



---

# Waardevermeerdering co-producten uit humane voeding

Experimentele strategiebepaling voor de opwerking van enkele co-producten

D.A.J. Starmans, G. Kupers, C.M.C. van der Peet-Schwering

OPENBAAR  
RAPORT 1314



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---



---

.

# Waardevermeerdering co-producten uit humane voeding

Experimentele strategiebepaling voor de opwerking van enkele co-producten

Dick A.J. Starmans, Geert Kupers en Carola M.C. van der Peet-Schwering

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research als onderdeel van de Publiek Private Samenwerking (PPS) "Circulaire Bio-economie" (TKI-AF-17027), en gefinancierd door de partners in de PPS en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Wageningen Livestock Research  
Wageningen, April 2021

---

Rapport 1314

---

Starmans, D.A.J., G. Kupers, C.M.C. van der Peet-Schwering, 2021. *Waardevermeerdering van co-producten uit humane voeding; Experimentele strategiebepaling voor de opwerking van enkele co-producten*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1314.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/546004> of op [www.wur.nl/livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research) (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2021

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Openbaar Wageningen Livestock Research Rapport 1314

---

# Inhoud

<b>Inhoud</b>	<b>3</b>
<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1        Aanpak</b>	<b>9</b>
<b>2        Methoden</b>	<b>11</b>
2.1    Was-procedure	11
2.2    Voorbewerking vaste monsters – Destructie	11
2.3    Voorbewerking vloeibare monsters	11
2.4    Analysemethode natrium en kalium	11
2.5    Analysemethode fosfor	12
2.6    Analysemethode S	12
<b>3        Resultaten</b>	<b>13</b>
3.1    Maisweekwater	13
3.2    Bierbostel	14
3.3    Tarwegistconcentraat	15
3.4    Weipermeaat	16
3.5    Stikstof balans	17
3.6    Fosfaat balans maisweekwater	18
3.7    Zwavel balans weipermeaat	19
<b>4        Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>20</b>
4.1    Conclusies	20
4.2    Aanbevelingen	20
<b>5        Bijlagen</b>	<b>22</b>
5.1    Foto's opwerking maisweekwater	22
5.2    Foto's opwerking bierbostel	23
5.3    Foto's opwerking tarwegistconcentraat	24
5.4    Foto's opwerking weipermeaat	25
<b>6        Literatuur</b>	<b>26</b>



---

# Woord vooraf

Het onderzoek "Waardevermeerdering van co-producten uit humane voeding; Experimentele strategiebepaling voor de opwerking van enkele co-producten." is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research als onderdeel van de Publiek Private Samenwerking (PPS) "Circulaire Bio-economie", en gefinancierd door de partners in de PPS en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. De auteurs bedanken de leden van de werkgroep Feed Karel van der Velden (Nijssen Granico), Martin de Groot (Bonda), Ageeth van der Lee (Feed Design Lab), Gerard Raedts (Vitelina Voeders B.V.), Ad van de Ven (ABZ Diervoeding), Sharon van Schaijk (Agruniek Rijnvallei), Maarten Hollemans (Coppens Diervoeding) en Iris Zweekhorst (Coppens Diervoeding) voor hun waardevolle en inspirerende inhoudelijke bijdrage aan het onderzoek.

## Projectleiders

Carola van der Peet-Schwering en Ellen van Eerden (Schothorst Feed Research)





---

# Samenvatting

De Nederlandse diervoedersector, heeft in samenwerking met andere ketenpartijen, de ambitie om door het opwaarderen van co-producten een grote bijdrage te leveren aan de Nederlandse circulaire kringlooplandbouw en verduurzaming van het grondstofgebruik. Co-producten kunnen echter nutriënten bevatten (zoals mineralen) die de voederwaarde van het co-product verlagen waardoor minder van het product opgenomen kan worden opgenomen in het rantsoen dan gewenst. Als deze nutriënten uit het co-product verwijderd kunnen worden, kan daarmee de voederwaarde van het co-product verbeterd worden. Om nutriënten uit co-producten te kunnen isoleren moet eerst bekend zijn in welke fase (vloeibare of vaste fase) de te verwijderen nutriënten zitten.

Uit eerder onderzoek bleek dat de co-producten maisweekwater, bierbostel, tarwegistconcentraat, weipermeaat en lactosepermeaat mogelijk interessant zijn om verder te bewerken. Met name natrium, kalium, fosfaat en/of sulfaat zijn te hoog in deze co-producten. In de experimenten beschreven in dit rapport is daarom de focus gelegd op deze surplus-mineralen. Nagegaan is in welke fase (de vaste fase of de vloeibare fase) de surplus-mineralen zich bevinden en of deze middels wassen met gedemineraliseerd water (demiwater) gescheiden kunnen worden van deze co-producten.

Het blijkt dat de surplus-nutriënten voor het merendeel door het wassen met water verwijderd kunnen worden. Uitzondering vormde bierbostel; fosfaat in dit co-product is naar alle waarschijnlijkheid covalent gebonden.



---

# 1 Aanpak

De Nederlandse diervoedersector, heeft in samenwerking met andere ketenpartijen, de ambitie om door het opwaarderen van co-producten een grote bijdrage te leveren aan de Nederlandse kringloop landbouw en verduurzaming van het grondstofgebruik. Tijdens het produceren van levensmiddelen ontstaan er naast het hoofdproduct ook andere producten. Dit noemen we co-producten (Grondstoffenwijzer Nevedi, 2019). In de huidige diervoeders worden veel co-producten verwerkt die overblijven, nadat er uit het oorspronkelijke product fracties zijn verwijderd voor humane consumptie. Voorbeelden hiervan zijn tarwegries, aardappelstoomschillen en bierbostel. Daarnaast worden ook neven- of restproducten uit de humane voedselketen (voormalige levensmiddelen) verwerkt in diervoeder. Voorbeelden hiervan zijn o.a. brood, deegwaren, taarten en koekjes, snijresten, snoep en chocolade en (vloeibare) suikerstromen. Het betreft producten zonder gezondheidsrisico's, maar omdat ze bijna de uiterste consumptiedatum hebben bereikt, verkeerd verpakt zijn of afwijkend zijn van vorm of smaak voldoen ze niet meer aan de strenge normen voor humane consumptie. Co-producten kunnen echter nutriënten bevatten (zoals mineralen) die de voederwaarde van het co-product verlagen waardoor minder van het product opgenomen kan worden opgenomen in het rantsoen dan gewenst. Als deze nutriënten uit het co-product verwijderd kunnen worden, kan daarmee de voederwaarde van het co-product verbeterd worden. Door Starmans en Van der Peet-Schwering (2020) is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar scheidings- en opwerkmethoden om nutriënten uit co-producten te isoleren. In dit literatuuronderzoek is een overzicht opgenomen van vochtrijke en droge co-producten uit de levensmiddelenindustrie die gevoerd kunnen worden aan varkens en die mogelijk in aanmerking komen om verder bewerkt te worden. Uit het literatuuronderzoek bleek dat de co-producten maisweekwater, bierbostel, tarwegistconcentraat en weipermeaat mogelijk interessant zijn om verder te bewerken. Met name natrium, kalium, fosfaat en/of sulfaat zijn te hoog in deze co-producten.

Bij de verdere bewerking van deze co-producten is het volgens Starmans en Van der Peet-Schwering (2020) belangrijk om de volgende vragen te doorlopen:

Wat?	Over welke surplus-mineralen spreken we?
Waar?	In welke fase (vloeibare of vaste fase) zitten de surplus-mineralen?
Hoe?	Welke chemische vorm en/of binding hebben de surplus-mineralen?
Waardoor?	Zijn er processtappen in de levensmiddelenindustrie die de hoeveelheid van het surplus materiaal veroorzaken?

De Wat-vraag: met name de hoeveelheden natrium, kalium, chloride, fosfaat en/of sulfaat zijn te hoog in de co-producten maisweekwater, bierbostel, tarwegistconcentraat en weipermeaat. In de experimenten zoals beschreven in dit rapport is daarom de focus gelegd op deze surplus-mineralen bij het beantwoorden van de Waar-vraag.

De Waar-vraag en de Hoe-vraag worden beantwoord door zowel de waterige fase als de vaste fase te analyseren op de aangegeven surplus-mineralen. Omdat er wordt gewassen met water, zullen ionen worden uitgewassen, terwijl covalent gebonden materiaal in de vaste fase blijft. Om een antwoord te krijgen op deze vragen wordt gebruik gemaakt van laboratorium technieken (zoals wassen met gedemineraliseerd water) en worden de scheidingen gerealiseerd met een laboratoriumcentrifuge. Hierdoor zijn de resultaten van de scheidingen weliswaar optimaal, maar daardoor niet 1-op-1 te gebruiken om voorspellingen te doen voor de prestaties van bulk-scheidingstechnieken. Het meten van de efficiëntie van bulk-scheidingstechnieken vereist apart opschalingsonderzoek welke buiten de scope ligt van het in dit rapport beschreven onderzoek.

De Waardoor-vraag is van minder belang bij de vier genoemde co-producten. In alle gevallen is het co-product namelijk afkomstig van de humane voedingsindustrie en verkregen na een reeks behandelingen om een maximale opbrengst van humane voedingsmiddelen te bewerkstelligen. Hierbij

---

wordt niet gekeken naar het restproduct, het overblijvende co-product dat door de diervoederindustrie wordt afgenomen en wat in dit onderzoek centraal staat. Er zit een knip tussen beide domeinen (voedings- en voedermiddelenindustrie), waardoor de keten-gedachte om processen op elkaar af te stemmen en te optimaliseren niet kan worden toegepast.

In dit rapport is beschreven in welke fase de surplus-mineralen zich bevinden in de co-producten maisweekwater, bierbostel, tarwegistconcentraat en weipermeaat en welke chemische vorm en/of binding de surplus-mineralen hebben.

---

## 2 Methoden

### 2.1 Was-procedure

Omdat de surplus-mineralen goed in water oplosbaar zijn, werden de co-producten gewassen met gedemineraliseerd water (demiwater). Vervolgens werd het mengsel gescheiden in een vaste en een vloeibare fase door middel van centrifugeren bij 4500 toeren per minuut. De vloeibare fase (het was-water) werd overgebracht in een apart monsterpotje. De vaste fase (pellet) werd vervolgens geresuspendeerd in schoon demiwater, waarna het mengsel wederom werd gecentrifugeerd bij 4500 toeren per minuut. De co-producten werden op deze manier vijf keer gewassen met demiwater op kamertemperatuur. Pilot proefjes toonden aan dat de manier van re-suspenderen dermate effectief was dat er geen rekening gehouden hoefde te worden met een extra inweektijd.

In het geval van maisweekwater en weipermeaat bleek het mogelijk om een eerste scheiding in de centrifuge te bewerkstelligen tussen de vaste en vloeibare fase. Na deze "nulle was-stap zonder toevoeging van schoon demiwater" werd de vaste fase verder nog vier keer gewassen met demiwater zoals hierboven beschreven. Hierbij werd er telkens een dusdanige hoeveelheid gedemineraliseerd water gebruikt zodat het mengsel werd teruggebracht tot het initiële volume.

Alle verzamelde vloeibare fasen werden apart verzameld en geanalyseerd op Na, K, P. Het startproduct en de laatste pellet werden bemonsterd en gedestruëerd, waarna deze destruatens ook op de aangegeven elementen werd geanalyseerd. Vaste en vloeibare monsters uit de behandeling van weipermeaat werden aanvullend geanalyseerd op sulfaat.

De volledige was-procedure werd voor elk co-product tweemaal uitgevoerd.

### 2.2 Voorbewerking vaste monsters – Destructie

Monsters met vaste delen werden in hun geheel ontsloten door middel van destructie voordat deze werden geanalyseerd. Hiervoor werd werkinstructie 4.25-104 "Destructie van dierlijke mest" gebruikt. Deze methode staat gelijk aan NEN-7433. Na de zure destructie bij verhoogde temperatuur werd het destruaat met demiwater aangevuld tot een vast volume, waarna het verder werd geanalyseerd. De gevonden hoeveelheden werden via het gewicht van de ingewogen vaste fase herleid tot een gehalte (g/kg).

### 2.3 Voorbewerking vloeibare monsters

De vloeibare monsters uit de verschillende was-stappen werden niet verder opgewerkt voordat deze werden geanalyseerd.

### 2.4 Analysemethode natrium en kalium

Voor het bepalen van natrium en kalium in vloeibare monsters werd NEN-7436 gebruikt. In deze methode wordt de emissie via een vlamspectrofotometer (AES) bij respectievelijk 766 nm en 589 nm gemeten. Deze emissie werd door middel van ijklijnen voor de beide stoffen gekoppeld aan de concentratie K en Na.

---

## 2.5 Analysemethode fosfor

Voor het bepalen van het totale fosfor gehalte in gedestrueerde monsters werd Werkinstructie 4.25-106 gebruikt (deze methode is gelijkwaardig aan NEN-7435: 1998 2<sup>e</sup> Ontw.nl)<sup>1</sup>.

Deze methode gaat uit van een kleurring reactie tussen de tot fosfaat gedestrueerde fosfor en een molybdaat reagens. Door middel van een spectrofotometer werd de extinctie van het monster gemeten bij 885 nm. De gemeten extinctie werd door middel van een eveneens opgemeten ijklijn bestaande uit bekende concentraties fosfaat omgerekend naar een totaal P-gehalte.

## 2.6 Analysemethode S

Zwavel werd geanalyseerd met een Element Analyzer. Het monster werd hiertoe gedroogd en fijngemalen, waarna het werd overgebracht in een tinnen bakje dat in de Analyzer werd geplaatst. Hierin werd het monster verwarmd tot 1400°C, zodat de samenstellende elementen onder een gasstroom van puur O<sub>2</sub> werden geoxideerd. De SO<sub>2</sub> die daarbij ontstaat werd gemeten met een in serie gekoppelde gaschromatograaf met een hot-wire detector (HWD-detector).

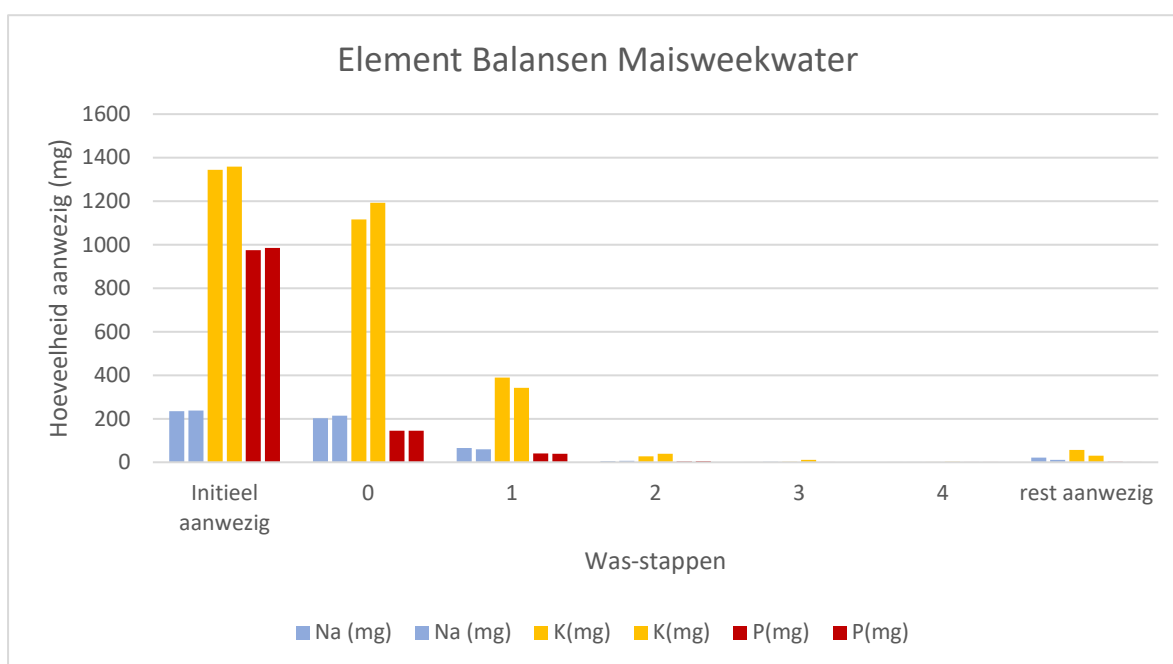
---

<sup>1</sup> <https://www.nen.nl/en/nen-7435-1998-2e-ontw-nl-31727>

## 3 Resultaten

### 3.1 Maisweekwater

Maisweekwater bevat relatief veel eiwit en zouten (fosfaten, kalium en natrium zouten)<sup>2</sup>. De resultaten van het wassen van maisweekwater zijn weergegeven in figuur 1. Foto's van het waswater en de overgebleven vaste fase na scheiding zijn weergegeven in bijlage 5.1.



**Figuur 1** De hoeveelheden Na, K, P (duplo was-procedure) in het initiële maisweekwater, de initiële waterige fase (0), de waterige fase na elke was-stap (1 t/m 4) en het restproduct.

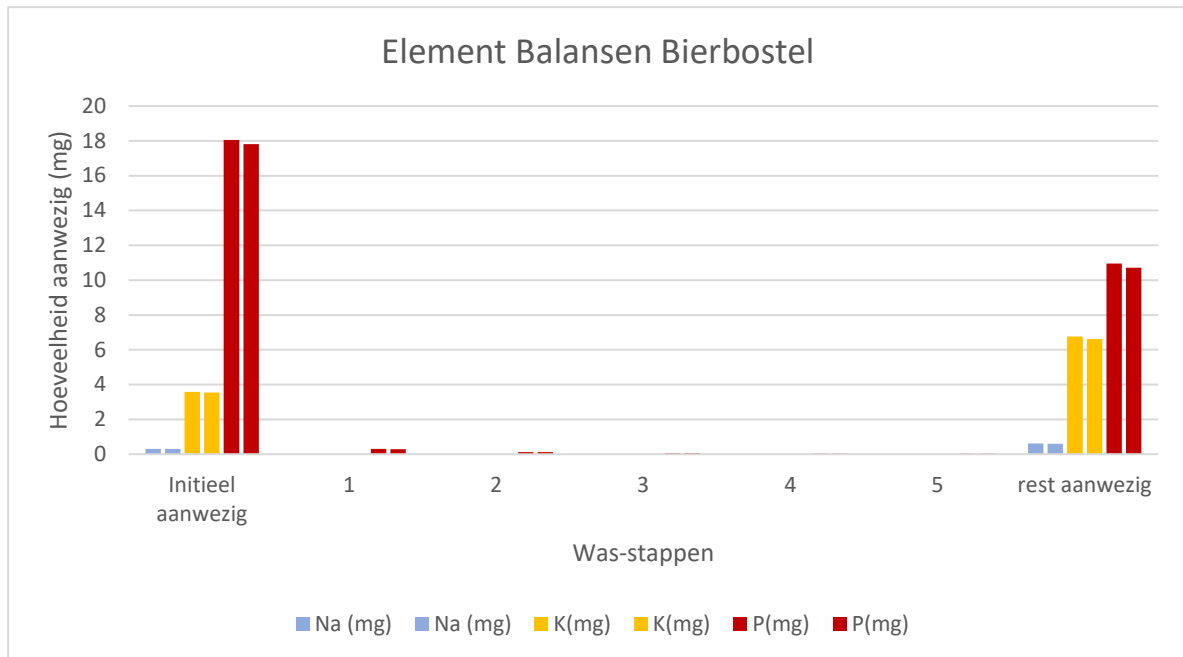
Uit de resultaten blijkt dat via de eerste scheiding van het beginproduct in een vloeibare en vaste fase meteen het merendeel van de natrium en kalium ionen uit het maisweekwater te verwijderen zijn. In navolgende stappen werd het totale volume met het schone waswater aangevuld tot de oorspronkelijke hoeveelheid, en werd de vaste fase geresuspendeerd. Al na de derde scheiding loopt de concentratie van deze surplus-ionen tegen de detectiegrens aan van de gebruikte meetmethode en is de opwerking compleet.

Fosfor daarentegen blijkt voor een groot deel niet op te lossen in de waterige fase. Dit kan omdat fosfor ook covalent gebonden kan zijn aan de vaste stof. Vreemd genoeg wordt echter geen fosfor meer in het restproduct teruggevonden. Een verklaring hiervoor kan zijn dat de fosfor meekomt met fijne deeltjes organisch materiaal in de waterige fase. Het waswater bleek niet helemaal helder. De organisch gebonden fosfor wordt niet gedetecteerd via de kleurreactie voor de bepaling van fosfaat in waterige oplossing.

<sup>2</sup> Website Overleggroep Producenten Natte Veevoeders: <http://www.opnv.nl>

## 3.2 Bierbostel

In bierbostel is fosfor het voornaamste surplus-nutriënt. De resultaten van het wassen van bierbostel zijn weergegeven in figuur 2. Foto's van het waswater en de overgebleven vaste fase na scheiding zijn weergegeven in bijlage 5.2.



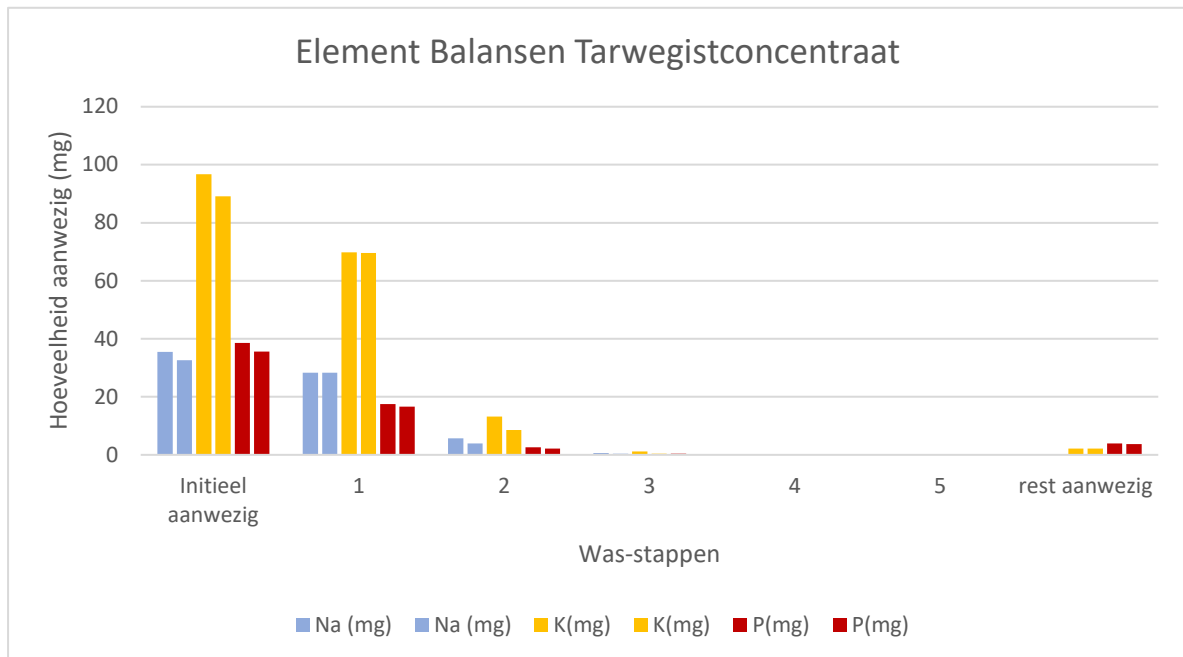
**Figuur 2** De hoeveelheden Na, K, P (duplo was-procedure) in de initiële bierbostel, de waterige fase na elke was-stap (in totaal vijf (1 t/m 5) was-stappen) en het restproduct.

Uit de resultaten blijkt dat de concentratie natrium in de waterige fractie al snel onder de detectiegrens ligt. Het voornaamste surplus-nutriënt fosfaat zal waarschijnlijk covalent gebonden zijn, de fosfaat wordt namelijk niet als vrij fosfaat gedetecteerd in het waswater. Via het waswater kan een deel van de covalent gebonden fosfaat verloren gaan door zwevende vaste deeltjes in de waterige fase.



### 3.3 Tarwegistconcentraat

In tarwegistconcentraat zijn fosfaat, Na, K en sulfaat de surplus-nutriënten. De resultaten van het wassen van tarwegistconcentraat zijn weergegeven in figuur 3. Foto's van het waswater en de overgebleven vaste fase na scheiding zijn weergegeven in bijlage 5.3.

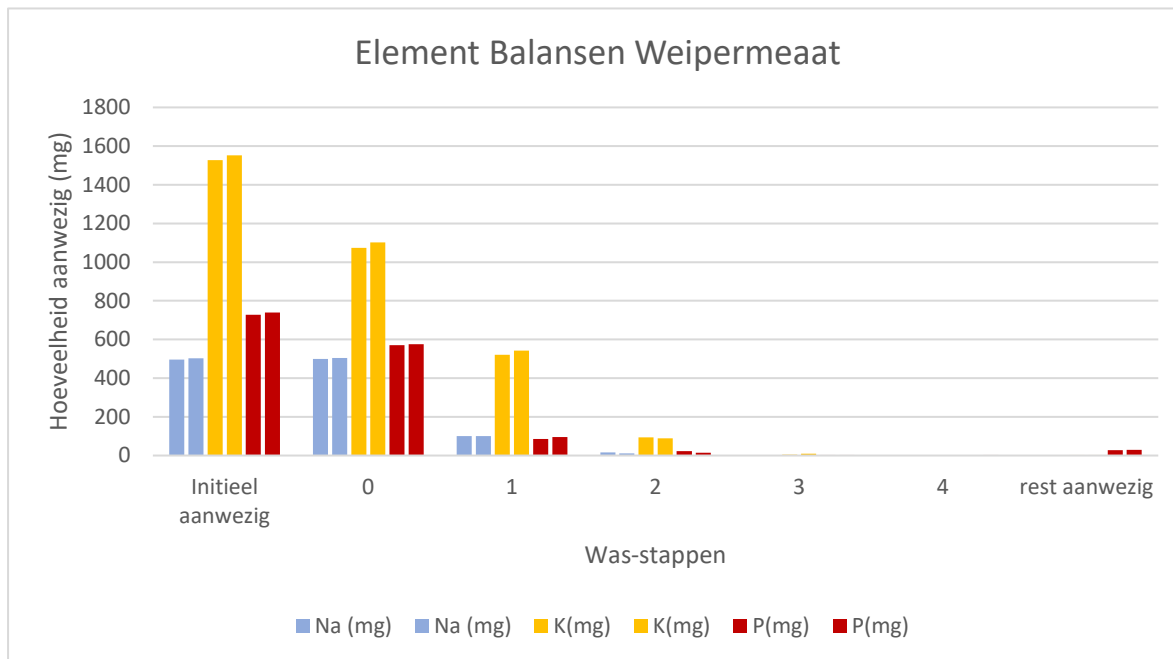


**Figuur 3** De hoeveelheden Na, K, P (duplo was-procedure) in het initiële tarwegistconcentraat, de waterige fase na elke was-stap (1 t/m 5) en het restproduct.

Uit de resultaten blijkt dat natrium, kalium en fosfaat goed via wassen met water uit het co-product te verwijderen zijn. Net meer dan de helft van de aanwezige P in het tarwegistconcentraat is aanwezig als vrij fosfaat. Het restant P wordt waarschijnlijk mee uitgewassen, maar is covalent gebonden aan fijne vaste deeltjes. Covalent gebonden fosfaat wordt niet gedetecteerd in het waswater met de gebruikte analysemethode, omdat het geen binding aan kan gaan met het kleurreagens.

### 3.4 Weipermeaat

Weipermeaat is rijk aan as (natrium, kalium en chloride). Dit zijn bij uitstek ionen die in de waterfase voorkomen. De resultaten van het wassen van weipermeaat zijn weergegeven in figuur 4. Foto's van het waswater en de overgebleven vaste fase na scheiding zijn weergegeven in bijlage 5.4.



**Figuur 4** De hoeveelheden Na, K, P (duplo was-procedure) in het initiële weipermeaat, de initiële waterige fase (0), de waterige fase na elke was-stap (1 t/m 4) en het restproduct.

Uit de resultaten blijkt dat natrium, kalium en fosfaat goed via wassen met water uit het co-product te verwijderen zijn. Nagenoeg alle aanwezige P in het weipermeaat blijkt aanwezig als vrij fosfaat.

### 3.5 Stikstof balans

Van de initiële co-producten en de na de laatste scheiding overgebleven vaste fasen (pellets) werd het totaal stikstof gehalte bepaald. In tabel 1 zijn de resultaten voor de verschillende co-producten weergegeven. De totale hoeveelheid stikstof wordt berekend uit het gehalte en de massa van de corresponderende fase. Vergelijking tussen het initiële co-product en het product na wassen levert inzicht op in de stikstof die door de was-procedure verloren gaat en de hoeveelheid die in het restproduct behouden blijft.

**Tabel 1** Totaal stikstof gehalte in de initiële co-producten en het overblijvende restproduct (g/kg product) en de behouden fractie stikstof in het restproduct.

		Totaal-N (g/kg)	Massa (kg)	Totaal-N (g)	Behouden N Fractie (%)
Maisweekwater	Initieel product	27,36	0,0705	1,929	
	Restproduct	8,88	0,0119	0,106	5
Bierbostel	Initieel product	7,81	0,0156	0,122	
	Restproduct	3,99	0,0307	0,122	101
Tarwegistconcentraat	Initieel product	10,27	0,0202	0,207	
	Restproduct	12,35	0,0097	0,119	58
Weipermeaat	Initieel product	3,54	0,0706	0,250	
	Restproduct	3,99	0,0036	0,014	6

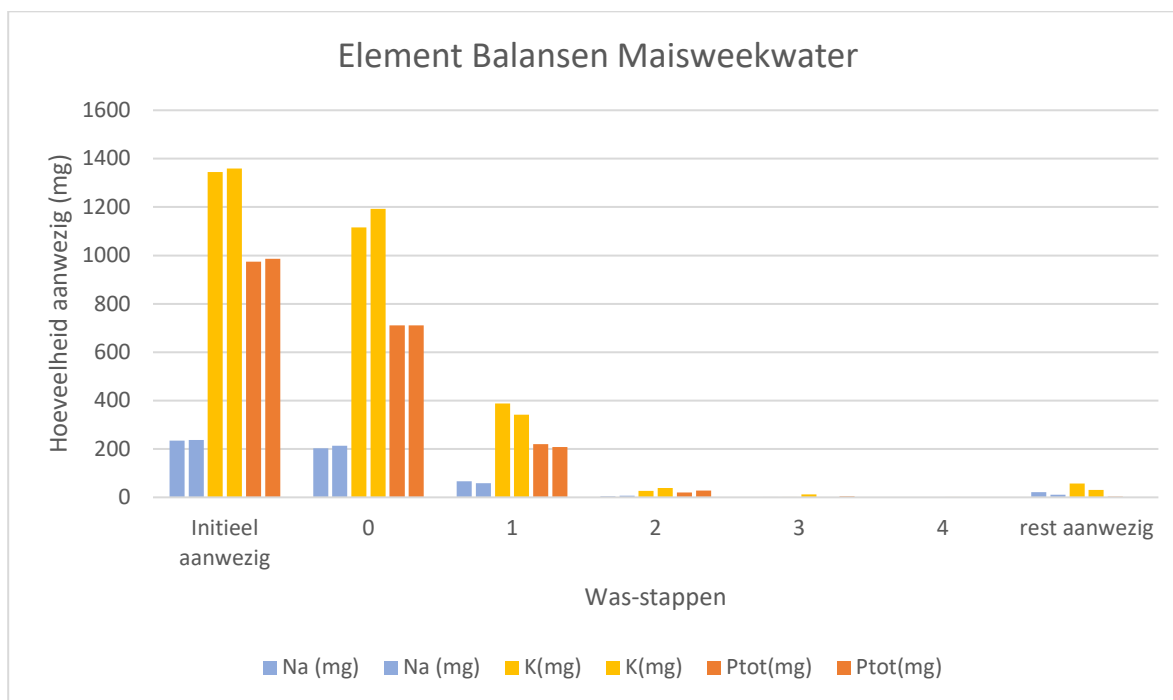
Bij maisweekwater en weipermeaat wordt slechts 5% van de stikstofhoudende verbindingen behouden in het restproduct na de was-procedure. Bij tarwegistconcentraat gaat 42% van alle stikstofhoudende verbindingen verloren tijdens de was-procedure en blijft 58% behouden in het restproduct. Alleen bij bierbostel blijkt dat alle stikstof houdende verbindingen behouden blijven in de pellet.

De mate waarin verbindingen worden afgevoerd met het waswater is afhankelijk van hun moleculair gewicht (molmassa, g/mol) en de mate van lading op het materiaal. Een klein molecuul met een laag moleculair gewicht wordt gemakkelijker uitgewassen. Moleculen met meer geladen groepen worden gemakkelijker uitgewassen door een polair oplosmiddel zoals water.

Elk co-product heeft zijn eigen samenstelling. Elk co-product is een mengsel van grote en kleine moleculen, elk met een hoeveelheid gebonden stikstof en fosfor, karakteristiek voor het co-product (en met inbegrip van de processen die hebben geleid tot de totstandkoming van het co-product). Voor elk co-product zijn deze kenmerken anders, waardoor de gevonden verschillen in de uitgewassen fracties verklaard kunnen worden.

### 3.6 Fosfaat balans maisweekwater

Figuur 1 en foto 1 gaven aanleiding om te onderzoeken of fosfaat kan worden afgevoerd met het waswater als het organisch gebonden is. Om dit te testen werd het waswater uit de was-procedure van maisweekwater onderworpen aan een destructie, gevolgd door het bepalen van de totale hoeveelheid fosfor in het waswater. De resultaten hiervan zijn opgenomen in figuur 5.

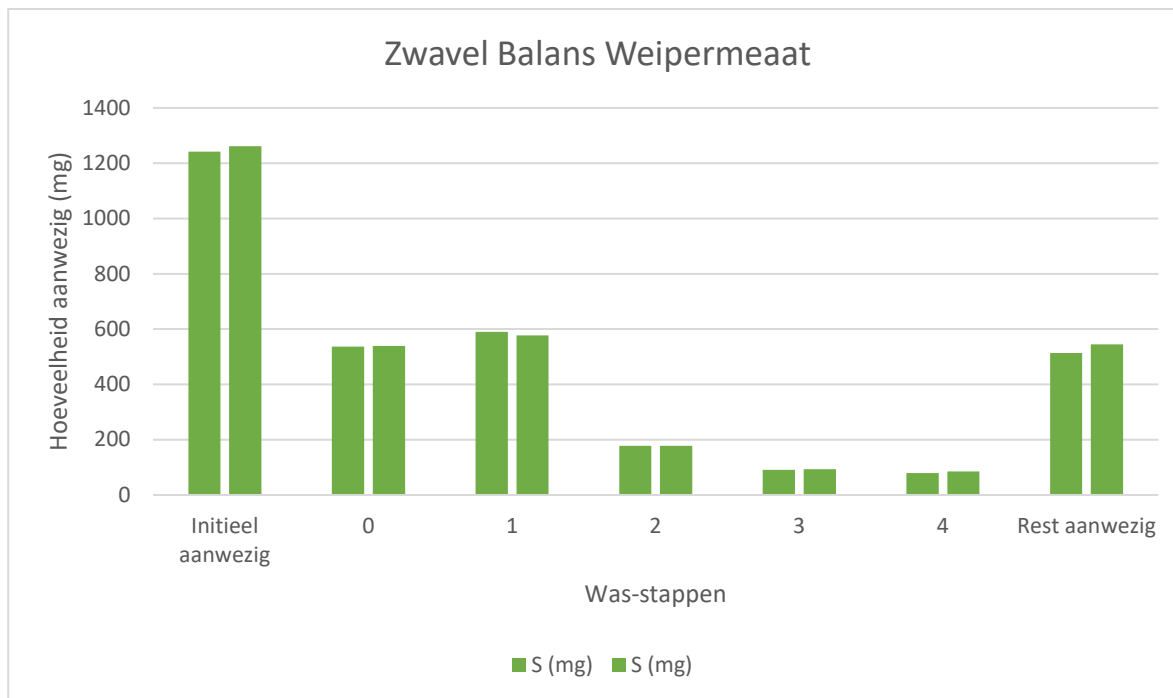


**Figuur 5** De hoeveelheden Na, K,  $P_{\text{totaal}}$  (duplo was-procedure) in het initiële maisweekwater, de initiële waterige fase (0), de waterige fase na elke was-stap (1 t/m 4) en het restproduct.

Uit figuur 5 blijkt dat al het fosfaat dat initieel aanwezig is in het co-product wordt teruggevonden in het waswater en het restproduct. Vergelijking met figuur 1 laat duidelijk zien dat de fosfor in het waswater ruwweg voor 20% bestaat uit fosfaat ionen en voor 80% uit organisch gebonden fosfaat.

### 3.7 Zwavel balans weipermeaat

Weipermeaat bevat, naast veel Na en K, ook veel zwavel. Om deze reden is van weipermeaat ook een zwavelbalans bepaald. De resultaten van het wassen van weipermeaat zijn weergegeven in figuur 6.



**Figuur 6** De hoeveelheden zwavel (duplo was-procedure) in het initiële weipermeaat, de initiële waterige fase (0), de waterige fase na elke was-stap (1 t/m 4) en het restproduct.

Uit figuur 6 blijkt dat al het zwavel dat initieel aanwezig is in het co-product redelijk ruim wordt teruggevonden in het waswater en het restproduct. Het in het co-product aanwezige zwavel laat zich redelijk goed uitwassen.

---

## 4 Conclusies en aanbevelingen

### 4.1 Conclusies

Het onderzoek zoals beschreven in dit rapport richtte zich op de Waar en Hoe vragen zoals geformuleerd in hoofdstuk 1.

- Waar zitten de surplus-nutriënten in co-producten?
- Hoe, in welke chemische vorm, zijn deze stoffen aanwezig?

Om hier antwoord op te geven werden de meest veelbelovende co-producten uit het onderzoek van Starmans en Van der Peet-Schwering (2020) onderworpen aan een was-procedure met demiwater. Het bleek dat het voor het merendeel van de co-producten mogelijk is om de surplus-nutriënten op deze manier te verwijderen. De surplus-nutriënten zitten dus voornamelijk in de waterige fase.

Stikstof analyses tonen echter aan dat er ook nutriënten verloren gaan tijdens het wassen met water. Zo bleek dat bij maisweekwater en weipermeaat 95% van de stikstof verloren gaat.

Ook organisch gebonden fosfor kan verloren gaan bij het wassen met water. Dit werd aangetoond voor maisweekwater, en zal waarschijnlijk ook een rol spelen bij het wassen van bierbostel. De mate waarin fosfor verloren gaat met het waswater hoeft niet evenredig te zijn met de mate waarin stikstof verloren gaat, omdat de verhouding tussen deze stoffen per samenstellend deel van de organische stof kan verschillen.

### 4.2 Aanbevelingen

Op laboratoriumschaal bleek dat wassen met water een interessante en betaalbare methode is om surplus-nutriënten te verwijderen uit de voor dit onderzoek geselecteerde co-producten maisweekwater, tarwegistconcentraat en weipermeaat. Met behulp van een laboratoriumcentrifuge kan echter een veel efficiëntere scheiding tussen een vaste en een vloeibare fase bewerkstelligd worden dan met de beschreven op centrifuge gestoelde bulk-methoden door Starmans en Van der Peet-Schwering (2020). Er blijven hierdoor nog verschillende onderzoeken op bulk-niveau nodig om erachter te komen welke bulk-scheidingstechnieken het beste werken voor de verschillende producten. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek:

- Invloed van bulk-scheidingstechniek op de hoeveelheid en voederwaarde van mee uitgewassen vaste fase.

Zelfs bij gebruik van een laboratoriumcentrifuge bleek in een aantal gevallen de waterige fase niet helemaal helder. De met het waswater afgevoerde vaste stoffen maken na wassing geen deel meer uit van het voedermiddel. Dergelijke verliezen zullen ook optreden bij verschillende bulk-scheidingen.

- Welke bulk-scheidingstechniek is het meest geschikt.

Bij wassen met water worden niet alleen mineralen uitgewassen, maar bij sommige producten ook stikstof. Nagegaan moet worden, welke scheidingsmethoden het meest geschikt zijn om Na, K, P en S te verwijderen zonder dat stikstof verloren gaat.

- Invloed van bulk-scheidingstechniek op de consistentie van de overblijvende vaste fase.

---

Door verwijdering van ionen is het mogelijk dat de organische stoffen (biopolymeren) in de vaste fase onderlinge ionogene verbindingen aangaan als de concentratie toeneemt (zoals het geval is bij verwijdering van de waterige fase). Hierdoor kunnen onbedoelde veranderingen optreden in de fysieke verschijningsvorm van de vaste fase (denk daarbij aan een mogelijke klontvorming en/of verslijming van de vaste fase).

- Invloed van de instellingen van gekozen apparaten voor de scheiding.

Ionogene interacties tussen de organische stoffen (biopolymeren) in de vaste fase kunnen wellicht voorkomen worden door te kiezen voor minder optimale instellingen van de apparatuur die voor de scheiding gebruikt wordt. Een daaruit volgend natter restproduct kan bijvoorbeeld te prefereren zijn, zodat de fysieke vorm van de vaste fase hanteerbaar blijft.

Tot slot zijn er nog enkele aandachtspunten:

- Afzet van het waswater met daarin de opgeloste mineralen.

Nagegaan moet worden hoe het waswater met daarin de opgeloste mineralen het beste afgezet kan worden.

- Evaluatie van de ecologisch footprint.

Voor nieuwe grondstoffracties en reststromen die in aanmerking komen als diervoedergrondstof zal de ecologische footprint geëvalueerd moet worden. De LCA (Life Cycle Analysis) analyse geeft inzicht in de N- en P-kringloop, eutrofiëring, verzuring, land gebruik, fossiele brandstof depletie, energieverbruik en carbon footprint.

---

## 5 Bijlagen

### 5.1 Foto's opwerking maisweekwater



**Foto 1** *Het waswater uit de procedure voor de opwerking van maisweekwater. Van links naar rechts: de initiële waterige fase (0) en de waterige fase na elke was-stap (1 t/m 4).*



**Foto 2** *De vaste fase na de laatste wassing en scheiding van maisweekwater (pellet).*



## 5.2 Foto's opwerking bierbostel



**Foto 3** *Het waswater uit de procedure voor de opwerking van bierbostel. Van links naar rechts: waswater 1 t/m 5.*



**Foto 4** *De vaste fase na de laatste wassing en scheiding van bierbostel (pellet).*

### 5.3 Foto's opwerking tarwegistconcentraat



**Foto 5** *Het waswater uit de procedure voor de opwerking van tarwegistconcentraat. Van links naar rechts: waswater 1 t/m 5.*



**Foto 6** *De vaste fase na de laatste wassing en scheiding van tarwegistconcentraat (pellet).*

## 5.4 Foto's opwerking weipermeaat



**Foto 7** *Het waswater uit de procedure voor de opwerking van weipermeaat. Van links naar rechts: de initiële waterige fase (0) en de waterige fase na elke was-stap (1 t/m 4).*



**Foto 8** *De vaste fase na de laatste wassing en scheiding van weipermeaat (pellet).*

---

## 6 Literatuur

- Nevedi. 2019. Grondstoffenwijzer Editie 3. Diervoeders voor een circulaire voedselproductie.
- Starmans, D.A.J. en C.M.C. van der Peet-Schwering. 2020. Waardevermeerdering van co-producten uit humane voeding; Literatuuronderzoek naar scheidings- en opwerkmethoden. Rapport 1276, Wageningen Livestock Research, Wageningen.





To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



Wageningen Livestock Research  
Postbus 338  
6700 AH Wageningen  
T 0317 48 39 53  
E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
[www.wur.nl/livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research)

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

