

# Wageningen UR Livestock Research

*Partner in livestock innovations*



Rapport 635

## Effluentzuivering met eendenkroos

Eendenkroos als product; wettelijk kader en verwerkingsmogelijkheden

September 2012



**LIVESTOCK RESEARCH**  
**WAGENINGEN UR**

## Colofon

### Uitgever

Wageningen UR Livestock Research  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

### Redactie

Communication Services

### Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2012

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

### Aansprakelijkheid

Wageningen UR 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 UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

## Abstract

Duckweed is usable for purifying waste water. At a protein content of 30% in dry matter it has perspective as feed. Fermenting and drying enlarges the usability. Besides duckweed is profitable for protein isolation at large scale production. Duckweed is not profitable for co-digestion. Legislation and instructions requires guarantee of food safety. An extensive risk analysis and guarantying the production process are the most important conditions.

## Keywords

Duck weed, *Lemna*, *Azolla*, feed, protein, isolation, co- digestion, legislation

## Referaat

ISSN 1570 - 8616

## Auteur(s)

I.E. Hoving  
G.J. Holshof  
M. Timmerman

## Titel

Effluentzuivering met eendenkroos

Rapport 635

## Samenvatting

Eendenkroos is bruikbaar voor de zuivering van afvalwater. Bij een eiwitgehalte van 30% in de droge stof heeft het perspectief als veevoer. Inkuilen en drogen vergroten de toepassingsmogelijkheden. Daarbij lijkt eiwitisolatie uit kroos winstgevend bij grootschalige productie. Voor co-vergisting is kroos niet rendabel. De wet- en regelgeving vereist waarborging van de voedselveiligheid. Een uitgebreide risico-analyse en borging van het productieproces zijn de belangrijke voorwaarden.

## Trefwoorden

Eendenkroos, *Lemna*, *Azolla*, veevoer, eiwit, isolatie, co-vergisting, wetgeving



LIVESTOCK RESEARCH  
WAGENINGEN UR

Rapport 635

# Effluentzuivering met eendenkroos

## Effluent polishing with duck weed

I.E. Hoving  
G.J. Holshof  
M. Timmerman

September 2012



## Voorwoord

Het waterschap Noorderzijlvest verkent de mogelijkheden om het proces van waterzuivering te verduurzamen. Daarbij wordt ingezet op een betere kwaliteit van het te lozen effluent en op een energiezuinige zuiveringstechniek. Het effluent dat na zuivering vrijkomt wordt op het oppervlaktewater geloosd, maar de Kaderrichtlijn Water (KRW) noodzaakt het waterschap ertoe om het effluent verder te zuiveren om de concentraties stikstof (N) en fosfor (P) te reduceren. In het project 'Effluentpolishing met eendenkroos' is onderzocht of met de teelt van eendenkroos deze zuivering op een kosteneffectieve manier te realiseren is. Het is zodoende essentieel om te weten of het te oogsten kroos nuttig bestemd kan worden, in plaats van dit te moeten afvoeren als afvalstof. In een eerdere pilot (2007) heeft Wageningen UR Livestock Research laten zien dat kroos te verwerken is tot mengvoerbrok voor koeien (Holshof et al., 2009). Vanuit die achtergrond heeft Wageningen UR Livestock Research in opdracht van waterschap Noorderzijlvest geïnventariseerd wat de wettelijke eisen zijn die gesteld worden aan het inzetten van geteeld kroos als veevoer en wat de verdere perspectieven zijn voor kroosverwerking, waaronder vergisting voor biogasproductie. Het project werd gefinancierd door Agentschap NL in het kader van het tweede innovatieprogramma KRW en het waterschap Noorderzijlvest. Hopelijk dragen de resultaten van dit rapport bij aan een succesvolle ontwikkeling van waterzuivering met kroos en de verwerking van kroos tot een gewaardeerd product.

Dr. ir. B.G. Meerburg  
Afdelingshoofd Milieu, Wageningen UR Livestock Research



## Samenvatting

In Nederland komt steeds meer belangstelling voor het telen van kroos als aquatische biomassa voor mestverwerking/-benutting in de intensieve veehouderij of waterzuivering door waterschappen. Vanuit het perspectief van waterzuivering heeft Waterschap Noorderzijlvest in het project 'Effluentpolishing met eendenkroos' de mogelijkheden onderzocht van het inzetten van kroos voor het (na)zuiveren van effluent uit een rioolwaterzuivering (RWZI). Het doel van dit project was het ontwikkelen van een systeem voor vergaande verwijdering van stikstof en fosfor uit afvalwater met behulp van kroos. Een belangrijk uitgangspunt hierbij was het tot waarde brengen van kroos als product, om de financiële mogelijkheden van kroosteelt voor effluentzuivering te vergroten. In dit kader zijn de toepassingsmogelijkheden geschetst van het benutten van eendenkroos als veevoer, waarbij de wet- en regelgeving die hierop van toepassing is, nader is uitgewerkt. Verder is geïnventariseerd in hoeverre kroos interessant is voor biogasproductie en voor het winnen van grondstoffen, zoals eiwit, zetmeel en cellulose.

Eendenkroos is een verzamelnaam voor twee families van drijvende waterplanten, namelijk de *Lemnaceae* (kroos) en de *Azollaceae* (kroosvaren). Beide families zijn geschikt om afvalwater te zuiveren, vooral door een hoge groeisnelheid, een geringe ziektegevoeligheid en de gemakkelijke oogst. Kroos is relatief eiwitrijk en heeft een gunstige aminozuursamenstelling. Vers benutten van eendenkroos voor veevoer heeft beperkingen op het gebied van houdbaarheid en opname door dieren (grondsmaak/-lucht). Door kroos te fermenteren (inkuilen) of te drogen wordt aan deze beperkingen tegemoet gekomen. Met bio-raffinage kunnen inhoudstoffen als eiwit, zetmeel en cellulose gewonnen worden.

Voor het bepalen van het economisch perspectief van kroosteelt moet naast de inhoudstoffen en producteigenschappen ook gekeken worden naar de kosten voor oogst, verwerking en transport. Kroos is een relatief nat product (5 à 8% droge stof) en dient frequent geoogst te worden om te voorkomen dat de groei geremd wordt door een te hoge plantdichtheid. Dit betekent dat een bedrijf frequent relatief kleine hoeveelheden kroos aanbiedt voor verwerking. Voldoende schaalomvang zowel per bedrijf als van de gehele kroosteelt is van belang om de kosten voor transport en verwerking per eenheid product te minimaliseren. De vereiste omvang hangt sterk af van de toepassing en de marktwaarde van grondstoffen.

Wil kroos als eiwitbron voor veevoer interessant zijn dan moet het ruw eiwitgehalte in de buurt komen van 30% in de droge stof. Bij een voldoende nutriëntenvoorziening zou dit voor zowel *Lemna* als *Azolla* onder teeltcondities haalbaar moeten zijn. Op droge stofbasis kan kroos daarmee concurreren met eiwitrijke producten als raapzaad en bierbostel. Het eiwitgehalte van soja (45% in de droge stof) is aanmerkelijk hoger. Daarbij zijn de matige verteerbaarheid en het hoge vochtgehalte van kroos beperkend voor een hoge waardering als veevoeder. Op basis van eerdere voederwaardebepalingen (28% ruw eiwit in de droge stof) en de voederwaardeprijzen op de middellange termijn (komende vijf jaar) zou verse kroos ongeveer een waarde hebben van 11 euro per ton en gedroogd 129 euro per ton (90% droge stof).

Kroos is als co-product voor vergisting niet interessant, omdat de biogasopbrengst per ton erg laag is en er veel digestaat per ton eendenkroos overblijft na vergisting. Echter lijkt grootschalige productie van eiwitconcentraat en -isolaat (meer dan 10.000 ton) uit *Lemna minor* zeer rendabel te zijn. Wel wordt de strenge wetgeving voor nieuwe voedingsbronnen en ingrediënten als een belangrijke beperking gezien. Isolatie van anti-oxidatieve enzymen is te realiseren en opschaalbaar. Het economisch perspectief is vooralsnog onbekend.

Om kroos te kunnen gebruiken als veevoer dient voldaan te worden aan verschillende regelingen. Allereerst moet het product geregistreerd worden als potentieel veevoer(component). Onderdeel hiervan is het maken van een risico-analyse, waarin de voedselveiligheid centraal staat. Vervolgens dient de producent ook geregistreerd te worden. Daarbij is het principe van Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) essentieel. Dit geldt ook voor het borgen van de kwaliteit van het productieproces, waar de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit op toeziet. Dit orgaan ziet ook toe op de traceerbaarheid van het product in de keten.





## Summary

In the Netherlands there is a growing interest in the growth of duckweed as aquatic biomass for manure processing or utilization in livestock industry or purifying water by water boards. From this perspective water board Noorderzijlvest investigated the possibilities of using duck weed for cleaning effluent of a sewage purification in the project 'Effluent polishing with duckweed'. The aim of the project was to develop a system for far-reaching removal of nitrogen and phosphorus from waste water by means of duckweed. An important point of departure was valorisation of duckweed as a product, in order to enlarge the financial possibilities of duckweed growth for effluent purification. From this perspective, the possible uses as feed product are described and the concerns on legislation and regulations are outlined. Furthermore, an inventory was made of the usability of duckweed for bio gas production and the extraction of raw materials as protein, starch and cellulose.

Duckweed is a generic name for two families of floating waterplants, namely *Lemnaceae* and *Azollaceae*. Both families are useful for purifying waste water, mainly because of high growth speed, low infection sensitivity and its ease to harvest. Duck weed has a relatively high protein content and a favourable amino acid composition. Fresh use of duck weed for feed has limitations concerning perishability and uptake by animals (ground taste/smell). Fermenting or drying duck weed meets in to those objections. When bio refining, contents such as protein, starch and cellulose may be extracted.

To determine the economical perspective of duck weed growth, other factors than product quality and nutritional values are also important: costs for harvesting, processing and transport have to be taken into account. Duck weed has a relatively high water content (5 to 8% dry matter) and has to be harvested frequently to prevent that the growth is curbed by a high plant density. This means a grower will have to deliver relative small amounts for processing on a frequent basis. Proportional production scale per grower and total growth is important to minimize the costs per unit product for transport and processing. The required production scale depends on the use and the market value of raw materials.

The protein content of duck weed has to come close to 30% in the dry matter to be of interest as protein source for animal feed. At sufficient nutrient supply this should be reachable under growth conditions for *Lemna* as well as *Azolla*. With the likely protein content on dry matter base duck weed can compete with rape seed and brewery spent grain. The protein content of soy (45% in the dry matter) is considerable higher. Besides, application as animal feed is limited by the moderate digestibility and high moisture content. The economic value of duck weed should be approximately 11 euro per ton fresh weight and 129 euro per ton dry weight (90% dry matter) based on earlier feed value determinations (28% raw protein in the dry matter) and feed value prizes for a medium long period (coming five years).

Duckweed is not profitable as co-substrate for biogas production because the gas production per ton is too low and relatively much digestate is left after co-digestion. On the other hand, large-scale production of protein concentrate and isolate (more than 10.000 tonnes) out of *Lemna minor* seems very profitable. Nevertheless, stern legislation concerning the introduction of new food products and ingredients can be regarded as an important limitation. Isolation of anti-oxidative enzymes is feasible and can be scaled up. As yet the economical perspectives of this procedure are unknown.

To use duckweed as feed, different legislation instructions have to be met. In the first place, the product has to be registered as potential feed product or component. Part of this procedure is to make an extensive risk-analysis based on food safety. Secondly, also the grower has to be registered. At this the principle of Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) is essential. This principle is also applicable to guarantee the quality of the production process. The Dutch Food and Consumer Product Safety Authority (NVWA) supervises the instructions and also the traceability of products in the production chain.



# Inhoudsopgave

## Voorwoord

## Samenvatting

## Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Overzicht haalbaarheidsstudies</b> .....	<b>3</b>
2.1	Kroos van afval tot veevoer .....	3
2.2	Oogst inhoudstoffen .....	3
2.3	Biogasproductie .....	4
<b>3</b>	<b>Eendenkroos als veevoer</b> .....	<b>6</b>
3.1	Samenstelling en voederwaarde .....	6
3.2	Zware metalen en dioxinen .....	8
<b>4</b>	<b>Verwerking, toepassing en marktwaarde</b> .....	<b>10</b>
4.1	Oogst en transport .....	10
4.2	Verwerking .....	10
4.3	Toepassing .....	11
4.4	Marktwaarde .....	11
<b>5</b>	<b>Wet- en regelgeving</b> .....	<b>14</b>
5.1	Registratie van voedermiddelen .....	14
5.1.1	Risicoanalyse .....	15
5.2	Erkenning of registratie van de diervoederproducent .....	16
5.3	Borgen van de kwaliteit van het product in de gehele productieketen .....	17
<b>6</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b> .....	<b>19</b>
6.1	Technische mogelijkheden .....	19
6.2	Juridische mogelijkheden .....	19
6.3	Marktperspectief .....	20
	<b>Literatuur</b> .....	<b>20</b>
	<b>Bijlagen</b> .....	<b>23</b>
	Bijlage 1. Eendenkroos: Bron van anti-oxidatieve enzymen .....	23
	Bijlage 2. Nutritional content of duckweed and duckweed as animal nutrition .....	25
	Bijlage 3. Europese normen ongewenste stoffen .....	32
	Bijlage 4. Samenvatting onderzoek inkuilen eendenkroos .....	33
	Bijlage 5. Voorschriften primaire productie diervoederbedrijven .....	34
	Bijlage 6. Beslisboom registratieplicht producent .....	37
	Bijlage 7. Risico's in productieketen .....	38

## 1 Inleiding

Kroos kan zeer efficiënt nutriënten verwijderen en wordt op meerdere locaties in de wereld ingezet als waterzuiveraar, variërend van zeer professioneel opgezette kweekvijvers, waar het primair gaat om het verkrijgen van een goede waterkwaliteit in landen als de Verenigde Staten en Australië, tot relatief primitieve natuurlijke omstandigheden in deltagebieden zoals in Bangladesh en Thailand waarbij het produceren van kroos voor visvoer en veevoer een belangrijk neven doel is. Culley and Epps (1973) concludeerden dat eendenkroos in potentie zeer geschikt is om afvalwater te zuiveren, omdat het: 1) een hoge groeisnelheid heeft, 2) gemakkelijk te oogsten is, 3) een grote nutritionele waarde heeft, 4) een hoge concentratie mineralen bevat, 5) een lang groeiseizoen heeft, 6) niet toxisch voor dieren is, en 7) niet ziektegevoelig is.

Ook in Nederland komt meer belangstelling voor het telen van kroos voor mestverwerking/-benutting in de intensieve veehouderij of waterzuivering door waterschappen. Vanuit het perspectief van waterzuivering heeft Waterschap Noorderzijlvest in het project 'Effluentpolishing met eendenkroos' de mogelijkheden onderzocht van het inzetten van kroos voor het (na)zuiveren van effluent uit een rioolwaterzuivering (RWZI). Het doel van dit project was het ontwikkelen van een systeem voor vergaande verwijdering van N en P uit afvalwater met behulp van kroos.

Eendenkroos is een verzamelnaam voor twee families van drijvende waterplanten, namelijk de *Lemnaceae* (kroos) en de *Azollaceae* (kroosvaren). *Lemnaceae* zijn een primitieve vorm van hogere planten die bestaat uit de geslachten *Wolffia*, *Lemna* en *Spirudela*, terwijl de *Azollaceae* tot de varens (klasse *Polypodiopsida*) behoren en bestaat uit het geslacht *Azolla* ([www.soortenbank.nl](http://www.soortenbank.nl)). De volgende soorten van beide families komen in Nederland algemeen voor (Van Zuidam, 2009): Klein kroos (*Lemna minor*), Dwergkroos (*Lemna minuta*), Bultkroos (*Lemna gibba*), Puntkroos (*Lemna trisulca*), Wortelloos kroos (*Wolffia arrhiza*), Veelwortelig kroos (*Spirodela polyrhiza*) en Grote kroosvaren (*Azolla filiculoides*).

Kroos (*Lemnaceae*) komt over de hele wereld voor in gematigde en tropische temperatuurzones. Het groeit op open en rustig water bij temperaturen tussen de 6 en 33°C (Leng et al., 1995). Kroos kan relatief veel nutriënten opnemen en heeft zodoende een water zuiverende werking. Ondanks dat kroos redelijk koude resistent is, is het in Nederland niet of nauwelijks productief in het winterhalfjaar. De biomassa van kroos verdubbelt zich in 16 uur tot 4 dagen bij voldoende nutriëntenbeschikbaarheid, zonlicht en temperatuur (Reid, 2004). Over de productie zijn sterk uiteenlopende producties vermeld in de literatuur, namelijk 10 -13 ton droge stof per ha door Rusoff et al. (1980), 13 - 38 ton droge stof per ha door Skillicorn et al. (1993), 10 - 30 droge stof per ha door Leng et al. (1995) en opbrengsten van ongeveer 47 ton droge stof per ha door Mbagwu and Adeniji (1988). De opbrengstverschillen zijn onder andere te verklaren door het verschil in proeflocaties. Het watergehalte is relatief hoog, namelijk 92 à 94% (Leng et al., 1995).

Kroosvaren (*Azollaceae*) komt evenals kroos over de hele wereld voor en is een indicator voor nutriëntrijk water. *Azolla* leeft in symbiose met een stikstof fixerende blauwalg, *Anabaena azollae*, waardoor het onafhankelijk is van het stikstofaanbod in het water (Peters and Mayne, 1974). *Azolla* kan een productie bereiken van 40 ton droge stof per ha (Becerra et al., 1990).

In dit rapport worden de toepassingsmogelijkheden geschetst van het benutten van eendenkroos als veevoer, waarbij de wet- en regelgeving die hierop van toepassing is, nader is uitgewerkt. In het initiatief van het waterschap is het tot waarde kunnen brengen van het te produceren kroos, bijvoorbeeld in de vorm van veevoer, een belangrijk uitgangspunt voor een rendabele toepassing van deze zuiveringstechniek. Verder gaat de interesse uit naar energiewinning in de vorm van biogasproductie of het winnen van chemische grondstoffen. Toepassingsmogelijkheden worden bepaald door risico's voor de volksgezondheid en door de economische waarde per eenheid product.

In een eerdere pilot (2007) heeft Wageningen UR laten zien dat kroos te verwerken is tot mengvoerbrok voor koeien (Holshof et al., 2009). Kroos is relatief eiwitrijk en heeft een gunstige aminozuur- en vetzuursamenstelling. De vraag naar eiwitrijke grondstoffen neemt toe en betaalbare alternatieven zijn in dat opzicht gewenst. Internationaal zijn er vele studies bekend waaruit blijkt dat eendenkroos een goede nutritionele waarde heeft (Stam, 2009 en Holshof et al., 2009).

Kroos is een relatief nat product en daardoor bederfelijk. Grootschalige verwerking vereist stabilisatie van het geogste product vanuit het oogpunt van voorraadvorming en kwaliteitscontrole. Voor de productie van mengvoer is drogen vereist, maar dit vraagt relatief veel energie. Als goedkoper en duurzamer alternatief is onderzocht of kroos te fermenteren is door het in te kuilen. Inkuilen slaagde alleen bij toevoeging van additieven. Daarbij gaf melasse een goed resultaat en is relatief goedkoop en praktisch (Hoving et al., 2011).

Kroos is een product met enig risico door mogelijke verontreiniging met contaminanten uit het effluent. Het gaat hierbij vooral om zware metalen, resten van medicijnen, gewasbestrijdingsmiddelen en ziekteverwekkers, bijvoorbeeld E.coli of botulisme. In dit rapport zijn de perspectieven voor kroosverwerking en de eisen die de wetgeving hieraan stelt zo concreet mogelijk uitgewerkt. Hiervoor is contact gezocht met de NVWA, het Productschap Diervoeder en de mengvoerindustrie.

## 2 Overzicht haalbaarheidsstudies

### 2.1 Kroos van afval tot veevoer

#### Pilot 2007

Uit een pilot van Wageningen UR Livestock Research (Holshof et al., 2009) bleek dat gedroogd eendenkroos geschikt is als eiwitrijke grondstof voor het produceren van een mengvoerbrok. Voor de veehouderij zijn vanwege de hoge prijzen alternatieve eiwitbronnen welkom. Daarbij staat het gebruik van soja, de meest gebruikte eiwitbron, maatschappelijk ter discussie. De pilot was ingegeven vanuit het feit dat kroos op oppervlaktewater de ecologische waterkwaliteit negatief beïnvloedt. Het verwijderen en afvoeren van kroos wordt zodoende aanbevolen, echter brengt aanzienlijke kosten met zich mee, omdat kroos als een afvalstof wordt beschouwd en dienovereenkomstig verwerkt moet worden. Door kroos niet te beschouwen als afvalstof maar door het te benutten als grondstof worden kosten bespaard. Het verwerken van kroos tot veevoer dient zodoende zowel het belang van de veehouderij als een maatschappelijk belang.

#### Productie mengvoerbrok

In een proeffabriek werd een standaardbrok (A-brok), een eiwitrijke brok (B-brok), en een 100% eendenkroosbrok (met 4% melasse als bindmiddel) geperst. Bij de A-brok bestond 7% en bij de B-brok 25% van het product uit eendenkroos. Met dit eendenkroos werd een groot deel van de gangbare grondstof soja vervangen. Het gedroogde kroos liet zich gemakkelijk tot een brok persen (zelfs bij 100% kroos), het was goed uitwisselbaar met andere grondstoffen en het heeft (volgens experts) goede geureigenschappen. De variatie in kwaliteit van kroos kan bij het samenstellen van een brok gemakkelijk ondervangen worden door bijmenging van andere grondstoffen. Het melkvee nam de drie soorten kroosbrok goed op.

#### Productveiligheid

Aangezien kroos in openbare wateren werd geoogst, bracht het mogelijk risico's met zich mee op het gebied van voedselveiligheid en diergezondheid. Hoewel de ziekteverwekkers het droogproces en het proces tot brokverwerking niet overleven, dient gestreefd te worden naar uitgangsmateriaal dat ziektekiemenvrij is. Het kroos dat in de pilot is gebruikt is daarom gecontroleerd op ziekteverwekkers en zware metalen. De geanalyseerde monsters waren, evenals het betreffende oppervlaktewater, vrij van E.coli, Botulisme, Salmonella en Para-TBC. Naast de bacteriologische analyse is het gedroogde kroos in opdracht van de Nederlandse Voedsel & Waren Autoriteit (NVWA) onderzocht op zware metalen, dioxines en PCB's (zie paragraaf 3.2).

### 2.2 Oogst inhoudstoffen

#### Isolatie eiwit

In de jaren 2000 en 2001 heeft het toenmalige Agrotechnologisch Onderzoeksinstituut ATO B.V. (nu AFSG van Wageningen UR) in samenwerking met Bogey Venlo B.V., CSM Suiker B.V. en AVEBE een onderzoek uitgevoerd met betrekking tot het gebruik van industrieel proceswater als voedingsmedium voor eendenkroos, evenals de isolatie en karakterisering van potentieel waardevolle ingrediënten uit eendenkroos (Willemsen et al., vermoedelijk 2002). Het project bestond uit twee fasen, waarbij in de eerste fase een test-opzet is ontwikkeld voor het evalueren van de stikstof en – fosfaatopname door *Lemna minor* en in de tweede fase isolatieprotocollen zijn ontwikkeld voor de productie van een eiwit en zetmeelrijke fractie.

Op pilotschaal werden zodanige hoeveelheden eiwit- en zetmeelrijke fractie geproduceerd, die karakterisering mogelijk maakten. Het onderzochte *Lemna* bevatte maximaal 27% eiwit op droge stofbasis, waarvan naar verwachting 14% oplosbaar (functioneel) was. Door een proces van selectief neerslaan van eiwitten werd een donkergroene, sterk geurende eiwitfractie (70% eiwit) verkregen. Deze fractie bleek gering oplosbaar in water, echter de aminozuursamenstelling was zodanig dat humane toepassingen in principe mogelijk zijn. Productie van het gehanteerde protocol bleek (te) kostenintensief, namelijk € 1,00-1,50 / kg. De hoge productiekosten en de strenge wetgeving over nieuwe voedingsbronnen en ingrediënten werden als belangrijkste beperking gezien voor grootschalige toepassingen van eiwitfracties in humane applicaties. Wel werd perspectief gezien in applicaties voor dier- of visvoerders, zeker wanneer door drogen een kwalitatief hoogwaardig product wordt verkregen dat goed opgenomen wordt. Uit de pilot van Livestock Research (paragraaf 2.1) bleek dat dit inderdaad het geval is.

Uit een haalbaarheidsstudie van Derksen en Zwart (2010) bleek dat eiwit uit eendenkroos relatief gemakkelijk te winnen is en op veel minder ontsluitingsproblemen stuit dan bij algen. In tegenstelling tot het ATO onderzoek, concludeerden zij op basis van berekende scenario's dat de winning van eiwit uit geteelde *Lemna minor* en de opzuivering hiervan tot eiwitconcentraat en -isolaat zeer rendabel is. Berekend werd een Cash Rate of Return (CRR) van 26% en een terugverdiertijd van vier jaar, bij een investeringsniveau van 4,1 M€ voor een fabriek met een verwerkingscapaciteit van 10.000 ton droge stof per jaar. Naast het eiwit kan bovendien cellulose uit het biomassa-residu worden gewonnen, waarvoor een extra investering van 0,4 M€ nodig is en leidt tot een CRR van bijna 29% en een terugverdiertijd van drie jaar.

#### Isolatie zetmeel

Uit het ATO onderzoek (Willemsen et al., vermoedelijk 2002) bleek de geïsoleerde zetmeelfractie zeer fijnkorrelig (deeltjesgrootte gemiddeld ongeveer 5 µm) en bevatte relatief weinig amylose (17%). Geconcludeerd werd dat door de lage opbrengst (12% op droge stof basis) en het mede daardoor intensieve zuiveringsprotocol een grootschalige productie van een zetmeelfractie uit *Lemna minor* economisch niet haalbaar.

Ook in de haalbaarheidsstudie van Derksen en Zwart (2010) is uitvoerig onderzocht of kroosteelt perspectief biedt voor zetmeelwinning. Hier heeft men zich echter voornamelijk gericht op de productie van turions. Dit zijn zetmeelrijke knolletjes die sommige kroossoorten (*Lemnaceae en Spirodelae*) produceren ter overwintering. De productie van turions ontstaat door stress als gevolg van koude of een voedselarme groeiomgeving. Dergelijke stress zou in de teelt geïntroduceerd moeten worden om de zetmeelproductie te stimuleren. Het bleek dat inductie van zetmeelproductie in turions of in chloroplasten op laboratoriumschaal mogelijk was, maar het leidde niet tot significante zetmeelstapeling. Vooral nog lijkt dit geen commercieel perspectief te hebben.

#### Isolatie anti-oxidant superoxide dismutase

Aansluitend op het onderzoek naar de mogelijkheden om eiwit en zetmeel te isoleren heeft het ATO onderzocht of het enzym superoxide dismutase (SOD) uit *Lemna minor* gewonnen kan worden (Merck et al., 2002). Verondersteld wordt dat SOD en andere anti-oxidatieve enzymen op humaan gebied een gezondheidsbevorderende werking hebben. In het betreffende onderzoek kon SOD via drie eenvoudige zuiveringsstappen met een factor 148 opgezuiverd worden ten opzichte van het extract, met een technisch haalbare en opschaalbare procedure. De gebruikte technieken, zoals het malen van plantenmateriaal, extractie en separatie van cel-debris en eiwit zijn gangbare processen in de levensmiddelentechnologie. Chromatografie, cruciaal in het bereiken van een hoge zuiveringsfactor, is echter een relatief nieuwe techniek in de levensmiddelenbranche, maar bekend en technisch betrouwbaar in de farmaceutische industrie. Zie voor een uitgebreidere beschrijving bijlage 1.

## **2.3 Biogasproductie**

In het kader van het project Effluent Zuivering Eendenkroos is door Proces Groningen een vergistingsexperiment uitgevoerd met Grote kroosvaren (*Azolla filiculoides*) en Klein kroos (*Lemna minor*) met als doel om de biogasproductie te kwantificeren (Banning, 2011). *Azolla* werd na de volgende behandelingen vergist:

1. Onbehandeld
2. Verkleinen (hakselen)
3. Verkleinen en verzuren (fermentatie)
4. Verkleinen, verzuren en pasteuriseren

*Lemna* werd alleen vergist na verkleinen in combinatie met fermentatie (behandeling 3). De vergisting werd uitgevoerd onder mesofiele omstandigheden in een vergister met een inhoud van 20 liter en met een verblijftijd van 20 dagen. De resultaten staan in tabel 1. Ter indicatie zijn in de tabel ook de berekende biogasproductie op basis van chemische analyse resultaten van het fermentatieonderzoek van Hoving et al. opgenomen (2011).

**Tabel 1.** Biogasproductie vergistingsexperiment (Banning, 2011) met Grote kroosvaren (*Azolla*) en Klein kroos (*Lemna minor*) en biogasproductie berekend op basis van ingekuild kroos (meerdere kroossoorten) met en zonder toevoegmiddel (Hoving et al., 2011) in l/kg os<sup>1)</sup>

	Vers	Verkleind	Gefermenteerd		
			Zonder toevoegmiddel	Geënt met yoghurt	Melasse (76 g/kg)
Vergistingsexperiment					
<i>Azolla</i>	ca. 170	ca. 280	-	ca. 300	-
<i>Lemna</i>	-	-	-	ca. 300	-
Fermentatieonderzoek	-	-	409	-	549

<sup>1)</sup> Organische stof

Onbehandelde *Azolla* gaf de laagste gasopbrengst van ongeveer 170 liter per kg product. Verkleinen verhoogde de gasopbrengst aanzienlijk tot ongeveer 280 liter per kg product en heeft het proces aanzienlijk versneld. Verzuring leidde tot een gasopbrengst van ongeveer 300 liter per kg product. Pasteurisatie had geen verhogend effect. De vergisting van gefermenteerd *Lemna* gaf een vergelijkbare gasopbrengst als dezelfde behandeling bij *Azolla*. De berekende waarden op basis van het fermentatieonderzoek zijn hoger dan die van het vergistingsonderzoek. Dit zou verklaard kunnen worden door een gunstigere chemische samenstelling, maar omdat van het vergiste kroos geen analyses bekend zijn kon dit niet geverifieerd worden.

Jain et al. (1992) realiseerden een biogas opbrengst van *Lemna minor* uit natuurlijk water (zonder toevoeging) van 176 l/kg os bij een vergistingstijd van 42 dagen. Dit komt nagenoeg overeen met het resultaat van het vergistingsexperiment.



### 3 Eendenkroos als veevoer

#### 3.1 Samenstelling en voederwaarde

##### Kroos

Uit de internationale literatuur is bekend dat kroos (*Lemnaceae*) rijk is aan eiwit en dat het een gunstig aminozuurpatroon bevat. In bijlage 2 staan de resultaten van een literatuurstudie uitgevoerd door Lieke Stam, studente bij Wageningen UR (2009). In rantsoenen van productiedieren is voldoende eiwit met een gunstige aminozuursamenstelling (niet herkauwers) essentieel. Eiwitbronnen, bijvoorbeeld in de vorm van raapschroot en soja worden in grote hoeveelheden geïmporteerd. Door de grote vraag naar eiwit zijn eiwitbronnen relatief duur en zijn alternatieve eiwitbronnen gewenst. Kroos als eiwitbron is pas interessant als het ruw eiwitgehalte in de buurt komt van 30% in de droge stof. Dit betekent dat het oogstregime afgestemd moet worden op het behalen van een zo hoog mogelijke voederwaarde. Stapeling (kroosdek) en veroudering van kroos benadelen de voederwaarde.

In de pilot (paragraaf 2.1) waarbij kroos verwerkt is tot mengvoer (Holshof et al., 2009) bleek uit voederwaarde analyses dat het eiwitgehalte bij een zorgvuldige oogst (locatie Stolwijk) inderdaad redelijk hoog was ten opzichte van gras (Klop et al., 2008). Hier werden voor gras ruw eiwitgehalten gevonden die uiteen liepen van ruim 14% tot bijna 25%. Het droge stofgehalte varieerde daarbij van 13,5 tot 22,5%. Het aandeel essentiële aminozuren Threonine en Lysine was in het betreffende kroos relatief hoog. De verteerbaarheid van de organische stof van het kroos was daarentegen relatief laag, waardoor de energiewaarde gemakkelijk overschat wordt. Ter vergelijking, de gemiddelde verteerbaarheid van de grasmonster volgens Klop et al. (2008) bedroeg 80%.

Het betreffende kroos is onderzocht op drogestof (ds), ruw eiwit (re), ruwe celstof (rc), ruw as (ras), ruw vet (rvet), suiker (NI), vertering coëfficiënt organische stof (vc-os), stikstof (N)-totaal en fosfor (P). De verschillende gehalten werden bepaald volgens de zogenaamd klassieke nat chemische methoden. De in-vitro verteerbaarheid van de organische stof werd bepaald volgens de methode van Tilley & Terry (1963). Op basis van de chemische samenstelling en de vc-os werd met de formule voor vers gras de VoederEenheid Melk (VEM), de DarmVerteerbaarheid (DVE) en de Onbestendig EiwitBalans (OEB) berekend volgens de voorschriften van het Centraal Veevoederbureau (CVB, 1999).

Tabel 2 geeft de voederwaardegegevens van eendenkroos en de macro mineralen die zijn bepaald ten opzichte van de hoeveelheid lucht droge stof (Lds).

**Tabel 2.** Voederwaardegegevens en macro mineralen van vers eendenkroos geoogst uit oppervlaktewater bij zorgvuldige oogst te Stolwijk (Holshof et al., 2009). In vitro verteerbaarheid van de organische stof volgens Tilley en Terry.

Analyse		Oogst 1 (september)	Oogst 2 (oktober)
Lucht droge stof (Lds)	(g/kg)	887	948
Ruw as	(g/kg Lds)	173	157
Calcium (Ca)	(g/kg Lds)	15,2	18,5
Magnesium (Mg)	(g/kg Lds)	3,24	3,31
Forfor (P)	(g/kg Lds)	8,42	9,89
Natrium (Na)	(g/kg Lds)	4,46	4,16
Kalium (K)	(g/kg Lds)	45,2	40,2
Bruto energie	(KJ/g)	15	16,5
N Kjeldahl	(g/kg Lds)	43	45,1
Ruw vet	(g/kg Lds)	28,9	19,6
Ruwe celstof	(g/kg Lds)	105	125 geschat
Ruwe eiwit	(g/kg Lds)	269	282
VC Os (% T&T)	(%)	63,4	59,8
VEM <sup>1)</sup>	/KG DS	724	700
DVE <sup>1)</sup>	/KG DS	72	70
OEB <sup>1)</sup>	/KG DS	152	148

<sup>1)</sup> Berekend op basis van CVB-formule voor vers gras

In het onderzoek naar het inkuilen van eendenkroos als veevoer (Hoving et al., 2011) bleek ook dat de samenstelling en voederwaarde zeer afhankelijk zijn van het geoogste kroos. Er werden grote verschillen tussen het eiwitgehalte van beide oogsten gevonden door een verschil in locatie en een verschil in tijdstip. De resultaten staan in tabel 3.

**Tabel 3.** Samenstelling en voederwaarde van kroosmengsels met onbekende soortensamenstelling (in g/kg drogestof, tenzij anders vermeld) van twee oogsten (Hoving et al., 2011). In vitro verteerbaarheid van de organische stof volgens Tilley en Terry.

Variabele	Oogst (1 juli)	Oogst 2 (augustus)
Drogestof (g/kg)	55	75
Ruw eiwit	190	284
Ruwe celstof	149	130
Ruw as	125	154
Ruw vet	54	38
Suiker	16	12
VC Os (% T&T)	55,9	55,5
N-totaal	31,8	48,7
P	3,3	8,1
VEM <sup>1)</sup>	630	653
DVE <sup>1)</sup>	57	60
OEB <sup>1)</sup>	63	153

<sup>1)</sup> Berekend op basis van CVB-formule voor vers gras

Hoewel het verschil in oogstdatum effect gehad kan hebben op de voederwaarde(samenstelling), werd het verschil vooral verklaard door een verschil in oogstlocatie met een sterk verschillende botanische samenstelling van het kroos en een nutriëntenvoorziening die op beide locaties waarschijnlijk niet vergelijkbaar was. Aangezien de proef gericht was op het bepalen van de fermenteerbaarheid van kroos zijn de resultaten niet nader verklaard.

#### Kroosvaren

Over de voederwaarde van kroosvaren (*Azollaceae*) worden in de literatuur toepassingen gevonden als veevoer bij kippen, varkens en vissen. Bij alle toepassingen werd *Azolla* gedroogd als meel in het voer verwerkt. Volgens Khatun et al. (1999) en Ali en Leeson (1995) werd bij vervanging van een deel van een gangbaar rantsoen met *Azolla* bij kippen vergelijkbare dierprestaties (eierproductie en groei) gemeten. Het aandeel ruw eiwit bedroeg in de betreffende onderzoeken respectievelijk 285 en 165 g per kg droge stof. Abou et al. (2007) vond bij vervanging van een groot deel van het rantsoen door *Azolla* (285 g per kg droge stof) voor vissen (Nile tilapia) geen significant verschil in groeiparameters en productie. Daarentegen concludeerden Leterme et al., (2009) dat *Azolla* weliswaar een goede bron voor mineralen en essentiële aminozuren kan zijn, maar dat voor vleesvarkens *Azolla* in het rantsoen geen toegevoegde waarde had door een te lage energie- en eiwitinhoud. Het ruw eiwitgehalte varieerde van 184 tot 317 g per kg droge stof. Alalade en Lyayi (2006) vonden bij toepassing van *Azolla* in het rantsoen voor kuikens van legkippen met een ruw eiwitgehalte van 214 g per kg droge stof een gereduceerde voeropname. Toch concluderen zij dat bijmenging van *Azolla* tot 10% goed mogelijk is.

Ook bij *Azolla* ging de belangstelling uit naar het aandeel eiwit en de aminozuursamenstelling van het eiwit. In tabel 4 is de aminozuursamenstelling van kroos uit onderzoeken van Alalade et al. (2006) en Ali and Leeson (1995) vergeleken met verschillende *Lemna* soorten uit het onderzoek van Rusoff et al. (1980).

**Tabel 4.** Vergelijk gehalten aminozuren *Lemna* soorten (Rusoff et al., 1980) en *Azolla* (Alalade et al., 2006 en Ali and Leeson, 1995) in g/100g ruw eiwit

	Rusoff et al. (1980)				Alalade et al. (2006)	Ali and Leeson (1995)
	<i>Lemma giba</i>	<i>Spirodella polyrhiza</i>	<i>Spirodella punctata</i>	<i>Wolffia columbiana</i>	<i>Azolla pinnata</i>	<i>Azolla pinnata</i>
Alanine	4,59	4,48	4,79	3,75		5,29
Arginine	4,29	5,25	4,86	3,78	5,37	4,56
Aspartic	7,12	7,55	7,38	5,63		7,62
Glutamic	7,60	8,00	7,60	5,76		8,85
Glycine	3,79	3,95	3,93	3,04	4,60	4,79
Histidine	1,89	2,15	1,90	1,18		
Isoleucine	3,87	3,75	3,76	3,06	4,35	3,84
Leucine	7,15	6,85	6,88	5,83	7,71	7,12
Lysine	4,13	4,30	4,26	3,37	4,58	3,45
Methionine	0,83	0,83	1,07	0,87	1,59	1,39
Phenylalanine	4,45	4,20	4,38	3,60	4,72	4,29
Proline	2,93	3,28	2,95	2,41		3,73
Serine	2,61	2,80	2,83	2,28	4,21	3,67
Threonine	3,20	3,45	3,31	2,55	4,07	3,67
Tyrosine	2,91	3,05	3,14	2,17	3,18	2,73
Valine	4,96	4,40	4,71	3,49	5,51	4,68
Cystine					0,84	0,83
Tryptophan					1,82	0,45
Histidine						1,45
Werkelijk eiwit	66,32	68,29	67,75	52,77	52,55	72,41

Op basis van de betreffende literatuur zijn de aminozuurgehalten van *Azolla* vergelijkbaar of hoger dan die van de *Lemna* soorten. Vooral de gehalten bij *Wolffia columbiana* zijn lager. Het totaal aan werkelijk eiwit is bij Alalade et al. (2006) weliswaar lager, maar dit komt omdat er minder aminozuren geanalyseerd zijn.

#### Ontbrekende kennis

De voederwaarde die volgt uit de analyses is slechts indicatief, omdat de voederwaarde voor kroos berekend wordt op basis van vers gras. In Nederland bestaan voor eendenkroos nog geen regressieformules om de voederwaarde te bepalen, omdat er nog geen in vivo (in het levende dier) verteringsproeven met kroos zijn uitgevoerd. Om regressieformules voor kroos te ontwikkelen is aanvullend onderzoek nodig. Ook is er nog geen ervaring met het voeren van kroos in de praktijk. Voor het oogsten van kroos met een optimale voederwaarde is kennis nodig over factoren die de kwaliteit van kroos beïnvloeden. De volgende factoren zouden van invloed kunnen zijn: nutriëntenvoorziening, ouderdom van het materiaal, daglengte, temperatuur, verschil in kroossoorten, enzovoort.

### **3.2 Zware metalen en dioxinen**

In de Richtlijn 2002/32/EG van het Europees Parlement en de Raad (7 mei 2002), inzake ongewenste stoffen in diervoeding, staan normen voor ongewenste stoffen, waaronder zware metalen als arseen, lood, cadmium en kwik, dioxine, aflatoxine, pesticiden en zaden of vruchten van een aantal planten of daaruit verkregen bijproducten. Deze regeling dient om duurzame landbouwkundige productie te waarborgen, de volksgezondheid en diergezondheid te verzekeren en het milieu te beschermen. De richtlijnen zijn te vinden op <http://www.pdv.nl/nederland/diervoederwetgeving/>.

Zware metalen anders dan arseen, lood, cadmium en kwik worden niet als ongewenste stoffen beschouwd, maar als sporenelementen. Hiervoor kunnen maximum doseringen aangehouden worden op rantsoenniveau volgens COMVE, 2005. In bijlage 3 staan de normen van ongewenste stoffen die in water als groeimedium kunnen voorkomen samengevat, te weten zware metalen, fluor, dioxines, dioxine achtige PCB's en pesticiden.

Aangezien bekend is dat kroos gemakkelijk zware metalen accumuleert is in Deelproject 2 (Laboratorium experimenten door de Radboud Universiteit Nijmegen) onderzoek gedaan naar de accumulatie van zware metalen in de geproduceerde biomassa, om te zien of het betreffende kroos te benutten is als veevoer (Van Kempen et al., 2012). Hiervoor is effluent gebruikt uit Deelproject 4, het experiment met proefsloten door Waterschap Noorderzijlvest (Hoorn van Dullemen, 2012). Uit de resultaten bleek dat alleen de norm voor kwik werd overschreden.

In de pilot in 2007 (Holshof et al., 2009) is het geoogste kroos geanalyseerd op zware metalen en dioxinen. Ter indicatie staan in tabel 5 de gehalten die werden gemeten.

**Tabel 5.** Gehalten zware metalen en dioxinen en PCB's van gedroogd kroos geoogst uit oppervlaktewater (Holshof et al., 2009). De gehalten zijn herleid tot een vochtgehalte van 12%

Analyse	Uitslag	Eenheid
Totaal dioxinen (UB)	1,6	ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg ds (12% vocht)
Totaal DL PCB's <sup>1)</sup> (UB)	0,46	ng WHO-PCB/F-TEQ/kg ds (12% vocht)
Totaal Dioxinen en DL PCB's (UB)	2,0	ng WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/kg ds (12% vocht)
Totaal indicator PCB's (UB)	3400	ng/kg ds (12% vocht)
Cadmium	0,12	mg/kg ds (12% vocht)
Lood	14	mg/kg ds (12% vocht)
Arsen	2,1	mg/kg ds (12% vocht)
Kwik	0,032	mg/kg ds (12% vocht)

<sup>1)</sup>DL-PCB's = dioxine achtige PCB's

Het totaal aan dioxine overschreed de norm van 0.75 ng/ TEQ/kg ds. Het totaal aan dioxine-achtige PCB's voldeed juist aan de norm van 0.50 ng/ TEQ/kg ds. Door het te hoge gehalte aan dioxine overschreed logischerwijs ook het totaal van dioxinen en dioxine-achtige PCB's de norm van 1,25 ng/ TEQ/kg ds. Mogelijk waren de betreffende waarden relatief hoog door de aanwezigheid van dierlijk eiwit, uit bijvoorbeeld watertorren en slakken. De gehalten van de zware metalen cadmium, lood en kwik bleven onder de norm. De norm van Arseen (2 mg/kg ds) werd overschreden.

## 4 Verwerking, toepassing en marktwaarde

### 4.1 Oogst en transport

Kroos is een relatief nat product (5 à 8 % droge stof) en wordt bij teelt in kleine batches geoogst, zodat de groei niet stagneert door een te hoge plantdichtheid. Afhankelijk van de omvang van de teelt is dit naar verwachting minimaal wekelijks en maximaal dagelijks. Dit betekent dat een bedrijf frequent relatief kleine hoeveelheden kroos voor verwerking aanbied. Het transport en de (industriële) verwerking van kroos is echter alleen rendabel bij substantiële hoeveelheden per oogst en bij een forse schaalomvang van de teelt van kroos in het algemeen. Zo werd door Derksen en Zwart (2010) berekend dat eiwitisolatie rendabel is bij een verwerkingscapaciteit van 10.000 ton droge stof per jaar (zie paragraaf 2.2). Voor de orde van grootte: bij een droge stofproductie van 25 ton droge stof per ha is een oppervlakte van 400 ha nodig.

Voldoende schaalomvang zowel per bedrijf als van de gehele kroosteelt is van belang om de kosten voor transport en verwerking per eenheid product te kunnen minimaliseren. Bedrijven die kroos telen moeten dus een voldoende schaalgrootte hebben of samen met andere telers voor een voldoende schaalomvang zorgen door gezamenlijk de logistiek van aanbod en transport te organiseren. Daarbij hangt de vereiste omvang sterk af van de toepassing en de marktwaarde van grondstoffen. Als alternatief voor verse verwerking kan kroos ook gedroogd of ingekuild worden om het product te conserveren en op te slaan. Bij bulkvorming worden de kosten voor transport verlaagd. Door drogen en inkuilen verandert de hoedanigheid van de grondstof, echter dit verruimt de toepassingsmogelijkheden.

### 4.2 Verwerking

#### Vers

Vers kroos heeft een relatief hoog vochtgehalte en bevat bij oogst bovendien veel aanhangend vocht. Dit aanhangende vocht is na oogst bij los storten of verzameling in een container echter snel minimaal, wanneer dit vocht tenminste gemakkelijk afgevoerd kan worden. Persen van kroos levert nauwelijks een verhoging van het droge stofpercentage op en geeft bovendien verlies van inhoudstoffen. Dit verlies is nadelig omdat het (zonder maatregelen) verontreiniging veroorzaakt en het waardeverlies geeft van het product.

Vers voeren van kroos vereist een goede afstemming tussen de productie van kroos en de voerbehoefte, om schommelingen in het voerrantsoen te voorkomen. Aangezien de teelt nog in de kinderschoenen staat is dit bij een geringe productieomvang, en dus relatief hoge transportkosten, economisch alleen haalbaar wanneer kroos op het veehouderbedrijf zelf wordt geteeld, bijvoorbeeld op de dunne fractie van digestaat (effluent mestvergisting).

Het voeren van relatief natte producten in het algemeen heeft ook als nadeel dat dit de voeropname door dieren sterk beperkt.

#### Drogen

Voor de verwerking tot mengvoer is drogen vereist, echter dit kost relatief veel energie. Het hoge eiwitgehalte en een gunstig aminozuurpatroon maakt kroos als grondstof interessant. Drogen heeft financieel alleen potentie wanneer een hoog eiwitgehalte gegarandeerd is en/of wanneer goedkope restwarmte beschikbaar is. Ook is met geavanceerde droogtechnieken mogelijk nog winst te boeken. Naast het garanderen van de kwaliteit moet het product ook veilig zijn, dus vrij van risicostoffen en ziekteverwekkers. Dit is alleen mogelijk wanneer men de kroosteelt dusdanig onder controle heeft, dat de kwaliteit goed voorspeld kan worden en de productveiligheid (paragraaf 5.3) te waarborgen is. Drogen heeft als belangrijk neveneffect dat de grondlucht/smaak verdwijnt en vanuit veevoeder perspectief zelfs een gunstige geureigenschap krijgt (Holshof et al., 2009).

#### Fermenteren

Als alternatief voor drogen kan kroos ook gefermenteerd worden door het in te kuilen. Hoving et al. (2011) hebben onderzoek gedaan naar het inkuilen van kroos met verschillende toevoegmiddelen. Een samenvatting van het onderzoek staat in bijlage 4. Zonder toevoegmiddelen mislukt het fermentatieproces, maar met de toevoegmiddelen melasse, pulp en snijmaïs werd een goed geconserveerd product verkregen. Toevoeging van zuur gaf een matig resultaat. Mogelijk dat de concentratie onvoldoende sterk was. Door de hoge osmotische waarde van zuur en melasse trad bij

menging met kroos onmiddellijk brijvorming op. De mate van brijvorming is sterk afhankelijk van het soort toevoegmiddel, de hoeveelheid toevoegmiddel en het aandeel wortels. Het aandeel wortels is verschillend per kroossoort en afhankelijk van de nutriëntenconcentratie in het teeltmedium. De wortels zijn minder gevoelig voor afbraak, waardoor het ingekuilde materiaal structuur behoud.

#### Bio-raffinage

Bij bio-raffinage wordt het product vers of gefermenteerd gefractioneerd tot een vaste en een vloeibare fase. Voor industriële (non food) verwerking en humane toepassing (food) worden gewenste stoffen (eiwitisolaat en -concentraat, cellulose, anti-oxidanten) na mechanische en / of chemische fractionering geïsoleerd (zie hoofdstuk 2).

### 4.3 Toepassing

De verschillende verwerkingsmogelijkheden (paragraaf 5.2) hebben verschillende toepassingsmogelijkheden tot gevolg, in de vorm van veevoer (feed), industriële toepassing, inclusief meststof (non-food) en waarbij onderscheid gemaakt kan worden tussen feed, non food en humane consumptie (food). In tabel 6 zijn in een matrix de verschillende verwerkingsvormen en toepassingsmogelijkheden weergegeven.

**Tabel 6.** Toepassingsmogelijkheden van kroos bij verschillende vormen van verwerking

Kroos		Vers	Geconserveerd		Bio-raffinage			
			Fermentatie		Drogen	Ruwe celstof	Celinhoud	
			Vast	Brij				
Feed								
Bijproduct	Rundvee	x	x	x			x	
	Varkens		x	x			x	
	Pluimvee							
	Vissen							
Mengvoer	Rundvee				x			
	Varkens				x			
	Pluimvee				x			
	Vissen				x			
Non food	Papierindustrie	x		x		x		
	Energie			x		x		
	Farma				x			x
	Chemie				x			x
Food	Mest	x						
	Voedingsstoffen (eiwit, anti-oxidanten)							x

### 4.4 Marktwaaarde

#### Veevoer

Aangezien eendenkroos in de praktijk nog niet als veevoer wordt toegepast, is er geen marktprijs bekend. Om toch een indicatie voor de marktwaaarde te kunnen geven, is de voederwaaardeprijs berekend. De voederwaaardeprijs is een energieprijs (kVEM) en een eiwittoeslagprijs (kg DVE toeslag) die vierwekelijks berekend wordt uit de actuele prijzen voor mengvoergrondstoffen. Op basis van de voederwaaardeprijzen kunnen veehouders objectieve keuzes maken bij het aankopen van veevoerders

om aan de nutriëntenvoorziening van hun vee te voldoen. Deze prijzen zijn te vinden op [www.voederwaardeprijzen.nl](http://www.voederwaardeprijzen.nl).

De voederwaardeprijs voor eendenkroos is berekend voor eendenkroos uit Holshof et al. (2009), dat in september 2007 te Stolwijk geogst werd. De prijs is berekend voor vers kroos (7,5% ds) en voor gedroogd kroos (90% ds) op basis van de normprijzen voor de middellange termijn en op basis van de normprijzen van begin mei 2012. De normprijzen voor de middellange termijn zijn gebaseerd op een prognose voor mengvoerprijzen voor de komende ca. vijf jaar en zijn begin 2012 tot stand gekomen in overleg tussen het bedrijfsleven, de financiële sector en Wageningen UR.

Ter vergelijking staan in tabel 7 tevens de actuele voederwaardeprijzen en marktprijzen ([www.boerderij.nl](http://www.boerderij.nl)) van begin mei 2012 voor de eiwitrijke producten raapschroot, sojaschroot en bierbostel. De marktprijzen voor soja en raapschroot waren respectievelijk 18 en 22% hoger dan de voederwaardeprijzen. In een dergelijke situatie met hogere marktprijzen is het gemakkelijker om geteeld kroos concurrerend aan te bieden. De voederwaardeprijs kan gezien worden als een bodemprijs. Om financiële marge te realiseren moet de voederwaardeprijs hoger zijn dan de kostprijs voor kroosproductie. Wanneer de marktprijs van concurrerende producten lager is dan de voederwaardeprijs, zoals voor bierbostel in mei 2012 het geval was (-10%), bemoeilijkt dit het afzetten van kroos, zeker bij de nog huidige onbekendheid met kroos als veevoeder.

**Tabel 7.** Voederwaardeprijs berekend voor kroos uit Holshof et al., 2009 (Stolwijk, september 2007), vers en gedroogd, op basis van normprijzen voor respectievelijk de middellange termijn (ca. komende vijf jaar) en begin mei 2012 ([www.voederwaardeprijzen.nl](http://www.voederwaardeprijzen.nl)). Daarbij de voederwaardeprijzen en marktprijzen ([www.boerderij.nl](http://www.boerderij.nl)) begin mei 2012 voor eiwitrijke veevoerders sojaschroot, raapschroot en bierbostel.

Opbrengstprijz	Eenheid	Kroos vers (7,5% ds)	Kroos droog (90% ds)	Soja- schroot	Raap- schroot	Bier- bostel
<i>Middellange termijn</i>						
Voederwaardeprijs <sup>1)</sup>	€/ton	11	129	-	-	-
<i>Begin mei 2012</i>						
Voederwaardeprijs <sup>2)</sup>	€/ton	14	163	347	239	55
Marktprijs	€/ton	-	-	410	291	49
Voederwaarde- vs. marktprijs	%	-	-	118	122	90

<sup>1</sup> kVEM prijs €0,12 kg DVE toeslag €0,78 (normprijzen middellange termijn)

<sup>2</sup> kVEM prijs €0,16 kg DVE toeslag €0,88 (normprijzen per 1 mei 2012)

### Biogasproductie

De biogasproductie per ton product is een belangrijk criterium waarop de inzet van coproducten voor mestvergisting in de praktijk beoordeeld wordt. Het vergistingsexperiment (Banning, 2011) had voor de behandelingen onbehandelde (vers) kroos, verkleind en gefermenteerd respectievelijk 17, 28 en 30 m<sup>3</sup>/ton als resultaat. Op basis van de voederwaardegegevens van eendenkroos bij een geslaagde conservering met additieven (Hoving et al., 2011) werd berekend dat de verwachte biogasproductie tussen de 30 en 50 m<sup>3</sup>/ton ligt.

Eendenkroos heeft een relatief laag droge stofgehalte, waardoor de biogasopbrengst per ton erg laag is en veel digestaat per ton eendenkroos overblijft na vergisting. Dit maakt eendenkroos als coproduct minder aantrekkelijk.

De kosten van een product zijn een tweede belangrijk criterium volgens welke de inzet van coproducten in de praktijk beoordeeld wordt. Volgens Van den Boom (2011) bedroegen in 2010 de grondstofkosten voor een vergistingsinstallatie gemiddeld 7,8 eurocent per kWh. Een algemene richtlijn is dat 2 kWh elektriciteit per m<sup>3</sup> biogas geproduceerd kan worden. De grondstofkosten bedroeg zodoende ruim 15 eurocent per m<sup>3</sup> biogas. Bij een biogasproductie van 30 m<sup>3</sup> per ton zou eendenkroos als grondstof maximaal €4,50 per ton mogen kosten.

De biogasproductie van eendenkroos ligt echter op een vergelijkbaar niveau als dat van drijfmest, waardoor eendenkroos als coproduct geen toegevoegde waarde heeft. De biogasproducties van drijfmest en dikke mestfracties liggen namelijk tussen respectievelijk 20-30 m<sup>3</sup>/ton en 40-60 m<sup>3</sup>/ton.

Voor mestlevering aan vergistingsbedrijven wordt bovendien geld toebetaald, waardoor op dit moment voor de afzet van kroos geen positieve opbrengstprijs te realiseren is.

Verder geldt volgens de huidige Nederlandse wetgeving dat de input van een biogasinstallatie voor minimaal 50% uit mest moet bestaan, om de digestaat het als meststof in de Nederlandse landbouw te kunnen afzetten. Na vergisting vallen de mineralen afkomstig uit het eendenkroos onder de gebruiksnorm dierlijke mest. Ook vanuit dit perspectief is het aantrekkelijker om mest aan te voeren in plaats van natte coproducten met lage biogasopbrengsten.

#### Eiwit isolatie/concentratie

Bij het winnen van eiwit uit kroos, op een manier waarbij de functionele eigenschappen van het eiwit behouden blijven (schuimvorming, waterbinding, etc.), kunnen vergelijkbare producten worden verkregen als soja-eiwitconcentraat of -isolaat (persoonlijke mededeling Derksen, 2012). Zodoende zou (bij toelating van eendenkrooseiwit voor diervoeders of humane voeding) ook een dienovereenkomstige prijs voor het product kunnen worden verkregen. De prijs ligt ongeveer tussen de 2 en 3 €/kg. Plantaardige eiwitten met een bijzondere functionaliteit hebben een hogere prijs. Zo wordt momenteel gekeken of het enzym rubisco uit eendenkroos gewonnen kan worden (persoonlijke mededeling Derksen, 2012).

Voor kroos als ruwe grondstof voor eiwitproductie zijn nog geen marktprijzen bekend. Gezien de sterke koppeling van prijzen van plantaardige eiwit aan die van soja-eiwitpreparaten, geeft de berekende voederwaardeprijs wellicht de beste prijsindicatie. De voederwaardeprijs wordt namelijk voor een groot deel bepaald door de prijs van plantaardige eiwitbronnen.



## 5 Wet- en regelgeving

Eendenkroos mag niet zondermeer aan dieren gevoerd worden. Hiertoe moeten Europese verordeningen voor het gebruik van (grond)stoffen als veevoer in acht genomen worden. De regelgeving dient voornamelijk het bewaken van de voedselveiligheid waar het gaat om humane consumptie. Veel van deze wet- en regelgeving beschrijft slechts in algemene zin de voorwaarden en laat veel verantwoordelijkheid bij de gebruiker of verwerker van middelen, enkelvoudige producten of samengesteld voer. In Nederland is de Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit (NVWA) belast met het toezicht op de handhaving en eventueel verdere concretisering van deze regels. Als het diervoeders betreft wordt het Productschap Diervoeder (PDV) hier ook bij betrokken. In grote lijn zijn de voorwaarden voor het voeren van kroos aan productiedieren als volgt:

1. Registreren van kroos als veevoer(component)
2. Erkenning of registratie als diervoederproducent
3. Borgen van de kwaliteit van het product in de gehele productieketen (productie, oogst, transport, bewaring en vervoeding)

Deze stappen vragen om wettelijke goedkeuring, die een aantal verplichtingen met zich meebrengt. In onderstaand stappenplan (tabel 8) is de productdefinitie en erkenning verder uitgewerkt.

**Tabel 8.** Stappen productdefinitie en erkenning volgens Europese wet- en regelgeving

Stappen	Productdefinitie en erkenning		Wettelijke actie	Plicht	Resultaat
	Wie	Doel			
1	Belanghebbende algemeen	Erkenning product	Registratie product als voedermiddel	Risicoanalyse	Erkend voedermiddel
2	Producent / rechtspersoon	Produceren	Registratie producent	Systeem kwaliteitsborging en tracering op basis HACCP	Erkende producent
3	Producent / rechtspersoon	Product borgen	Toetsen productieproces	Traceringsplicht Registratieplicht	Veilig product

De drie belangrijkste wettelijke voorwaarden voor het mogen voeren van voedermiddelen of grondstoffen aan productiedieren zijn in de onderstaande paragrafen nader uitgewerkt.

### 5.1 Registratie van voedermiddelen

#### Registratie

Om een product als veevoer te mogen gebruiken moet het worden aangemeld als veevoer of veevoercomponent. In eerste instantie wordt een product na melding geplaatst op een register. Vervolgens wordt het geregistreerde product getoetst door een commissie van vertegenwoordigers uit de Europese voedingsindustrie. Na een positieve toetsing wordt het product vervolgens opgenomen in de zogenaamde Catalogus Voedermiddelen. Elk geregistreerd bedrijf kan deze melding uitvoeren. Vooralsnog (najaar 2011) staat eendenkroos nog niet op deze Europese lijst.

De aanmelding vindt Europees plaats via de link: <http://www.feedmaterialsregister.eu>

Op deze site staat tevens veel achtergrondinformatie over het registreren. Het registreren van een product geeft nog geen garanties over de productveiligheid. In algemene zin worden eisen gesteld aan de veiligheid, waarbij de producent een grote mate van eigen verantwoordelijkheid wordt toegekend.

### Toepassing product als voedermiddel / Europese verordeningen

Nadat een product geregistreerd is, mag het niet zondermeer als veevoedingscomponent worden toegepast. De volgende Europese Verordeningen bepalen of een product als veevoeder of veevoedingscomponent toegepast mag worden:

- Algemene levensmiddelenverordening (178/2002)
- Diervoeder Hygiëne Verordening (183/2005)
- Marktverordening (767/2009)

Deze verordeningen zijn digitaal via de volgende links te vinden op internet:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:035:0001:0022:NL:PDF>

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:229:0001:0028:NL:PDF>

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:031:0001:0024:NL:PDF>

Verordening 178/2002 is de Algemene Levensmiddelen Verordening die de consument moet beschermen tegen risico's van het eten van voedingsmiddelen. Aan de basis hiervan staat verordening 882/2004: Controleverordening Levensmiddelen en Diervoeder. Daarnaast regelt de Diervoeder Hygiëne Verordening (183/2005) hoe moet worden omgegaan met het voermiddel, vanaf de start van de productie tot en met het uiteindelijke vervoederen. Voor de primaire producent (de veehouder) zijn vooral bijlage I en III uit deze verordening van belang. Deze zijn opgenomen in bijlage 5 van dit rapport. De verordening gaat uit van toepassing van procedures die gebaseerd zijn op 'Hazard Analysis and Critical Control Points' (HACCP).

#### 5.1.1 *Risicoanalyse*

Alle voedermiddelen en hun basiscomponenten moeten veilig zijn voor gebruik, wat betekent dat het geen gevaar op mag leveren voor humane consumptie. Het is zodoende verplicht om een risicoanalyse te maken of beschikbaar te hebben en deze dient te worden uitgevoerd op basis van HACCP principes. Een volledige analyse volgens de HACCP principes bestaat uit de volgende fasen:

1. Gevarenidentificatie
2. Risico analyse
3. Vaststellen CCP's (kritische controlepunten)
4. Eliminatie van risico's
5. Kritische limieten

Eventuele risicostoffen in het effluent het belangrijkste risico vormen voor het gebruik van kroos als veevoeder of veevoedercomponent. Voor (geteeld) kroos is een dergelijke analyse nog niet uitgevoerd. Het opstellen van een uitvoerige risicoanalyse maakte geen onderdeel uit van het project, echter in het onderstaande worden wel suggesties gedaan voor het invullen hiervan.

Omdat kroos per definitie op water groeit, is water het belangrijkste medium voor eventuele vervuiling. Voor grond bestaat een goed beeld, weergegeven op de site: [www.risicotoolboxbodem.nl](http://www.risicotoolboxbodem.nl). Helaas bestaat deze tool (nog) niet voor water.

In het algemeen kunnen de volgende stoffen in water voorkomen en een mogelijk risico vormen:

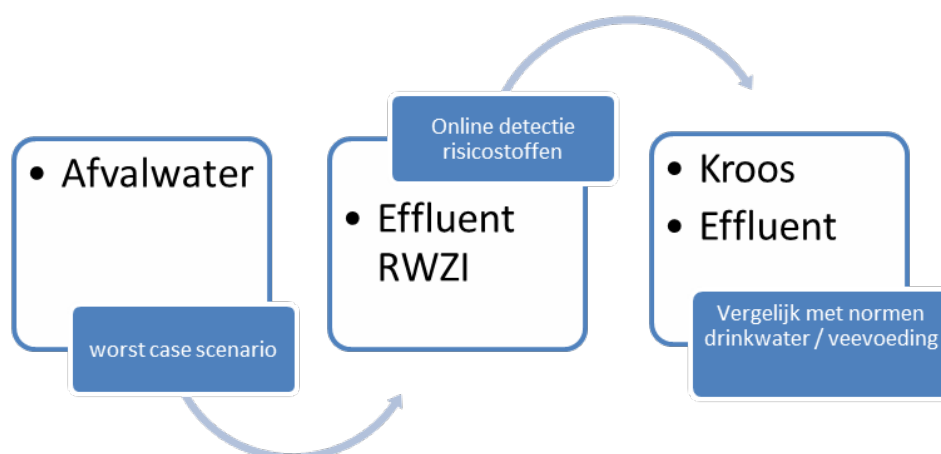
- Zware metalen (Cadmium, nikkel, kobalt, koper, kwik, lood, zink, chroom)
- Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)
- Hormoonverstorende middelen (Tributyltin, PCB, Polybromide)
- Resten van bestrijdingsmiddelen (vooral voor open sloten)
- Resten van geneesmiddelen en wasmiddelen (riool)
- Pathogene bacterien (Salmonella, E.coli, Para-TBC, Campylobacter, Clostridium botulinum)
- Verontreiniging met afval, zwerfvuil (glas, plastic etc)
- Cyanotoxines, o.a. veroorzaakt door blauwalg, lossen goed op in water, maar Meriluoto (2007) geeft aan dat deze stoffen niet door planten worden opgenomen.

De Richtlijn 2004/107/EG kwantificeert normen voor arseen, cadmium, kwik, nikkel, PAK's en resten van bestrijdingsmiddelen (zie bijlage 3).

Het risico wordt bepaald door 1) de kans dat een stof voorkomt en 2) het effect dat dit heeft op de gezondheid van de mens (en als tussenstap het dier). Een risicoanalyse voor de teelt van eendenkroos zou als volgt uitgevoerd kunnen worden:

1. Berekening van een 'worst case scenario' waarbij een maximale belasting met verontreinigende stoffen wordt ingeschat (kans dat stoffen voorkomen).
2. Detectie van verontreinigende stoffen.
3. Vergelijk met normen drinkwater en veevoeding (kwantificeren van het risico).

In figuur 1 zijn deze stappen voor de teelt van kroos op het effluent van een RWZI in beeld gebracht. Dit schema kan ook gebruikt worden voor het vaststellen van kritische controlepunten en het elimineren van risico's.



**Figuur 1.** Schematische weergave risico-analyse voor de teelt van kroos op RWZI effluent

Voor een risicoprofiel is het dus minimaal nodig om de kwaliteit van het water waarop het kroos groeit te kennen, dan wel risico's te kunnen uitsluiten. Wanneer het water een risico vormt, hoeft dit nog geen risico voor het kroos te betekenen, hoewel bij oogst altijd aanhangend water wordt meegenomen. Van belang in deze is, of kroos in staat is de genoemde schadelijke stoffen daadwerkelijk op te nemen. Bekend is wel dat kroos gemakkelijk nutriënten en zware metalen accumuleert. In de literatuur kan gericht informatie worden gevonden, maar ook met onderzoek gericht worden gekeken welke middelen aangetroffen worden in het effluent en in hoeverre deze worden opgenomen door kroos.

## 5.2 Erkenning of registratie van de diervoederproducent

Om veevoerders te mogen produceren, heeft een diervoederproducent volgens de wetgeving voor de diervoeder- en voedselveiligheid een erkenning of registratie nodig. Deze krijgt de producent alleen als het een kwaliteitsborgingsysteem (HACCP) heeft en is een traceerbaarheidssysteem voor grondstoffen- en voerstromen een vereiste. Veehouders die zowel voer produceren als gebruiken zijn geregistreerd via Dienst Regelingen van het ministerie van EL&I. Daarmee geldt de verplichting dat de kwaliteit van het voer dat zij van derden betrekken geborgd is (GMP-waardig, zie HACCP). Zo moeten ook levensmiddelenbedrijven zoals bakkers, supermarkten et cetera, die reststromen van levensmiddelen aan de diervoederketen leveren, geregistreerd zijn. Daar waar veehouders eendenkroos uit het oppervlaktewater betrekken van oppervlaktewater buiten het bedrijf, zoals in de pilot in 2007 (Holshof et al., 2009) het geval was, moet de betreffende waterbeheerder dus ook geregistreerd zijn. In bijlage 6 staat een beslisboom van de NVWA voor registratieplicht.

### 5.3 Borgen van de kwaliteit van het product in de gehele productieketen

#### HACCP

Bedrijven moeten in kaart brengen welke risico's op het gebied van voedselveiligheid een bepaald productieproces met zich meebrengt. Deze analyse gebeurt op basis van het HACCP-principe (<http://www.vwa.nl/onderwerpen/werkwijze-food/dossier/haccp>): dit is een analyse gericht op het vaststellen van kritische beheerpunten. Bedrijven moeten deze kritische punten zorgvuldig bewaken, om risico's die op voorhand bekend zijn uit te sluiten, zodat een veilig product gewaarborgd wordt. Een HACCP brengt de risico's in kaart en beschrijft hoe in de individuele schakels van de productieketen deze gevaren worden beheerst. Exploitanten van levensmiddelen- en diervoederbedrijven moeten:

- aantonen dat zij de beginselen naleven;
- zorgen dat alle documenten met de ontwikkelde procedures altijd actueel zijn;
- alle documenten en verslagen rondom het HACCP-systeem gedurende een passende periode bewaren.

Het kwaliteitsborgingsysteem GMP+ (Good Manufacturing Practice) is een door de diervoederproducenten zelf geïntroduceerde kwaliteitssysteem op basis van HACCP, waarin een risicoanalyse is opgenomen en de kritische controlepunten zijn benoemd. Een hygiëne-code voor de productie van diervoeders is er niet. Wel voor het transport van diervoeders en voor de teelt van voedermiddelen.

De NVWA controleert op de aanwezigheid van een HACCP-systeem en de naleving ervan. De NVWA is uitsluitend toezichthouder en geen keuringsinstantie en dat betekent dat de NVWA steekproefsgewijs controleert of bedrijven aan hun verplichtingen voldoen. De NVWA houdt toezicht op:

- de bedrijven die diervoeders maken, transporteren of verhandelen;
- import van grondstoffen en diervoeders;
- veiligheid en kwaliteit van de grondstoffen en voeders;
- het achterhalen van vervuilde partijen voer en levensmiddelen;
- traceren van de bron van een verontreiniging.

#### Systeem om onveilige producten te traceren

Ondanks dit systeem kunnen toch voedselveiligheidsproblemen ontstaan, als gevolg van menselijke fouten, meetfouten of omdat een gevaar nog niet bekend was. In dat geval kan alleen een goed traceringsstelsel én adequate informatieverstrekking naar de consument het gebruik van onveilige producten stoppen of alsnog voorkomen. In de definitie van de Verordening (EG) nr. 178/2002 wordt onder 'onveilig' zowel 'schadelijk' als 'ongeschikt' verstaan. Deze traceringsverplichting geldt vanaf de primaire productie, inclusief diervoederbedrijven, tot en met de retailer.

In een systeem om onveilige producten te traceren is het volgende geregeld:

1. De manier waarop een bedrijf gegevens die nodig zijn voor het traceren bijhoudt (administratie: handmatig of geautomatiseerd).
2. De stappen die een bedrijf neemt in het geval van onveilige producten (traceringsprocedure).

Op verzoek van de NVWA moet een bedrijf inzicht kunnen geven in dit systeem, waarbij zij op ieder moment kunnen aantonen van wie producten zijn ontvangen en aan wie producten zijn geleverd.

De traceerbaarheidsgegevens moeten vijf jaar bewaard worden. Bevat een product een houdbaarheidsdatum langer dan vijf jaar, dan is de bewaartermijn gelijk aan de houdbaarheidsdatum plus zes maanden. Een houdbaarheidsdatum ontslaat een bedrijf niet van zijn verantwoordelijkheid om problemen die ontstaan ná de houdbaarheidstermijn op te lossen. Indien de houdbaarheid korter dan drie maanden is, dienen de gegevens tenminste tot zes maanden na de aangegeven houdbaarheidsdatum bewaard te blijven.

Interne traceerbaarheid wil zeggen: het kunnen koppelen van grondstoffen die het bedrijf binnenkomen aan de producten die het bedrijf weer verlaten. Interne traceringsverplichting is niet verplicht, maar kan de omvang van een crisis of calamiteit en daarmee ook de omvang van een terughaalactie aanzienlijk beperken.

Kijkend naar het gebruik van eendenkroos als veevoer valt de productie, het transport, de verwerking en vervoeding onder deze regelgeving. Ten aanzien van de risico's en de plaats in de keten waar deze risico's kunnen optreden is een schema gemaakt dat is weergegeven in bijlage 7. Bij verdere bewerking kan een proces eventueel nog schadelijk zijn, vooral bij niet natuurlijke conserverings- of droogprocessen. Echter, diverse processen kunnen eerdere risico's ook ongedaan maken. Sterk verhitten doodt bijvoorbeeld bacteriën. Dit wordt weergegeven met de groene pijlen.

## 6 Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Technische mogelijkheden

- *Lemna* en *Azolla* hebben perspectief als veevoeder grondstof door een relatief hoog eiwitgehalte en een gunstige aminozuursamenstelling.
- Onderzoek (in vivo) is nodig om de werkelijke voederwaarde en verteerbaarheid te kennen. Er is nog geen ervaring met het voeren van kroos in de praktijk.
- Vers verwerken van kroos als veevoer heeft als nadelen dat:
  - het kroosaanbod lastig op de voerbehoefte is af te stemmen;
  - relatief natte producten de voeropname beperkt;
  - door de grondsmaak-/lucht vers kroos niet door koeien wordt opgenomen.
- Als alternatief voor verse verwerking kan kroos ook gedroogd of ingekuuld worden om het product te kunnen bewaren en opslaan.
- Door drogen en inkuilen verandert de hoedanigheid van kroos en worden de toepassingsmogelijkheden voor veevoer verruimd.
- Gedroogd kroos laat zich gemakkelijk tot een brok persen (zelfs bij 100% kroos), het is goed uitwisselbaar met andere grondstoffen en heeft goede geur-eigenschappen. Kroos verwerkt tot brok kan in principe voor alle landbouwhuisdieren gebruikt worden. Ook als visvoer heeft gedroogd kroos perspectief.
- Kroos is goed te fermenteren door het in te kuilen met melasse, droge pulp en snijmaïs. Aanbevolen wordt om kroos in te kuilen in luchtdicht af te sluiten containers.
- Eendenkroos heeft een relatief laag droge stofgehalte, waardoor de biogasopbrengst per ton erg laag is en veel digestaat per ton eendenkroos overblijft na vergisting. Dit maakt eendenkroos als co-product minder aantrekkelijk.
- Geëxperimenteerd is met het isoleren van eiwit, zetmeel en superoxide dismutase als grondstoffen voor humaan gebruik. De perspectieven zijn als volgt:
  - Voor grootschalige toepassingen van eiwitfracties in humane applicaties werden volgens Willemsen et al. (vermoedelijk 2002) de hoge productiekosten en de strenge wetgeving over nieuwe voedingsbronnen en ingrediënten als belangrijkste beperking gezien. Op basis van berekende scenario's concludeerden Derksen en Zwart (2010) daarentegen dat de winning van eiwit uit geteelde *Lemna minor* en de opzuivering hiervan tot eiwitconcentraat en - isolaat zeer rendabel is. Het vergt echter wel een relatief grote productie omvang.
  - Grootschalige productie van zetmeel als fractie uit *Lemna minor* of door introductie van turions blijkt economisch niet haalbaar.
  - Isolatie van anti-oxidatieve enzymen is te realiseren en opschaalbaar. Over economische perspectief werden geen uitspraken gedaan.

### 6.2 Juridische mogelijkheden

- In de wet- en regelgeving voor de productie van diervoeders staat voedselveiligheid centraal.
- In grote lijn zijn de voorwaarden voor het voeren van kroos aan productiedieren als volgt:
  - registreren van kroos als veevoer(component);
  - erkenning of registratie als diervoederproducent;
  - borgen van de kwaliteit van het product in de gehele productieketen (productie, oogst, transport, bewaring en vervoeding).
- Een belangrijke verplichting is het uitvoeren van een risicoanalyse op basis van HACCP principes.
- De risico's hebben voornamelijk betrekking op de herkomst van het water/effluent dat voor de teelt wordt gebruikt. Een risicoanalyse zou als volgt uitgevoerd kunnen worden:
  - berekening van een 'worst case scenario' waarbij een maximale belasting met verontreinigende stoffen wordt ingeschat (kans dat stoffen voorkomen);
  - betectie van verontreinigende stoffen;
  - bergelijk met normen drinkwater en veevoeding (kwantificeren van het risico).
- Wanneer in het betreffende water schadelijke stoffen voorkomen, hoeft dit nog geen risico voor het kroos als product te betekenen, hoewel bij oogst altijd aanhangend water wordt meegenomen. Van belang is of kroos schadelijke stoffen daadwerkelijk opneemt.
- Bekend is dat in kroos gemakkelijk zware metalen kunnen accumuleren en hier worden vanuit diervoederwetgeving maximum normen voor gegeven. Koper en zink worden echter niet

beschouwd als ongewenste stoffen, maar als sporenelementen. Zodoende worden hiervoor maximum doseringen aangegeven op rantsoenniveau.

- Nader onderzoek is nodig om te weten welke andere schadelijke stoffen dan zware metalen door kroos wordt opgenomen en in welke mate.

### **6.3 Marktperspectief**

- Kritische factoren voor het rendabel verwerken van kroos zijn 1) de wettelijke erkenning voor verwerking tot dierlijke of humane voeding, 2) de kostprijs voor teelt, oogst en transport, 3) de marktwaarde van eendenkroos als grondstof, 4) het volume aanbod en 5) de kosten voor gangbare effluent zuivering.
- Eendenkroos wordt in de praktijk nog niet toegepast als veevoer, waardoor de marktprijs onbekend is. Op basis van eerdere voederwaardebepalingen en de voederwaardeprijzen op de middellange termijn zou kroos ongeveer een waarde hebben van 11 euro per ton vers kroos.
- Technisch gezien kan eendenkroos ingezet worden als coproduct voor mestvergisting in een biogasinstallatie, maar vanwege de lage biogasproductie per ton (vergelijkbaar met drijfmest) kan onder de huidige omstandigheden naar verwachting geen positieve marktprijs gerealiseerd worden.
- Ook voor kroos als grondstof voor eiwitproductie zijn ook geen marktprijzen bekend. De prijzen van plantaardige eiwit zijn sterk gekoppeld aan die van soja-eiwitpreparaten. Aangezien soja ook een belangrijke rol speelt in de voederwaardeprijs, geeft de berekende voederwaardeprijs voor kroos wellicht de beste prijsindicatie (11 euro per ton vers kroos).

## Literatuur

- Abou, Y., E.D. Fiogbé en J.-C. Micha, 2007. Effects of stocking density on growth, yield and profitability of farming Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., fed *Azolla* diet, in earthen ponds. *Aquaculture Research* 38: 595-604.
- Alalade, O.A., E A. Iyayi en T.O. Alalade, 2006. The performance of layers fed *Azolla* (*Azolla pinnata*) meal in diets. *Poultry Science* 85: 169-169.
- Ali, M.A. en S. Leeson, 1995. The nutritive value of some indigenous Asian poultry feed ingredients. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 55: 227-237.
- Banning, J.W.T, 2011. Vergisten van eendenkroos. Groningen, PROCES-Groningen BV. Rapport 111016.
- Becerra, M., E. Murgueitio, G. Reyes en T. Preston, 1990. *Azolla filiculoides* as partial replacement for traditional protein supplements in diets for growing-fattening pigs, based on sugar cane juice. *Livest. Res. Rural Dev.*, 2 (1990), pp. 1-7.
- Commissie Onderzoek Minerale Voeding (COMV), 2005 Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen, Geiten. 228 pp.
- Culley, D., Jr. en E.A. Epps, 1973. Use of Duckweed for Waste Treatment and Animal Feed. *Water Pollution Control Federation*, Vol. 45, No. 2, pp. 337-347.
- CVB, 1999. Handleiding voederwaarde berekening ruwvoerders. Centraal veevoederbureau, Lelystad, Nederland.
- Derksen H. en L. Zwart, 2010. Eendenkroos als nieuw eiwit- en zetmeelgewas. Haalbaarheidsstudie. Innostart B.V. en Innodia B.V.
- Holshof, G., I.E. Hoving en E.T.H.M. Peeters, 2009. Eendenkroos: van afval tot veevoer. *Livestock Research van Wageningen UR*, Lelystad. Rapport 306.
- Hoorn van Dullemen, 2012. Effluentpolishing met kroos. Deelrapport 4: Pilotstudie. Waterschap Noorderzijlvest, Groningen.
- Hoving. I.E., H.A. van Schooten, G. Holshof, K.M. van Houwelingen en W. van de Geest, 2011. Inkuilen van eendenkroos als veevoer met verschillende additieven. *Livestock Research van Wageningen UR*, Lelystad. Rapport 528.
- Hoof, W.F. van, 1995. Risico's voor de volksgezondheid als gevolg van blootstelling van runderen aan sporenelementen bij beweiding. RIVM rapport 693810001.
- Jain, S.K., G.S. Gujral, N.K. Jha en P. Vasudevan., 1992. Production of biogas from *Azolla pinnata* R.Br and Lemnaminor L.: effect of heavy metal contamination. *Bioresource technology* vol. 41, n3, pp. 273-277.
- Khatun, A., M.A. Ali en J. G. Dingle 1999. Comparison of the nutritive value for laying hens of diets containing azolla (*Azolla pinnata*) based on formulation using digestible protein and digestible amino acid versus total protein and total amino acid. *Anim. Feed Sci. Technol.* 81: 43-56.
- Klop, A., L.H. de Jonge en G.G. Brandsma, 2008. Eiwitwaarde vers gras. *Animal Sciences Group van Wageningen UR*, Lelystad. Rapport 124
- Leng, R.A., J.H. Stambolie en R. Bell. 1995. Duckweed - a potential high-protein feed resource for domestic animals and fish. *Livestock Research for Rural Development*, vol. 7, no. 1. (<http://cipav.org.co/lrrd/lrrd7/1/3.htm>, 5 September 2008).



- Leterme, P. et al., 2009. Nutritional value of aquatic ferns (*Azolla filiculoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell) in pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 149: 135-148.
- Mbagwu, I.G. en H.A. Adeniji, 1988. The nutritional content of duckweed (*Lemna pausicostata* hegelm.) in the Kainji lake area, Nigeria. *Aquatic Botany*, vol. 29, pg. 357-366.
- Merck, K.B., Y.A.M. Gerritsen en J.H.A. Willemsen, 2002. Eendenkroos: Bron van anti-oxidatieve enzymen. ATO BV, Wageningen UR. Wageningen. Publicatie onbekend.
- Meriluoto, Jussi, A.O., 2007. Cyanotoxins: sampling, sample processing and toxin uptake. In: H. Kenneth Hudnell (ed): Proceedings of the Interagency, International symposium on cyanobacterial harmful algal blooms. *Advances in Experimental Medicine & Biology*, 467-483 (200).
- Reid Jr., W.S., 2004. Exploring duckweed (*Lemna gibba*) as a protein supplement for ruminants using the boer goat (*Capra hircus*) as a model. North Carolina State University.
- Rusoff, L.L., E.W. Blakeney en D.D. Culley, Jr., 1980. Duckweeds (Lemnaceae Family): A Potential Source of Protein and Amino Acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 28, no. 4, pg. 848-850.
- Skillicorn, P., W. Spira en W. Journey, 1993. Duckweed Aquaculture – a New Aquatic Farming System for Developing Countries. The World Bank of Washington, D.C..
- Stam, L., 2009. Duckweed as Diet Ingredient for Cattle. Wageningen, Wageningen University. Minor thesis report.
- Tilly, J.M. en R.E. Terry, 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society* 19, p 104-111.
- Van den Boom, H., 2011. Benchmark (co-)vergistingsboekjaar 2010: Rendement door markt in verdrinking! Rabobank.
- Van Kempen, M.M.L., M.J.J.M. Verhofstad en F.J.P. Smolders, 2012. Effluentpolishing met kroos. Deelrapport 2: Laboratorium experimenten. Radboud Universiteit Nijmegen, Nijmegen.
- Van Zuidam, J., B. van Zuidam en E. Peeters, 2009. Zijn sloten en meren vergelijkbaar? *H<sub>2</sub>O* nr. 1, pag. 31-33.
- Willemsen, J.H.A., S. Heida, Y.A.M. Gerritsen, K.B. Merck, B.H. Dijkink, vermoedelijk 2002. Inzetten van Lemna voor de accumulatie van stikstof en fosfor uit water en als hernieuwbare grondstof. ATO BV, Wageningen UR. Wageningen. Referentie rapport: OPD OO/243/301100/A.

## Bijlagen

### Bijlage 1. Eendenkroos: Bron van anti-oxidatieve enzymen

*Dr. ir. K.B. Merck, Ing. Y.A.M. Gerritsen Karin Merck, Ir. J.H.A. Willemsen, 2002.  
ATO BV, Wageningen UR*

De meeste mensen kennen het snel-groeiende plantje eendenkroos (*Lemna minor*) als een bron van ergernis, als 'onkruid' in vijvers en sloten. Echter, *Lemna* is ook een bron van een groot scala aan waardevolle voedingsstoffen. Bij het kweken van *Lemna*, iets wat in de Verenigde Staten al grootschalig gebeurt, is de hoge groeisnelheid dan juist een voordeel. Ook in Nederland neemt de belangstelling voor dit bijzondere plantje toe. ATO isoleerde het anti-oxidatieve enzym superoxide-dismutase uit *Lemna minor*.

#### Milieuvriendelijke teelt

*Lemna* is een klein waterplantje dat zich razendsnel kan vermenigvuldigen. Dat gaat zo efficiënt dat de opbrengst per hectare vele malen hoger is dan die van de gangbare landbouwgewassen. Door het hoge eiwitgehalte (ca. 40% op droge stofbasis) kan de eiwitopbrengst per hectare zelfs een factor 10 hoger zijn dan die van soja. Normaal gesproken dient *Lemna* als voedsel voor vogels en vissen. Maar het kan ook een gezonde aanvulling zijn op het voedingspatroon van de mens. *Lemna* is rijk aan eiwitten, vitamines zoals vitamine B1, B2, B6, C en E en het kan op een natuurlijke, veilige en milieuvriendelijke wijze worden geteeld, het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen is niet nodig. In de Verenigde Staten wordt *Lemna* gebruikt voor het zuiveren van afvalwater. Stikstof en fosfor worden door het plantje omgezet in eiwitten die weer kunnen dienen als grondstof voor de voedingsmiddelen- of diervoederindustrie. In een door NOVEM gesubsidieerd project onderzoekt ATO momenteel de mogelijkheden om *Lemna minor* te kweken op industrieel proceswater. Daarnaast worden methodes opgezet voor de winning van eiwitten en zetmeel voor voedsel- en technische toepassingen.

#### Anti-oxidanten

*Lemna* bevat een groot aantal voedingsstoffen als vitamines, alle essentiële aminozuren en mineralen en sporenelementen. Daarnaast bevat *Lemna* tal van anti-oxidanten zoals flavonoïden en enzymen die betrokken zijn bij normale verbrandingsprocessen (zie 'Anti-oxidanten'). Bovendien zijn sommige van deze enzymen, zoals superoxide dismutase ook betrokken bij ziekteprocessen waarbij zuurstofradicaalvorming een rol speelt zoals hersen- en hartinfarcten. Superoxide dismutase (in het vervolg SOD genoemd) vangt de vrije radicalen weg die bij een hartinfarct in grote hoeveelheden ontstaan waardoor de hartspierschade beperkt en het herstel mogelijk wordt bevorderd. SOD en andere anti-oxidatieve enzymen worden daarom verondersteld een gezondheidsbevorderende werking te hebben en sommige van deze enzymen, waaronder SOD worden al toegepast in voedingssupplementen bijvoorbeeld anti-oxidantenpreparaten en in cosmetica, bijvoorbeeld in verjongingscrèmes en preparaten tegen kaalheid.

#### Winning van Cu,Zn-SOD uit eendekroos

*Lemna* bevat circa 4 mg SOD per kg. Dit is een veel hoger gehalte dan in hogere planten, die 1-2 mg SOD per kg bevatten. In *Lemna*, net als in veel andere planten, komen twee isoenzymen van SOD voor: 25% Cu,Zn-SOD en 75% Mn-SOD. Cu,Zn-SOD is voor humane toepassingen de meest relevante. Om het gunstige effect van Cu,Zn-SOD uit *Lemna* op de effecten van een hartinfarct nader te kunnen bestuderen werd dit enzym uit *Lemna* gewonnen. Het onderzoek beoogt echter niet alleen de werking van Cu,Zn-SOD op hartspiercellen te onderzoeken, maar heeft ook als doel de aanzet te geven tot een winningsproces dat op industriële schaal technisch en economisch haalbaar is. Hoewel over de zuivering van Cu,Zn-SOD uit *Lemna* niets bekend is, is de zuivering van dit enzym uit andere plantaardige bronnen in de wetenschappelijke literatuur uitgebreid beschreven (1-5). De zuivering van Cu,Zn-SOD uit deze planten bestaat vaak uit een groot aantal zuiveringsstappen, achtereenvolgens winning van sap, ammoniumsulfaatprecipitatie, anionenwisselingchromatografie (2x) en gelfiltratiechromatografie of iso-electrische focussing resulterend in een zuiver preparaat. Deze procedure is te duur is voor de industriële winning van Cu,Zn-SOD voor niet-farmaceutische toepassingen. Het onderzoek richtte zich daarom op het vereenvoudigen van deze procedure.

### **Ammoniumsulfaatprecipitatie**

Bij ammoniumsulfaatprecipitatie (AS) worden eiwitten gefractioneerd door uitzouting. Bij de eerste precipitatie - bij lage AS-concentratie - slaan contaminerende eiwitten neer, bij de tweede precipitatie - bij hoge AS-concentratie - wordt onder meer Cu,Zn-SOD geprecipiteerd. De meest geschikte ammoniumsulfaatconcentraties moeten proefondervindelijk worden vastgesteld. Uit tabel 1 blijkt dat ammoniumsulfaatconcentraties van 45 en 90 procent resulteren in de hoogste graad van opzuivering: een zuiveringsfactor van 9 werd bereikt. Dit is erg hoog vergeleken met literatuurwaarden voor andere plantensystemen.

### **Anionenwisselingschromatografie**

Na verwijdering van de ammoniumsulfaat werd het negen keer verrijkte Cu,Zn-SOD verder gezuiverd met anionenwisselingschromatografie (zie 'Anionenwisselingschromatografie'). Normaal gesproken wordt voor deze stap een zogenaamde zwakke anionenwisselaar gebruikt (figuur 1A) (1- 3). Hierdoor treedt een relatief groot verlies van SOD op en moet de stap herhaald worden voor een aanvaardbare zuiverheid. ATO verbeterde het zuiveringsproces door gebruik te maken van een sterke anionenwisselaar (figuur 1B). Dit resulteert in een hogere opbrengst en zuiverheid van SOD (tabel 2). Uiteindelijk werd door de precipitatie- en chromatografiestap een zuiveringsfactor van 148 bereikt, wat vele malen hoger is dan de in de literatuur vermelde waarden. De technische haalbaarheid van het proces op pilot schaal is inmiddels door experimenten op grote schaal aangetoond.

### **Conclusie**

Lemna is een veelbelovend gewas. Naast een groot aantal voedingsstoffen als vitamines, alle essentiële aminozuren, mineralen en sporenelementen bevat Lemna tal van anti-oxidanten. Een ervan, SOD, is in dit onderzoek via drie eenvoudige zuiveringsstappen met een factor 148 opgezuiverd ten opzichte van het extract via een technisch haalbare en opschaalbare procedure. De gebruikte technieken, zoals het malen van plantenmateriaal, extractie en separatie van celdebris en eiwit zijn gangbare processen in de levensmiddelentechnologie. Chromatografie, een techniek die in de farmaceutische industrie zijn sporen ruimschoots heeft verdiend als robuuste en technisch zeer betrouwbare techniek, is een relatief nieuwe techniek in de levensmiddelenbranche. Echter, door de toegenomen vraag naar gezondheidsbevorderende, zuivere en veilige levensmiddeleningredienten wordt deze techniek in de toekomst ook in deze branche steeds vaker toegepast.

### **Literatuur**

1. Damodara Reddy, C. en B. Venkaiah, (1984. Purification and characterization of Cu-Zn superoxide dismutases from mungbean (*Vigna radiata*) seedlings. J. Biosci. 6(1): 115-123.
2. Sulochana, K.N. en B. Venkaiah, 1990. Purification of isozymes of superoxide dismutase from groundnut (*Arachis hypogea*) seedlings. Biochemistry International 22(1): 133-140.
3. Kanematsu, S. en K. Asada, 1989. CuZn-superoxide dismutases from the fern *Equisetum arvense* and the green alga *Spirogyra* sp.: Occurrence of chloroplast and cytosol types of enzyme. Plant Cell Physiol. 30(5): 717-727.
4. Walker, J.L., K.M. McLellan en D.S. Robinson, 1991. Isolation and purification of superoxide dismutase purified from brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. var. *bullata* sub var. *gemmifera*). Food Chemistry 41: 1-9.
5. Michalski, W.P.. 1996. Chromatographic and electrophoretic methods for analysis of superoxide dismutases: Review. Journal of Chromatography B 684: 59-75.

## Bijlage 2. Nutritional content of duckweed and duckweed as animal nutrition

Bron: Minor theses Lieke Stam, 2009

### 1. Nutritional content

The amount of different compounds in duckweed depends amongst others on factors like nutrient content of media where it is grown, sunlight, pH, agitation of the duckweed, overcrowding, stage of maturity, algae growth, depth of the lagoon/pond and species of duckweed (Islam, 2002).

In this section the nutritional content of duckweed will be discussed. At first, the general composition of duckweed will be provided. Thereafter several nutrients will be discussed, amongst others the dry matter content of duckweed, the protein and amino acid content, the mineral content and the fibre content.

#### 1.1 Composition of duckweed

Rusoff et al. (1980) investigated the composition of four species of duckweed (*Lemna gibba*, *Spirodela polyrhiza*, *Spirodela punctata*, and *Wolffia columbiana*). The results are presented in Table 2. Rusoff et al. collected the duckweed from anaerobic dairy waste lagoons on the Louisiana State University in the United States of America in the period August to November of 1978.

Table 1. Proximate analysis of duckweeds (%)

	Lemna gibba	Spirodela polyrhiza	Spirodela punctata	Wolffia columbiana
dry matter	4,6	5,2	5,1	4,8
<i>dry matter composition</i>				
crude protein <sup>1</sup>	25,2	28,7	29,1	36,5
fat	4,7	5,5	4,5	6,6
crude fibre	9,4	9,2	8,8	11,0
ash	14,1	13,7	15,2	17,1
residual dry matter	46,6	42,9	42,4	28,8

<sup>1</sup> calculated as: N x 6,25

The chemical composition of duckweeds varies considerably due to age of the plant, environmental temperature and nutrient-aqueous environment (Rusoff et al., 1980).

#### 1.2 Dry matter content

Duckweeds have a high percentage of water. According to Rusoff et al. (1980) the water content is 94 to 95%. Leng et al. (1995) reported a water content of about 92 to 94 %. Culley and Epps (1973) reported duckweed samples ranging from 92 to 97% water, but values of 86 to 89% have been obtained in plants having poor growth rates. The lower water content was caused by more starch in the plants, which may be an advantage because starch is a major source of energy in feedstuffs (Culley and Epps, 1973).

#### 1.3 Crude protein content

The crude protein content of duckweed is relatively high. Duckweed grown on nutrient-poor water contains 15 to 25% crude protein. Duckweed grown under ideal conditions and harvested regularly will have a protein content of 35 to 43%, depending on the species involved (Leng et al., 1995). Protein content will be lower in duckweed colonies that grow slowly (Leng et al., 1995).

The protein content in duckweed depends on the concentration of nitrogen in the water. This is thought to be optimal between 10 to 30 mg N/l (Reid, 2004). Nutrient-rich waters contribute to higher protein production in duckweed (Culley and Epps, 1973).

It is noteworthy to point out that these protein data are based on nitrogen values. It cannot be assumed that all nitrogen goes in protein, because there are non-protein nitrogen compounds in duckweed (Culley and Epps, 1973). Unfortunately, it is not mentioned which compounds are meant.

#### 1.4 Amino acid content

Besides the general protein content, the amino acid content of four species of duckweed is analyzed by Rusoff et al. (1980). The species are mentioned in Section 2.4.1. After the analysis the mean of the four species is calculated. The results of this analysis are provided in Table 3.

Table 2. Amino acid composition of duckweed protein concentrate

	Lemna	Spirodella	Spirodella	Wolffia
	gibba	polyrhiza	punctata	columbiana
g/100 g of crude protein				
Alanine	4,59	4,48	4,79	3,75
Arginine	4,29	5,25	4,86	3,78
Aspartic	7,12	7,55	7,38	5,63
Glutamic	7,60	8,00	7,60	5,76
Glycine	3,79	3,95	3,93	3,04
Histidine	1,89	2,15	1,90	1,18
Isoleucine	3,87	3,75	3,76	3,06
Leucine	7,15	6,85	6,88	5,83
Lysine	4,13	4,30	4,26	3,37
Methionine	0,83	0,83	1,07	0,87
Phenylalanine	4,45	4,20	4,38	3,60
Proline	2,93	3,28	2,95	2,41
Serine	2,61	2,80	2,83	2,28
Threonine	3,20	3,45	3,31	2,55
Tyrosine	2,91	3,05	3,14	2,17
Valine	4,96	4,40	4,71	3,49
True protein	66,32	68,29	67,75	52,77

*Any thryptophan present would be destroyed by the acid hydrolysis.*

*Rusoff et al., 1980*

Jaartal hierboven leest niet goed

#### 1.5 Fat content

Duckweed grown under ideal conditions and harvested regularly will have a polyunsaturated fat content of about 5%, depending on the species involved (Leng et al., 1995). This is in line with the investigation of Rusoff et al. (1978), who found a mean fat content of 5,3%.

#### 1.6 Fibre content

Duckweed grown on nutrient-poor water contains 15 to 30% fibre in the dry matter. Duckweed grown under ideal conditions and harvested regularly will have a fibre content of 5 to 15%, depending on the species involved (Leng et al., 1995). Fibre content will be higher in duckweed colonies that grow slowly (Leng et al., 1995) and that are older (Skillicorn, 1993).

#### 1.7 Ash content

According to Leng et al. (1995) ash content of duckweed is around 14%. Rusoff et al. (1980) reported an ash content of 13,7 to 17,1%. The ash content will be higher in duckweed colonies that grow slowly (Leng et al., 1995), which are older (Skillicorn, 1993) and which are harvested more frequently (Rusoff et al., 1980).

Duckweed grown on nutrient-rich water has a high concentration of trace minerals, K and P and pigments, particularly carotene and xanthophyll (Leng et al., 1995). The mineral composition of duckweed can be seen in Table 4. Besides, in this table mineral composition of fresh grass and maize are provided in order to compare duckweed with those feedstuffs. The table shows that grass contains higher amounts of minerals compared to maize. In most cases, duckweed exceeded the mineral levels of grass. The sodium, sulphur and molybdenum contents in grass are in between the ranges of these minerals in duckweed.

The amount of a certain mineral required in dairy cattle (with a yield of 40 kg milk per day) is also provided in Table 4. As can be seen, duckweed meets and/or exceeds these levels in all cases.

### 1.8 Undesirable substances

A source of concern is the introduction or multiplication of pathogens, which may occur through feeding animals duckweed, especially if duckweed is grown on animal waste water. Investigation into the transference of pathogens will have to be completed and shown to be safe to contemporary community standards (Goopy and Murray, 2003), because duckweed containing pathogenic materials may contribute to disease problems in animals and humans (Culley and Epps, 1973).

There is evidence that some type of anti-nutritional factor (ANF) is limiting feed intake and growth when duckweed is fed at higher levels. These ANF's may include organoleptic inhibitory factors such as oxalate, or compounds that interfere with digestion and metabolism such as phenolic compound like tannins and saponins (Goopy and Murray, 2003).

## 2. Duckweed as animal nutrition

The high nutritional content, especially the high protein and low fibre content, of duckweed indicates that it could be a good source of animal feed. Research has been done to investigate the suitability of duckweed as animal nutrition in several animal species. In this chapter an overview will be provided of some of these investigations.

### 2.1 Fish

Various studies investigated the effect of duckweed in feed of different species of fish. Some of these studies are summarized below, in order to provide an idea of the properties of duckweed as fish feed.

#### 2.2 Carp

An experiment was conducted by Yilmaz et al. (2004) to investigate the use of duckweed (*Lemna minor*) as a protein feedstuff in diets for common carp fry. The experiment consisted of four inclusion levels of duckweed (5, 10, 15 and 20%) and a control diet not containing any duckweed. The experiment lasted for three months.

The results showed no significant difference in feed conversion ratio and protein efficiency. Growth performances of fish fed diets containing up to 20% duckweed were comparable to that of the fish fed the control diet, except for the group fed 15% duckweed, where growth was lower than control. According to Yilmaz et al. (2004) this suggests that the lower growth recorded in the 15% duckweed group was probably not caused by dietary inclusion of duckweed, but may rather have resulted from some effects of initial handling during the weighing and daily management routines in the experimental system. In addition, carcass composition of the experimental fish did not vary among treatments, except for the protein content, that was lower in the group fed the 15% duckweed diet. Moreover, lipid content tended to be slightly higher in this group, but this was not significant. These findings may indicate that the lower growth of fish fed the 15% duckweed diet, compared to the control diet, was due to lower feed (and thus lower protein) consumption.

Fish fed the control diet lost weight in the third month of the experiment due to a decreased water temperature, but the fish fed diets including duckweed did not. This may be the result of the high lysine content of duckweed (Yilmaz et al., 2004).

In conclusion, common carp fry fed diets containing different amounts of duckweed did not show significant differences with respect to growth or feed utilization (except the group fed the 15% duckweed diet). These findings support the opinion that duckweed meal provides an easy, practical and cheaper fish feedstuff, also because it requires no processing to destroy any anti nutritional factors (Yilmaz et al., 2004).

#### 2.3 Tilapia

Recently, Chowdhury et al. (2008) conducted an experiment to investigate the effect of duckweed (*Lemna minor*) as a feed supplement in tilapia. There were two treatments each with three replications. In treatment 1, ponds were supplied with duckweed at a rate of 60% of total body weight of the wet fish and in treatment 2, ponds were kept as control (without supply of duckweed).

The results shows that the fish in treatment 1 had a higher ( $p < 0,05$ ) net production than the fish in treatment 2, 16,28 vs. 8,92 kg/decimal/year, respectively. Besides, duckweed supplemented fish tended to have a higher survival rate (Chowdhury et al., 2008)

#### 2.4 Poultry

Some of the poultry species are used to investigate the effect of duckweed as a feed supplement. Also, many experiments have been done with these species. Below, a sort of summary is provided of the research that has been done in this field with chickens and ducks.

## 2.5 Chickens

Haustein et al. (1994) conducted two experiments to look at the performance of broiler chickens fed dried duckweed (*Lemna gibba*). In the first experiment, there were four treatment groups (0, 10, 15 and 25% of duckweed in the diet), each consisting of three units with twelve chickens per unit. After the 21-day lasting experiment the animals were weighted and feed intake was calculated as the total feed provided minus the residual feed. In the second experiment, there were two dietary duckweed levels (0 and 5%), two breeds (Titan and Arbor Acres) and two sexes. Thus, in total there were eight treatments.

The results of experiment 1 show that chickens fed diets containing duckweed in proportions of up to 15% had similar rates of weight gain as the birds fed a standard diet. When the amount of duckweed was increased to 25%, there was a significant ( $p < 0,05$ ) decrease in the growth rate compared with chickens of the 15% duckweed group. Feed intake was also lower ( $p < 0,05$ ) in the chickens fed 25% duckweed than all other groups, so that feed efficiency was similar to that of the control group. Besides, no disagreeable taste was observed (Haustein et al., 1994).

The results of experiment 2 show that male birds fed diets containing duckweed had a slightly greater weight gain than birds fed the control diet. However, female groups fed duckweed had a significant increase ( $p < 0,05$ ) in weight gain when compared with female birds fed the control diet. Also, there was a significant increase ( $p < 0,05$ ) in pigmentation in all four groups receiving duckweed in their diet compared with those fed the control diet (Haustein et al., 1994).

A study of Khatun et al. (2004) showed quite similar results. Moreover, this study has also investigated carcass characteristics. They conducted an experiment with three treatments (dried duckweed, fresh duckweed and control), each consisting of three replicates having eleven chickens in each replicate. The amounts of duckweed on a dry matter basis were 6 and 7% for fresh duckweed and dry duckweed, respectively.

Duckweed fed animals had a higher ( $p < 0,05$ ) abdominal fat percentage than animals fed the control diet. Lower ( $p < 0,05$ ) skin weight obtained in the fresh duckweed group may be an indication of their lean carcass. Birds fed fresh duckweed had better skin pigmentation than birds fed the dry duckweed diet or the control diet. This is probably due to the fact that fresh duckweed contains quite a lot of carotene / kg dry matter, which is destroyed by UV rays during sun drying (Khatun et al., 2004).

Another experiment, conducted by Hong (1999), compared duckweed with ground soybeans as feed supplement for chickens. At two locations (experimental farm and village), there were three dietary treatments (broken rice + duckweed, broken rice + soybeans, broken rice alone) with 20 animals per treatment-location group.

The results of this experiment show that the intakes of broken rice in the groups were similar. This indicates that chickens have energy as their first priority rather than protein. The best growth was obtained with broken rice plus soybean supplement and the worst with broken rice alone. This difference was significant ( $p = 0,001$ ). On the experimental farm, soybean supplemented chickens grew faster than those supplemented with duckweed, whereas in the village, chickens supplemented with duckweed outperformed those given the ground soybeans. It is concluded that small amounts of fresh duckweed improves their growth rate when they also have access to broken rice (Hong, 1999).

Looking at the economical aspects of this experiment, it showed that the profit was the highest for birds fed broken rice + duckweed and the lowest for those supplemented with ground soybeans (Hong, 1999).

A review of Islam (2002) on the feasibility of duckweed as poultry feed showed that in diets of layers acceptable levels of duckweed range up to 40% of the total feed. In diets of broilers, up to 15% duckweed inclusion produces growth rates equal to those produced by control diets. Diets for chickens, containing up to 15% duckweed are suitable for birds under three weeks of age. Islam (2002) concluded that duckweed might be suitable as a replacement ingredient of fish-meal and soybean-meal up to a certain level in poultry diet.

## 2.6 Ducks

Results of studies of Men et al. (1995, 2001 and 2002) show that fresh duckweed can completely replace roasted soybeans and a vitamin-mineral premix in broken rice based diets for growing and breeding ducks without reduction in growth performance and carcass rates, except for exotic ducks. Exotic ducks had a significantly lower laying rate and a lower proportion of fertile eggs. Moreover, feeding duckweed reduces feed costs with 36% - 48% when duckweed is managed and harvested by household labour (Men et al., 1995, 2001).

Anh and Preston (1997) conducted an experiment to investigate if duckweed can replace soy beans in a protein-free basal diet. There were two trials; in trial 1, 25 10-day-old ducklings were fed in groups.

The protein source was soybean meal, given at levels of 10, 15, 20, 25 and 30% in the feed (approximately 7, 9, 11, 13 and 15% crude protein in feed dry matter). The basal energy diet was a mixture of brown sugar and cassava root meal (50/50). In this trial, duckweed was supplied at a level of 5% (dry basis) of the diet as a source of vitamins and minerals. In trial 2, 25 5-day-old ducklings were used and given the same basal energy diet as in trial 1. There were five levels of a ratio (on fresh weight basis) between duckweed and the basal diet, which were 1:1, 2:1, 3:1, 4:1 and 5:1 (approximately 3,3, 5,2, 6,8, 8,3 and 9,5% crude protein in feed dry matter).

The results of this research show that the protein in duckweed is utilized slightly less efficiently for duck growth than the protein in soybean meal, probably because of a lower digestibility, due to a higher fibre content in duckweed (10 % of dry matter) than in soybean meal (about 5% of dry matter). However, it was concluded that duckweed can be used as non-conventional protein source to replace soybean meal completely and duckweed can be the sole source of protein in duck diets (Anh and Preston, 1997).

An experiment conducted by Khanum et al. (2005), in which there were four treatments (each consisting of 20 animals), showed that ducks could not be reared when fed only duckweed. All ducks in that treatment died within three weeks. The other treatments were: a control diet, 50% control diet + ad libitum fresh duckweed and 50% control diet + ducks were allowed to forage on a duckweed lagoon.

The daily dry matter and organic matter intakes by ducks fed the control diet were higher than ducks fed duckweed. On the other hand, nitrogen and crude fibre intake were higher in the duckweed groups compared with the ducks fed the control diet. The final live weight of ducks fed duckweed was significantly lower ( $p < 0,01$ ) than that of ducks fed the control diet, but differences between the two remaining duckweed groups were not significant ( $p > 0,05$ ). This is possibly due to the lower energy content in duckweed compared with the control diet. The treatment effects on the carcass characteristics did not vary significantly ( $p > 0,05$ ) (Khanum et al., 2005).

Khandaker et al. (2007) conducted an experiment on the use of duckweed as a replacement of mustard oil cake (moc) as a protein source. In the experiment, four diets were used, including a control diet with 15% mustard oil cake. The other treatments contained 10% mustard oil cake and 5% duckweed, 5% mustard oil cake and 10% duckweed and finally 15% duckweed. The protein and energy content of the diets were decreasing as the duckweed content was increasing.

At the end of the 75-day experiment, no differences in body weight and average egg weight were observed ( $p > 0,05$ ). The average egg production, however, was significantly different. Ducks fed the control diet had the highest average egg production, possibly due to higher protein and energy content of the feed. Also, this group tended to have the lowest feed conversion ratio, but this was not significantly different (Khandaker et al., 2007).

This study also looked at the economical aspect of rearing ducks. The control feed was the most expensive feed and the higher the inclusion level of duckweed (and thus the lower the inclusion level of mustard oil cake), the lower the costs for feed. On the other hand, ducks fed the 15% duckweed diet had the lowest egg production and therefore, the least total income (Khandaker et al., 2007).

Overall, the highest ( $p < 0,01$ ) profit margin was obtained by feeding ducks the 15% duckweed diet. Khandaker et al. (2007) concluded that duckweed may be considered as a source of protein in the diets of laying duck.

## 2.7 Rats

Phuc et al. (2001) conducted a study to determine the nutritive value of eight tropical biomass products as dietary ingredients for monogastrics. Among these tropical biomass products was dried duckweed. In the experiment, either 25 or 50% of the casein protein in the control diet, which contained 10% casein, was replaced with one of the products. A total of 102 rats were used in this experiment; six rats per treatment were used. The treatments were: eight products \* 2 inclusion levels + a control diet.

The results of this experiment show that duckweed had a higher ( $p < 0,05$ ) digestibility value for the organic matter content, but a lower ( $p < 0,05$ ) crude protein digestibility value and N retention compared with the control diet. These effects were more pronounced when fed a higher amount of duckweed. Besides, biological value was lower ( $p < 0,05$ , only in the diet containing duckweed replacing 50% of the casein content) in the diet containing duckweed when compared with the control diet. Of the biomass products studied, duckweed belongs to one of the most promising products for inclusion in the diets of monogastrics (Phuc et al., 2001).



## 2.8 Pigs

The potential of duckweed (*Lemna gibba*) for pig feeding was studied by Gutiérrez et al. (2001). In this experiment, the performance of ten pigs fed a diet with inclusion of 10% duckweed was compared with the performance of ten pigs fed the control diet. Also, eight pigs in total were used to determine the digestibility of dry matter, crude protein and energy.

The results of this experiment show no differences ( $p > 0,05$ ) for live weight gain, dry matter consumption and feed conversion. Dry matter and protein digestibility were decreased ( $p < 0,05$ ) with the use of duckweed. In this experiment, no treatment effect on the energy digestibility was observed. According to Gutiérrez et al. (2001) the use of 10% of duckweed for pig feeding can be recommended and no negative effects on the productive performance of the animals were found.

## 2.9 Sheep

Damry et al. (2001) investigated duckweed (*Spirodela punctata*) as a protein source in fine-wool Merino sheep. He conducted two experiments; in the first experiment, 36 sheep received a normal diet with different levels of duckweed (diets had the same energy levels). In the second experiment, 21 sheep received a normal diet with different sources of protein as a substitute (duckweed, cottonseed and urea).

During the first experiment the animals did not gain or lose weight. Therefore it is concluded that the animals were fed on their maintenance level. The results of this experiment show that there were no between-diet differences in the mean fibre diameter of wool. Also, neither the adjusted yield of greasy wool nor the adjusted rate of wool fibre elongation differed significantly between the diets. According to Damry et al. (2001) this suggests that wool growth is less responsive to an increase in intestinal protein supply if this supply is below that required to support live weight maintenance.

During the second experiment, feed intake was lower ( $p < 0,05$ ) for the diet supplemented with urea compared to the diets supplemented with duckweed and cottonseed. The crude protein intake of sheep given the diet with duckweed was less ( $p < 0,05$ ) than that of animals given diets with urea or cottonseed. In this experiment, the rate of wool fibre elongation was higher ( $p < 0,05$ ) in animals supplemented with cottonseed or duckweed than those supplemented with urea, even though crude protein intake was lower in animals supplemented with duckweed. This finding is probably because the protein in these supplements escaped intact from the rumen, increasing the intestinal availability of digestible crude protein above that by microbial cells passing from the rumen of sheep supplemented with urea (Damry et al., 2001).

## 2.10 Cattle

Rusoff et al. (1978) investigated the feeding value of duckweed for ruminants. Duckweed (*Spirodela polyrhiza*, *Spirodela oligorrhiza*, *Spirodela wolffia* and *Lemna gibba*) grown on a dairy waste lagoon was harvested daily, rinsed with water and fed to four Holstein heifers (150 to 300 kg) along with corn silage. The ratio between duckweed and corn silage was 2:1 on a dry matter basis. A comparable group (control) was fed a daily ration of 7 kg corn, 2 kg of an 18% crude protein concentrate mixture with access to a grass pasture.

At the completion of the 28-day experimental period, heifers fed duckweed gained on average 0,9 kg per day compared to 0,45 kg per day for the control animals. Slight bloat symptoms were observed in a few animals fed duckweed during the feeding trial, probably due to the large amount of fresh plant ingested (Rusoff et al., 1978).

Huque et al. (1996) conducted an experiment to study the potential of duckweeds as feed for cattle. Rumen fistulated bulls were used in order to determine the rumen degradability. After a ration adjustment period of three weeks, dacron bags containing different species of dried and milled duckweed were incubated in the rumen. The three genera of duckweed are used; Lemna, Wolffia and Spirodela.

The results show that the degradability of dry matter and crude protein of Lemna and Wolffia at different incubation periods were higher ( $p < 0,01$ , except at 16h;  $p < 0,05$ ) than that of Spirodela. This finding is possibly due to the higher contents of soluble DM and CP in Lemna and Wolffia and their low or negligible lignin content. The calculation of CP degradability at a digest passage rate of 5%/hour shows that 516 to 629 g/kg of duckweed protein may be degradable in the rumen.

Figure 1 shows the protein degradability of the used duckweed genera.

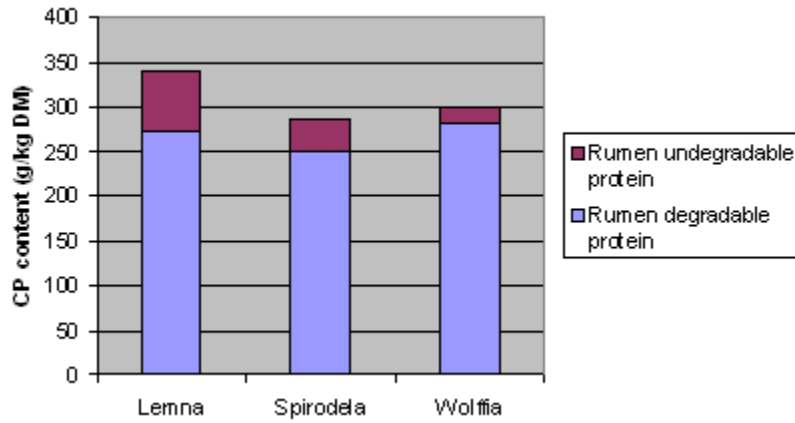


Figure 1. Protein degradability

From Figure 2 it can be seen that the crude protein content is ranging from 28 to 34%. The rumen undegradable protein part is between 6 and 20%, which is quite a difference. However, the rumen degradable protein part is in absolute values almost the same (248,2 g/kg DM to 282,0 g/kg DM). It is concluded that duckweed may be fed to cattle as a component of a concentrate mixture.

**Bijlage 3. Europese normen ongewenste stoffen**

<b>Ongewenste stof</b>	<b>Product</b>	<b>Gehalte</b> Maximumgehalte in mg/kg (ppm) van de voedermiddelen, herleid tot een vochtgehalte van 12%
<b>Zware metalen</b>		
Arseen	Volledig diervoeder	2.0
	Aanvullend diervoeder	4.0
Lood	Voedermiddel, groenvoeder	30.0
	Volledig diervoeder	5.0
	Aanvullend diervoeder	10.0
Kwik	Voedermiddelen en mengvoedergrondstoffen	0.1
Cadmium	Voedermiddelen van plantaardige oorsprong	1.0
	Volledig diervoeder	1.0
<b>Dioxines en PCB's</b>	Voedermiddelen van plantaardige oorsprong	
Som dioxines		0,75 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg
Som dioxine en dioxine-achtige PCB's		1,25 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg
<b>Fluor</b>	Voedermiddelen	150
	Aanvullend voer	
	≤ 4% fosfor	500
	≥ 4% fosfor	125 per 1% fosfor
	Volledig diervoeder	
	Varkens	100
	Kippen en vis	350
	Kuikens	250
	Rundvee, schapen en geiten	
	In lactatie	30
	Overig	50
<b>Pesticiden</b>	Voedermiddelen en mengvoedergrondstoffen	
Aldrin		0.01
Chloorcamfeen		0.1
Chloordaan		0.02
Chloordaan (Alfa)		0.02
Chloordaan (Gamma)		0.02
DDT		0.05
Dieldrin		0.01
Endosulfan		0.1
Endrin		0.01
Hexachloorbenzeen (HCB)		0.01
Hexachloorhexaan (HCH)		
Alfa		0.02
Beta		0.01
Gamma		0.2
Heptachloor		0.01
Heptachloorepoxy A		0.01

#### Bijlage 4. Samenvatting onderzoek inkuilen eendenkroos

Bron: Hoving et al., 2011

In 2007 is met een pilot aangetoond dat kroos uit oppervlaktewater verwerkt kan worden tot mengvoerbrok (Holshof et al., 2009). Daarmee is kroos geen afvalstof maar een grondstof. Door de meerwaarde wordt het oogsten van kroos betaalbaar en bovendien komt dit de waterkwaliteit ten goede. Een vereiste voor het produceren van mengvoer is dat kroos gedroogd wordt, maar dat kost relatief veel energie omdat kroos relatief nat is. Als goedkoper alternatief is onderzocht of kroos te fermenteren is door het in te kuilen. Conservering van kroos is namelijk van belang vanuit het oogpunt van voorraadvorming en kwaliteitscontrole.

Ervaringen met het fermenteren van kroos zijn niet bekend en er werd geen informatie in de literatuur gevonden. Kroos heeft een hoog vochtgehalte en een laag suikergehalte en zodoende is onderzocht wat het effect is van het verlagen van het vochtgehalte en van het toevoegen van zure en of suikerrijke producten. De waarnemingen waren gericht op het vaststellen van 1) het conserveringsresultaat, 2) de samenstelling en voederwaarde, 3) de conserveringsverliezen, 4) de nutriëntenverliezen, 5) de aanwezigheid van ziektekiemen en 6) het gehalte aan zware metalen en dioxinen. Het onderzoek is uitgevoerd op experimentele schaal met proefsilo's (statistisch betrouwbaar) en op praktijkschaal voornamelijk gericht op de techniek van inkuilen. De gebruikte additieven waren zuur, melasse (met en zonder inoculant), droge pulp en geconserveerde snijmaïs.

De inkuilresultaten waren alleen goed bij het toevoegen van de suikerrijke producten melasse en droge pulp. Blijkbaar waren er voldoende melkzuurbacteriën aanwezig om de suikers om te zetten in melkzuur, aangezien inoculant niet of nauwelijks toegevoegde waarde had. De additieven zuur en snijmaïs hadden respectievelijk een zeer slecht en een matig resultaat, waarschijnlijk omdat de concentraties te laag waren. Persen van het verse kroos had slechts een beperkte verhoging van het droge stofgehalte tot gevolg. Bij gebrek aan regressieformules voor eendenkroos is de voederwaarde berekend op basis van gras voor verse kroos en op basis van graskuil voor ingekuide kroos. De voederwaarde is dus slechts indicatief, zeker voor de mengkuilen van kroos met pulp en snijmaïs. Daarbij was de samenstelling en voederwaarde erg afhankelijk van het geoogste kroos. Zo werden grote verschillen tussen het eiwitgehalte van de eerste en de tweede oogst gevonden. Verliezen door effluent van persen en inkuilen beïnvloedde het conserveringsresultaat negatief, hoewel het totale verlies van nutriënten relatief klein was. De veiligheidsnormen voor zowel zware metalen als dioxinen werden niet overschreden. Ook werden geen ziektekiemen gevonden bij een geslaagde conservering.

Kroos (al of niet met toevoegingen) is door de geringe structuur niet te persen en te wikkelen tot een ronde baal, bekend van het inkuilen van gras. Door toevoeging van zuur en melasse werd de structuur bovendien nog aanmerkelijk geringer. Gebruik van big bags biedt uitkomst om het product bij elkaar te houden en om vervolgens in folie te kunnen wikkelen, maar het beperkt de inhoud per baal en vergroot de kosten. Gezien de geringe structuur, het hoge vochtgehalte en grote risico's op verliezen denken we dat inkuilen van kroos in luchtdicht af te sluiten containers of silo's veel perspectief heeft. Een proef met zogenaamde zuurkoolvaatjes gaf een bijzonder goed conserveringsresultaat.

Zonder additief wordt geen goed conserveringsresultaat bereikt. Alleen de suikerrijke producten melasse en droge pulp gaven een goed tot zeer goed conserveringsresultaat. Daarbij is melasse relatief goedkoop en praktisch. Persen gaf slechts een beperkte verhoging van het droge stofpercentage. Gangbare methoden voor inkuilen van ruwvoer zijn niet geschikt voor inkuilen van kroos door te weinig structuur van het product om het samen te persen en te wikkelen. Daarbij ontstaan gemakkelijk perssapverliezen. Gebruik van een luchtdicht af te sluiten container of silo kan een goed conserveringsresultaat geven en voorkomt verliezen.

## **Bijlage 5. Voorschriften primaire productie diervoederbedrijven**

### **PRIMAIRE PRODUCTIE (Bijlage I uit VO 183/2005)**

#### **DEEL A**

#### ***Voorschriften voor diervoederbedrijven in het stadium van de primaire productie van diervoeders, zoals bedoeld in artikel 5, lid 1***

##### **I. Bepalingen inzake hygiëne**

1. Exploitanten van diervoederbedrijven die voor primaire productie van diervoeders verantwoordelijk zijn, zorgen ervoor dat de werkzaamheden zodanig worden beheerd en uitgevoerd dat gevaren die de voederveiligheid in het gedrang kunnen brengen, voorkomen, geëlimineerd of tot een minimum beperkt worden.
2. Exploitanten van diervoederbedrijven zorgen er, voorzover mogelijk, voor dat de onder hun verantwoordelijkheid geproduceerde, bereide, gereinigde, verpakte, opgeslagen en vervoerde primaire producten tegen verontreiniging en bederf worden beschermd.
3. Exploitanten van diervoederbedrijven voldoen aan de in de punten 1 en 2 omschreven verplichtingen door naleving van de toepasselijke communautaire en nationale wettelijke bepalingen betreffende het onder controle houden van gevaren, met inbegrip van:
  - i) maatregelen voor het beheersen van gevaarlijke verontreiniging zoals die welke wordt veroorzaakt door lucht, bodem, water, meststoffen, gewasbeschermingsmiddelen, biociden, geneesmiddelen voor diergeneeskundig gebruik en het hanteren en verwijderen van afvalstoffen;
  - ii) maatregelen die verband houden met de gezondheid van planten en dieren en het milieu, en die gevolgen hebben voor de voederveiligheid, inclusief programma's voor bewaking en bestrijding van zoönoses en zoönoseverwekkers.
4. In voorkomend geval nemen exploitanten van diervoederbedrijven passende maatregelen om vooral:
  - a) alle voor het produceren, bereiden, sorteren, verpakken, opslaan en vervoeren van diervoeders gebruikte voorzieningen, apparatuur, recipiënten, kisten en voertuigen schoon te houden en die, waar nodig, na het schoonmaken op passende wijze te ontsmetten;
  - b) er, waar nodig, voor te zorgen dat de productie, het vervoer en de opslag onder hygiënische omstandigheden plaatsvinden en de diervoeders schoon zijn;
  - c) altijd schoon water te gebruiken wanneer dat noodzakelijk is om gevaarlijke verontreiniging te voorkomen;
  - d) voorzover mogelijk, te voorkomen dat dieren en schadelijke organismen gevaarlijke verontreiniging veroorzaken;
  - e) afval en gevaarlijke stoffen apart en veilig op te slaan en te hanteren, zodat gevaarlijke verontreiniging voorkomen wordt;
  - f) ervoor te zorgen dat verpakkingsmateriaal geen bron van gevaarlijke verontreiniging van diervoeders is;
  - g) rekening te houden met de resultaten van analyses van monsters van primaire producten of andere monsters die van belang zijn voor de voederveiligheid.

##### **II. Bijhouden van registers**

1. Exploitanten van diervoederbedrijven houden registers bij inzake maatregelen ter beheersing van gevaren en zij bewaren die registers op passende wijze en gedurende een passende termijn die afgestemd is op de aard en de omvang van het diervoederbedrijf. Zij stellen relevante informatie in deze registers op verzoek ter beschikking van de bevoegde autoriteit.
2. Exploitanten van diervoederbedrijven houden in het bijzonder registers bij over:
  - a) het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en biociden;
  - b) het gebruik van genetisch gemodificeerd zaai- en pootgoed;
  - c) de aanwezigheid van ziekten die de veiligheid van primaire producten in het gedrang kunnen brengen;
  - d) de resultaten van analyses van monsters van primaire producten of andere voor diagnosedoeleinden genomen monsters die van belang zijn voor de voederveiligheid;

- e) de bron en hoeveelheid van elk diervoeder dat het bedrijf binnenkomt en de bestemming en hoeveelheid van elk diervoeder dat het bedrijf verlaat.
3. Andere personen zoals dierenartsen, agronomen en landbouwtechnici mogen de exploitanten van diervoederbedrijven bijstaan bij het bijhouden van registers aangaande de activiteiten die zij op het landbouwbedrijf hebben verricht.

## DEEL B

### ***Aanbevelingen voor gidsen voor goede praktijken***

1. Ingeval er nationale en communautaire gidsen zoals bedoeld in hoofdstuk III worden opgesteld, bevatten zij richtsnoeren voor goede praktijken met het oog op het onder controle houden van gevaren voor de primaire productie van diervoeders.
2. De gidsen voor goede praktijken bevatten afdoende informatie over gevaren tijdens de primaire productie van diervoeders en over de maatregelen om gevaren onder controle te houden, met inbegrip van de maatregelen die vervat zijn in communautaire en nationale wetgeving, of communautaire en nationale programma's, zoals:
  - a) het onder controle houden van verontreiniging door mycotoxinen, zware metalen en radioactief materiaal;
  - b) het gebruik van water, organisch afval en meststoffen;
  - c) het correcte en adequate gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en biociden en de traceerbaarheid ervan;
  - d) het correcte en adequate gebruik van geneesmiddelen voor diergeneeskundig gebruik en toevoegingsmiddelen voor diervoeders en de traceerbaarheid ervan;
  - e) de (bereiding, opslag en) traceerbaarheid van voedermiddelen;
  - f) de correcte verwijdering van dode dieren, afval en stromest;
  - g) beschermende maatregelen om de insleep van besmettelijke, via voeder op dieren overdraagbare ziekten te voorkomen en de verplichting om de bevoegde autoriteit daarvan in kennis te stellen;
  - h) procedures, praktijken en methoden om te waarborgen dat diervoeders onder adequate hygiënische omstandigheden worden geproduceerd, bereid, verpakt, opgeslagen en vervoerd, met inbegrip van doeltreffende reiniging en bestrijding van schadelijke organismen;
  - i) gedetailleerde gegevens met betrekking tot het bijhouden van registers.

## **GOEDE PRAKTIJKEN VOOR HET VOEDEREN VAN DIEREN (Bijlage III VO 183/2005)**

### **BEWEIDING**

De beweiding van weiden en akkerland wordt zodanig beheerd dat verontreiniging van levensmiddelen van dierlijke oorsprong door fysische, biologische of chemische gevaren tot een minimum wordt beperkt. Indien nodig, wordt er een voldoende rustperiode in acht genomen alvorens vee op weiden, akkers en oogstrestanten en tussen beweidingsperioden te laten grazen om biologische kruisbesmetting door mest - waar dit een probleem kan zijn – tot een minimum te beperken en ervoor te zorgen dat de wachttijden voor landbouwchemicaliën in acht worden genomen.

### **VOORSCHRIFTEN VOOR STALLEN EN VOEDERAPPARATUUR**

De productie-eenheid is zo ontworpen dat zij adequaat kan worden gereinigd. De productie-eenheid en de voederapparatuur worden regelmatig grondig gereinigd om te voorkomen dat er gevaren ontstaan. Voor reiniging en sanering van de productie-eenheden gebruikte chemicaliën worden volgens de gebruiksaanwijzing gebruikt en gescheiden van het diervoeder en de voederplaatsen opgeslagen. Er is een systeem voor ongediertebestrijding om de toegang van schadelijke organismen tot de productie-eenheid onder controle te houden teneinde de kans op verontreiniging van het voeder, het strooisel of de diereenheden zo klein mogelijk te maken.

De gebouwen en de voederapparatuur worden schoongehouden. Er zijn systemen aanwezig om mest, afval en andere mogelijke bronnen van verontreiniging van het diervoeder op gezette tijden te verwijderen. Het in de productie-eenheid gebruikte diervoeder en strooisel wordt vaak ververst en mag niet beschimmelen.

## VOEDERING

### **1. Opslag**

Diervoeder wordt gescheiden van chemische stoffen en andere voor diervoeder verboden producten opgeslagen. De opslagruimten en recipiënten zijn schoon en droog en, waar nodig, worden er passende maatregelen ter bestrijding van schadelijke organismen genomen. De opslagruimten en -recipiënten worden op gezette tijden gereinigd om onnodige kruisverontreiniging te voorkomen. Zaad wordt correct opgeslagen, op een zodanige wijze dat er geen dieren bij kunnen komen. Gemedicineerde en niet-gemedicineerde diervoeders, bestemd voor verschillende diersoorten of -categorieën, worden op een zodanige wijze opgeslagen dat het risico van vervoeding aan dieren waarvoor zij niet zijn bestemd, wordt beperkt.

### **2. Distributie**

Het voederdistributiesysteem op het bedrijf is zodanig dat het juiste voeder op de juiste bestemming komt. Bij de distributie en voeding wordt het diervoeder zodanig gehanteerd dat er geen verontreiniging optreedt door verontreinigde opslagruimten en apparatuur. Niet-gemedicineerde diervoeders worden gescheiden van gemedicineerde diervoeders gehanteerd om verontreiniging te voorkomen.

Voertuigen en apparatuur die op het bedrijf ten behoeve van het voederen worden gebruikt, worden op gezette tijden gereinigd, vooral wanneer zij worden gebruikt voor het afleveren en distribueren van gemedicineerde diervoeders.

## VOEDER EN WATER

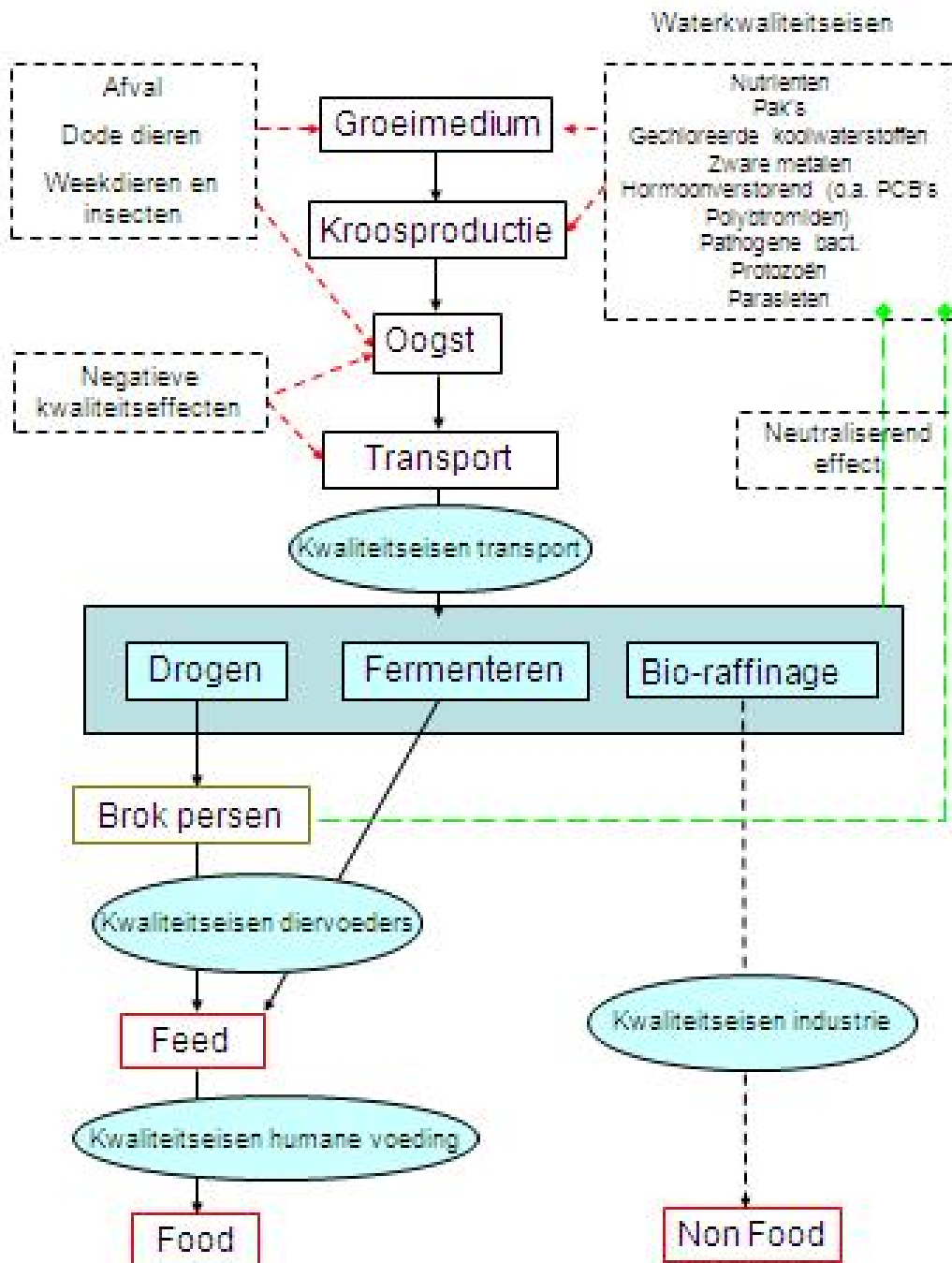
Drinkwater en water voor aquacultuur is van een passende kwaliteit voor de dieren. Indien er reden tot bezorgdheid over verontreiniging van dieren of dierlijke producten door water is, worden er maatregelen genomen om de gevaren te evalueren en tot een minimum te beperken.

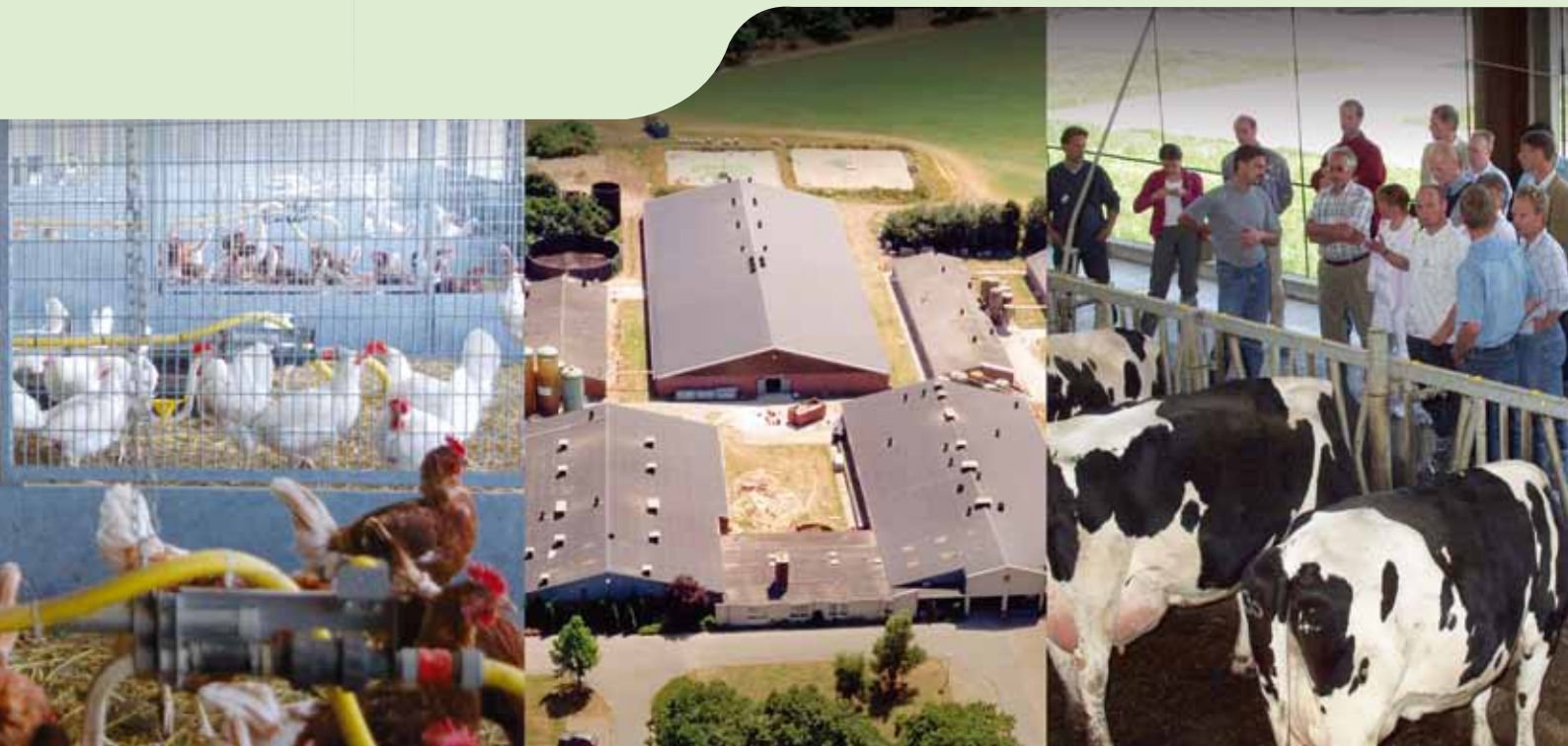
Voeder- en drinkinstallaties worden zodanig ontworpen, gebouwd en geplaatst dat het gevaar van verontreiniging van voeder en water tot een minimum wordt beperkt. Drinkinstallaties worden, voorzover mogelijk, op gezette tijden gereinigd en onderhouden.





Bijlage 7. Risico's in productieketen





Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl) | [www.livestockresearch.wur.nl](http://www.livestockresearch.wur.nl)