



Algemene gegevens	
PPS-nummer	AF-SIP-14001
Titel	SIP Biorefinery for raw material availability and flexibility
Thema	AF Circulair
Uitvoerende kennisinstelling(en)	TNO en WFBR
Projectleider onderzoek (naam en emailadres)	Erwin Beckers (TNO; nu WFBR); erwin.beckers@wur.nl en Miriam Quataert (WFBR); miriam.quataert@wur.nl
Penvoerder PPS (namens private partij)	N.v.t.
Contactpersoon overheid	Jan van Esch
Werkelijke startdatum	01-01-2015
Werkelijke einddatum	31 december 2017

Goedkeuring penvoerder / consortium	
De eindrapportage dient te worden besproken met de penvoerder/het consortium. De TKI's nemen graag kennis van evt. opmerkingen over de rapportage.	
De penvoerder heeft namens het consortium de eindrapportage	<input type="checkbox"/> goedgekeurd <input type="checkbox"/> niet goedgekeurd
Evt. opmerkingen over de eindrapportage:	Geen

Korte omschrijving inhoud/doel PPS
<p>Wat is er aan de hand? Wat doet het project daaraan? Wat levert het project op? Wat is het effect hiervan?</p>
<p><u>Wat is er aan de hand?</u> De economie draait voor een zeer belangrijk deel op fossiele grondstoffen. De opwarming van het klimaat en het opraken van aardolie en aardgas zorgen ervoor dat we op zoek moeten naar alternatieven. Rest- en zijstromen uit de agrarische sector zijn daarbij interessant: ze kunnen klimaatneutraal worden gebruikt, raken nooit op en zijn een interessante inkomstenbron.</p>
<p><u>Wat doet het project eraan?</u> Om de interessante stoffen uit de reststromen te winnen, moeten zogenaamde bioraffinageprocessen worden ingezet. In de afgelopen jaren is een aantal processen ontwikkeld die in principe ook economisch interessant zijn. In dit project worden de technologieën verder uitgewerkt tot op demo-schaal. Op deze schaal moet duidelijk worden of de economische beloftes inderdaad waar gemaakt kunnen worden in de praktijk.</p>
<p><u>Wat levert het project op?</u> Het project levert de sector mogelijkheden om eiwitten uit zijstromen van de aardappel-groente- en eierindustrie te winnen. Daarnaast komen er milieuvriendelijke verwerkingstechnologieën voorhanden om waardevolle suikers voor de chemische sector te produceren.</p>
<p>Het overkoepelende doel van het programma Biorefinery for raw material availability and flexibility</p>

was om technologie en waardeketens te integreren om de duurzame aanvoer van biomassa afgeleide grondstoffen in de juiste kwantiteit en de flexibele toepassing daarvan te garanderen in de voedingsindustrie en biobased sector.

In en viertal publiek –privaat gefinancierde projecten is onderzoek verricht naar de isolatie en verwaardig van eiwit –en koolhydraat houdende reststromen naar voedingstoepassingen als sauzen etc. en niet-voedingstoepassingen als bouwstenen voor kunststoffen en smeermiddelen en lijmen en coatings. In een 5^e, puur strategisch traject, is gekeken naar de isolatie en karakterisatie van oligosacchariden uit reststromen zoals zemelen. Doel was om de inzet in producten als cosmetica en als dietary fibre te evalueren.

Mutaties ten opzicht van het oorspronkelijke projectplan en follow-up

Zijn er wijzigingen geweest in het consortium / de projectpartners? Zo ja, benoem deze.	Het programma is opgebouwd uit 5 verschillende deelprojecten ieder op zich met deelname van TNO/FBR en een aantal industriële partners. De projecten zijn gefaseerd van start gegaan; na start van de projecten zijn er geen wijzigingen in de consortia geweest.
Zijn er inhoudelijke wijzigingen geweest in het project?	Uiteraard zijn er kleine wijzigingen ten opzicht van de oorspronkelijke planning geweest, maar geen wijzigingen ten opzichte van de oorspronkelijke doelstellingen
Is er sprake van een octrooi-aanvraag (evt. first filing) vanuit deze PPS?	Binnen de SIPS is er een uitvinding gedaan getiteld: Non-chemically modified food starches Deze uitvinding betreft de ontwikkeling van een clean label (niet chemisch) gemodificeerd voedings zetmeel. In plaats van chemie wordt er gebruik gemaakt van stoom, hitte en een bepaalde zuurtegraad. Ten gevolge van deze behandeling wordt het zetmeel stabiel t.a.v hitte en zure behandelingen, hetgeen een voordeel is voor in bepaalde applicaties (zoet zure sauce, bechamel etc). Traditioneel kunnen deze eigenschappen alleen gerealiseerd worden door chemische crosslinking. Een patent is ingediend. In de eerste fase heeft de examiner alle claims als nieuw en innovatief beschouwd. AVEBE is geïnteresseerd in deze technologie!
Is er sprake van spin-offs (contract-onderzoek dat voortkomt uit dit project, aanvullende subsidies die zijn verkregen of spin-off bedrijvigheid)	Gebaseerd op de onderzoeksresultaten zijn er vanuit de projecten "Sidestreams2proteins" en "Sustainable methods for starch processing" vervolg projecten ingediend binnen de 2 ^e tranche van het SIP programma (TKI-AF 17102 te financieren op basis van TKI-toeslag middelen).
Binnen hoeveel jaar zullen de private partijen resultaten uit dit project gaan gebruiken in de praktijk?	Voor het project anti solvent kristallisatie verwachten we dat private partijen uit dit project de resultaten in 2018 gaan gebruiken binnen het Pro-Kris project.
In hoeverre heeft het project bijgedragen aan de ontwikkeling van de betrokken kennisinstelling(en)? (bijv. wetenschappelijk track record, nieuwe technologie, nieuwe samenwerkingen)	IPSS Engineering heeft een positieve beschikking ontvangen van de Provincie Gelderland (EFRO Op-Oost) voor de ontwikkeling van een innovatieve en duurzame kristallisatie techniek voor suikers (ProKris). Samen met projectpartner CTI en Wageningen UR zal een pilot installatie ontworpen en gebouwd worden. Met deze pilot installatie zal uit verschillende reststromen een verscheidenheid aan suikers gekristalliseerd worden zoals, sucrose, fructose, lactose, Xylose
Krijgt het project een vervolg in de vorm van een nieuw project of een nieuwe samenwerking?	Zoals hierboven beschreven: TKI-AF 17102 en het Pro-kris project. Het project "Production Furanic Intermediates....." zal voortgezet worden op basis van industriële participatie en reguliere financiering vanuit de Topsector Agri&Food en de Topsector Chemie.

Deliverables (geef een korte beschrijving per deliverable uit het projectplan)

Het Strategisch Innovatie programma "Biorefinery for raw material availability and flexibility heeft met behulp van het publiek-privaat samenwerkingsverband bestaande uit TNO en WFBR en een aantal industriële partners belangrijke funderende kennis geleverd ten aanzien van de isolatie, zuivering en toepasbaarheid van eiwit- en koolhydraatrijke reststromen in zowel de voedings- als niet-voedingsindustrie.

Het eerste gestarte project "Sidestream2Protein" was gericht op het verkennen van innovatieve, milde raffinagestrategieën, ontwerp van industrieel toepasbaar procesketens, evaluatie van de opbrengst en de verbetering van de functionele kwaliteit van afgeleide (plantaardig) eiwitfracties. Valorisatie van een verscheidenheid van eiwitrijke reststromen vindt plaats in een aantal business cases voor technische, veevoer- en levensmiddelentoeepassingen. Vijf grondstoffen, die allen als bijproduct in verschillende voedselverwerkende industrieën ontstaan, zijn onderzocht op de waarde van hun componenten en op mogelijkheden om deze inhoudsstoffen te valoriseren. Focus was hierbij op de eiwitfractie. Voor de verschillende grondstoffen is een ontwerp voor eiwitwinning gemaakt en is de functionaliteit van de verkregen fracties geanalyseerd. Het procesontwerp is techno-economisch geëvalueerd om bottlenecks te kunnen aanduiden voor de betrokken partners Lutèce, Provalor, Teboza, Egga Foods en Emsland.

In het tweede project "Sustainable methods for starch and processing" is, samen met Avebe en Flowit, gewerkt aan innovatieve modificatie van zetmeel uit commerciële gewassen en producten verkregen uit de aardappelvezelstroom. Het project heeft zich het afgelopen jaar gericht op de drie onderwerpen zoals beschreven in de drie werkpakketten:

WP1 - modificatie van zetmeel tot food grade producten. Nieuwe modificatietechnologieën zijn getest op hun merites. De finale analyses moeten nog worden uitgevoerd.

WP 2 - het fysisch modificeren van amylopectine zetmeel. Dit is succesvol en de resultaten zijn inmiddels vastgelegd in een octrooiaanvraag.

WP 3 - isolatie van pectines en andere actieve koolhydraten. Dit jaar zijn flinke stappen gezet richting identificatie en isolatie van deze koolhydraten

Isolatie van specifieke oligosachariden uit vezelrijke reststromen, zoals tarwezemelen en vliesjes van maïs en peulvruchten ('hullen') is onderzocht in het derde project "Sustainable methods for starch and processing". Deze nieuwe kennis en technologie rondom oligosachariden zal de inzetbaarheid in voedsel (voedingsvezels) en technologische toepassingen, zoals verpakkingen, films, lijmen en coatings, verhogen. De ontwikkeling van nieuwe zetmeel limen als vervanging van synthetische polymeren zoals PVAc, is bestudeerd waarbij gebruik gemaakt werd van reactieve extrusie om het zetmeel te modificeren en de functionaliteit te verhogen en veranderen. Verder is een proces ontwikkeld waarbij biomassa voorbehandeling geïntegreerd is met 'enzyme mediated' depolymerisatie. Hiermee konden arabinoxylane oligosachariden (AXOS) geproduceerd worden in hoge opbrengst voor voedsel en cosmetic toepassingen.

In het vierde project hebben WFBR en TNO de productie bekeken van furfural uit agrifood residuen. Furfural dient als belangrijke bouwsteen voor nieuwe bio-based materialen in de chemie. Verdere aandachtspunten zijn meer kosten concurrerend dan de huidige waardeketen en aantonen van de furanen in diverse toepassingsgebieden. De synthese van biobased aromatische verbindingen ("drop-in" en "near drop-in") zijn succesvol gesynthetiseerd op gram-schaal voor een eerste evaluatie. Vooral de industriële partners Klueber, Beckers en Covestro zijn hierin geïnteresseerd. De synthese van een aantal geselecteerde moleculen wordt nu opgeschaald naar kilogram-niveau. Verder zijn voor enkele van deze furaan-bouwstenen ("building blocks") processen beoordeeld op haalbaarheid op toepassing op industriële schaal.

Een nieuw ontwikkelde anti-solvent kristallisatie technologie, die kan worden toegepast op waterige reststromen of moederlogen, vormt het centrale onderwerp binnen het vijfde project "Anti-solvent cristallisaton". De technologie is binnen het project verder ontwikkeld met de partners IPSS Engineering, Pervatech, Grassa KWS Saat (D), Avebe, Lamb-Weston Meijer, Delphy en Techno Force Solutions en mogelijke technische verbeteringen getest. Ook zijn er vier cases doorgewerkt, waarbij kristallisatie van één component of scheiding in fracties het doel is. Het

procesontwerp wordt verder techno-economisch geëvalueerd, om de business case te kunnen ondersteunen.

Verder heeft de 1-loketfunctie steeds meer vorm gekregen. WFBR en TNO werkten in 2017 intensief samen op dit onderwerp zowel op business development en inhoudelijke expertise als op allerlei organisatorische zaken zoals projectmanagement, PR en ondersteunende diensten.

Aantal opgeleverde producten			
Wetenschappelijke artikelen/patenten	Rapporten	Artikelen in vakbladen	Inleidingen/workshops/presentaties
1	1	1	3

Samenvatting van het project

Het Strategisch Innovatie programma "Biorefinery for raw material availability and flexibility heeft met behulp van het publiek-privaat samenwerkingsverband bestaande uit TNO en WFBR en een aantal industriële partners belangrijke funderende kennis geleverd ten aanzien van de isolatie, zuivering en toepasbaarheid van eiwit-en koolhydraatrijke reststromen in zowel de voedings –als niet –voedingsindustrie.

Het overkoepelende doel van het programma was om technologie en waardeketens te integreren om de duurzame aanvoer van biomassa afgeleide grondstoffen in de juiste kwantiteit en de flexibele toepassing daarvan te garanderen in de voedingsindustrie en biobased sector. In en viertal publiek –privaat gefinancierde projecten is onderzoek verricht naar de isolatie en verwaardig van eiwit –en koolhydraat houdende reststromen naar voedingstoepassingen als sauzen etc. en niet-voedingstoepassingen als bouwstenen voor kunststoffen en smeermiddelen en lijmen en coatings. In een 5^e, puur strategisch traject, is gekeken naar de isolatie en karakterisatie van oligosacchariden uit reststromen zoals zemelen. Doel was om de inzet in producten als cosmetica en als dietary fibre te evalueren.

Bijlage 1: Titels van producten en links naar informatie op openbare websites (w.o. Kennisonline)

IPSS ontvangt positieve beschikking van Provincie Gelderland tbv ProKris project!

IPSS Engineering heeft een positieve beschikking ontvangen van de Provincie Gelderland (EFRO Op-Oost) voor de ontwikkeling van een innovatieve en duurzame kristallisatie techniek voor suikers (ProKris). Samen met projectpartner CTI en Wageningen UR zal een pilot installatie ontworpen en gebouwd worden. Met deze pilot installatie zal uit verschillende reststromen een verscheidenheid aan suikers gekristalliseerd worden zoals, sucrose, fructose, lactose, Xylose enz.

<http://www.ipss.nl/nieuws/>

Link naar Kennisonline/TKI AF:

<http://www.wur.nl/nl/project/Biorefinery-for-raw-material-and-flexibility-AF-SIP-14001.htm>

<https://topsectoragrifood.nl/project/biorefinery-for-raw-material-availability-and-flexibility/>

Renewable routes for the production of biobased aromatic carboxylic acids using furans as feedstock; 12th international conference on "Renewable Resources and Biorefineries"; 30-31 mei 2016, Gent, België.

Event "Food and Biobased innovations of TNO & WUR: Results and perspectives of the Strategic Innovation Programme" voor geïnteresseerde externen, 25 november 2016, Wageningen

Bruins, M.E. (2017a) Small scale biorefinery for sugar in the Netherlands. XXIVth AVH symposium, March 30th 2017, Rheims.

Bruins, M.E. (2017b) Anti-solvent crystallisation for local sugar production. NPT, nr. 4 (november 2017).

Confidential Report:

Anti-solvent Crystallisation

Authors: Marieke E. Bruins, Jeroen J.C.F. van Bon, Edwin R.P. Keijsers, K. Arnoud Togtema, Ronald C. Vroon, Johan W. Timmermans, Juliën A. Voogt, Ted M. Slaghek

Report number TNO: TNO 2017 R11052

Report number Food & Biobased Research: 1763

Bijlage 2: Highlights Anti-solvent crystallisation and Sidestream2Protein

Highlights:

In the framework of the Strategic Innovation Programme (SIP) a joint research project "Anti-solvent Crystallisation" was executed aimed at identifying opportunities and analysing barriers for high-value, food-oriented application of side streams. The SIP program is an initiative of Wageningen Food & Biobased Research (WFBR) and TNO, supported by the Dutch Ministry of Economic Affairs. This research project was done in close co-operation with interested industries that have (access to) significant side streams and/or are interested in development of new technologies that fit the anti-solvent crystallisation concept: IPSS, KWS, LWM, Pervatech, Delphy, Grassa, Technoforce, AVEBE.

Anti-solvent crystallisation technology was previously developed as a technology for local processing of raw juice. The current objective was to demonstrate that anti-solvent crystallisation can be applied to a broader range of feedstocks and products. In this project the anti-solvent crystallisation has been developed further and the design was evaluated on techno-economical aspects.

Technological developments focused on the choice for and integration of the dewatering technology and on the choice between batch and continuous crystallisation. Dewatering was optimized with regard to minimization in ethanol losses. Out of the evaluated techniques, distillation was the only process that can remove water with a low ($\leq 0,5\%$) ethanol content. This is an important aspect for anti-solvent crystallisation. To reduce OPEX and CAPEX, distillation can be extended with zeolite columns or pervaporation. Technical proof of principle was demonstrated with water permeable membranes.

Continuous crystallisation was tested, using a plug flow crystalliser. This technology was able to precipitate sucrose from an aqueous mixture by addition of ethanol as an anti-solvent. Continuous operation of the crystallizer could have the advantage that the process may be modified to operate at lower ethanol concentrations.

Anti-solvent crystallisation can be applied to various raw materials to isolate water soluble components such as sugars, amino acids and organic acids from aqueous streams.

In the framework of the *Strategic Innovation Programme (SIP)* a joint research project "Sidestream2Protein" was executed aimed at identifying opportunities and analysing barriers for high-value, food-oriented application of side streams. The SIP program is an initiative of Wageningen Food & Biobased Research (WFBR) and TNO, supported by the Dutch Ministry of Economic Affairs. This research project was done in close co-operation with interested industries that have (access to) significant protein-rich side streams: Egga Food, Emsland, Lutèce, Provalor and Teboza. These industries were all interested in valorising a protein-rich side stream. The project aimed at exploring the potentials of (innovative) refinery strategies, design of

industrially applicable process chains, evaluation of protein yield, and improvement of functional quality of derived protein fractions. A working procedure (methodology) was developed and applied in the 5 case studies:

- First the composition of the side streams was determined and an Innova-database search was performed to determine options for use with or without further processing;
- Thereupon the focus was on defining processes for protein recovery and/or food product development;
- Subsequently the proposed products and processes were assessed on their industrial relevance by an economic evaluation; and
- Finally, new process and products were defined and legislative EFSA issues were addressed.

In performing the work, the expertise and practical facilities of TNO and WFBR were successfully combined, providing a more complete covering of technical possibilities.

Amongst the recommendations for follow-up for the different cases a number of parallels can be identified:

- For further assessing the value of the product, a detailed analysis of valuable compounds and their functionality (either technical or in food/feed) in various streams and the potency of a business case should be done.
- Further development and increasing the TRL (technology readiness level) of specific mild separation processing methods for multiple streams is considered highly relevant.

The above mentioned issues could be combined in joint research efforts (and potentially even joint processing installations).

Akkoord: Hans van der Kolk (Topsectorsecretaris)