

Reststromen consumptieaardappelen

Januari 2016

S.R.M. Janssens en A.B. Smit

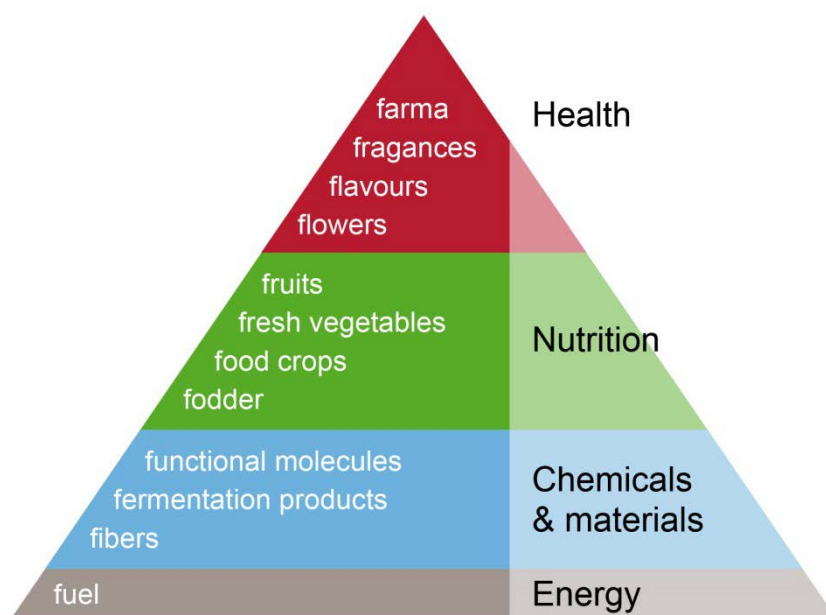


WAGENINGENUR
For quality of life



Samenvattende conclusies

De aardappelverwerkende industrie past (meer of minder expliciet) de principes van de waardepiramide van groene grondstoffen (figuur 1) toe. De meeste reststromen binnen deze sector worden hoogwaardig benut. Waar mogelijk wordt gezocht naar verhoging van de toegevoegde waarde van de bestaande reststromen. Voor bioraffinage - zeker voor toepassingen in de onderste helft van de waardepiramide - zijn veelal meerdere grondstofbronnen (substituten) beschikbaar. Dit betekent dat aardappelreststromen op prijs, kwaliteit en continuïteit moeten concurreren met vergelijkbare producten (bijvoorbeeld laagwaardig aardappelzetmeel met tarwe- of maiszetmeel of fossiele energie).



Figuur 1 De waardepiramide van groene grondstoffen

Bron: Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de Biobased Economy, 2013.

De keerzijde van het verwaarden van reststromen is dat de bestaande afzet van de reststroom stagneert en er duurdere en wellicht minder duurzame alternatieven voor diervoeders van elders nodig zijn. In deze factsheet is niet ingegaan op mogelijk technische innovaties en verbeteringen die bioraffinageprocessen efficiënter en duurzamer maken, zoals bij de zuivering van afvalwater door algen.

Economisch gezien zijn nog niet alle alternatieve stromen op dit moment aantrekkelijk. Voor een deel heeft dit te maken met het principe van de 'valley of death', het moeilijke stadium tussen het laboratorium en de commerciële start van een fabriek. Met name de opschaling van laboratorium-naar fabrieksschaal én een goede afzet van de producten zijn niet altijd mogelijk of winstgevend. Het is ook qua R&D-budget niet haalbaar om heel veel verschillende alternatieve routes gelijktijdig te onderzoeken en op te schalen. Daarin zullen dus steeds keuzes gemaakt (moeten) worden.

Deze redenering geldt in de eerste plaats voor de aardappel zelf. Maar ook voor de reststromen is deze redenering van toepassing, omdat die reststromen lagere gehalten aan waardevolle stoffen hebben. Daardoor is de winning relatief lastiger en kostbaarder, en daar staat wel een lagere economische waarde tegenover. Het rapport van Harmsen *et al.* (2014) geeft een aanzet voor de verschillende manieren waarop uit reststromen waardevolle stoffen gehaald kunnen worden.

Het totaal aan biobased routes is erg groot en in een beschouwende studie als deze niet afdoende voor 'harde' voorspellingen en inschattingen. Dit geldt ook voor de duurzaamheidseffecten. Bioraffinage kan een deel van op aardolie gebaseerde producten vervangen door hernieuwbare producten. Dat kan echter in specifieke gevallen ook een hoger energiegebruik met zich meebrengen, waarvan wellicht weer een deel 'groen' is. Een integrale duurzaamheidsbeoordeling, met duurzaamheidseffecten op de drie P's, people, planet en profit, kan hierbij noodzakelijk zijn. Een van de 'people aspecten' kan ook zijn dat de vervanging van olie door plantaardige grondstoffen een groter beslag gaat leggen op landbouwgrond en daarmee ten koste kan gaan van de teelt van voedingsgewassen. Maar als tegelijkertijd bijvoorbeeld een groter deel van de menselijke eiwitbehoefte uit aardappel of een andere plantaardige bron zou kunnen worden ingevuld, dan valt het netto-effect op de landbehoefte weer mee.

Dit 'gedachtenexperiment' laat zien dat er vanuit een globaal en beschouwend kwalitatieve benadering geen 'harde' conclusies te trekken zijn over de duurzaamheidsslagen die netto gemaakt kunnen worden bij het vervangen van huidige in alternatieve verwerkingsroutes van aardappelen en de bijbehorende reststromen. Verdiepende analyses met heldere uitgangspunten onder meerdere scenario's kunnen hierop meer licht werpen.

Aanleiding en werkwijze

De teelt en verwerking van aardappelen leidt tot het hoofdproduct aardappel en diverse reststromen of bijproducten. In deze factsheet worden de bestaande bijproducten en reststromen en hun huidige bestemmingen in kaart gebracht. Nagegaan is in hoeverre het huidige gebruik duurzaam is en of er mogelijkheden zijn om het economisch rendement te verbeteren. De inventarisatie heeft plaatsgevonden via desk research (literatuurstudie, internetresearch). De bevindingen zijn vervolgens voorgelegd en beoordeeld door experts binnen Wageningen UR en het aardappelbedrijfsleven.

Deze factsheet sluit aan op LEI-nota 2016-013 (Baltussen *et al.*, 2016) waarin in hoofdstuk 4 de aardappelketen is beschreven en waarbij per ketenschakel een schatting is gemaakt van de kansen om het gebruik van water, energie, land en fosfaat te verbeteren inclusief de indicatoren om dat te meten.

De opbouw van deze factsheet is als volgt:

Opbouw factsheet	Toelichting
Samenvatting van de resultaten	Samenvatting van onderzoek naar de huidige en alternatieve verwerking van reststromen in een agrarische productketen
Aanleiding en werkwijze	Achtergrond van de factsheet inclusief werkwijze en review
Huidige reststromen	Soort en omvang van reststromen in verschillende delen van de keten van een bepaald product
Wat doen we nu met de reststromen?	Huidige wijze waarop organische reststromen in de verschillende delen van de keten nu benut worden.
Duurzamere of financieel aantrekkelijkere alternatieven voor verwerking van reststromen en de belemmeringen	Een verkenning van de mogelijkheden om reststromen anders te verwerken waardoor het totaal duurzamer wordt of waardoor de totale toegevoegde waarde in de keten toeneemt. Ook eventuele belemmeringen voor het (nog) niet toepassen van de alternatieven voor het verwerken van reststromen.

Huidige reststromen

De reststromen uit de aardappelketen worden per ketenschakel (boerderij, verwerker, retail) beschreven. Per reststroom wordt aangegeven welke bestemming(en) er momenteel aan wordt gegeven. Tabel 1 geeft een samenvattend overzicht met volumes per reststroom. In de volgende paragrafen wordt deze tabel nader toegelicht.

Tabel 1

Reststromen in de teelt en verwerking van consumptieaardappelen en hun huidige bestemming.

Reststroom	Coëfficiënt (productie per ton of ha)	Nationale productie a)	Bestemming
Aardappelloof	3,5 ton per ha	220 kton d.s.	Blijft op land achter
Grondtarra op akkerbouwbedrijf			Blijft op bedrijf achter
Kriel, blauw, beschadigd			Veevoer, bio-vergisting
Stoomschillen	15 kg per 100 kg aardappelen	555 kton, waarvan 55% als veevoeder afgezet	Veevoer, bio-vergisting
Snippers	8 kg per 100 kg aardappelen	296 kton	Aardappelproducten, veevoer, co-vergisten
Zetmeel			Technische toepassingen, veevoer, co-vergisten
Voorgebakken aardappelproduct			Veevoer, co-vergisten
Grondtarra bij verwerker	7 kg per 100 kg aardappelen	259 kton	Retour landbouw of afvoeren
Afvalwater wasserij en processing	-	-	Waswater, oppervlaktewater
Zuiveringsslib	2,4 kg per 100 kg aardappelen	89 kton	Co-vergisten, anaerobe verwerking, meststoffen
Frituurvet	-	10 kton	Biodiesel, chemie

a) Uitgaande van 3,7 miljoen ton aardappelen.

Wat doen we nu met de reststromen?

Reststromen op het akkerbouwbedrijf

Op het akkerbouwbedrijf zijn de belangrijkste reststromen aardappelloof, tarra en afgekeurde aardappelen.

Aardappelloof

Het bovengrondse deel van de aardappelplant dat niet wordt geoogst, is loof. Het geproduceerde loof (tabel 2) blijft op het land achter.

Tabel 2

Productie van aardappelloof in Nederland

Gewas	Areaal (ha)	Loof (ton ds per ha)	Totaal (kton ds)
Consumptieaardappel	71.000	3,1	220
Pootaardappel	40.000	3,1	124
Zetmeelaardappel	43.000	3,1	133
Totaal	154.000	-	477

Bron: Areaal, CBS 2012-2014; Loof, naar schatting gemiddeld 3,1 ton droge stof per ha (Elbersen *et al.*, 2011).

Het loof van aardappelen wordt drie tot vier weken voor het rooien chemisch gedood. Dit wordt gedaan om bij het rooien zo weinig mogelijk last te hebben van het loof. De resterende afgestorven stengels worden vlak vóór het rooien of in één werkgang met het rooien geklapt (mechanisch beschadigd): het loof wordt met een loofklapper stuk geslagen en de resten blijven op het land achter als organisch materiaal (bemestingswaarde). Tijdens het rooien is er dan weinig meer over van het loof, hoogstens nog wat stengelresten. Gelijktijdig klappen en rooien is bij zetmeelaardappelen al langer gangbaar. Bij de productie van een ton aardappelen komt 270 kg vrij aan aardappelloof (Harmsen *et al.*, 2014). Aardappelloof is ongeschikt als veevoer en alleen geschikt als bodembemester en mogelijk als input voor bioplastics.

Het loof van pootaardappelen wordt geklapt of getrokken als het nog groen is. Looftrekken is een techniek waarbij de aardappel blijft liggen terwijl het groene loof van de plant wordt afgetrokken en op het land achtergelaten. De voornaamste reden voor deze vernietiging is te voorkomen dat de knollen besmet raken met virusziekten. Doodbranden van het loof komt vooral voor in de biologische landbouw als de Phytophthora druk te hoog wordt of loofdoding moet plaatsvinden ten behoeve van de oogst.

Tarra op het akkerbouwbedrijf

Na het rooien worden de aardappelen op het erf verladen of in bewaarplaatsen opgeslagen. Tijdens het verladen of in- en uitschuren van aardappelen wordt tarra bestaande uit aanhangende grond en kleine aardappelen opgevangen. De hoeveelheid grond is onder andere afhankelijk van de rooiomstandigheden. Deze grondtarra wordt teruggebracht op het land, waarbij overheidsregelgeving van de NVWA van toepassing is om de verspreiding van aardappelmoeheid en Phytophthora via kiemende krielaardappelen te voorkomen.

Afgekeurde partijen op het akkerbouwbedrijf

Als partijen of delen daarvan ongeschikt zijn voor verwerking (door bijvoorbeeld te laag onderwatergewicht, blauw, bakkwaliteit, rot, niet aan de maat, kriel) worden alternatieve bestemmingen gezocht zoals veevoer of bio-vergisting. In het algemeen wordt vaak gesteld dat 5% van de aardappelen wordt gesorteerd als uitval/afval (mondelinge mededeling R. Wustman, PPO, in Van der Voort en De Rooij, 2011).

Reststromen bij de verwerking

Bij de verwerking van aardappelen komen aardappelstoomschillen en aardappelschraapsel, zetmeel, aardappelsnippers,¹ voorgebakken restproduct, tarra, afvalwater en frituurvet vrij.

Aardappelstoomschillen en aardappelschraapsel

In de fritesindustrie komen aardappelstoomschillen vrij als de al gewassen aardappelen met stoom worden behandeld en daarna worden geschild en/of geborsteld. Door dit proces komt naast de schil ook een klein deel van het zetmeel onder de schil beschikbaar. Door het stomen wordt het zetmeel in het product goed ontsloten. Het zetmeelgehalte van de schillen is afhankelijk van de kwaliteit van de aardappelen en het productieproces. Als gevolg daarvan worden de aardappelstoomschillen met bestemming veevoer onderscheiden naar hoog, middel en laag zetmeelgehalte (www.opnv.nl). Uit aardappelschillen wordt ook aardappelkurk gemaakt dat dient als afdek materiaal van de bodem in de tuinbouw.

Aardappelschraapsels komen vrij bij het koud schillen van schone aardappelen voor de productie van chips en specifieke aardappelproducten en worden als veevoer voor runderen en schapen afgezet. Ook bij dit proces komt behalve de schil ook een klein deel van het zetmeel onder de schil beschikbaar.

Zetmeel

Bij het snijden en verwerken van de aardappelen die bestemd zijn voor frites en chips resteert proces- en snijwater, waarin zich zetmeel bevindt. Zetmeel is een waardevolle stof voor zowel voedsel, voer als andere technische toepassingen. Dit zetmeel wordt door middel van centrifugereren met decanters teruggewonnen en afgezet als veevoeder of als grondstof voor technische toepassingen. Hierbij worden wit en grijs zetmeel onderscheiden (Productschap Diervoeders, 2001). Wit zetmeel wordt uit snijwater gehaald. Grijs zetmeel wordt verkregen door het indikken van vrijkomend proceswater uit diverse processtappen dat vervolgens verhit wordt met behulp van indirecte stoom.

De gewonnen aardappelvoierzetmeel komt beschikbaar in vloeibare vorm of stapelbare/steekvaste vorm, afhankelijk van de productielocatie (www.opnv.nl):

- het stapelbare/steekvaste product is meestal afkomstig van chips producerende bedrijven die de aardappelen koud schillen. Het zetmeelgehalte van het stapelbare/steekvaste product is meestal hoger omdat dit gemakkelijker in te dikken is
- het vloeibare aardappelvoierzetmeel is meestal afkomstig van fritesproducenten die de aardappelen stoomschillen. Vloeibaar aardappelvoierzetmeel kan verhit worden om het geschikt te maken als varkensvoer.

Aardappelzetmeel wordt al veelvuldig toegepast in non-food applicaties (papier, textiel, afbreekbare plastics). Zetmeel uit reststromen van de aardappelverwerkende industrie wordt naast voerzetmeel ook gebruikt voor technische toepassingen in onder andere de papierindustrie, de productie van behanglijm en als smeermiddel in de olie-industrie. Met de opwaardering van het zetmeel voor deze technische toepassingen ('technisch zetmeel') richt Royal Cosun-dochter Duynie zich op een nichemarkt die hogere marges oplevert dan de veevoedermarkt.² Bovendien is de winning van aardappelzetmeel uit reststromen aanzienlijk goedkoper dan de bestaande zetmeelproductie uit duurdere hele aardappelen. De winning draagt ook bij aan de optimalisatie van het waterhergebruik in de aardappelverwerkende industrie en de eindproducten zijn biologisch afbreekbaar.

¹ In dit rijtje ontbreken nog aardappelpersvezels; deze komen vrij bij het proces van aardappelzetmeelwinning (dat betreft dus fabrieks- of zetmeelaardappelen die in deze studie buiten beschouwing blijven). Nadat aan de vermalen aardappel het zetmeel en het vruchtwater nagenoeg onttrokken zijn, blijven de vezels over. Ze bestaan uit fijngemalen schil, celwanden, resten zetmeel en vruchtwater. De koolhydraten in dit product zijn goed verteerbaar. Het product heeft een drogestofgehalte van circa 16,5%.

² Hieruit is dochteronderneming Novidon ontstaan (het productiebedrijf in Nijmegen heeft de naam Nijmidon).

Aardappelsnippers

Bij het snijden van de geschilde aardappelen worden ook stukjes geproduceerd die door hun vorm, lengte, dikte of omvang niet voldoen aan de eisen voor verwerking tot frites en/of puree. Deze stukjes worden uitgesorteerd als aardappelsnippers. Het volume van dit product is onder andere afhankelijk van het aantal knollen per kg, de knolvorm en de snijdikte van fritesstaafjes (meer knollen per kg en dunnere frites leiden tot meer verlies; Somsen *et al.*, 2003). Van de aardappelsnippers wordt een deel gebruikt voor de productie van andere aardappelproducten; de rest wordt verkocht als vochtrijk veevoeder. Het zetmeel in dit product heeft de eigenschappen van een rauwe aardappel. Dit is voor varkens slecht verteerbaar maar uitstekend geschikt voor rundvee. Soms wordt het product vermalen aangeboden (www.opnv.nl).

Een deel van de snippers wordt niet als veevoeder afgezet maar gebruikt voor productie van hoogwaardigere aardappelpureeproducten zoals aardappelkroketten. De huidige omvang aan aardappelsnippers wordt ingeschat op 296.000 ton (8% van 3,7 miljoen ton aardappelen). In 2014 werd 165.000 ton snippers als voedermiddel verkocht (www.opnv.nl).

Voorgebakken restproduct

Het voorgebakken aardappelrestproduct is een nevenproduct bij de verwerking van aardappelen tot frites en andere aardappelspecialiteiten. Het product komt beschikbaar bij de start en de afdraai van de productielijnen, maar ook bij het sorteren nadat de frites gebakken is. Het betreft productie-uitval: aardappelproducten die niet aan de productspecificaties voldoen of die vanwege kwaliteitseisen niet voor consumentenverkoop in aanmerking komen. Productie-uitval betreft met name afwijkingen in kleur, lengte, smaak en een teveel aan 'pitten' in het product. De warmtebehandeling van de snippers zorgt voor een voldoende ontsluiting van het zetmeel zodat het product geschikt is als varkensvoer (www.opnv.nl). Een andere mogelijkheid is voorgebakken frites te bestemmen voor covergisting (in 2011 toegevoegd aan de zogenoemde 'positieve lijst').³

Tarra bij de aardappelverwerkende industrie

Iedere aardappel die de aardappelindustrie verwerkt moet helemaal schoon gewassen zijn. Tot nu toe kiezen de meeste fritesverwerkers ervoor hun aardappelen op de fabriek te wassen. Dit heeft tot gevolg dat ze grote hoeveelheden grond moeten afzetten en dat ze flink in waterzuivering moeten investeren. Tarra omvat:

1. grond, kluiten, stenen en andere aardappelvreemde bestanddelen zoals organisch materiaal (stengels, worteldelen)
2. voertarra: alle aardappelen met in- en uitwendige gebreken. Het betreft aardappelen die misvormd zijn, zwaar groen, zwaar aangetast door *Melodogyne chitwoodi*, slap/rimpelig, gedeeltelijk rot, of geïnfecteerd met *Phytophthora infestans* of groeischeuren, gedeeltelijke breuken/doorsnijdingen en of popperigheid vertonen.
3. Drijvers: aardappelen die niet voldoen aan de kwaliteitseisen (uit het zout-/kleibad); deze worden afgevoerd als veevoer.
4. Grofte en ondermaat (knolgrootte <28 mm): niet-toegestane boven- en ondermaatse aardappelen.

Grondtarra is de grond die overblijft na het wassen van de aardappelen. Grondtarra wordt veelal hergebruikt als zogenoemde 'schone grond'.⁴ Aardappelverwerkers streven naar minimale hoeveelheden tarra om de transport- en afzetkosten te beperken. Ze hebben drie opties voor de afzet van aardappelgrond (www.nvwa.nl/):

1. afzet van tarragrond bij de gebruiker van het perceel landbouwgrond waarvan de aardappelen afkomstig zijn
2. afzet van tarragrond naar een locatie buiten de landbouw
3. behandelen van tarragrond voorafgaand aan afzet in of buiten de landbouw.

³ De lijst met producten die officieel zijn toegelaten voor co-vergisting.

⁴ Met de inwerkingtreding van het nieuwe Besluit Bodemkwaliteit op 1 januari 2008 is de omgang met tarragrond definitief verankerd. Daarnaast is een aantal van de VAVI-leden in het bezit van een 'fabrikant-eigen-verklaring'. In deze verklaring is beschreven hoe het desbetreffende bedrijf omgaat met tarragrond en hoe het bewaakt dat er geen milieubelastende stoffen aan deze tarragrond worden toegevoegd. Hierdoor is het transport van tarragrond verminderd (Citaat uit VAVI, 2013).

Afzet van aardappelen en aanhangende grond die geteeld zijn op aardappelmoeheid (AM)-besmet terrein kan uitsluitend plaatsvinden naar bedrijven die in het 'Register erkende verwerkers aardappeltarragrond' vermeld zijn. Deze bedrijven passen een fyto-sanitair gezien veilige verwerking van aardappeltarragrond toe en zijn daartoe door de NVWA erkend. Verwerkende bedrijven die deelnemen aan de regeling, verplichten zich ertoe om alle tarragrond veilig af te zetten. Dit betekent afzet buiten de landbouw of binnen de landbouw op percelen die hiervoor bij de NVWA zijn aangemeld.

Afvalwater: was- en proceswater in de aardappelverwerkende industrie

Bij de verwerking van aardappelen tot eindproducten als bijvoorbeeld frites, aardappelvlokken en chips wordt veel water gebruikt. De VAVI (Vereniging voor de Aardappelverwerkende Industrie; www.vavi.nl, geraadpleegd op 11-09-2015) meldt dat het waterverbruik bij de productie van aardappelproducten wordt gereduceerd tot 2,5 m³ per ton aardappelen ofwel in totaal 9,25 miljoen m³ per jaar.⁵ Dit betreft waswater om de aardappelen te reinigen en proceswater voor de productie (spoelen, koken, blancheren, enzovoort). De processen worden voortdurend aangepast om meer was- en proceswater te hergebruiken.

Met het waswater worden de grondresten van de aardappelen verwijderd. Dit water wordt continu gereinigd en de grondresten - zand, veen en klei - worden uit het water gehaald. Hierna is het waswater geschikt voor hergebruik. Het proceswater wordt gebruikt voor onder andere spoelen, koken en blancheren. De aardappelen worden gespoeld om zetmeelresten van het snijden te verwijderen. Ook het blancheer- en kookwater is 'vervuild' met zetmeelresten. Die resten worden uit het proceswater gezuiverd en afgezet voor de verwerking tot hoogwaardige producten of veevoer (zoals onder het kopje 'zetmeel' is uitgewerkt). Ook blancheerwater wordt na zuivering hergebruikt.

Was- en proceswater dat niet wordt hergebruikt, wordt gezuiverd in afvalwaterzuiveringsinstallaties. Aanvankelijk resteerde daarbij enkel zuiveringsslib, dat gecomposteerd werd of ingezet voor anaerobe biologische zuivering waarbij biogas ontstond. Tegenwoordig wordt al dit proces- en afvalwater door de afvalwaterzuiveringsinstallaties voor biovergisting⁶ gebruikt, waarbij digestaat overblijft (nat restproduct na het vergistingsproces). Ook wordt de stikstof en het fosfaat uit het water vastgelegd in de vorm van struviet. Zuiveringsslib, digestaat en/of struviet worden opgewerkt tot waardevolle meststof voor de landbouw. Het gezuiverde water kan op het oppervlaktewater worden geloosd.

Frituurvet

Tabel 3 geeft een overzicht van het verbruik en reststroom van frituurvet in Nederland.

Tabel 3

Hoeveelheden frituurvet Nederland (kton)

Toepassing	Instroom	Reststroom
Horeca	44	22 a)
Aardappelverwerking	100	10
Huishoudens	28	18
Totaal	164	50

a) Eigen schatting.

Bron: MVO (2012) en Zijlstra (2008).

⁵ Uitgaande van 3,7 miljoen ton te verwerken aardappelen.

⁶ Natte reststromen met een hoog zetmeelgehalte uit de aardappelverwerking zijn zeer geschikt voor vergisting.

Zijlstra (2008) schat dat de aardappelverwerkende industrie jaarlijks 100 kton frituurvet gebruikt (instroom) waarvan 10 kton overblijft als reststroom. Bij een verkoop van 1.500 kton voorgebakken product (VAVI, 2014) en een vetgebruik van maximaal 7% van de gefrituurde hoeveelheid komt het totale vetgebruik in de aardappelverwerkende industrie uit op ongeveer 100 kton. De gemiddelde Nederlander gebruikt 4 kg frituurvet per jaar voor bereiding van frites en snacks. Daarvan wordt 1,4 kg thuis verbruikt en 2,6 kg via de horeca. Op jaarbasis betekent dat 23.800 ton frituurvet via het thuisverbruik en 44.000 ton via de horeca. In de horeca wordt op dit moment al circa 95% ingezameld. Van het verbruik bij consumenten thuis is bekend dat er na het frituren ongeveer 65% gebruikt frituurvet over is, doordat een gedeelte van het vet wordt opgenomen in het product. Op jaarbasis is daarom maximaal $0,65 \times 23.800 = 15.500$ ton gebruikt frituurvet beschikbaar om in te zamelen via het consumentenkanaal. Dit is exclusief het gebruik van spijsoliën zoals olijfolie. In 2012 werd circa 3.000 ton van de ruim 15.000 ton beschikbare vet, dus nog geen 20%, daadwerkelijk ingezameld.

De gebruikte frituurvetten en -oliën worden ingezameld door enkele tientallen vooral kleine bedrijven, de zogenoemde inzamelaars-transporteurs. Zij brengen de gebruikte frituurvetten en -oliën naar de vetverwerkers of -recyclers. De ingezamelde vetten worden verwarmd tot ze vloeibaar zijn, van onzuiverheden ontdaan en vervolgens bestemd als grondstof voor oleochemische producten,⁷ voor biodiesel of voor andere vormen van biobrandstof voor energieopwekking. Deze vormen worden hieronder besproken.

Biodiesel

Gebruikte frituurvetten en -oliën kunnen na reiniging worden veresterd tot biodiesel. Het overgrote deel van de in Nederland verwerkte gebruikte frituurvetten en -oliën krijgt deze bestemming. Daarbij levert één liter biodiesel levert ongeveer 90% van de energie van één liter minerale diesel. Het Nederlandse bedrijf SkyNRG (grootste leverancier van biobased brandstof) brengt wereldwijd biobrandstof voor de luchtvaart (kerosine) op de markt. Op dit moment is dit alleen op basis van frituurvet/-olie.

Stationaire energieopwekking

Vetten en oliën worden vanwege hun hoge energiedichtheid (circa 38 GJ/ton; ter vergelijking, bij fossiele brandstoffen is dit circa 42 GJ/ton) door onder andere glastuinbouwbedrijven toegepast om hun kassen te verwarmen. Het is ook mogelijk om vetten en oliën als biobrandstof in te zetten in een wkk (warmtekrachtkoppeling)installatie, waarbij zowel warmte als elektriciteit wordt opgewekt.

Halffabricaten oleochemie

Gebruikt frituurvet en bijproducten van de verwerking van plantaardige en dierlijke oliën en vetten, zoals vetzuren en destillaten van raffinage, staan aan de basis van een groot aantal zogenoemde technische producten die in de industrie worden gebruikt of aan de consument worden verkocht. Zij worden daarvoor eerst in de oleochemie bewerkt tot halffabricaten, ook wel vetderivaten genoemd. De belangrijkste vetderivaten zijn diverse typen vetzuren, glycerines, esters (vetzuren waaraan alcohol is toegevoegd), zepen en dimeren. Deze halffabricaten worden vervolgens verwerkt in producten als smeermiddelen, weekmakers voor kunststoffen, coatings en verven, inkt en oplosmiddelen (MVO, 2012).

Restproduct verpakkingsmateriaal

Verpakkingsmateriaal betreft niet per definitie organisch materiaal (de afbakening voor deze studie). De VAVI koerste voor 2010 op 40 gram verpakkingsmateriaal per kilogram eindproduct, wat neerkomt op circa 68.000 ton (www.vavi.nl).

⁷ De 'oleochemische industrie' verwerkt de vetten tot halffabricaten, de zogenoemde vetderivaten. De belangrijkste derivaten zijn vetzuren, glycerines, esters, zepen en dimeren (MVO volgens www.mvo.nl/, geraadpleegd op 14-09-2015).

Totaalbeeld aardappelverwerkende industrie

Per 100 kg aardappelen resteert 15 kilo stoomschillen, 8 kg snippers, 7 kg tarra en 2,4 kg zuiveringsslib (VAVI, 2003; zie voor nadere informatie ook: www.opnv.nl). Een deel van de reststromen wordt benut als diervoeders. Dit betreft grote volumes (tabel 4), in totaal 1,35 à 1,47 miljoen ton per jaar. In 2013 werd in Nederland 5,3 miljoen ton vochtrijke veevoeders geleverd, waarvan dus een kwart afkomstig was uit de aardappelverwerkende industrie.

Aardappelpersvezels en -stoomschillen vormen daarbinnen de grootste categorieën (OPNV op www.opnv.nl, geraadpleegd op 14-09-2015).

Tabel 4

Nederlandse afzet van vochtrijke voedermiddelen afkomstig uit de aardappelverwerkende industrie.

Soort voedermiddel	Afzet in Nederland in ton a)		Droge-stofgehalte (% , 2013)	Aandeel varkensvoer (%)
	2012	2013		
Aardappelverwerkende industrie, totaal	1.465.000	1.350.000		
Aardappelpersvezels en dergelijke	400.000	340.000 b)	16,5	0
Aardappelstoomschillen	690.000	615.000 c)	12,9	95
Aardappelsnippers	160.000	165.000	20,1	0
Voorgebakken frites	75.000	65.000	33,7	100
Aardappelzetmeel	50.000	95.000	18,9	80
Diverse aardappelproducten	90.000	70.000	21,1	50

a) Deze data betreffen de totalen van industrie- en zetmeelaardappelen; b) De gemiddelde verkoopprijs van dit product bedroeg in 2013 € 35,90 exclusief btw (www.agrimatie.nl); c) De gemiddelde verkoopprijs van dit product bedroeg in 2013 € 38,50 exclusief btw (www.agrimatie.nl).

Duurzaamheid huidige afzet reststromen in de aardappelketen

Uit voorgaande inventarisatie blijkt dat er binnen de aardappelketen geen omvangrijke onbenutte reststromen zijn: alle beschikbare reststromen - met uitzondering van tarra en loof - worden hoogwaardig benut. Het merendeel van de reststromen wordt afgezet als diervoeder en een klein deel heeft andere bestemmingen zoals het opwekken van of bron voor energie. Voor partijen binnen de aardappelketen is de bestaande afzet van reststromen interessant: vanuit de diervoedersector is er vraag (markt) en afvoeren als afval zou geld kosten. De enige organische reststroom die (nog) niet wordt benut is loof, tenzij de waarde als organische stof in ogenschouw wordt genomen. De verwaarding van loof wordt pas interessant als het leidt tot commercieel interessante en veilige⁸ producten waarvan de opbrengsten ten minste opwegen tegen de kosten van onder andere inzamelen en centraal verwerken (logistiek, verwerken en vermarkten).

Opties voor beter economisch rendement van reststromen

Bedrijven in de aardappelsector zoeken voortdurend naar mogelijkheden om het rendement van hun business verder te optimaliseren. Optimale benutting en verwaarding van bijproducten en reststromen maakt daar onderdeel van uit. De beschikbare reststromen in de aardappelketen hebben hoogwaardige toepassingen. Veelal betreft het de afzet als diervoeder, grondstof voor de veevoederindustrie (feed) of input voor energiewinning zoals bio-vergisting of energiebron (vetten). Anderzijds benut de aardappelverwerkende industrie al een deel van de aardappelsnippers als ingrediënt voor aardappelproducten (food).

Blijft de vraag of er opties zijn om het economisch rendement van de afzet van bijproducten verder te verbeteren. Welke zijn dan de interessante en economisch duurzame alternatieve routes?

⁸ Wetgeving zoals de Novel Food Regulation en food safety.

Bij een inventarisatie van alternatieve routes kan de zogenoemde waardepiramide als instrument dienen om systematisch de verschillende mogelijkheden te verkennen (figuur 1).⁹ Deze piramide toont 12 verschillende grondstofftypen voor in totaal vier toepassingsgebieden, te weten energie, chemicaliën en materialen, voeding en gezondheid. Van onderen naar boven neemt de hoeveelheid beschikbare massa af en de toegevoegde waarde toe. Vanuit economisch perspectief is het dus het meest aantrekkelijk om bij een bepaalde grondstof te zoeken naar de toepassing met de hoogste toegevoegde waarde. Meestal zal er dan nog 'restmateriaal' over zijn, waarvoor opnieuw een zo groot mogelijk deel verwerkt wordt met een maximale toegevoegde waarde. Uiteindelijk kan er nog enige biomassa resteren die niet geschikt is voor een andere toepassing dan energie, maar ook met het laatste restant wordt een bijdrage aan het verdienmodel van de betreffende grondstof geleverd.

Hierna wordt op basis van het concept van de waardepiramide en met criteria op het gebied van duurzaamheidswinst, technologische en economische haalbaarheid, de benodigde kennis en eventueel het te verwachten sociale/politieke draagvlak voor een aantal reststromen een kwalitatieve beoordeling van mogelijke alternatieve routes gegeven.¹⁰

Alternatieve afzet loof

Aardappelen hebben, vergeleken met bieten en granen, een lage 'residue to product ratio'; in tegenstelling tot suikerbieten bevat aardappelloof weinig inhoudstoffen meer. Bij het 'afrijpen' van de aardappel (vlak voor het rooien) wordt het loof door de aardappelplant zelf afgebroken en alle nuttige stoffen worden opgeslagen in de aardappel (Harmsen *et al.*, 2014).

De provincie Flevoland is met een aantal telers, handelshuizen en aardappelacademie gestart met een verkenning of loof van pootaardappelen te oogsten is en daarna in te zetten als grondstof voor biobased plastic. In Friesland bouwde het bedrijf KNN een proefinstallatie waarmee Nederland de primeur heeft om van groenafval van bijvoorbeeld tomaat, paprika en aardappelloof een grondstof voor bioplastiek te maken. Een andere mogelijkheid wordt gemeld in Wageningen World (2011); aardappelloof bevat remmende stoffen tegen kanker.¹¹

In principe is ingedroogd loof te gebruiken voor energieopwekking. Het verzamelen en afvoeren van het loof naar een centraal verwerkingspunt kost extra inspanningen c.q. tijd en energie, waarbij ook verliezen zullen optreden. Het inzamelen van aardappelloof voor energiewinning is economisch niet rendabel (Tijmensens *et al.*, 2002). Voor de productie van bioplastiek zijn diverse alternatieve basisgrondstoffen beschikbaar, waaronder zetmeel. De vraag is of de bioraffinage van plastic uit loof technisch haalbaar is en of de beschikbaarheid van loof van voldoende omvang voor een rendabele businesscase die kan concurreren met alternatieven zoals zetmeel of fossiel.

Alternatieven afzet tarra

Een mogelijkheid om het aandeel grondtarra omlaag te brengen is de aardappelen op de boerderij te wassen voordat ze op transport naar de fritesindustrie gaan (onder andere met mobiele wasmachines, kluiten- en stenenscheiders). Een voordeel hiervan is dat een deel van de tarra bij de boer kan blijven en dat minder volume van boer naar fabriek getransporteerd hoeft te worden (CO₂-reductie). Bij aardappelontvangst aan de fabriek zijn de aardappelen schoner, is er minder stof, de waterzuivering wordt minder belast en de fabriek heeft minder tarra te verwerken (kosten, transport afvoer (CO₂)).

Nagegaan kan worden in hoeverre het sorteren en scheiden van tarra in diverse stromen rendabel is. Stenen kunnen worden gescheiden van de overige tarra en afgenomen worden door een lokale betoncentrale of afvalverwerker. Drijvende delen en organisch materiaal kunnen worden gecomposteerd of (co)vergist (voor energieproductie). Na succesvolle compostering zijn

⁹ Er zijn verschillende versies van de waardepiramide in omloop, maar het algemene beeld is hetzelfde. Zie MVO (2012) voor een variant waarbij met name de categorie oliën en vetten nader zijn uitgewerkt.

¹⁰ Deze werkwijze vertoont gelijkenis met die van Research Guidance (Smit *et al.*, 2006).

¹¹ Nadere informatie over de mogelijkheden om deze stoffen te winnen wordt in dat artikel niet gegeven.

ziektekiemen afwezig en kan de compost over land uitgereden worden. Uitgesorteerde aardappelen zijn wellicht ook inzetbaar voor hoogwaardigere toepassingen dan energie (bioplastic, eiwit, food); nagegaan moet worden welke businesscases mogelijk en rendabel zijn en of dat decentraal of centraal opgezet moet worden (en zo ja, op welke schaal). Onduidelijk is of regelgeving de kansen voor hoogwaardiger gebruik van tarra minder in de weg staat dan het terugbrengen van de tarra op land.

Ondermaatse aardappelen waren in het verleden bekend als kriel en werden bestemd tot veevoer. In de jaren tachtig startte Agrico ermee om deze kriel te verwaarden en na bewerking als koelvers product te verkopen onder het merk CêlaVita.¹² Dit succes is de basis geweest voor het huidige koelvers aardappelsegment.

Grondtarra is qua samenstelling grotendeels anorganisch. De mogelijkheden om hoogwaardiger biobased toepassingen uit grondtarra te halen zijn nagenoeg nihil.

Alternatieven voor afzet rauwe aardappelreststromen: Bioraffinage

De VAVI heeft onderzoek laten uitvoeren naar verwaardingsmogelijkheden van aardappelreststromen (AgentschapNL, 2012). Geconcludeerd werd dat de winning van grondstoffen voor biopolymeren en fermentatieproducten uit rauwe aardappelreststromen perspectiefvol is.

Door het toepassen van bioraffinage kunnen verschillende componenten van de biomassa worden vrijgemaakt met een minimale afvalproductie. Na de raffinage krijgen de verschillende componenten een eigen toepassing en dus een eigen economische waarde, vaak verspreid over de verschillende treden van de waardepiramide.¹³ Bioraffinage is eigenlijk een verzamelnaam voor een aantal sleuteltechnologieën:

- biochemische of biotechnologische synthese: fermentatie ofwel vergisting met gebruik van enzymen, gisten, schimmels, bacteriën en algenproductie
- thermochemische synthese: vergassen, 'hydrothermal upgrading', torrefactie¹⁴ en pyrolyse
- scheidingstechnologie: extractie, persen, filtratie, centrifugeren, pervaporatie,¹⁵ enzovoort.

Met behulp van bioraffinage kunnen alle delen van een plant (ook de niet-eetbare delen) optimaal worden benut. De biomassa wordt gescheiden in verschillende fracties, die zo nodig verder worden bewerkt en dan elk een eigen toepassing krijgen. Door deze werkwijze is de afvalproductie minimaal. Bioraffinage kan leiden tot een duurzame productie van voedsel, veevoer, materialen, brandstof, chemicaliën en energie. Dit geeft de economie een gezonde basis. Belangrijke voordelen van bioraffinage:

- Het maakt de inzet van biomassa duurzamer en verhoogt de economische waarde van de eindproducten.
- Het maakt het rendabel produceren van chemicaliën uit biomassa mogelijk.
- Ook kleinschalige installaties zijn mogelijk, want de schaalgrootte van investeringen is bij bioraffinage minder belangrijk.
- Kleinschalige voorbewerking kan economisch voordeel opleveren en de producent van biomassa (agrariër) nieuwe kansen bieden om door te groeien.

Bij verwaarding van (aardappel)reststromen is bioraffinage onmisbaar. Een aantal technologieën worden al toegepast bij de verwaarding van aardappelreststromen. Met name op het biochemische en biotechnologische vlak liggen kansen, maar daarbij moet naast de technologische kant ook de haalbaarheid van de businesscase(s) (zoals marktkansen, benodigde schaal en logistiek, risico's, enzovoort) nog in kaart gebracht worden.

¹² Tegenwoordig onderdeel van McCain.

¹³ www.biobasedeconomy.nl

¹⁴ Tijdens torrefactie wordt biomassa in een zuurstofvrije omgeving verhit tot een temperatuur van 250-320 °C (www.ecn.nl).

¹⁵ De naam pervaporatie komt van de woorden permeatie en evaporatie en is kort samengevat selectieve verdamping van een component uit een vloeistofmengsel over een membraan (www.ecn.nl).

Het blijkt, zoals eerder in deze factsheet beschreven, dat diverse reststromen uit de aardappelketen (op het loof en de grondtarra na) al bestemmingen hebben met een toegevoegde waarde. Veelal betreft het grondstoffen voor de veevoederindustrie. Het gebruiken van deze stromen om er eerst hoogwaardiger producten uit te halen, is goed voor de producent van de grondstof, maar wat betekent het voor de diervoeder/fouragehandel c.q. de veevoederindustrie? Zij zullen hun grondstoffen deels elders vandaan moeten halen. Dit heeft effect op het duurzaamheidsplaatje, transportkosten en de prijs. Ook levert bioraffinage nieuwe reststromen op die een positieve bijdrage moeten leveren aan de kostprijs.

Hierna bespreken we enkele producten die met behulp van bioraffinage van reststromen van de aardappelverwerkende industrie gefabriceerd kunnen worden.

Biopolymeren

Biopolymeren, ook wel bekend als bioplastics, zijn kunststoffen die worden gefabriceerd uit hernieuwbare, biologische bronnen. Bekende bronnen waaruit biopolymeren worden geproduceerd, zijn glucose gewonnen uit suikerriet en zetmeel uit bijvoorbeeld mais. De bekendste biopolymeer is Polylactide Acid (PLA). Biopolymeren kunnen synthetische polymeren (uit aardolie) vervangen. Daarnaast wordt bij het produceren van bioplastic aanzienlijk minder CO₂ uitgestoten tijdens de productie dan bij plastic op basis van fossiele brandstoffen. Zetmeel uit aardappelen is een mogelijke bron voor de productie van biopolymeren. Biopolymeren worden dus gemaakt uit grondstoffen van biologische oorsprong, waaraan eventueel additieven toegevoegd zijn om de eigenschappen, zoals de UV-bestendigheid, produceerbaarheid of flexibiliteit, te verbeteren.

Biopolymeren zijn niet altijd degradeerbaar (afbreekbaar). Er is een duidelijk onderscheid tussen degradeerbare en niet-degradeerbare bioplastics enerzijds en tussen degradeerbare en composteerbare anderzijds. Degradeerbare kunststoffen kunnen onder de precies gecontroleerde temperatuur- en vochtigheidsomstandigheden van een professioneel composteerbedrijf degraderen. Composteerbare bioplastics kunnen ook onder andere omstandigheden gecomposteerd worden en zijn te herkennen aan het 'compostable' logo. Producten met dit logo kunnen samen met GFT-afval worden weggegooid. Degradeerbare biopolymeren worden veelal gebruikt in folievorm voor eenvoudige voedselverpakkingen of producten als wegwerpbestek. Omdat bioplastic composteerbaar is, resteert minder afval. Voorbeelden van afbreekbare bioplastic producten die al op de markt zijn gebracht, zijn afvalzakken, draagtassen, verpakkingsfolie en verpakkingschuim, bestek, bloempotten, golfballen (zie kader) en de afbreekbare PET-fles van Coca Cola. Ook snoepfabrikant Mars is bezig met de ontwikkeling van duurzame verpakking van hun chocoladerepen (www.duurzaambedrijfsleven.nl).

KRUININGEN - Biologisch afbreekbare golfballetjes worden vanaf september 2013 geproduceerd met het restproduct natief zetmeel¹⁶ van fritesfabriek Lamb Weston. De fabriek in Kruieningen levert een zetmeelpap dat overblijft uit het spoelwater van de fritesproductie. Na vijf tot acht jaar verteren de ballen vanzelf als ze in de natuur verloren raken.

'Normale' golfballen verteren in circa 500 jaar. Tijdens dat proces komen zware metalen vrij die de bodem en het grond- en oppervlaktewater ernstig vervuilen. Wereldwijd komen naar schatting 500 miljoen golfballen per jaar in de natuur terecht. Alleen al in de Verenigde Staten raken elk jaar circa 300 miljoen golfballen zoek.

De biologische golfbal wordt op de markt gebracht door Biogolf uit Woerden. Er is vier jaar onderzoek aan voorafgegaan. In het verleden zijn eerder biogolfballen op de markt geweest, maar die waren geen volwaardig alternatief voor de gewone golfbal. Volgens Biogolf is de afbreekbare 'Lamb Weston'-golfbal kwalitatief even goed als de reguliere golfbal.

Bron: Website Lamb Weston Meijer.

¹⁶ Natief zetmeel is natuurlijk zetmeel zoals het in de plant voorkomt; zetmeel dat bewerkt is wordt gemodificeerd zetmeel genoemd.

Hoogwaardige toepassingsgebieden van bioplastics zijn vooralsnog ver te zoeken. Dit heeft vooral te maken met de beperkte eigenschappen van het materiaal. Om degradeerbaar te zijn moet het materiaal namelijk bij een bepaalde temperatuur afgebroken kunnen worden waardoor het niet in toepassingen kan worden gebruikt waarbij een bepaalde hittebestendigheid vereist is. Ook de functionaliteit en herkenbaarheid voor de consument vormen belangrijke aandachtspunten. Naast bioplastics worden biopolymeren bijvoorbeeld toegepast in geotextiel. Geotextielen zijn doorlaatbare textielen die gebruikt worden in combinatie met grond, namelijk in water- en wegebouwkundige toepassingen (onder andere onkruiddoek, kunstgras).

Het zetmeel dat beschikbaar komt bij de aardappelverwerkingsindustrie is een laagwaardige reststroom die wordt afgezet als diervoeder of voor eerder genoemde technische toepassing. De productie van bioplastics op basis van dit laagwaardige zetmeel lijkt een aardig alternatief, maar de vraag is of een voldoende grote continue stroom voor bulkproductie mogelijk zal zijn. Met andere woorden: zal het gebruik van laagwaardige zetmeelreststromen een voldoende basis zijn voor een geloofwaardige en rendabele bioplastic keten? Voor de hand ligt dat grote stromen mais- of tarwezetmeel of speciaal hiervoor geteelde suikerbieten of eventueel zetmeelaardappelen, een meer rendabele businesscase vormen. Bovendien leidt het aanwenden van laagwaardige zetmeelreststromen voor alternatieve toepassingen zoals productie van biopolymeren tot verstoring van de zetmeelaanvoer bij de bestaande toepassingsgebieden (diervoer, technisch zetmeel); zij zullen op zoek moeten naar alternatieven wat vaak kostenverhogend doorwerkt.

Alle andere reststromen uit de aardappelverwerkende industrie bevatten minder zetmeel en moeten extra kostenverhogende bewerkingen ondergaan om het zetmeel eruit te winnen waarbij er nieuwe reststromen met minder zetmeel (energetische waarde) resteren.

Een deel van de aardappelsnippers worden al ingezet door de aardappelindustrie als ingrediënt voor de productie van food zoals aardappelkroketten en dergelijke. Dit past in de tendens dat een steeds grotere deel van de aardappel tot waarde wordt gebracht als food ingrediënt zodat een kleiner deel als reststroom resteert. Dat maakt dat de inzet van snippers in laagwaardiger toepassing zoals biopolymeren of voor fermentatie economisch minder interessant/waarschijnlijk. Overigens zullen niet alle snippers van die kwaliteit zijn dat ze geschikt zijn voor food.

De fabrieken van de aardappelverwerkende industrie bevinden zich op diverse locaties. Centrale verwerking van laagwaardige reststromen gaat gepaard met transport en logistieke kosten. Toepassingen voor biopolymeren en fermentatie zijn economisch interessant als het grootschalig voor bulkproductie wordt opgezet.

Fermentatieproducten

Fermentatie is het omzetten van een biologisch substraat tot een product met behulp van micro-organismen zoals bacteriën, celculturen of schimmels. Het biologisch substraat is over het algemeen een suikeroplossing. Fermentatie kan plaatsvinden in afwezigheid (anaeroob) of in aanwezigheid van zuurstof (aeroob). Tijdens het fermentatieproces worden suikers of andere koolhydraten omgezet tot producten zoals melkzuur, azijnzuur en ethylalcohol. Het type fermentatieproduct is afhankelijk van het gebruikte micro-organisme (zie kader).

Voorbeelden van fermentatieproducten van sommige micro-organismen

- Saccharomyces of gewone bakkersgist: ethanol en kooldioxide
- Streptokokken en Lactobacillus: melkzuur
- Propionzuurbacteriën: propaanzuur, azijnzuur en kooldioxide
- Escherichia coli: azijnzuur, melkzuur, wijnsteenzuur, ethanol, kooldioxide en waterstof
- Darmbacteriën: mierenzuur, ethanol, butaandiol, melkzuur, kooldioxide, en waterstof
- Clostridium: boterzuur, butanol, aceton, isopropanol, kooldioxide en waterstof.

Bekende voorbeelden zijn vergisting van biomassa tot biogas, suiker tot alcohol en CO₂ voor de productie van wijn, bier en brood, en de omzetting van melksuiker tot melkzuur voor de productie van bijvoorbeeld yoghurt.

Enkele voorbeelden van huidige industriële fermentatieprocessen zijn (Harmsen *et al.*, 2014):

1. Ethanol

Ethanol wordt momenteel hoofdzakelijk geproduceerd uit suikerriet in Brazilië (sacharose) of mais (zetmeel) in Noord-Amerika. Daarnaast is de industriële productie van ethanol uit lignocellulose sterk in ontwikkeling. Ook aardappelzetmeel is een grondstof voor de productie van ethanol. Aardappelen en zetmeelrijke reststromen uit aardappel zijn door hun hoge zetmeelconcentratie zeer geschikt voor de productie van bio-ethanol. De productie van bio-ethanol geschiedt op natuurlijke wijze door koolhydraten met behulp van micro-organismen te vergisten. Ethanol is eveneens een belangrijke grondstof voor de chemische en farmaceutische industrie. Het wordt onder meer direct gebruikt in cosmetische producten, voor antiseptisch gebruik maar dient ook indirect, via chemische omzetting, als grondstof voor tal van toepassingen, variërend van plastic tot verfingrediënten.

Bio-ethanol kan ook gebruikt worden als vervanger van fossiele brandstof.¹⁷ De productie vindt plaats door in een tank de biomassa te fermenteren met behulp van een gist waarbij bio-ethanol ontstaat. Voordat de vloeistof als brandstof gebruikt kan worden, worden de bio-ethanol en het vrijgekomen water van elkaar gescheiden (www.acrres.nl).

2. Melkzuur en PLA

Melkzuur wordt door anaerobe fermentatie geproduceerd uit C6-suikers zoals glucose en fructose. Industriële productie van melkzuur loopt voornamelijk via de biochemische route en heeft geen petrochemische tegenhanger. De productie van PLA uit biomassa is uitgebreid beschreven in van Harmsen *et al.* (2011).

Melkzuur kan uit suiker- en zetmeelrijke gewassen verkregen worden. In geval van zetmeelrijke gewassen moet daarbij het zetmeel wel eerst via hydrolyse worden omgezet in fermenteerbare suikers. Zetmeel bestaat uit polysachariden ofwel lange ketens met suikermoleculen. Grondstoffen voor deze route zijn bijvoorbeeld granen of aardappelen.



Figuur 2 Schematisch overzicht van melkzuurproductie uit glucose

Bron: naar Harmsen *et al.* (2011).

3. Barnsteen

Barnsteenzuur, ook wel succinaat genoemd, is een klein dicarbonzuur, bestaande uit vier koolstofatomen en twee zuurstofgroepen. Het stofje wordt toegepast in voedingsmiddelen (E363), cosmetica, geneesmiddelen en de auto-industrie, en dient als grondstof voor onder andere tetrahydrofuran, 1,4-butaandiol en verschillende polymeren. De conventionele productieroute van barnsteenzuur uit petrochemische grondstoffen is via hydrolyse van maleinezuuranhydride. Petrochemisch barnsteenzuur wordt nu nog met name toegepast in nichemarkten omdat de productie duur is. Het is de verwachting dat een goedkopere biobased productie van barnsteenzuur zal leiden tot een grotere marktvraag (Van den Brink, 2008).

¹⁷ Op dit moment wordt ethanol hoofdzakelijk uit aardolie gemaakt, een proces dat veel energie vraagt. Binnen het project 'Energierijk' probeert men de productie van bio-ethanol goedkoper en milieuvriendelijker te maken. Nu nog is voor de benodigde warmte brandstof nodig waardoor het produceren van bio-ethanol duurder en minder milieuvriendelijk wordt. Dit kan echter vermeden worden door het gebruik van restwarmte van een co-vergister. Een bijkomend voordeel is dat de reststromen van de bio-ethanolproductie op hun beurt weer kunnen worden vergist en weer energie opleveren of gebruikt kunnen worden als veevoer.

Barnsteenzuur kan met behulp van verschillende organismen (bacteriën, gisten) via fermentatie uit glucose worden verkregen. Een groot voordeel van biobased barnsteenzuur vergeleken met petrochemische productie is het gebruik van hernieuwbare grondstoffen, het CO₂-verbruik tijdens fermentatie en de mildere procescondities. Daartegenover staat dat fermentaties (in het algemeen) vaak grote capaciteit vergen door sterke verdunning van substraten en producten en lange reactietijden.

Reststromen uit de aardappelindustrie bevatten diverse ingrediënten, zoals zetmeel. Dat maakt dat deze stromen in principe bruikbaar zijn voor fermentatie. Anderzijds hebben we geen voorbeelden van grootschalige operationele industriële toepassingen van fermentatie van aardappelreststromen in de praktijk gevonden.

Productie van een glucosestroop uit aardappelmeel (aardappelstroop) is technisch mogelijk maar ligt, gezien het sluiten van de laatste fabriek¹⁸ in Nederland in 2003, niet meer voor de hand. Vroeger werd de stroop verkregen door hydrolyse met zoutzuur en later met behulp van het enzym amylase. De stroop bestaat uit ongeveer 40% glucose, 40% dextrine en 20% water. Het werd gebruikt als surrogaat voor suiker en suikerstroop bij het vervaardigen van bakkerswaren.

Alternatieven voor afval- en proceswater

Een alternatieve manier voor de klassieke aerobe behandeling van afvalwater is om afvalwater te laten zuiveren door algen. Voor de klassieke behandeling zijn energie en chemicaliën nodig. De benodigde algen worden gekweekt op afvalwater in een open systeem en zuiveren het water. Afvalwater van de aardappelindustrie bevat waardevolle nutriënten (stikstof, fosfor en kalium) die ingezet kunnen worden als grondstof voor 'algen farming', waarna het water van deze stoffen is gezuiverd. Algen zijn veelal eiwitrijk en kunnen worden gebruikt voor andere toepassingen zoals voedsel voor schaal- en schelpdieren, veevoer, energiebron of eventueel hoogwaardiger toepassingen. Na een proefproject (2012-2014) bij aardappelverwerker Lamb Weston/Meijer is het niet gelukt het proefproject op te schalen naar een economisch haalbaar niveau (Lamb Weston/Meijer, 2015). Men blijft echter zoeken naar mogelijkheden om met behulp van algen procesafvalwater te zuiveren, omdat de duurzaamheidsslagen aanzienlijk zijn: minder chemicaliënverbruik, natuurlijke zuivering, het product algen (onder andere een alternatieve eiwitbron en om te zetten in energie), gezuiverd schoon proceswater en een betere oppervlaktewaterkwaliteit.

De productiekosten van algen zijn nog steeds erg hoog en de raffinage staat nog in de kinderschoenen. Voorlopig worden algen alleen nog gebruikt als veevoederadditief met gezondheidsbevorderende effecten (Spruijt *et al.*, 2014) of als hoogwaardig visvoer.

Literatuur

AgentschapNL, 2012. VAVI onderzoekt duurzaam hergebruik reststromen aardappelindustrie; Bioplastics en chemicaliën uit fermenteerbare aardappelstroom. Op website www.agf.nl/artikel/83999/VAVI-onderzoekt-duurzaam-hergebruik-reststromen-aardappelindustrie.

Baltussen, W.H.M., M.A. Dolman, R. Hoste, S.R.M. Janssens, J.W. Reijs en A.B. Smit, 2016. *Grondstofefficiëntie in de zuivel-, varkensvlees-, aardappel- en suikerketen*. Wageningen, LEI Wageningen UR (University & Research centre), LEI Nota 2016-013.

Brink, van den, E., 2008. 'Biologische plastics uit de bioraffinaderij'. In: *BIOCHEM*, maart 2008.

Elbersen, W. (Wageningen UR Food & Biobased Research), B. Janssens (Wageningen UR LEI) en J. Koppejan (Procedé Biomass BV), 2011. *De beschikbaarheid van biomassa voor energie in de agro-industrie*. Wageningen UR Food & Biobased Research, rapport 1200.

Harmen, P. Lips en R. Bakker, 2011. *Productie groene grondstoffen (BO03-007-012). Van biomassa tot PLA; economische aspecten*. Wageningen UR Food & Biobased Research, Rapport nummer 1249.

¹⁸ AVEBE sloot de laatste productielocatie: DWM te Veendam.

Harmen, P., S. Lips, H. Bos, B. Smit, S. van Berkum, J. Helming en R. Jongeneel, 2014. *Suiker als grondstof voor de Nederlandse chemische industrie; gewassen, proces, beleid*. Food en Biobased Research, Rapport nummer 1494.

Janssens, S.R.M., A. Netjes en C.N. Verdouw, 2006. *Visie op de aardappelketen*. LEI Wageningen Universiteit en Researchcentrum en Wageningen en Wetenschapswinkel Wageningen UR. Rapport 226.

Lamb Weston / Meijer, 2015. *Gezamenlijke waarde creëren*. Duurzaamheidsverslag Lamb Weston / Meijer 2012-2014.

MVO, 2012. *De waarde van plantaardige en dierlijke oliën en vetten voor de biobased economy*. Rijswijk, Productschap Margarine, Vetten en Oliën (MVO).

Productschap Diervoeders, 2001. *Veiligheid van hulpstoffen in diervoeders*. Kwaliteitsreeks nr. 67

Spruijt, Joanneke, Rommie van der Weide, Marinus van Krimpen, 2014. *Kansen voor micro-algen als grondstofstroom in diervoeders*. Acrres, PPO-619

Somsen, D., A. Capelle en J. Tramper, 2003. 'Manufacturing of par-fried French-fries, Part 3: a blueprint to predict the maximum production yield'. In: *Journal of Food Engineering* 61 (2004) 209-219.

Tijmensens, M.J.A. (Ecofys), H. Mombarg (CLM), R.C.A. van den Broek (Ecofys) en R. Wasser (Ecofys), 2002. *Haalbaarheid van co-vergisting van oogstresten in de mestvergister in de Wieringermeer*, Ecofys en CLM, Utrecht, rapport E30045.

VAVI, 2003. *Duurzaamheid van de aardappelketen* (nadere informatie over deze publicatie ontbreekt).

VAVI, 2013. *Meerjarenplan MJA Energie-Efficiency 2013-2016*. Vereniging voor Aardappelverwerkende Industrie, eigen uitgave.

VAVI, 2014. *Duurzaamheidsrapport 2014; De Aardappelverwerkende Industrie en Duurzaam Ondernemen*. Vereniging voor de Aardappelverwerkende Industrie VAVI.

Voorlichtingsbureau Margarine, Vet en Oliën (MVO), 2012. *Gebruikt frituurvet – de keten gesloten*.

Voort, M. van der en M. de Rooij, 2011. *Inventarisatie van biomassa in Flevoland; Een inventarisatie van potentieel beschikbare biomassa in Flevoland, met name niet vastgelegde stromen*. ACRRES - Wageningen UR publicatiecode: PPO 494.

Wageningen World, 2011. Nummer 1, pg 32-37.

Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de biobased economy; 2013. *Strategie voor een groen samenleving; biomaterialen, drijfveer voor de Biobased Economy*.

Zijlstra, 2008. BSc-verslag RUG, <https://www.rug.nl/research/portal/files/14634991/EES-200863TAukjeZijlstra.pdf>

Contact

LEI Wageningen UR
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
www.wageningenUR.nl/lei

Bas Janssens
Onderzoeker markt & ketens
T +31 (0)320 293529
E bas.janssens@wur.nl

Bert Smit
Onderzoeker
T +31 (0)320 293528
E bertb.smit@wur.nl

Lei.library.nl
2016-013a