



Algemene gegevens	
PPS-nummer	TKI AF-12040
Titel	Kleinschalige Bioraffinage
Topsector en innovatiethema	Agrofood, thema "Valorisatie rest- en nevenstromen"
Projectleider (onderzoek)	Chris de Visser, René van Ree
PPS-coördinator (namens private partij)	Hans van Klink, Dutch Sustainable Development BV (DSD)
Contactpersoon overheid	Cor Wever
Status (lopend of afgerond)	Lopend
Type onderzoek (F, T of V)	F/T
Werkelijke startdatum	1 januari 2013
Werkelijke einddatum	31 december 2016
Korte omschrijving inhoud	Deze PPS richt zich op decentrale raffinageconcepten van biomassastromen en doet dit aan de hand van een aantal concrete mogelijkheden voor business cases met uiteenlopende grondstoffen. Op basis hiervan wordt meer inzicht verkregen in de mogelijkheden cq voordelen en de beperkingen van raffinage op kleine schaal.

Highlights
<p>De PPS Kleinschalige Bioraffinage heeft zich in 2015 bezig gehouden met decentrale bioraffinage stappen van enkele uiteenlopende biomassastromen zoals groen blad (bietenblad, stevia), suikerbieten, cichorei en aquatische biomassa als kroos en algen. Daarnaast onderzoekt de PPS het proces van anaerobe vergisting en bestudeert het project een methode om grondstoffen te screenen op hun potentiële waarde voor valorisatie via raffinage. Tenslotte tracht de PPS op basis van deze activiteiten te komen tot de bepaling van succesfactoren voor raffinage op kleine schaal.</p> <ol style="list-style-type: none">1) Groen blad: Op pilotschaal is een groen eiwitproduct uit bladmateriaal geproduceerd. Daarbij is gebruik gemaakt van het ABC-Kroos proces en een droogproces van Bodec. Dit eiwitproduct is geëvalueerd in diverse foodtoepassingen door Provalor. De smaak van dit eiwitproduct zal verder ontwikkeld worden. Op labschaal is door WUR een proces ontwikkeld dat vanuit bladmateriaal een wit eiwitproduct oplevert. De eiwitconcentratie in dit product bedraagt >80 gew%. In beide gevallen is voor spinazie als modelstof gekozen, om de toepassing in food te vereenvoudigen. Vanwege de relatief hoge proceskosten voor productie van wit eiwit en om de ontwikkeling van alternatieve eiwitten in foodtoepassingen te versnellen wordt er verder gekeken naar de mogelijkheden voor groene eiwitproducten.2) Stevia: Uit een kort marktonderzoek kwam naar voren dat een product met bijv 40 a 50 % glycosiden in droge stof wenselijk is als halffabrikaat. Vers Stevia plantmateriaal is gebruikt in de extractie van steviolglycosides met behulp van water dat is verzuurd voor omzetting van suiker door micro-organismen die aanwezig zijn op de plant. Proeven in 2014 wezen uit dat de extractie goed verliep (80-90% opbrengst), maar dat de zuiverheid van de glycosides in het uiteindelijke extract te laag was (15-20% glycosides in de droge stof). Bij de huidige proeven zijn twee opeenvolgende oogsten van hetzelfde stuk land gebruikt. De eerste lading Stevia is gebruikt om een klaringstap te testen op kleine schaal. De tweede lading planten is gebruikt om te extraheren, te klaren, op te zuiveren dmv ultrafiltratie, en te concentreren dmv nanofiltratie; op een schaal van enkele 100-en liters beginvolume.

De klaring had het gewenste effect, waarbij de belading op de ultrafiltratie werd verminderd. De uiteindelijke concentratiestap met nanofiltratie verliep ook goed, en vrijwel geen glycosides gingen verloren naar het permeaat. De opzuivering door ultrafiltratie verliep niet zoals gewenst, en bijna al het ongewenste opgeloste en gesuspendeerde materiaal in de geklaarde stroom kwam terecht in het permeaat van de ultrafiltratie. Dit resulteerde in 9 a 10% glycosides in zowel het ultrafiltratie-permeaat, als in het uiteindelijke nanofiltratie-retentaat.

- 3) **Cichorei en suikerbiet raffinage:** Alternatieve inuline winning uit cichorei d.m.v. anti-solvent kristallisatie is onderzocht. Hieruit is een opzet voor antisolvent kristallisatie met ethanol en een opzet voor een coolingkristallisatie gekomen. De product kwaliteit en zuiverheid waren goed; de overall recovery moet nog beter. De potentie van suikerbieten voorbehandeld met het Betaproces van DSD als mogelijke grondstof voor de bioproductie van butanol en melkzuur is onderzocht. Behandelde en onbehandelde suikerbieten zijn gefermenteerd naar aceton, butanol en ethanol (ABE fermentatie) met behulp van *Clostridium acetobutylicum* en naar melkzuur met behulp van *Lactobacillus plantarum*. In beide gevallen resulteerde de productie van ABE respectievelijk van melkzuur door de consumptie van de oplosbare suikers en nam af zodra deze op waren en/of de concentratie van de door de micro organismen uitgescheiden producten toxisch werden. Met gebruik van een geconcentreerd inoculum lukte het *C. acetobutylicum* om de natuurlijke flora van de suikerbieten te overgroeien. De resulterende ABE productie was 2x zo hoog voor het onbehandelde product ten opzichte van het behandelde product. De natuurlijke flora van suikerbieten produceerde al melkzuur. De melkzuur opbrengst werd sterk verhoogd door aanenting met een medium met *L. plantarum* (60% toename per liter en een verdubbeling van de yield).
- 4) **Vergisting:** Bij de productie van Biogas uit o.a. GFT is de verwaarding van het digistaat één van de economische knelpunten. De afzet van digistaat zonder additionele compostering is niet rendabel door de hoge droogkosten. Belangrijkste reden daarvoor is het lage persrendement van de persing van het digistaat. In een workshop, onderbouwd met analytische resultaten is door experts van de WUR en diverse vergistingsinstallaties besproken wat de oorzaak voor het lage persrendement zou kunnen zijn. Naast diverse oplossingsstrategieën was het belangrijkste resultaat dat een goede analyse van het probleem alleen mogelijk is na aanvullende metingen aan de verschillende stromen in het proces.
- 5) **Aquatische biomassa:** in dit onderdeel is gewerkt aan:
 - a) Innovatieve algen (en kroos)teeltsystemen werden verder doorontwikkeld door de bedrijven AF&F en Algaecom. Algaecom heeft nu een robuust en goedkoop systeem met liggende zakken, waar in eerste testen tot 40 ton droge algen /ha jaar geproduceerd werden. Dit systeem wordt komend jaar op grotere schaal getest. Een vergelijkbaar systeem voor kroos is ook gebruiksklaar, maar dit wordt pas opgeschaald wanneer er voldoende afzet voor hoogwaardige producten uit het kroos binnen bereik zijn. AF&F heeft een verdere efficiency slag gemaakt in de LED verlichting in de algenculturen waarmee jaarrond productievolume op een klein oppervlak gerealiseerd kan worden.
 - b) Samen met de bedrijven is gewerkt aan het verbeteren van de energie efficiency van algenteelt in open vijversystemen en het oogsten en verder bewerken van de algen.
 - c) In de algenbassins is onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden het energiegebruik te reduceren door andere wijze van beluchting en andere wijze van oogsten. Hierdoor bleek het mogelijk om 50% - 80% minder te beluchten en deze aanpassing is inmiddels in beide vijvers doorgevoerd. Energiezuinig oogsten geeft een wisselend resultaat.
 - d) Ook is er gewerkt aan een systeem om de algen voorzichtig te drogen en worden er op deze wijze gedroogde algen samen met de ASG groep getest in vitro proeven die indicatief zijn voor preventie van dierziekten.
 - e) Er zijn waterplantenbassins in gebruik genomen om de efficiency van groei op dunne fractie digestaat uit de vergister beter te kwantificeren.

- f) Op basis van literatuuronderzoek is een conceptrapportage bijna gereed naar kansen voor toepassing van microalgen in landbouwgewassen. Dit is een vervolg op het vergelijkbare rapport naar de kansen van algen voor veevoer. Hoewel het gedeeltelijk andere soorten betreft (veel cyanobacteriën) blijkt er waarde mogelijk indien toegepast als gewasbeschermingsmiddel, groeiregulator en/of bodemadditief. Het is echter moeilijk om een goede kilogram opbrengstprijis van de algen in deze toepassingen te bepalen omdat in veel literatuur de exacte dosering van de algen in het gebruikte product ontbreekt.
- 6) **Succesfactoren kleine schaal:** twee verschillende businesscases voor producten vanuit suikerbiet zijn doorgerekend. Het gaat hier om de productie van ethanol d.m.v. vermoezen en fermentatie, en kristallisatie van ruwe kristalsuiker. Daarnaast is er gekeken naar integratie van kleinschalige bioraffinage in de agro-keten. Als voorbeeld en benchmark van vergelijking is de agrarische regio de Achterhoek gekozen. Voor dit type regio is het aantal koeien, varken en gras en mais verbouw genomen en gecombineerd met twee bioraffinage units voor gras en mais raffinage, zodat er nieuwe feed producten geproduceerd kunnen worden. Het doel was, om met tenminste gelijkblijvende inkomsten, soja import te vervangen door lokaal geproduceerd eiwit-rijk voer. Verder wordt er een biogas case beschreven, waarbij het moeilijk bleek om het slibproduct te drogen, en de mogelijke oorzaken hiervan.
- 7) **Grondstofscreening:** Voor appelpersulp worden twee ideeën uitgewerkt 1) toepassing als ongeraffineerd ingrediënt in bakkerij-producten, en 2) extractie van hoogwaardig extract (pectine). Als ongeraffineerde ingrediënt is het toepassingsgebied veel beperkter; mogelijke afnemers dienen te worden overtuigd voordat een installatie wordt ontwikkeld. De pectine-case is interessanter omdat pectine als commodity-product wordt verhandeld. Echter, het aanbod materiaal vanuit één appelsapfabriek is onvoldoende voor een pectinefabriek van state-of-the-art grootte. Daarom wordt onderzocht of en hoe een centrale pectine-fabriek vanuit verschillende fruitverwerkers in NL beleverd kan worden. Het stappenplan wordt verder geëvalueerd en doorontwikkeld op basis van ervaringen in enigszins vergelijkbare trajecten.
- 8) **Management:** enkele bijeenkomsten van het DLO projectteam zijn georganiseerd net als twee bijeenkomsten met alle partners.
- 9) **PHA:** voor wat betreft extractie is de continue ball mill extractor nu operationeel voor het testen van grotere samples PHA-houdende bacteriële biomassa. Leksap uit bieten- en aardappelblad en waterfractie uit pyrolyse-olie zijn getest om te dienen als groeimedium voor PHA-ophopende reincultures. De eerste resultaten zijn positief. In 2015 is een trial uitgevoerd waarin de vorming van kortketen vetzuren (voeding voor PHA-ophopende bacteriën) en melkzuur in ingekuuld vers gras is onderzocht. In deze 10-weekse periode werd om elke twee weken een deel uitgeperst en de vorming van melkzuur en vetzuren bijgehouden.

Highlights

<http://www.wageningenur.nl/nl/project/Kleinschalige-Bioraffinage-AF12040.htm>

Deliverables 2015

- D1.1) Rapport procesontwikkeling wit eiwit uit groen blad. Concept versie ligt voor bij bedrijven.
- D1.2) Rapport procesoptimalisatie valorisatie stevia bladeren.
- D3.5) Rapport optimale koppeling Betaproces ABE-fermentatie
- D3.6) Rapport effect van Betaproces op melkzuurfermentatie.
- D4.6) Rapport inzet BETA-proces ter verhoging biogasproductie lignocellulose-rijke BM.
- D4.7) Rapport optimalisatie GFT-vergisting.

- D5.10) Rapportage optimalisatie groei en productiefactoren aquatische biomassa in pilots
- presentatie tijdens congres '3N Eco-innovations from Biomass' in Papenburg (D), 18-06-2015
- abstract in proceedings congres '3N Eco-innovations from Biomass' in Papenburg (D), 18-06-2015
- D6.5) Rapport analyse optimale raffinage-grootte specifieke cases. **Wordt vóór 31 maart 2016 verwacht (NAPRO op dit onderdeel)**
- presentie tijdens 'Green Meeting "Decentrale Bioraffinage" ' in Den Bosch, 18-09-2015
- D7.6) Rapportage van scans naar 2 nieuwe restromen
- D9.1) Strategiedocument PHA productie vs. substraten vs. gewenste productkwaliteit, jaarlijkse update. Dit is een groeidocument. **Finale versie aan het einde van het project conform afspraak met bedrijven.**
- D9.2) Strategiedocument vertaling gewenste PHA eigenschappen (e.g. smeltgedrag, sterkte) naar PHA kwaliteit (e.g. ketenlengte, samenstelling), jaarlijkse update . **Finale versie aan het einde van het project conform afspraak met bedrijven.**
- D9.3) Rapport extractiemethoden, jaarlijkse update. **Finale versie aan het einde van het project conform afspraak met bedrijven.**
- D9.4) Rapport productiemethoden, jaarlijkse update. **Finale versie aan het einde van het project conform afspraak met bedrijven.**
- D9.5) Rapport grondstoffen, jaarlijkse update. **Finale versie aan het einde van het project conform afspraak met bedrijven.**
- Jeroen Hugenholtz, Hans Mooibroek, Gerald Schennink, Christiaan Bolck, Karin Molenveld. "Novel bio-based materials for use in the food and beverage industry." Abstract and presentation at the 29th EFFoST International Conference, 10-12 November 2015, Athens, Greece.
- Workshop: Productie en applicatie PHA's uit afvalstromen, 17 december 2013: <http://www.wageningenur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/food-biobased-research/Onderzoeksprogrammas/Biobased-materialen/Show/Workshop-Productie-en-applicatie-PHAs-uit-afvalstromen.htm>
- De Kick off Meeting, met presentaties van de 5 hoofdtaken, is gehouden bij FBR op 8 oktober 2014
- - De eerste Progress Meeting is gehouden bij FBR op 10 december 2014
- - Vijf andere Plenaire Progress meetings gehouden op 12 februari, 8 april, 10 Juni, 12 augustus en 14 oktober 2015
- Project website:
 - <http://www.kleinschaligebioraffinage.nl/nl/kbr/onderwerpen/phas.htm>
 - <http://www.wageningenur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/food-biobased-research/Show/Polyhydroxyalkanoaten-PHAs-uit-heterogene-biomassa.htm>
- Programma websites:
 - Bioplastics uit reststromen: PHA; <http://www.wageningenur.nl/nl/show/PHA->

bioplastics-uit-reststromen.htm

- Wageningen UR ziet commerciële kansen voor PHA:

<http://www.wageningenur.nl/nl/show/Wageningen-UR-ziet-commerciele-kansen-voor-PHA.htm>

- TKI Kleinschalige bioraffinage (TS 12040), WP9: Vetzuur- en PHA-productie op basis van residuen, Rapportage 2014: Living document dat eind 2015 en 2016 wordt gecompliceerd en na afloop van het project wordt gepubliceerd met de meest actuele informatie (Bijlage 2).

Deliverables 2014

- D2.1 De in vitro verteerbaarheid van gewelde maïs en maïsbijsproduct en de in vivo verteerbaarheid van maïsbijsproduct gemeten bij vleesvarkens
- D5.9 Aanleveren informatie aan publiekssite algen van Wageningen UR, voorlichting middels excursies en (netwerk)bijeenkomsten
- D6.4. Kleinschalige Bioraffinage: WP6 succesfactoren kleine schaal, tussenrapportage 2014.

Deliverables 2013

- D1.1 Rapport gevolgen afvoeren bietenblad voor bodemvruchtbaarheid
- D1.2 Technische en economische beschrijving waardeketens bietenblad
- D5.4 Rapportage eiwit karakterisering na raffinage eendenkroos
- D4.1 + D4.2 Valoriseren/raffineren natuur-bermgrass, riet en GFT op kleine schaal