



<b>Algemene gegevens</b>	
PPS-nummer	AF-12128
Titel	Bouwstenen voor duurzame verpakkingsmaterialen op basis van agrozijstroom
Roadmap/Koepel	TKI Agri & Food
Uitvoerende kennisinstelling(en)	Wageningen Research – WFBR – Biobased Products
Projectleider onderzoek (naam en emailadres)	Dr. Arie van der Bent, arie.vanderbent@wur.nl
Penvoerder PPS (namens private partij)	A.D. Benschop, Koninklijke Coöperatie Cosun U.A.
Contactpersoon overheid	TKI bureau: Kees de Gooijer / Jolanda Braam
Werkelijke startdatum	1-1-2013
Werkelijke einddatum	31-3-2016 (3 maanden verlenging tov oorspronkelijke einddatum)
Korte omschrijving inhoud	DLO-FBR ontwikkelt samen met Cosun, Refresco, Arkema en NorthSeaweed pre-competitieve bioraffinage- en conversietechnologie voor de winning van suikerzuren uit agrozijstroom, en de conversie daarvan in chemische, biobased building blocks en bioplastics. De belangrijkste activiteiten zijn A) het winnen van galacturonzuur uit bietenpulp. B) De omzetting daarvan in achtereenvolgens galactaarzuur en het kunststof monomeer 2,5-FDCA. C) Het gebruik van dat monomeer voor het maken en testen van de kunststof PEF als biobased alternatief voor PET in verpakkingsmaterialen zoals flessen.

<b>Resultaten en deliverables</b>	
<p><b>1. Welke deliverables zijn opgeleverd? (geef een korte beschrijving per deliverable uit het projectplan)</b></p>	<p>De beoogde resultaten en producten die het project oplevert zijn:</p> <p>Na één jaar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Een verbeterd (chemo)-enzymatisch proces voor de ontsluiting en zuivering van galacturonzuur uit suikerbieten pulp en cichorei pulp. <i>Gehaald</i></li> <li>- Een proces voor de scheiding van minimaal een zeewiertype in een eiwit en polysaccharide fractie. <i>Gehaald</i></li> <li>- Een gedetailleerde analyse van de biochemische samenstelling van fruitafval. <i>Niet onderzocht (geen partner op fruitafval in het definitieve consortium)</i></li> <li>- Een robuust proces voor de omzetting van galacturonzuur in galactaarzuur op 1-2 kilogramschaal. <i>Gehaald</i></li> <li>- Een verbeterd proces voor de omzetting van galactaarzuur in furaandicarbonzuur met een hoger geïsoleerde opbrengst dan de huidige 45%. <i>Gehaald</i></li> <li>- PEF polymeer synthese op 2-5 kilogramschaal en bepaling van de thermische en mechanische eigenschappen. <i>Gehaald (op 500 g schaal)</i></li> </ul> <p>Na twee jaar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Een proces voor de winning van uronzuren (suikerzuren) uit zeewier en fruitafval. <i>NVT zie wijzigingen project</i></li> <li>- Een, gebaseerd op de resultaten van DLO-FBR en Cosun, proces voor de productie van galactaarzuur en</li> </ul>

	<p>FDCA op 50-100 kilogram schaal. <i>Gehaald (op kleinere schaal uitgevoerd, maar goed opschaalbaar)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mechanistisch inzicht in de vorming van FDCA uit galactaarzuur en daarop gebaseerd verdere onderdrukking van bijproductvorming, inzicht in de mogelijkheden voor alternatieve bereidingswijzen. <i>Gehaald</i></li> <li>- PEF polymeer synthese op 2-5 kilogramschaal en bepaling van de gasbarrière eigenschappen (GEHAALD) en inzicht in methodes om de impact sterkte te verbeteren. <i>Gehaald</i></li> <li>- Minimaal één octrooiaanvraag ten aanzien van de ontwikkeling van het beoogde proces en product (GEHAALD)</li> <li>- Disseminatie van de behaalde resultaten op nationaal vlak. <i>Gehaald</i></li> </ul> <p>Na drie jaar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Een proces voor de synthese van FDCA uit fruitafval of zeewier; inzicht in hoeverre deze processen geïntegreerd kunnen worden met de winning van FDCA uit suikerbieten- en cichoreipulp. <i>NVT, zie wijzigingen project</i></li> <li>- Inzicht in de economische aspecten van de hele keten van bioraffinage tot verpakkingsmateriaal. <i>Gehaald</i></li> <li>- Inzicht in de mate waarin de nieuwe verpakkingsmaterialen, op basis van agrozijstroom, de houdbaarheid van producten als frisdranken of fruitsappen kunnen verhogen. <i>Gehaald (alleen kwalitatief ivm focus op optimalisatie syntheseroutes)</i></li> <li>- Op basis van de socio-economische evaluatie; inzicht in de mate waarin het ontwikkelde proces en product bijdraagt aan CO2 en non-renewable energy besparing. <i>Niet onderzocht ivm focus op optimalisatie syntheseroutes</i></li> <li>- Disseminatie van de behaalde resultaten op internationaal vlak in wetenschappelijke tijdschriften. <i>Gehaald</i></li> </ul>
<p><b>2.</b> Indien bepaalde deliverables niet gehaald zijn, wat was daarvoor de reden?</p>	<p>De dehydratie van galactaarzuur in FDCA is moeilijker gebleken dan vooraf gedacht. Dit is opgenomen in zowel de 2014 als 2015 rapportage. Met veel inspanning kon de conversie desondanks worden verhoogd van maximaal 55% naar 80% (percentages voor isolatie). Omdat het een belangrijke bottleneck voor de commercialisatie van '2e generatie' PEF betreft is daarvoor met instemming van alle partners budget ingezet dat voor de latere stappen was bedacht. De beoogde projectonderdelen waarin PEF samen met Refresco verwerkt zou worden tot flessen zijn daardoor niet aan bod gekomen.</p>
<p><b>3.</b> Heeft het project onverwachte (neven)uitkomsten opgeleverd, die vooraf niet waren voorzien? Zo ja, benoem deze.</p>	<p>NVT</p>
<p><b>4a.</b> Binnen hoeveel jaar zullen de private partijen resultaten uit dit project gaan gebruiken in de praktijk?</p>	<p>Resultaten mbt de bioraffinage zijn al geïmplementeerd voor opschaling van de productie van pectine en galacturonzuur voor alle mogelijke toepassingen daarvan.  Resultaten mbt de synthese van galactuurzuur (voor alle denkbare applicaties, naast het maken van 2,5-FDCA) zijn al geïmplementeerd voor opschaling daarvan.  Resultaten mbt de synthese van PEF en PEF-gebaseerde verpakkingen uit galacturonzuur worden nader onderzocht in TKI-AF-15233 'Duurzame verpakkingsmaterialen gebaseerd op agro zijstroom'.</p>
<p><b>4b.</b> Kan het gebruik van de resultaten in de praktijk nog worden versneld, en zo ja, wat is daarvoor nodig?</p>	<p>De resultaten van het project beslaan in potentie een breed toepassingsgebied. Er wordt namelijk onderzocht welke commerciële toepassingen mogelijk zijn voor alle (tussen)producten uit dit project: pectine, galacturonzuur, galactaarzuur, 2,5-FDCA en PEF. Voor alle applicaties is niet</p>

	alleen onderzoek nodig, ook moeten nieuwe consortia gevormd worden over de keten. WFBR levert ook een bijdrage aan dit proces.
<b>4c.</b> Op welke wijze is over het project en de resultaten gecommuniceerd naar de brede doelgroep (incl. niet-deelnemende bedrijven)?	Wetenschappelijke resultaten zijn gecommuniceerd via publicaties in peer reviewed tijdschriften, na octrooieren indien de resultaten bescherming behoeven. In overleg met de partners zijn ook resultaten gedeeld met potentiële ketenpartners (zie 4b. hierboven). Ook is breed ingezet op niet-wetenschappelijke communicatie over de valorisatie van suikerbietenpulp richting verpakkingen en plastics. Dit zowel via internet, als via vakbladen.
<b>5.</b> In hoeverre heeft het project bijgedragen aan de ontwikkeling van de betrokken kennisinstelling(en)? (bijv. wetenschappelijk track record, nieuwe technologie, nieuwe samenwerkingen)	Het project heeft met 2 octrooien en 2 wetenschappelijke publicaties een belangrijke bijdrage geleverd aan het track record van WFBR-Biobased Products op bouwstenen voor hernieuwbare plastics uit hernieuwbare bronnen. Daarnaast is nieuwe kennis en expertise opgedaan die van belang is voor ander onderzoek rond de valorisatie van agrestromen.
<b>6.</b> Krijgt het project een vervolg in de vorm van een nieuw project of een nieuwe samenwerking? Zo ja, geef een toelichting.	Er is zowel sprake van nieuwe projecten met deze partners rond dezelfde biomassa bron (suikerbietenpulp)/ hetzelfde applicatiegebied (verpakkingen), als van nieuwe samenwerkingen. In al deze projecten is WFBR-BbP opnieuw onderzoekspartner. Concreet gaat het om: 1) TKI-AF-14268 'Extractie en valorisatie van microcellulosevezels uit bietenpulp'. In dit project wordt een andere fractie van dezelfde bietenpulp stroom gevaloriseerd. Penvoerder: Cosun. 2) EU-BBI project 'Pulp2Value'. Pulp2Value wil aantonen dat een integraal en betaalbaar raffinagesysteem voor suikerbietenpulp te realiseren is. Penvoerder: Cosun. 3) TKI-AF-15233 'Duurzame verpakkingsmaterialen gebaseerd op agro zijstromen'. Bedrijven: Corbion (penvoerder) & Refresco.

### Highlights

In dit project is de conversie van suikerbietenpulp naar chemische building blocks zoals galacturonzuur en galactaarzuur en eindproducten zoals het bioplastic PEF (een alternatief voor PET, bekend van frisdrankflessen) onderzocht. Voor de isolatie van galacturonzuur uit bietenpulp zijn verschillende procesconcepten ontwikkeld op zowel lab- als pilot schaal tot 100 kg. In elk concept zijn verbeteringen doorgevoerd, wat heeft geleid tot een efficiënt proces waarin galacturonzuur geïsoleerd kan worden in een zeer hoge zuiverheid. Voor de oxidatie van dit galacturonzuur tot galactaarzuur is een opschaalbaar katalytisch proces ontwikkeld met een zeer hoge selectiviteit en geïsoleerde opbrengst. Uit dit werk is een tweetal patenten voortgekomen. Zowel binnen als buiten het project worden commerciële toepassingen voor galacturonzuur en galactaarzuur onderzocht. Binnen het project is dat de conversie tot 2,5-FDCA, een van de twee bouwstenen van het polymeer PEF. De conversie van deze dehydratie stap is in het project sterk verhoogd, wat een belangrijke stap betekent richting de commerciële productie van PEF op basis van agrestromen.

Aantal opgeleverde producten in 2016			
Wetenschappelijke artikelen	Rapporten	Artikelen in vakbladen	Inleidingen/ workshops
2 publicaties in peer reviewed tijdschriften en 2 patenten. Zie bijlage	Zie bijlage	Zie bijlage	Geen

### **Link naar Kennisonline:**

<http://www.wur.nl/nl/project/Bouwstenen-voor-duurzame-verpakkingsmaterialen-op-basis-van-agroijstroken-AF12128.htm>

### **Opmerking Topsectorsecretaris Hans van der Kolk.**

Dit betreft een pps die begin 2016 is afgerond o.b.v. NAPRO EZ-middelen en een restant privaat cash. Voor de zomer 2017 wordt een financiële eindrapportage over de gehele looptijd aangeleverd. De kosten zijn deels uit EZ-middelen en deels uit TKI-toeslag betaald. In de eindverantwoording wordt hier rekening mee gehouden door 2 subprojecten te formuleren: een mini-pps met de verantwoording van de TKI-toeslag en een pps met de verantwoording van de EZ-middelen.

Voor het financieel overzicht van 2016 kan het worksheet Fin. Jaarrapportage 2016 bekeken worden.

### **Bijlage: Titels van de producten of een link naar de producten op een openbare website**

### **Artikelen (wetenschappelijk)**

*Synthesis of FDCA-esters without concomitant levulinic acid formation, starting from non-food feedstocks.*

Frits van der Klis, Jacco van Haveren, Daan S. van Es and Johannes H. Bitter.  
ChemSusChem (2017) 10.1002/cssc.201700051. Geaccepteerd, nog geen paginanrs.  
Open Access link: <http://dx.doi.org/10.1002/cssc.201700051>

Artikel in voorbereiding (gerelateerd aan patenten, zie betreffende paragraaf):

*Selective oxidation of uronic acids to aldaric acids in base free conditions using gold catalysts*

R. K. Pazhavelikkath Purushothaman, A. E. Frissen, F. van der Klis, J. van Haveren, D. S. van Es.

### **Rapporten**

Buiten de TKI rapportages: geen.

### **Artikelen en nieuwsberichten in vakbladen en op internet**

Plastics uit bietenpulp. Cosun website:

<http://www.cosun.nl/SpecialPages/Archief/2014/Plastics-uit-bietenpulp.aspx>

De informatie in dit bericht is overgenomen door door de websites van diverse belangenverenigingen, waaronder die van De Molenaar, HollandBio, GreenLinks, Boerderij ...

Gedurende de looptijd van het project is er veel aandacht geweest voor reststromen van de suikerbiet als grondstof voor de chemische industrie. Dit TKI-AF project vormt een van de grootste pijlers onder deze ontwikkeling, maar wordt door de betrokken partijen niet altijd specifiek benoemd. Vaak gaat het om berichtgeving die ook andere applicaties omvat en daarmee ook de projecten TKI-AF-14268 'Extractie en valorisatie van microcellulose-vezels uit bietenpulp' en het EU-BBI project 'Pulp2Value'.

Vb hiervan zijn:

Agro & Chemie: Wageningen UR en Cosun starten project Pulp2Value

<http://www.agro-chemie.nl/nieuws/wageningen-ur-en-cosun-starten-project-pulp2value/>

<http://www.agro-chemie.nl/nieuws/cosun-krijgt-eu-subsidie-voor-pulp2value/>

### **Inleidingen/ workshops/ invited lectures**

Presentatie F. van der Klis: Selective catalytic transformations of non-edible carbohydrates

Place: Mini-symposium at Tsinghua University, Department of Chemical Engineering (Beijing, China)

Presentatie F. van der Klis: "Novel catalytic route from agro-residues to furan-2,5-dicarboxylic acid", 7-9 March 2016, The Netherlands' Catalysis and Chemistry Conference (NCCC XVII), Noordwijkerhout, The Netherlands

Presentatie F. van der Klis: "Novel catalytic route from agro-residues to furan-2,5-dicarboxylic acid", 6-9 June 2016, The European Biomass Conference and Exhibition (EUBCE), Amsterdam, The Netherlands

### **Aangevraagde octrooien /first filings**

1) Acidic oxidation of uronic acids

2015

Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek

PCT/NL2015/050703

2) Oxidation of uronic acids to aldaric acids

2016

Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek

WO2016056907A1