zoals suikers, glycerol of oliën. Procestechnologieën zoals fermentaties en chemische omzettingen leiden tot hoogwaardige producten. Vanuit ecologisch en economisch oogpunt is witte biotechnologie met energiezuinige processen van belang.

5) Nieuwe mogelijkheden om **afvalstromen uit landbouw en industrie op te waarderen**.

Bij bepaalde afvalstromen (vb. pluimen uit slachthuizen) zien we dat er volledig nieuwe industriële installaties gekomen zijn. Het zoeken naar opwaardering van afval is niet gemakkelijk en vergt diepgaande expertise en businessmodellen. Bovendien zijn vaak grote investeringen nodig om voldoende schaal te creëren om deze afvalstromen op te waarderen. Ook wetgevend kunnen er limieten zijn aan een snelle implementatie (vb. insectenkweek).

6) Test- en expertisecentra die **nieuwe wetgeving en testontwikkeling snel implementeren**.

België behoort tot de regio's waar nieuwe wetgeving het snelst wordt toegepast. Dit hoeft geen beperking te zijn. Test- en expertisecentra kunnen vaak snel anticiperen op veranderingen en sectororganisaties kunnen bedrijven voorbereiden op transities. Bovendien kunnen testcentra significante economische waarde creëren door hun nieuwe expertise snel wereldwijd uit te rollen.

7) Verankeren van **bioraffinaderijen en agrarische clusters**

Kapitaalsintensieve investeringen in de bio-economie zijn gebaat bij nabijheid van bestaande bioraffinaderijen en agro-clusters. De logistiek en productie van biopolymeren profiteren bijvoorbeeld van de strategische ligging dichtbij grote agrarische conglomeraten.

8) Creatie van **kennisclusters** in bepaalde aspecten van de bio-economie

Technologische know-how ontwikkelt zich sterk in clusters, zoals de agro-biotechcluster rond Gent (<https://vib.be/nl/business/succesverhalen/gentse-cluster-agribiotech>), die internationaal aanzien geniet. Bedrijven trekken naar deze clusters vanwege de gedeelde kennis, expertise en beschikbaarheid van hooggekwalificeerd personeel. Clusters bevorderen daarnaast hoogwaardige banen in R&D en regulatory affairs.

Om deze studie af te ronden, kunnen we benadrukken dat de overgang naar biogebaseerde chemicaliën niet alleen kansen biedt voor duurzaamheid en milieuvriendelijkheid, maar ook voor economische groei en innovatie in de chemische sector. Vlaanderen kan hierin een leidende rol spelen door in te zetten op strategische investeringen, samenwerking en het verder ontwikkelen van biogebaseerde oplossingen. De vele toepassingen en sectoren die profiteren van biogebaseerde chemicaliën, van fijnchemicaliën tot grootschalige industriële processen, benadrukken het belang van continue innovatie en aanpassing aan veranderende markteisen en regelgeving.