



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Eiwitkwaliteit en
voedselveiligheidsaspecten van
nieuwe eiwitbronnen en
van hun producttoepassingen**

RIVM Briefrapport 2015-0176
M. Seves et al.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Eiwitkwaliteit en
voedselveiligheidsaspecten
van nieuwe eiwitbronnen en
van hun producttoepassingen**

RIVM Briefrapport 2015-0176
M. Seves et al.

Colofon

© RIVM 2015

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Marije Seves (auteur), RIVM
Janneke Verkaik-Kloosterman (auteur), RIVM
Liesbeth Temme (auteur), RIVM
Joop van Raaij (auteur), RIVM

Contact:
Joop van Raaij
Preventie & Voeding
Joop.van.Raaij@RIVM.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Economische Zaken, in het kader van kennisvraag 10B.6.2: kwaliteit en toepassing van nieuwe eiwitten

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Eiwitkwaliteit en voedselveiligheidsaspecten van nieuwe eiwitbronnen en van hun producttoepassingen

Vanuit de samenleving is er steeds meer aandacht voor het gebruik van nieuwe eiwitbronnen in ons voedsel, zoals soja, lupine, insecten (meelworm en sprinkhaan) en algen. Dat komt onder andere door de ongunstige impact op het milieu van sommige gangbare, vooral dierlijke eiwitbronnen. Het RIVM heeft verkend of het gebruik van nieuwe eiwitbronnen in Nederland van invloed is op de totale hoeveelheid eiwit die we binnenkrijgen en op de kwaliteit ervan.

Uit deze verkenning blijkt dat gangbare eiwitbronnen, zoals vlees, vis en ei, zelden volledig door nieuwe eiwitbronnen worden vervangen. Meestal betreft het een gedeeltelijke vervanging, of zijn ze een aanvulling op het menu. De totale hoeveelheid eiwit die mensen dagelijks binnenkrijgen lijkt daardoor niet af te nemen. De kwaliteit van het eiwit uit nieuwe eiwitbronnen is soms wat minder dan die van gangbare eiwitbronnen. Dat komt doordat de nieuwe eiwitbronnen iets minder optimaal door het lichaam worden opgenomen (een 'lagere verteerbaarheid' hebben) en een iets minder gunstige samenstelling aan aminozuren hebben. Door nieuwe eiwitbronnen in producten te combineren met gangbare of andere nieuwe eiwitbronnen, verandert echter de kwaliteit van het totaal aan eiwit dat we binnenkrijgen niet wezenlijk en blijft die hoogwaardig.

Eiwitten zijn belangrijk voor de opbouw van het lichaam. Daarnaast zijn ze werkzaam als enzymen en hormonen, en vervullen ze functies bij het transport van stoffen door het lichaam en bij diverse reguleringsmechanismen.

In deze verkenning gaat het om het gebruik van nieuwe eiwitbronnen als vervangers van vlees, van gangbare peulvruchten (lupinebonen) en van zuivel (soja). Daarnaast zijn toepassingen in brood (lupinemeel en algen) en in snacks (sprinkhanen en meelwormen) bekeken.

Nieuwe eiwitbronnen vallen mogelijk onder de EU-Verordening voor Nieuwe Voedingsmiddelen voordat zij op de Europese markt mogen worden toegelaten. In dat geval zal eerst moeten worden beoordeeld of ze veilig zijn. In deze verkenning is vooral gekeken naar allergische reacties. Allergische reacties op soja en lupine zijn bekend en staan op verpakkingen vermeld. Voor andere nieuwe eiwitbronnen moet dit nog nader worden onderzocht.

Kernwoorden: Nieuwe eiwitbronnen, eiwitkwaliteit, allergeniteit

Synopsis

Protein quality and food safety aspects of novel protein sources and of their product applications

In the society there is an increasing interest for the use of novel protein sources in the diet, such as soy, lupine, insects (mealworm and grasshopper) and algae. This is partly because of the unfavourable environmental impact of some common, mainly animal protein sources. RIVM has explored for the Dutch situation whether the use of novel protein sources is affecting the total daily protein intake and its quality.

The exploration reveals that common protein sources such as meat, fish and egg, are seldom fully replaced by novel protein sources. It usually concerns a partial replacement, but the novel protein source might also be extra to other protein sources in the diet. It seems that the total daily protein intake does not decrease. The protein quality of novel protein sources is often a bit less than of common animal protein sources. This is because novel protein sources are a bit less digested and absorbed by the human body (lower digestibility) and because they have a bit less favourable amino acid composition. However, by application of novel protein sources in products in combination with common or other novel protein sources, the quality of the total daily intake of protein will not change substantially and remains of high level.

Proteins are building blocks of body tissues, may serve as fuel sources, are present in enzymes and hormones, and fulfil functions in the transport of materials throughout the body and in various regulation mechanisms.

The application of novel protein sources has been explored as replacers of meat, of common legumes (lupine beans) and of dairy (soy). In addition, applications in bread (lupine flour and algae) and in snacks (mealworms and grasshopper) have been studied.

Novel protein sources may fall under the EU-Regulation for Novel Foods before they are allowed to be launched to the European market. In that case the safety of the product should first be established. In this report the focus is on allergic reactions. Allergic reactions to soy and lupine are known and indicated on the food packaging. For other novel protein sources this is still to be studied.

Keywords: Novel protein sources, protein quality, allergic responses

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 13

2 Methoden — 17

2.1 Werkwijze — 17

2.2 Eiwitkwaliteit — 18

2.3 Andere voedingskundige en voedselveiligheidsaspecten — 22

3 Nieuwe eiwitten — 23

3.1 Peulvruchten: Soja — 23

3.2 Peulvruchten: Lupine — 28

3.3 Insecten: meelwormen en sprinkhanen — 35

3.4 Algen: micro-algen en zeewieren — 41

3.5 Kweekvlees — 50

4 Discussie — 53

5 Dankwoord — 65

6 Literatuurlijst — 67

**Bijlage 1 – Aanvulling bij hoofdstuk 3.2 Peulvruchten:
Lupine — 77**

Samenvatting

Eiwitkwaliteit en voedselveiligheidsaspecten van nieuwe eiwitbronnen en van hun producttoepassingen

Nieuwe eiwitbronnen krijgen maatschappelijk steeds meer aandacht, mede door de ongunstige milieu- en gezondheidsimpact van sommige gangbare, vooral dierlijke eiwitbronnen. Gangbare eiwitbronnen binnen het traditionele Nederlandse menu zijn bijvoorbeeld vlees, vis, en ei. Nieuwe eiwitbronnen zijn binnen het huidige Nederlandse menu niet of minder gangbaar, zoals soja, lupine, insecten, algen, of kweekvlees (nog niet verkrijgbaar). Zij vallen voor toelating tot de Europese markt daardoor mogelijk onder de EU-Verordening voor Nieuwe Voedingsmiddelen.

De vraag is of invoering van nieuwe eiwitbronnen, hierbij rekening houdend met hun (voorgenomen) toepassingen in voedingsmiddelen, kan leiden tot een ongunstig effect op de eiwitinname en de eiwitkwaliteit, en tot gezondheidseffecten. Bij eiwitkwaliteit is hierbij vooral gekeken naar verteerbaarheid en de aminozuursamenstelling. Bij onveilig gebruik is vooral gedacht aan de allergeniteit van de nieuwe eiwitbronnen.

In dit rapport is deze vraag vooral op productniveau beantwoord en niet zozeer op het niveau van de gehele dagelijkse voeding. Dit betekent dat primair gekeken is naar de huidige of verwachte producttoepassingen van de nieuwe eiwitbronnen en dat deze vergeleken zijn met vergelijkbare gangbare producten voor wat betreft eiwitgehalte, eiwitkwaliteit en productveiligheid. Dat neemt niet weg dat ook gekeken is naar de rol van het product in maaltijden of in de totale dagvoeding, bijvoorbeeld als het gaat om de aanvullende waarde van eiwitbronnen.

In overleg met de opdrachtgever (Ministerie Economische Zaken) is de onderzoeksvraag voor vier groepen van nieuwe eiwitbronnen uitgewerkt. Hierbij zijn representatieve en concrete voorbeelden per groep gebruikt: (1) peulvruchten: soja en lupine; (2) insecten: meelworm en sprinkhaan; (3) algen: microalgen en zeewieren; en (4) kweekvlees. Als eerste stap is voor elk van deze zeven nieuwe eiwitbronnen gezocht naar concrete producttoepassingen. In een literatuurstudie is gezocht naar gegevens over het eiwitgehalte en de eiwitkwaliteit, en over eventuele risico's die aan het gebruik van de nieuwe eiwitbronnen kunnen kleven. Vervolgens is per nieuwe eiwitbron beoordeeld wat (voorgenomen) producttoepassingen van deze eiwitbron zouden betekenen voor het eiwitgehalte, de eiwitkwaliteit en de voedselveiligheid.

Vervolgens is de betekenis van de producttoepassingen van de nieuwe eiwitbronnen in een breder perspectief geplaatst: wat zou de betekenis van de nieuwe eiwitbronnen kunnen zijn voor onze dagelijkse eiwitinname, voor de kwaliteit van onze dagelijkse eiwitinname en voor onze veiligheid? Gekozen is voor vijf productgroepen die een belangrijke

bijdrage kunnen leveren aan de totale dagelijkse eiwitname, namelijk nieuwe eiwitbronnen als (1) vleesvervangers, (2) vervanger van gangbare peulvruchten, en (3) zuivelvervangers, en bij (4) toepassingen in brood, en (5) toepassing in snacks. Voor andere product(groep)en met nieuwe eiwitbronnen is de verwachte bijdrage aan de dagelijkse eiwitvoorziening gering en zij zijn daarom buiten beschouwing gelaten. Ook zijn supplementen met nieuwe eiwitbronnen meegenomen, niet omdat ze een grote bijdrage aan de dagelijkse eiwitvoorziening leveren, maar meer uit oogpunt van voedselveiligheid.

Behalve micro-algen worden alle nieuwe eiwitbronnen medio 2015 toegepast als vervanger van regulier geproduceerd vlees, of kunnen daar in de toekomst mogelijk voor worden gebruikt (kweekvlees). Lupinebonen kunnen op eenzelfde wijze opgenomen worden in onze maaltijden als andere, meer gangbare peulvruchten. In ons onderzoek is soja de enige eiwitbron die ook als zuivelvervanger wordt toegepast. Zowel lupine(meel) als micro-algen worden toegepast in brood en andere graanproducten. Insecten zoals sprinkhanen en meelwormen kunnen worden geconsumeerd als snack. Dit kan zijn in hele vorm (na eventueel verwijderen van poten en vleugels), in gemalen vorm en als ingrediënt in bijvoorbeeld bitterballen.

Nieuwe eiwitbronnen hebben, net als diverse gangbare eiwitbronnen, vaak één of meer limiterende aminozuren (dit zijn aminozuren waarvan de behoefte het minst gedekt is). Daarnaast lijkt de verteerbaarheid van nieuwe eiwitbronnen lager in vergelijking met vlees en zuivel. Door nieuwe eiwitbronnen te combineren met andere eiwitbronnen die juist rijk zijn aan bepaalde aminozuren in hetzelfde product of tijdens hetzelfde eetmoment kunnen tekorten worden voorkomen. Bij zulk gecombineerd gebruik lijkt er binnen het Nederlandse voedingspatroon geen reden om aan te nemen dat er problemen zullen ontstaan met de aminozuurvoorziening. Daar komt bij dat in Nederland de eiwitvoorziening veelal ruim is, zodat ook bij eiwit van iets mindere kwaliteit de belangrijke aminozuren in voldoende mate voor kunnen komen.

Teelt- en kweekmethoden kunnen van invloed zijn op de samenstelling van nieuwe eiwitbronnen. Op dit moment zijn er slechts beperkte gegevens beschikbaar over de eiwitkwaliteit van nieuwe eiwitbronnen van Nederlandse bodem. Dat geldt eveneens voor voedingsmiddelen waarin nieuwe eiwitbronnen zijn verwerkt.

Soja en lupine moeten op de verpakking vermeld staan als allergeen. Voor insecten en algen is deze verplichting er niet. Van insecten is wel bekend dat mensen hier allergisch op kunnen reageren. Ook voor deze nieuwe eiwitbron zou vermelding als allergeen overwogen kunnen worden. Naast allergeniteit kunnen er andere voedselveiligheidsaspecten een rol spelen. Een voorbeeld vormen de alkaloiden in lupine. In Australië is hier een wettelijke norm voor vastgesteld. Het lijkt erop dat in Nederland deze norm vaak ook gehanteerd wordt, hoewel deze niet wettelijk is vastgelegd. Het vastleggen van een norm voor het alkaloidengehalte in lupine zou ook voor Europa overwogen kunnen worden.

In dit rapport zijn de producttoepassingen van nieuwe eiwitbronnen vooral op productniveau onderzocht. Deze producten zullen in ons dagelijks menu echter onderdeel vormen van een breed samenspel met andere voedingsmiddelen. Wat betekent het voor de dagelijkse voeding als geheel als gangbare eiwitbronnen uit het huidige voedselconsumptiepatroon (deels) worden vervangen door nieuwe eiwitbronnen? Dit zou met het opstellen van scenario's en het schatten van de impact van deze scenario's op eiwitname, eiwitkwaliteit en voedselveiligheid verder onderzocht kunnen worden.

1 Inleiding

Nieuwe eiwitbronnen voor menselijke consumptie krijgen maatschappelijk steeds meer aandacht, mede door de milieu- en gezondheidsimpact van sommige gangbare eiwitbronnen (Westhoek, Rood et al. 2011). Met gangbare eiwitbronnen worden de eiwitbronnen bedoeld die binnen het traditionele Nederlandse menu gebruikelijk zijn, zoals vlees, vis, ei, gangbare granen zoals tarwe en gangbare peulvruchten zoals bonen. Deze eiwitbronnen kunnen als zodanig geconsumeerd worden, maar zijn vaak ook onderdeel van samengestelde producten. Met nieuwe eiwitbronnen worden eiwitbronnen bedoeld die binnen het huidige Nederlandse menu niet of minder gangbaar zijn. Hierbij kan gedacht worden aan vleesvervangers met een plantaardige basis en insecten, maar ook aan bijvoorbeeld niet-gangbare granen en niet-gangbare peulvruchten.

Er komen steeds meer producten met nieuwe eiwitbronnen op de Nederlandse markt, en dus ook in ons dagelijks menu. Nieuwe eiwitbronnen, of hieruit gezuiverde eiwitpreparaten, kunnen toegepast worden om een gangbare eiwitbron geheel of gedeeltelijk te vervangen, bijvoorbeeld uit het oogpunt van het beschermen van ons milieu of onze gezondheid, of uit oogpunt van dierenwelzijn. Een voorbeeld is een vleesvervanger waarin gangbaar eiwit geheel is vervangen door plantaardig eiwit of insecteneiwit. Soms worden deze nieuwe eiwitbronnen, of hieruit gezuiverde eiwitpreparaten, extra aan een voedingsmiddel toegevoegd om het eiwitgehalte te verhogen. Denk bijvoorbeeld aan eiwitrijke producten voor speciale doelgroepen zoals ouderen en sporters.

In verschillende studies is de milieu-impact van nieuwe eiwitbronnen, zoals van plantaardige vleesvervangers (Blonk and Luske 2008, Broekema and Blonk 2009) en van meelwormen (Oonincx and De Boer 2012), bestudeerd en vergeleken met die van gangbare eiwitbronnen. Deze nieuwe eiwitbronnen scoren over het algemeen gunstiger als het gaat om broeikasgasemissies en land- en energiegebruik, in vergelijking met rund- en varkensvlees. Ook de milieu-impact van kweekvlees wordt, ondanks de grote onzekerheid, lager geschat dan die van regulier vlees (Tuomisto and Teixeira de Mattos 2011). Naast milieu-impact kunnen er tussen gangbare en nieuwe eiwitbronnen ook verschillen zijn in voedingskundige- en voedselveiligheidsaspecten. Bij voedingskundige aspecten gaat het bijvoorbeeld om de kwaliteit van het eiwit, zoals de verteerbaarheid en aminozuursamenstelling van het eiwit. Bij veiligheidsaspecten kan het bijvoorbeeld gaan om de aanwezigheid van allergenen en anti-nutritionele factoren (stoffen die een negatieve invloed hebben op de vertering en benutting van voedsel).

In het recente verleden zijn diverse voedingskundige evaluaties van vervangingen van eiwitbronnen uitgevoerd. In 2009 is in een rapport van Wageningen UR een voedingskundige evaluatie gemaakt van het (gedeeltelijk) vervangen van dierlijke eiwitbronnen door plantaardige eiwitbronnen (Šebek and Temme 2009). In een verkennend onderzoek van het RIVM uit 2011 is onderzocht wat een verschuiving in een menu

van de traditionele dierlijke eiwitbronnen naar meer duurzame plantaardige eiwitbronnen betekent voor de inname van eiwitten, en een selectie van vitamines en mineralen (Tijhuis, Ezendam et al. 2011). In vervolgstudies van het RIVM is onderzocht wat de voedingskundige en milieu-impact is van vervanging van vlees en zuivel door traditionele plantaardige producten (Seves, Verkaik-Kloosterman et al. , Temme, Bakker et al. 2015). Uit deze studies bleek dat wanneer vlees en zuivel producten volledig worden vervangen door plantaardige alternatieven de eiwitvoorziening onder jonge kinderen en volwassenen adequaat bleef. In deze studies is echter niet specifiek gekeken naar nieuwe eiwitbronnen en ook niet naar de mogelijke impact op de eiwitkwaliteit van deze vervangingen. In dit rapport zullen we ons daarom vooral concentreren op de eiwitkwaliteit van mogelijke nieuwe eiwitbronnen. Daarnaast zal worden geëvalueerd wat de gevolgen zijn op allergische reacties.

De Europese Regelgeving 258/97 definieert 'novel foods' als voedingsmiddelen en voedsel ingrediënten die binnen de Europese Unie niet in significante mate geconsumeerd zijn vóór mei 1997 (Regulation (EC) Nr 258/97, 1997). Veel nieuwe eiwitbronnen, en voedingsmiddelen waarin deze worden toegepast, zullen onder deze Europese regelgeving vallen. In dit rapport zullen wij niet ingaan op het eventuele 'novel food' karakter van de producten.

Centrale onderzoeksvraag

Kan invoering van nieuwe eiwitbronnen, gezien hun (voorgenomen) toepassingen in voedingsmiddelen, leiden tot een ongunstig effect op de eiwitinneming en de eiwitkwaliteit, en tot gezondheidseffecten?

Wat betreft de keuze voor de te onderzoeken nieuwe eiwitbronnen is niet gestreefd naar volledigheid van het mogelijke arsenaal van nieuwe eiwitbronnen. In overleg met de opdrachtgever (Ministerie Economische Zaken) is besloten vier groepen van nieuwe eiwitbronnen te onderzoeken (peulvruchten, insecten, algen en kweekvlees) met representatieve voorbeelden per groep (respectievelijk soja en lupine, meelworm en sprinkhaan, microalgen en zeewier, en kweekvlees).

Effecten van 'vervangingen' kunnen op productniveau en op dagconsumptieniveau onderzocht worden. Uiteraard zal het voedingskundige en veiligheidseffect van vervanging van gangbare eiwitbronnen door nieuwe eiwitbronnen afhangen van de mate waarin de nieuwe eiwitbronnen in het dagelijkse menu toegepast worden. Voor evaluaties op dagconsumptieniveau zijn dan ook uitgebreide scenario-analyses nodig. In dit rapport is echter gekozen voor evaluaties op productniveau. Op welke wijze zullen deze nieuwe eiwitbronnen toegepast worden? Gaan ze bepaalde gangbare voedingsmiddelen volledig vervangen? Worden deze nieuwe eiwitbronnen in voedingsmiddelen gecombineerd met gangbare eiwitbronnen? Of worden ze als extra gegeten? Uitgaande van de samenstellingsgegevens van gangbare en nieuwe eiwitbronnen zal op productniveau in kaart gebracht worden wat de voedingskundige en veiligheidseffecten zijn van vervanging van de gangbare eiwitbron door de nieuwe eiwitbron.

In hoofdstuk 2 zal de gebruikte methodiek besproken worden. In hoofdstuk 3 worden de zeven nieuwe eiwitbronnen besproken, de beschrijving van de eiwitbron, de producttoepassing, het eiwitgehalte en de eiwitkwaliteit, en de beschouwing over de plaats van de eiwitbron en producttoepassing in de dagelijkse voeding. In hoofdstuk 4 worden de diverse nieuwe eiwitbronnen met elkaar vergeleken en bediscussieerd en koppelen we terug naar de onderzoeksvraag.

2 Methoden

2.1 Werkwijze

De voor deze studie in overleg met opdrachtgever geselecteerde nieuwe eiwitbronnen zijn peulvruchten (soja en lupine), insecten (meelwormen en sprinkhanen), algen (microalgen en zeewier) en kweekvlees. Voor elk van deze 7 nieuwe eiwitbronnen is gezocht naar concrete producttoepassingen. Op basis van de veelgebruikte naam voor het nieuwe eiwit vond deze zoekactie online plaats. Vervolgens zijn op de website van de fabrikant of online-winkel een aantal specificaties over het product opgezocht, zoals de hoeveelheid eiwit per 100 gram en het gehalte en de vorm van de nieuwe eiwitbron in de producttoepassing. Bij onduidelijkheden is de fabrikant per email benaderd. De focus lag op voedingsmiddelen die op de Nederlandse markt verkrijgbaar zijn.

Vervolgens is een literatuurstudie uitgevoerd (tot juli 2015) met behulp van de zoekmachines Scopus, Pubmed en Google Scholar. Daarnaast zijn ook overzichtsrapporten van andere onderzoeksinstituten en van EFSA (European Food Safety Authority) geraadpleegd. De gebruikte zoektermen staan in Tabel 1. De zoektermen voor de nieuwe eiwitbronnen werden gecombineerd met de zoektermen voor *eiwitkwaliteit* of *allergeniteit*. Tijdens de literatuurstudie is zoveel mogelijk gezocht naar gegevens over de eiwitkwaliteit van nieuwe eiwitbronnen zoals deze in Nederland worden toegepast. Er is daarom waar mogelijk gefocust op de rassen of soorten en teeltomstandigheden die in Nederland worden gebruikt. Als hier geen of weinig informatie over beschikbaar was, is aanvullende informatie gezocht op basis van vergelijkbare nieuwe eiwitbronnen of vergelijkbare producttoepassingen uit het buitenland. In dit rapport wordt telkens aangegeven of het gaat om Nederland-specifieke gegevens of niet. De informatie over allergeniteit is beperkt tot overzichtsartikelen en opinies van EFSA.

Ook bij het verzamelen van gegevens over de eiwitkwaliteit zijn een aantal fabrikanten van voedingsmiddelen waarin nieuwe eiwitbronnen zijn verwerkt, benaderd en gevraagd om gegevens te delen.

Tabel 1. Overzicht van zoektermen onderverdeeld naar 3 categorieën: nieuwe eiwitbron, eiwitkwaliteit, allergeniteit

Categorie		
Nieuwe eiwitbron	Eiwitkwaliteit	Allergeniteit
Soy	Amino acid (score)	allergy
Lupin(e); Lupinus (Angustifolius)	PDCAAS; protein digestibility-corrected amino acid score	intolerance
Mealworm; Tenebrio molitor	digestibility	
Grasshopper; Orthoptera		
(micro-)algae; chlorella		
Seaweed		
In vitro meat; cultured meat		

Op basis van de resultaten verkregen met de hiervoor beschreven werkwijze zijn de nieuwe eiwitbronnen vergeleken en is een uitspraak gedaan over in hoeverre ongunstige effecten op de eiwitname, eiwitkwaliteit en gezondheid verwacht mogen worden.

2.2

Eiwitkwaliteit

Voor het beoordelen van de eiwitkwaliteit van nieuwe eiwitbronnen zijn verschillende aspecten van belang, zoals het aandeel essentiële aminozuren in het eiwit en de verteerbaarheid van het eiwit. Daarnaast is ook de totale hoeveelheid eiwit van belang, want een bron met veel eiwit per 100 gram levert logischerwijs ook meer essentiële aminozuren. Hieronder worden enkele begrippen met betrekking tot de eiwitkwaliteit nader toegelicht.

Essentiële aminozuren. Eiwitten bestaan uit lange ketens van aminozuren. Aminozuren die het lichaam niet zelf kan aanmaken worden essentiële aminozuren genoemd (Tabel 2). Essentiële aminozuren die het lichaam deels uit andere aminozuren kan maken worden semi-essentiële aminozuren genoemd. Na consumptie worden eiwitten afgebroken tot peptiden en vervolgens tot aminozuren, waarna ze opgenomen worden in het lichaam. Deze aminozuren komen in de lichaamsspool van aminozuren om er lichaamseiwit van te maken, maar voor een deel worden de aminozuren verder afgebroken om energie te leveren. De opbouw en afbraak van eiwitten is een continu proces, waarbij dus een deel van de aminozuren verloren gaat voor energielevering. Dagelijks moet daarom aanvulling plaatsvinden door het eten van eiwitten (Gezondheidsraad 2001, Tijhuis, Ezendam et al. 2011).

Tabel 2. Overzicht van aminozuren (Gezondheidsraad 2001, Tijhuis, Ezendam et al. 2011)

Essentieel	Semi-essentieel	Niet-essentieel
Phenylalanine	Arginine	Alanine
Histidine	Asparagine	Asparaginezuur
Isoleucine	Glutamine	Cysteine
Leucine	Glycine	Glutaminezuur
Lysine	Proline	Tyrosine
Methionine	Serine	
Threonine		
Tryptofaan		
Valine		

Verteerbaarheid. De verteerbaarheid van een eiwit kan experimenteel berekend worden door het meten van componenten van de stikstofbalans (N-balans), zoals de N in de voeding (N_v) en in de feces (N_f). Bij het laatste maakt men weer onderscheid in het N-verlies via de feces bij gebruik van een (normale) eiwit-bevattende voeding (N_f) en in het N-verlies via de feces bij gebruik van een eiwit-vrije voeding ($N_{f,endo}$). Dit laatste wordt ook endogeen fecaal N-verlies genoemd. De schijnbare verteerbaarheid wordt berekend door de N-resorptie ($= N_v - N_f$) als percentage uit te drukken van de N-inname (N_v). Indien men echter ook rekening wil houden met het N-verlies via de feces dat toch zou plaatsvinden ook al zou er helemaal geen N-inname met de voeding zijn (de endogene verliezen), dan spreekt men van werkelijke verteerbaarheid. Deze wordt berekend door de werkelijke N-resorptie ($N_v - [N_f - N_{f,endo}]$) als percentage uit te drukken van de N-inname (N_v). De werkelijke verteerbaarheid is dus altijd groter dan de schijnbare verteerbaarheid. In Box 1 zijn de formules weergegeven.

De verteerbaarheid kan *in vivo* gemeten worden bij de mens en bij proefdieren (vaak rat of varken, als model voor de mens) via bovengenoemde N-balans principe. In studies met de mens wordt vaak het endogene N-verlies niet gemeten (men zou dan enige tijd een eiwitvrije voeding moeten eten), zodat bij mens meer informatie beschikbaar is over schijnbare verteerbaarheid. De verteerbaarheid kan ook *in vitro* gemeten worden. Bij *in vitro* studies wordt het eiwit blootgesteld aan verschillende verteringssappen en wordt na bepaalde tijden bepaald hoeveel eiwit er is afgebroken. Hierbij kunnen verschillen in de methode en meetcondities een rol spelen bij het vergelijken van resultaten verkregen uit verschillende studies. De toevoegingen 'schijnbaar' en 'werkelijke' horen bij het concept van *in vivo* verteerbaarheid, en horen uiteraard niet bij het concept van *in vitro* verteerbaarheid. Ook is duidelijk dat verteerbaarheden uit *in vivo* studies niet zo maar vergeleken kunnen worden met studies uit *in vitro* studies. Men stelt dan ook dat met resultaten uit *in vitro* studies verteerbaarheid alleen vergeleken kan worden tussen producten (FAO/WHO/UNU 2007, EFSA-NDA 2012). Over het algemeen geldt dat dierlijke eiwitten makkelijker te verteren zijn dan plantaardige eiwitten en dat opgezuiverde eiwitten makkelijker te verteren zijn dan eiwitten in de originele matrix structuur van een product.

Aangezien het voor de interpretatie van de literatuurgegevens van belang is te weten op welke manier de verteerbaarheid is bepaald, wordt dit in het vervolg van dit rapport er telkens bij vermeld.

Box 1. Verteerbaarheid en aminozuurscore in formule (FAO/WHO/UNU 2007)

Verteerbaarheid	
Schijnbare (%):	$\frac{(N_v - N_f)}{N_v} \times 100$
Werkelijke (%):	$\frac{(N_v - [N_f - N_{f,endo}])}{N_v} \times 100$
<i>N_v is stikstofinname met voeding, N_f is stikstofverlies via feces bij testeiwitvoeding, N_{f,endo} is stikstofverlies via feces bij eiwit-vrije voeding</i>	
<i>In vitro</i> verteerbaarheid: % vrije aminozuren uit eiwit na hydrolysatie van dat eiwit door bepaalde eiwitsplitsende enzymen over een bepaalde tijd	
Aminozuurscore	
AAS:	$\frac{\text{mg aminozuur per g testeiwit}}{\text{aminozuurbehoefte in mg per g}}$
PDCAAS:	$\frac{\text{mg aminozuur per g testeiwit}}{\text{aminozuurbehoefte in mg per g}} \times \text{verteerbaarheid}$

Aminozuurscore (AAS). De inname van eiwitten moet voorzien in de behoefte aan de verschillende (essentiële) aminozuren (Tabel 3). De aminozuurscore (AAS) is een manier om te kunnen beoordelen in hoeverre een eiwitbron daaraan voldoet. Voor elk essentieel aminozuur wordt hiertoe de ratio berekend tussen de hoeveelheid van dit aminozuur in het eiwit en de behoefte aan dat aminozuur, beide uitgedrukt per (100) gram eiwit. Als de AAS een waarde heeft onder de 1, wil dat zeggen dat de eiwitbron niet optimaal is qua samenstelling voor dat aminozuur. Van alle aminozuren in een eiwit met een AAS < 1, is het aminozuur met de laagste AAS het limiterende aminozuur. Kippenei-eiwit echter is een hoogwaardig eiwit, waarbij alle essentiële aminozuren een AAS > 1 hebben; er zijn dan dus geen limiterende aminozuren (Tabel 3). Tyrosine kan in het lichaam gevormd worden uit fenylalanine, en wordt dus een essentieel aminozuur als de voeding geen fenylalanine bevat. Vandaar dat beide aminozuren vaak in combinatie beschouwd worden (Tabel 3). Methionine en cysteine zijn de enige zwavel-bevattende aminozuren, vandaar dat zij ook vaak samen genomen worden (Tabel 3).

Protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS). Sinds 1989 wordt gebruik gemaakt van een AAS die gecorrigeerd is voor de eiwitverteerbaarheid, de PDCAAS ('Protein digestibility-corrected amino acid score') (Box 1). De AAS, zoals hierboven beschreven, wordt dan vermenigvuldigd met de verteerbaarheid (%) (FAO/WHO 1991, Schaafsma 2000, Gezondheidsraad 2001, FAO/WHO/UNU 2007, Tijhuis, Ezendam et al. 2011, EFSA-NDA 2012). Op deze wijze wordt beter zichtbaar in welke mate de aminozuren daadwerkelijk beschikbaar komen in het lichaam.

De PDCAAS geeft aan in hoeverre een nieuwe eiwitbron in staat is om alle essentiële aminozuren in voldoende mate te leveren. Als de score voor de verschillende aminozuren in een eiwitbron groter of gelijk is aan de waarde 1 (i.e. 100%) dan kan die eiwitbron voorzien in de behoefte aan dat specifieke aminozuur. Als de score lager is dan de waarde 1, dan is dat niet volledig het geval. In het laatste geval is er binnen het voedingspatroon nog een andere eiwitbron nodig die wel kan voorzien in de behoefte aan dat limiterende aminozuur (complementaire waarde).

Tabel 3. Aminozuurbehoefte en de aminozuursamenstelling van kwalitatief hoogwaardig eiwit

Aminozuur	Aminozuurbehoefte (mg/g eiwit)¹ (FAO/WHO/UNU Expert Consultation 2013)	Aminozuurgehalte referentie kippen-eiwit (mg/g eiwit) (FAO/WHO/UNU Expert Consultation 1985)
Histidine	16	22
Isoleucine	30	54
Leucine	61	86
Lysine	48	70
Methionine+Cysteïne	23	57
Fenylalanine+Tyrosine	41	93
Threonine	25	47
Tryptofaan	6,6	17
Valine	40	66

¹De gepresenteerde waarden zijn gebaseerd op de eiwitbehoefte voor kinderen 3-10 jaar, welke echter ook als referentie wordt aanbevolen voor oudere kinderen, adolescenten en volwassenen (FAO/WHO/UNU Expert Consultation 2013); berekend op basis van de gemiddelde totale eiwitbehoefte en de gewenste ratio van elk aminozuur.

Om de literatuurstudies over nieuwe eiwitbronnen in hoofdstuk 3 met elkaar te kunnen vergelijken is op basis van de gerapporteerde hoeveelheid essentiële aminozuren een aminozuurscore (AAS) berekend zoals hierboven aangegeven (dus de hoeveelheid van het aminozuur in de nieuwe eiwitbron gedeeld door de aminozuurbehoefte). Indien er ook gegevens over de verteerbaarheid aanwezig zijn, is ook een PDCAAS berekend. Waar de werkelijke humane verteerbaarheid beschikbaar was, is deze gebruikt. Vaak was deze echter niet beschikbaar en is er gerekend met de schijnbare verteerbaarheid. Indien deze ook niet beschikbaar was, is gerekend met de verteerbaarheid uit dierstudies of in vitro studies, indien voorhanden.

2.3 Andere voedingskundige en voedselveiligheidsaspecten

Naast de eiwitkwaliteit en allergeniteit kunnen er nog diverse andere voedingskundige en voedselveiligheidsaspecten samenhangen met het gebruik van nieuwe eiwitbronnen. In het kader van de huidige studie is echter geen literatuurstudie gedaan om hier een overzicht over te krijgen. Wel komen een aantal van deze aspecten aan de orde in de literatuur die gebruikt is in dit onderzoek naar eiwitkwaliteit en allergeniteit van nieuwe eiwitbronnen. In dat geval worden deze aspecten ook in dit rapport benoemd, maar het betreft geen uitputtend overzicht. Het gaat hierbij vooral om bepaalde anti-nutritionele factoren (ANFs). ANFs zijn stoffen die een negatieve invloed hebben op de vertering en de benutting van het voedsel, zoals proteaseremmers, alkaloiden, fytaat, of flatulentiefactoren. Het kan zijn dat bepaalde ANFs juist meer of minder voorkomen in nieuwe eiwitbronnen in vergelijking met gangbare eiwitbronnen. Het belang van deze aspecten van een nieuwe eiwitbron in het voedsel hangt o.a. af van de vorm waarin de nieuwe eiwitbron in het product verwerkt wordt (bijvoorbeeld als opgezuiverd eiwit of juist niet) en de wijze waarop het in het product verwerkt wordt.

3 Nieuwe eiwitbronnen

In dit hoofdstuk worden de zeven geselecteerde producten van de vier verschillende nieuwe eiwitbronnen behandeld volgens dezelfde paragraafindeling: beschrijving, producttoepassing, eiwitgehalte en eiwitkwaliteit, veiligheidsaspecten, voedingsaspecten, en evaluatie. Bij veiligheidsaspecten komt in ieder geval allergeniteit aan de orde. Bij de paragraaf 'evaluatie' zal de producttoepassing in het perspectief van het daarvoor besprokene geplaatst worden

3.1 Peulvruchten: Soja

Beschrijving

Soja (sojaboon, *Glycine max*) is een eetbare peulvrucht die tot de *Fabaceae* familie behoort (EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA) 2014). Er zijn meer dan 100 verschillende variëteiten, die verschillen in grootte, kleur en voedingswaarde. De gele boon wordt het meest gebruikt als voedingsmiddel (www.ensa-eu.org).

Soja wordt veel geconsumeerd in Azië en de Verenigde Staten, maar vooral de laatste jaren stijgt de consumptie hiervan ook in Europa. Soja wordt geconsumeerd als sojaolie, sojameel, sojamelk, sojadrank, sojavlokken en in gefermenteerde vorm zoals tempeh, tofu en sojasaus. Aangezien soja een relatief goedkope eiwitbron is wordt soja toegevoegd aan verschillende voedingsmiddelen, waaronder vleesproducten en bakkerijproducten. Er is ook zuigelingenvoeding op basis van soja te verkrijgen (EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA) 2014).

Hoewel soja vooral afkomstig is uit Zuid-Amerika, kan het ook in Europa worden gecultiveerd, zoals in Frankrijk, Italië en Oostenrijk. Ook in Nederland is een pilot gestart om soja te telen. (ENSA 2015) (www.lltb.nl/nieuwsberichten/website/2013/07/sojateelt-in-nederland).

3.1.1 *Producttoepassing*

Soja kan worden geconsumeerd als hele boon, maar ook als bijvoorbeeld sojameel, soja-eiwit concentraat of soja-eiwit isolaat. Soja-eiwit isolaat is de meest pure vorm van soja-eiwit en wordt verkregen door het verwijderen van onoplosbare vezels uit soja-concentraat (Foley, Rosentrater et al. 2013). Het soja-eiwit of isolaat wordt vervolgens toegepast in producten (Tabel 4).

Soja(-eiwit) wordt in Nederland veel gebruikt als hoofdbestanddeel in vleesvervangers. Ook zijn er diverse (koe)melk-vervangende producten op basis van soja op de markt (Tabel 4) en wordt soja toegepast in babyvoeding (hier buiten beschouwing gelaten). Bovendien wordt soja door de voedingsindustrie ook aan producten toegevoegd om technologische redenen, zoals voor het verbeteren van de textuur of als emulgator (Ballmer-Weber, Holzhauser et al. 2007, EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA) 2014)

Tabel 4. Overzicht van enkele producttoepassingen van soja (www.vivera.com; www.devegetarischelager.nl; www.jumbo.com; www.alpro.com – websites bezocht in juli 2015)

	Soja volgens ingrediëntendeclaratie	Totaal eiwit (g/100g eindproduct)
Vivera		
	Gerehydrateerd soja-eiwit	
Vegetarische groenteschijf	20%	10,4
Vegetarische Balletjes	74% ^a	17,5
Vivera		
	Gefermenteerde sojabonen	
Vegetarische Tofu	47%	10,0
Tempeh	-	12,0
Vegetarische slager		
	Soja structuur^b	
Vegan Kipstuckjes	93% ^c	21,4
Vegan Kip-Shoarma	92% ^c	22,2
Gehacktbal	70% ^d	16,9
Mc2 Burger	77% ^d	18,6
Vegetarische Bratwurst	67% ^d	14,4
Alpro Soya		
	Gepelde sojabonen	
Sojayoghurt Naturel	7,9%	4,0
Sojadrink Original Fresh	5,9%	3,0

^a Gerehydrateerd soja- en tarwe-eiwit

^b Bewoording overgenomen van de ingrediëntendeclaratie – sojastructuur = Water, soja-eiwitconcentraat of –isolaat, eventueel in combinatie met tarwe-eiwit en/of tarwezetmeel, en zout

^c Structuur met soja-eiwit concentraat

^d Structuur met soja-eiwit (en tarwe-eiwit)

3.1.2

Eiwitgehalte en eiwitkwaliteit

De hoeveelheid eiwit die soja bevat hangt af van de bewerking die het heeft ondergaan. Zo bevat de hele sojaboon ongeveer 42% eiwit, sojameel circa 50%, soja-eiwit concentraat circa 70% en soja-eiwit isolaat ongeveer 90% eiwit (Newton, Karthikeyan et al. 2008) (Hughes, Ryan et al. 2011) (Tabel 5).

Tabel 5. Eiwitgehalte in soja

	Eiwit	Eenheid	
	Soja-eiwit isolaat		
(Hughes, Ryan et al. 2011)	Range 86-88	g/100 g	
	Range 90-93	g/100 g	drooggewicht
	Soja-eiwit concentraat		
(Hughes, Ryan et al. 2011)	74.6-74.7	g/100 g	
	78.4-78.9	g/100 g	drooggewicht
	Sojameel		
(Kuiken and Lyman 1949)	46-51	g/100g	ruw eiwit

Op basis van de gegevens over de aminozuursamenstelling van soja-isolaat en –concentraat (Kuiken and Lyman 1949, Hughes, Ryan et al. 2011) is een aminozuurscore (AAS) berekend voor elk essentieel aminozuur (Tabel 6). Geen van de essentiële aminozuren heeft een AAS < 1. Dit wil zeggen dat eiwit van soja-isolaat of soja-concentraat per gram eiwit meer van alle essentiële aminozuren bevat dan de behoefte. Methionine+cysteïne zijn de aminozuren waarvan de AAS het dichtst bij de waarde 1 ligt, namelijk 1,06 voor soja-isolaat. Voor sojameel is de aminozuursamenstelling vrijwel gelijk aan die van soja-isolaat en soja-concentraat; ook hier is geen AAS < 1. De gegevens voor methionine+cysteïne ontbreken echter voor sojameel, aangezien in de betreffende studie alleen methionine was gemeten. Over het algemeen lijkt voor de andere aminozuren het gehalte iets lager dan in soja-concentraat en –isolaat. Mocht dit ook het geval zijn voor methionine+cysteïne, dan zal de AAS rond of onder de waarde 1 uitkomen.

In vergelijking met kippenei-eiwit, hebben soja-isolaat, soja-concentraat en sojameel alleen een hoger gehalte aan histidine. Dit wil zeggen dat kippenei-eiwit per 100 gram rijker is aan de andere essentiële aminozuren (Tabel 6).

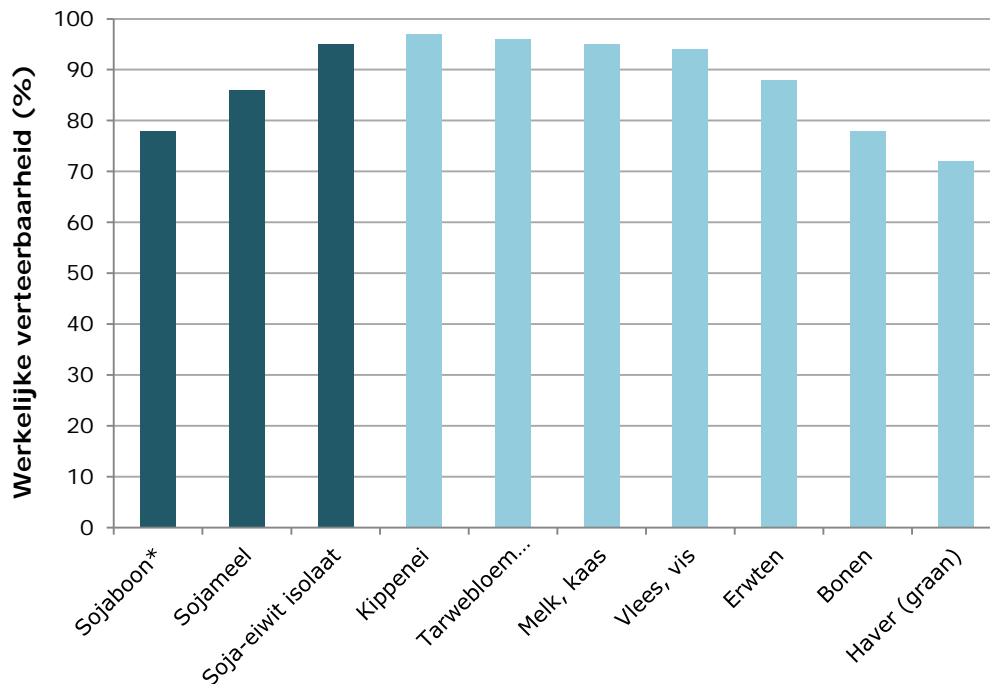
Tabel 6. Aminozuurscore-range voor verschillende essentiële aminozuren op basis van gerapporteerde aminozuursamenstelling in soja; afgerond op 2 decimalen (Kuiken and Lyman 1949, Hughes, Ryan et al. 2011)

	AAS			Vergelijking kippenei-eiwit		
	isolaat	concentraat	sojameel	isolaat	concentraat	sojameel
Histidine	1,43- 1,66	1,46-1,65	1,38-1,88	1,04- 1,21	1,06-1,2	1-1,36
Isoleucine	1,49- 1,63	1,44-1,55	1,5-2,07	0,83- 0,9	0,8-0,86	0,83-1,15
Leucine	1,28- 1,35	1,22-1,26	1,16-1,3	0,91- 0,95	0,86-0,9	0,83-0,92
Lysine	1,26- 1,34	1,28-1,32	1,13-1,38	0,86- 0,92	0,87-0,9	0,77-0,94
Methionine + cystine	1,06- 1,14	1,17-1,25	0,35-0,7*	0,43- 0,46	0,47-0,51	0,14- 0,28*
Fenylalanine + tyrosine	2,1- 2,25	2,05-2,16	1,1-1,29*	0,93- 0,99	0,9-0,95	0,48- 0,57*
Threonine	1,42- 1,5	1,42-1,48	1,32-1,56	0,76- 0,8	0,76-0,79	0,7-0,83
Tryptophan	1,74- 2,11	1,74-2,02	1,67-2,27	0,68- 0,82	0,68-0,78	0,65-0,88
Valine	1,23- 1,28	1,17-1,19	1,15-1,35	0,75- 0,78	0,71-0,72	0,7-0,82

* alleen methionine of alleen fenylalanine gemeten

Verschillende studies rapporteren de verteerbaarheid van soja-eiwit. Voor soja-eiwit isolaat is de werkelijke verteerbaarheid in de mens circa 93-97%; de werkelijke verteerbaarheid gemeten bij ratten ligt in dezelfde range (Gilani, Cockell et al. 2005, Hughes, Ryan et al. 2011). De werkelijke verteerbaarheid bij ratten van soja-eiwitconcentraat is circa 97% (Hughes, Ryan et al. 2011). Voor sojameel en sojabonen is de werkelijke verteerbaarheid bij de mens respectievelijk circa 75-92% en 78% (Gilani, Cockell et al. 2005). De werkelijke verteerbaarheid van soja-eiwit isolaat en soja-eiwit concentraat komt in de buurt van kippenei-eiwit (97%) (FAO/WHO/UNU Expert Consultation 2002) (Figuur 1).

Als de werkelijke verteerbaarheid wordt meegenomen bij de beoordeling van de kwaliteit van het eiwit (PDCAAS) van soja-eiwit isolaat en concentraat, dan komt bij soja-eiwit isolaat de ondergrens van methionine+ cysteïne afgerond op 1 uit (0,98) Voor sojameelconcentraat is de PDCAAS voor alle essentiële aminozuren groter dan de waarde 1. Voor sojameel, uitgaande van een verteerbaarheid van 75%, komt de range van PDCAAS op basis van de AAS (Tabel 6), deels, onder de waarde 1 voor leucine, lysine, threonine en valine. Voor methionine+cysteïne kan geen uitspraak worden gedaan omdat deze niet beide gemeten waren.



Figuur 1. Werkelijke verteerbaarheid van soja bij de mens in vergelijking met diverse andere producten, aangepast van FAO/WHO 2002 (FAO/WHO/UNU Expert Consultation 2002). *van (UNU 1980)

3.1.3

Veiligheidsaspecten

Als een voedingsmiddel uit sojabonen bestaat of ingrediënten bevat die zijn afgeleid van soja (zoals sojalecithine) dan is het verplicht om soja als allergeen op de verpakking te vermelden (EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA) 2014). In Europa is de prevalentie van een klinisch gediagnosticeerde soja-allergie laag. Wel wordt deze allergie vaker gevonden bij kinderen, die mogelijk over de allergie heen kunnen groeien. De symptomen van een soja-allergie zijn over het algemeen mild, hoewel er ook rapportages zijn van ernstige gastro-intestinale symptomen tot anafylaxie. Deze ernstiger symptomen worden vaker gezien bij mensen met een pinda-allergie. Ook met andere allergieën zijn kruisreacties beschreven, bijvoorbeeld met peulvruchten (doperwten, snijbonen, limabonen), berkenpollen en (runder)caseïne. Hittebehandeling of fermentatie van soja vermindert de IgE-binding en daarmee de allergeniteit (IgE-afhankelijke allergie is een allergie waarbij IgE-antilichamen betrokken zijn; deze IgE's (immunoglobulines) hechten zich aan de binnengekomen allergenen).

Sojabonen bevatten anti-nutritionele factoren. Trypsine- en chymotrypsineremmers, bijvoorbeeld, bemoeilijken de vertering van het eiwit. Het gaat dan bijvoorbeeld om saponine en oligosachariden. Een ander voorbeeld is fytinezuur. Dit komt voor als fosforverbinding die moeilijk te verteren is door de mens omdat de mens de benodigde enzymen mist. Een aantal van de anti-nutritionele factoren kunnen onschadelijk worden gemaakt door een hittebehandeling, fermentatie van soja of door sojaproducten te behandelen met specifieke enzymen (Foley, Rosentrater et al. 2013). Daarnaast leidt ook verwerking van de sojaboon tot sojameel, soja-eiwitconcentraat of -isolaat tot

vermindering van anti-nutritionele factoren, zoals trypsineremmers (Gilani, Cockell et al. 2005).

3.1.4 Voedingsaspecten (excl. eiwit)

De hoeveelheid zink en vitamine A in sojamelk is lager dan in koemelk. Melk vervangende producten op basis van soja worden vaak verrijkt met calcium, vitamine B2 en vitamine B12 (Tijhuis, Ezendam et al. 2011). In de geraadpleegde literatuur over soja is verder geen informatie gevonden over andere voedingsaspecten dan eiwit.

3.1.5 Evaluatie

Het aanbod aan producten op basis van soja is medio 2015 groot. Producten waarin soja als één van de hoofdbestanddelen wordt gebruikt zijn o.a. vleesvervangers, zuivelvervangers en zuigelingenvoeding. In veel van deze producten wordt soja in de vorm van gezuiverd eiwit (soja-eiwitconcentraat of –isolaat) toegevoegd.

Soja, vooral soja-eiwitconcentraat en –isolaat, heeft een hoge verteerbaarheid en een verhouding van aminozuren die in grote mate overeenkomt met de behoefte.

Vanwege het risico op een allergische reactie is het verplicht om op de verpakking van voedingsmiddelen te vermelden dat er soja in zit. Verder bevatten sojabonen verschillende anti-nutritionele factoren, zoals trypsineremmers en fytinezuur. Bewerking en/of bereiding van de sojaboon vermindert of remt de nadelige effecten van deze factoren.

3.2 Peulvruchten: Lupinebonen

Beschrijving

Lupine is een vlinderbloemige plant met eiwitrijke bonen¹ (genus *Lupinus*, subfamily *Papilionaceae*, family *Leguminosae*). Er zijn veel verschillende soorten lupine, maar de witte (*lupinus albus*), gele (*lupinus luteus*) en blauwe lupine ('narrow-leafed Lupin'; *lupinus angustifolius*) worden wereldwijd het meest gebruikt voor humane en dierlijke consumptie (EFSA NDA Panel 2005, Kole 2011). Lupine wordt toegepast als diervoeder, bodemverbeteraar, maar ook als voedingsmiddel (Duranti and Morazzoni 2011, Kole 2011).

In de meeste voedingsmiddelen werd *Lupinus Angustifolius* (blauwe lupine) gebruikt. De literatuurstudie is daarom beperkt tot dit type lupine. Echter *Lupinus Albus* (witte lupine) wordt op kleine schaal ook toegepast in voedingsmiddelen die verkrijgbaar zijn in Nederland (persoonlijke communicatie dhr. B. Averink, Vivera en Mw. J. Castelijns, Powerpeul). Voor de eiwitkwaliteit is een grove vergelijking gemaakt tussen beide lupinesoorten.

In bijvoorbeeld de mediterrane gebieden worden lupinebonen al lange tijd als snack geconsumeerd. Sinds het gebruik van lupinemeel als toevoeging aan tarwemeel wordt lupine ook in de rest van Europa steeds meer geconsumeerd. In 1996 is lupinemeel in het Verenigd

¹ In het Engels wordt de term 'Lupin seeds' gebruikt. In dit rapport gebruiken wij de vertaling lupinebonen, omdat dit de gangbare term is waaronder deze verkocht worden in Nederland

Koninkrijk geïntroduceerd, in 1997 is toevoeging van 10% lupinemeel in tarwemeel toegestaan in Frankrijk en in 2001 is het gebruik van lupinemeel in Australië gestart. Lupine(meel) heeft goede water-bindende eigenschappen en is een goede emulgator (EFSA NDA Panel 2005, Jappe and Vieths 2010). Naast in brood wordt lupinemeel ook gebruikt bij koekjes, pasta, sauzen, dieetvoeding (bijvoorbeeld melk- en soja-verters) en vlees en vleeswaren (EFSA NDA Panel 2005, de Jong, van Maaren et al. 2010).

3.2.1 *Producttoepassing*

Lupinebonen kunnen zo gegeten worden, maar kunnen ook in verwerkte vorm (bijvoorbeeld meel) worden toegepast in voedingsmiddelen.

In Tabel 7 staan enkele producttoepassingen van lupine inclusief de hoeveelheid lupine en de hoeveelheid eiwit per 100 gram eindproduct volgens de ingrediëntendeclaratie. Het is hierbij niet bekend welk deel van het eiwit in het product afkomstig is van lupinemeel, een deel van deze producten bevat namelijk ook andere eiwitbronnen zoals tarwe-eiwit en sojabonen. Maar het geeft wel aan in hoeverre het product een belangrijke eiwitbron kan zijn. Het overzicht in Tabel 7 is niet bedoeld om een volledig beeld te geven van de voedingsmiddelen met lupine die op de Nederlandse markt te verkrijgen zijn, maar om een eerste indruk te krijgen wat er op dit moment zoal beschikbaar is. Wat opvalt in dit overzicht is dat lupine op verschillende manieren in de ingrediëntenlijst vermeld staat, waarbij het niet altijd duidelijk is wat hiermee precies wordt bedoeld. Ook is niet altijd bekend hoeveel lupine en/of eiwit er in het product zit. De meeste producten zijn vleesvervangende producten, maar daarnaast zijn ook de bonen, brood met lupinemeel, en beleg en salades met lupinebonen gevonden. Een deel van deze producten is te koop in bepaalde supermarkten, een ander deel (vooral) in natuurvoedingswinkels of biologische/ecologische supermarkten/speciaal zaken.

Lupinemeel wordt in Nederland gebruikt als brood- of productverbeteraar en lupinegranulaat (grof gemalen korrels van de lupineboon) worden soms gebruikt in meer-zadenbrood. Er is geen zicht op hoe vaak lupine op deze manieren wordt gebruikt en hoeveel lupine(-eiwit) er dan wordt gebruikt. In de bakkerijsector wordt lupine toegepast omdat het zorgt voor een kortere meentijd, een betere waterbinding, en een bepaalde geur en kleur. Daarnaast bevat lupine-eiwit relatief meer van het aminozuur lysine dan bijvoorbeeld tarwe en zorgt toevoeging van lupinemeel aan brood voor een betere eiwitkwaliteit (Wrigley 2003). Daarnaast zijn enkele innovatieve productontwikkelingen met lupine te vinden zoals brood op basis van 65% lupinemeel en lactose-vrij 'roomijs'. Het is niet bekend of deze producten verkrijgbaar zijn in Nederland (www.frankfoodproducts.com – website bezocht in augustus 2015).

Tabel 7. Overzicht van enkele producttoepassingen met lupine
(www.vivera.com; www.devegetarischeslager.nl; www.doorniknatuurakkers.nl;
www.powerpeul.nl; www.ekoplazza.nl; www.hobbit.be – websites bezocht
augustus-2015)

Producttoepassing	Lupine volgens ingrediënten- declaratie	Totaal eiwit (g/100g eindproduct)
<u>Vivera</u>		
	<i>Lupinemeel</i>	
Lupine BBQ worst	9%	16,3
shoarma	26%	24,9
lupine burgers	11%	16,4
<u>Vegetarische slager</u>		
	<i>Lupinestructuur^{a,b}</i>	
Lupine saucijzenbroodje	32%	6,3
Lupine shoarma	89%	8,7
Bio-kroket	60%	3,9
Bio bitterbal	60%	3,9
Loempia	40%	5,5
Bami-schijf	35%	5,3
	<i>Hele boon zonder schil</i>	
Bio lupinebonen (in pot) ^c	onbekend	onbekend
	<i>Lupine bits, lupinemeel, lupinegrits^a</i>	
Lupain (lupinebrood) ^d	onbekend	onbekend
<u>Doorniknatuurakkers</u>		
	<i>Lupinemeel</i>	
Rogge-lupinebrood	onbekend	onbekend
<u>Powerpeul</u>		
Gedroogde lupinebonen ^e		15,5
<u>Alberts (via ekoplaza)</u>		
	<i>Zoete lupine zaad gekookt</i>	
Lustreich spread van lupine (beleg) ^f	33-34%	6,6-6,8
	<i>zoete lupine zaden</i>	
Lupine Gyros	40%	20,1
<u>Hobbit</u>		
	<i>gefermenteerde lupinebonen zaden</i>	
Lupeh	onbekend	16,5
Lupinesalades ^f	30-36%	5,9-6,3
	<i>Gekookte bonen</i>	
Lupineburgers ^f	26%	9,5

^a Bewoording overgenomen van de ingrediëntendeclaratie – lupinestructuur = Water, lupinemeel en verdikkingsmiddel (natriumalginaat)

^b Snackproducten bevatten 7-12% lupinemeel op het gehele recept, vegetarische shoarma bevat 18-23% lupinemeel op het gehele recept (persoonlijke communicatie de vegetarische slager – email 27-08-2015)

^c Product in conceptstore

^d Product is niet meer of nog niet in verkoop

^e 400 g gedroogde lupinebonen staat gelijk aan circa 1000-1100 g gekookt

^f Product is in verschillende smaken verkrijgbaar

3.2.2 Eiwitgehalte en eiwitkwaliteit

Gemiddeld is de hoeveelheid eiwit in *Lupinebonen* circa 30% van het droge gewicht (Tabel 8). De teeltomstandigheden en specifieke *Lupinus Angustifolius* variëteit kunnen van invloed zijn op de chemische samenstelling van de lupinebonen en daarmee ook op de hoeveelheid eiwit (Uauy, Gattas et al. 1995). Daarnaast kan een eventuele bewerking van de lupinebonen van invloed zijn op de hoeveelheid eiwit in het eindproduct (Uauy, Gattas et al. 1995). Bij bonen waarvan de schil is verwijderd ligt het eiwitgehalte bijvoorbeeld iets hoger in vergelijking met de hele boon, namelijk rond de 40% van het droge gewicht (Tabel 8, (Pilegaard and Gry 2008)).

Tabel 8. Gemiddeld eiwitgehalte in *Lupinus Angustifolius*

	Eiwit	Eenheid	
(Kole 2011)	32	g/100g	drooggewicht
(Uauy, Gattas et al. 1995)	34	g/100g	drooggewicht
(van Barneveld 1999)	27-37	g/100g	drooggewicht
(Pastor-Cavada, Juan et al.)	27	g/100g	bonen
(Sujak, Kotlarz et al. 2006)	33	g/100g	drooggewicht
(Bahr, Fechner et al. 2014)	39-44	g/100g	drooggewicht bonen zonder schil
(Chilomer, Kasproicz-Potocka et al. 2013)	34	g/100g	drooggewicht
(Monteiro, Costa et al. 2014)	37	g/100g	meel

In diverse studies is de aminozuursamenstelling van *Lupine*-eiwit bepaald (Bijlage 1). Op basis van deze gerapporteerde samenstellingen is berekend dat de aminozuurscore (AAS) voor histidine, isoleucine, phenylalanine+tyrosine, threonine, en tryptofaan boven de waarde 1 ligt (Tabel 9). Dit wil zeggen dat eiwit van *Lupinus Angustifolius* per gram eiwit meer van deze aminozuren bevat dan de behoefte. De range van AASs voor leucine, lysine en valine ligt rond de waarde 1. In het geval van leucine liet 1 van de 7 studies een AAS < 1 zien. Bij valine is juist 1 van de 7 AASs > 1. Bij lysine schommelt de AAS voor de verschillende studies rond de waarde 1. De range AASs ligt voor methionine+cysteïne onder de 1; dit zijn limiterende aminozuren voor *Lupine*. Dit aminozuurpatroon wordt vaak aangemerkt als een kenmerkend patroon voor peulvruchten (Pastor-Cavada, Juan et al. , Uauy, Gattas et al. 1995, Martinez-Villaluenga, Torres et al. 2010). In vergelijking met kippenei-eiwit ligt alleen voor histidine de aminozuurscore boven de

waarde 1. Dit wil zeggen dat ei-eiwit, op histidine na, rijker is aan essentiële aminozuren per 100 gram eiwit dan lupine-eiwit (Tabel 9).

Tabel 9. Aminozuurscore-range voor verschillende essentiële aminozuren op basis van gerapporteerde aminozuursamenstelling in *Lupinus Angustifolius* (bijlage 1)

	<u>AAS</u>	Vergelijking kippenei-eiwit
Histidine	1,51-2,17	1,10-1,58
Isoleucine	1,10-1,43	0,61-0,80
Leucine	0,65-1,21 ^a	0,46-0,86
Lysine	0,88-1,09	0,60-0,74
Methionine + cystine	0,65-0,96	0,26-0,39
Fenylalanine + tyrosine	1,29-2,12	0,57-0,94
Threonine	1,03-1,64	0,55-0,87
Tryptofaan	1,06-1,52	0,41-0,62
Valine	0,89-1,05	0,45-0,64

^a van de 7 studies, 1x AAS <1

Verschillende studies rapporteren de verteerbaarheid van eiwit van *Lupine*: 79-91% (Pastor-Cavada, Juan et al. , Chilomer, Kasprovicz-Potocka et al. 2013, Monteiro, Costa et al. 2014, Norgaard, Fernandez et al. 2015). In drie van de vier aangehaalde studies is de werkelijke verteerbaarheid *in vivo* gemeten, twee keer bij varkens en één keer bij ratten. In de andere studie is de verteerbaarheid *in vitro* gemeten. Er is geen duidelijk verschil in de resultaten tussen de verschillende methoden te zien. Wel lijken er verschillen te zijn in verteerbaarheid tussen verschillende soorten en variëteiten lupine.

Als de verteerbaarheid wordt meegenomen bij de beoordeling van de kwaliteit van het eiwit (PDCAAS) van *Lupine*, dan blijven methionine+cysteïne de meest limiterende aminozuren. Wel zijn er een aantal aminozuren waarbij de ondergrens van de range aminozuurscores dan onder de waarde 1 uitkomt, namelijk isoleucine, threonine en tryptofaan. Voor zowel valine als lysine valt dan de gehele range van aminozuurscores onder de waarde 1.

Het eiwitgehalte van *Lupinus Albus* (witte lupine) ligt in dezelfde orde van grootte als van *Lupinus Angustifolius*, met wellicht een iets hoger eiwitgehalte in de schil van de boon (Sujak, Kotlarz et al. 2006, Pilegaard and Gry 2008, Monteiro, Costa et al. 2014). *Lupinus Albus* lijkt een iets gunstigere eiwitkwaliteit te hebben dan *Lupinus Angustifolius*. De hoeveelheid essentiële aminozuren is over het algemeen iets hoger, vooral methionine+cysteïne. Limiterende essentiële aminozuren (rekeninghoudend met de verteerbaarheid) zijn tryptofaan, valine en lysine (Sujak, Kotlarz et al. 2006).

3.2.3 Veiligheidsaspecten Allergeniteit

Vanwege het risico op een allergische reactie van lupine is het sinds 2006 verplicht om op de verpakking van voedingsmiddelen te vermelden dat er lupine in zit (EFSA NDA Panel 2005, Jappe and Vieths 2010, 2011).

Een allergie voor lupine kan primair zijn of secundair, als kruisreactie bij een bestaande allergie voor bijvoorbeeld pinda of andere peulvruchten (EFSA NDA Panel 2005, Jappe and Vieths 2010, Verma, Kumar et al. 2013, Bublin and Breiteneder 2014). De frequentie van lupine-allergie is niet bekend. De meeste gevallen zijn gerapporteerd bij mensen die ook een pinda-allergie hebben (EFSA NDA Panel 2005). Een lage dosering lupinemeel kan dan al zorgen voor een allergische reactie (de Jong, van Maaren et al. 2010).

Extreme hittebehandeling en enzymatische hydrolyse kunnen de allergeniteit van lupine verminderen (Jappe and Vieths 2010, 2011, Verma, Kumar et al. 2013).

Alkaloïden

Lupine bevat alkaloïden. Deze componenten zijn giftig en kunnen tot neurologische aandoeningen leiden. Niet alle lupinevariëteiten bevatten evenveel alkaloïden. De bittere varianten bevatten meer alkaloïden dan de zoete; de grens wanneer lupine bitter of zoet genoemd wordt is niet vastgelegd (Pilegaard and Gry 2008). Het alkaloïdengehalte was het laagst bij eiwitisolaten van lupine en in voedingsmiddelen waarin deze eiwitisolaten werden gebruikt (Resta, Boschini et al. 2008, Resta, Boschini et al. 2008)

In de Australische wetgeving is bepaald dat lupine ('flour', 'kernel flour', 'kernel meal', 'hulls') maximaal 200 mg alkaloïden per kg mag bevatten (ComLaw 2015). Hierbij is vermeld dat het gehalte alkaloïden in alle voedingsmiddelen zo laag mogelijk gehouden moet worden, ongeacht of er een maximum gesteld is. Het Verenigd Koninkrijk en Frankrijk hebben dit maximum overgenomen (Ministry of Agriculture 1996, Pilegaard and Gry 2008). EFSA heeft op dit moment geen maximum vastgelegd voor alkaloïden in lupine (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain 2012).

De afgelopen jaren is in Nederland de teelt van lupine uitgeprobeerd. Hierbij is ook het alkaloïdengehalte bepaald. Hieruit bleek dat maar enkele soorten voldeden aan de (Australische) norm van <200 mg alkaloïden per kg. Bovendien fluctueerde het alkaloïden gehalte van jaar tot jaar, waarbij sommige soorten soms wel en soms niet aan deze norm voldeden (Prins and Nuijten 2015). Een controle van het alkaloïdengehalte voor verwerking van de lupine is noodzakelijk om een veilige consumptie te garanderen. Voor zover wij hebben kunnen achterhalen is dit ook de dagelijkse praktijk (persoonlijke communicaties dhr. B. Averink, Vivera; mw. M. van der Noort, mfh-pulses; dhr. U. Prins, Louis Bolk Instituut).

Phomopsine

Phomopsines zijn een familie van mycotoxines die worden geproduceerd door de schimmel *Diaporthe toxica*. Lupine is de voornaamste gastheer voor deze schimmel en geïnfecteerde lupine is de belangrijkste oorzaak van blootstelling van dieren aan phomopsines (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain 2012). EFSA adviseert om de blootstelling van de mens aan phomopsines zo laag mogelijk te houden gezien de ernst van de toxiciteit (vooral aan de lever) bij verschillende diersoorten (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain 2012). Er

zijn, volgens EFSA, echter nog onvoldoende gegevens om een productnorm vast te stellen. In Australië is een maximaal toegestaan niveau van 0,005 mg/kg wettelijk vastgelegd (ComLaw 2015). Deze productnorm is overgenomen door een adviescommissie voor 'novel foods' uit het Verenigd Koninkrijk (Ministry of Agriculture 1996).

Oligosachariden

De meest gebruikte lupinegewassen bevatten circa 4-9% oligosacharide (van de raffinose familie). Dit zijn vooral galacto-oligosachariden die niet kunnen worden verteerd door dieren met één maag, waaronder de mens. Deze oligosachariden worden door bacteriën in de dikke darm afgebroken waarbij CO₂, methaan en waterstofgas geproduceerd wordt. Dit leidt tot flatulentie. Fermentatie van peulvruchten leidt tot vermindering van de oligosachariden. Met klassieke plantenveredeling en moleculair onderzoek wordt geprobeerd het gehalte oligosachariden in lupine te verlagen (Kole 2011).

Mangaan

Het mangaangehalte van witte lupine is veel hoger dan in blauwe en gele lupine; *Lupinus Albus* (90,1 en 35,0 mg Mn/kg drooggewicht), *Lupine Angustifolius* (7,6 en 8,4 mg Mn/kg drooggewicht), *Lupinus Luteus* (5,6 en 6,8 mg Mn/kg drooggewicht) (Porres, Aranda et al. 2007). Een hoge inname van mangaan kan leiden tot neurotoxiciteit (Institute of Medicine 2001) (EFSA Committee on Food and Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies 2006). Geïsoleerd lupine-eiwit bevat een lager mangaangehalte dan de hele lupineboon (Porres, Aranda et al. 2007).

3.2.4 *Voedingskundige aspecten*

Vezel

Lupinebonen bevatten relatief veel voedingsvezel. *Lupinus Angustifolius* bonen hebben een dikkere schil (25% gewicht boon) dan die van *Lupinus Albus* (15% gewicht boon) en bevatten ook meer vezel in de schil, circa 150 en 100 g/kg respectievelijk (Uauy, Gattas et al. 1995, Pilegaard and Gry 2008). De celwand van bonen van *Lupinus Angustifolius* bevat niet-zetmeel polysachariden (NSP; voedingsvezel), circa 23% van het gewicht van de boon (Kole 2011). Meel van *Lupinus Angustifolius* bevat meer voedingsvezel dan dat van *Lupinus Albus* respectievelijk circa 23 en circa 9 g/100 g meel (Monteiro, Costa et al. 2014).

Zetmeel

Lupinebonen bevatten (vrijwel) geen zetmeel, in tegenstelling tot veel andere peulvruchten (Pilegaard and Gry 2008).

Mineralen

Lupinebonen bevatten relatief veel kalium, zoals andere peulvruchten. Daarnaast bevatten ze ook relatief hoge concentraties calcium (in de schil) en ijzer (Porres, Aranda et al. 2007). Mits deze mineralen ook bio-beschikbaar zijn (dus in een vorm welke het lichaam kan benutten), zou consumptie van lupinebonen een bijdrage kunnen leveren aan de inname van deze voedingsstoffen.

3.2.5 *Evaluatie*

Lupine wordt toegepast als brood- of productverbeteraar, de schaal waarop is niet bekend. Daarnaast zijn er enkele producten te verkrijgen waar lupinebonen in verwerkt zijn en zijn lupinebonen ook gedroogd of als conserven te koop. De schaal waarop dit plaats vindt lijkt anno 2015 beperkt.

Net als bij veel andere peulvruchten zijn methionine en cysteine de meest limiterende aminozuren. Een combinatie met andere eiwitbronnen die rijk zijn aan deze aminozuren kan de totale eiwitkwaliteit verhogen. Graan en peulvruchten vullen elkaar bijvoorbeeld goed aan. (www.voedingscentrum.nl; (Uauy, Gattas et al. 1995)).

Voedingsmiddelen waarin lupine is verwerkt, bevatten vaak ook andere eiwitbronnen (soja, tarwe, ei), wat kan resulteren in een verbeterde eiwitkwaliteit. Het is daarom moeilijk zicht te krijgen op de eiwitkwaliteit van het uiteindelijke product.

Lupine-eiwit is een allergeen. Het is daarom binnen de EU verplicht om op de verpakking te vermelden dat een voedingsmiddel lupine bevat. Lupine kan hoge concentraties alkaloiden bevatten. In tegenstelling tot Australië is hiervoor in Europa geen maximum gehalte vastgesteld, hoewel de Australische norm in de praktijk wel wordt toegepast. Zeker als lupine een grotere plaats krijgt binnen het voedingspatroon, is het wenselijk om ook binnen Europa vast te leggen tot welke concentraties in het voedsel lupine veilig geconsumeerd kan worden. Hierbij zouden ook andere mogelijke voedselveiligheidsaspecten, naast alkaloiden, meegenomen moeten worden.

3.3 **Insecten: meelwormen en sprinkhanen**

3.3.1 *Beschrijving*

Hoewel insecten traditioneel niet worden gegeten in Nederland, zijn er grote gebieden in de wereld waar insecten al lange tijd op het menu staan. Geschat wordt dat insecten deel uitmaken van de traditionele voeding van minimaal 2 miljard mensen. Er is een zeer grote variëteit aan insectensoorten die door de mens geconsumeerd worden. Van ruim 1900 soorten is gerapporteerd dat deze voor consumptie worden gebruikt. Wereldwijd worden kevers (31%), rupsen (18%), en bijen, wespen en mieren (14%) het meest gegeten (Van Huis, Van Itterbeek et al. 2013). In deze studie zullen we ons beperken tot twee soorten insecten die anno 2015 ook in Nederland worden gekweekt en verwerkt in voedingsmiddelen, namelijk meelwormen (larve van de meeltor) en buffalowormen (larve van de buffalokever) enerzijds en sprinkhanen anderzijds.

3.3.2 Producttoepassing

Op basis van het huidige productaanbod worden insecten vooral verwerkt en geconsumeerd in drie vormen, namelijk als hele insecten (bijv. gefrituurd, gebakken), in gemalen of pastavorm, of als eiwitextract (Van Huis, Van Itterbeeck et al. 2013). De laatste twee vormen worden meestal toegevoegd aan andere voedingsmiddelen.

In Nederland zijn diverse soorten hele insecten verkrijgbaar (Tabel 10). Deze insecten worden geblancheerd alvorens ze gevriesdroogd worden. Bij bereiding nemen de insecten weer het oorspronkelijke gewicht aan.

Daarnaast zijn in Nederland verschillende producten te koop met insecten als ingrediënt. Meelwormen en buffalowormen worden bijvoorbeeld in gemalen vorm verwerkt in producten van bijvoorbeeld Conbuggie (o.a. bitterballen) en Insecta (o.a. groenteburger). Onlangs hebben studenten de innovatieprijs van het Voedingscentrum gewonnen voor het ontwikkelen van een spread (Bug 'A' Spread) voor op brood met 13% meelwormen (Voedingscentrum 2015).

Tabel 10. Overzicht van enkele producttoepassingen met insecten (www.bugoriginals.nl; www.jumbo.com; www.voedingscentrum.nl; www.duurzaamsecteneten.nl – websites bezocht – juli 2015)

	Insecten volgens ingrediëntendeclaratie	Totaal eiwit (g/100g eindproduct)
Bugs Originals		
	<i>Gevriesdroogde insecten</i>	
Bugs Locusta's (sprinkhaan)	100%	onbekend
Bugs Tribolo's (meelworm)	100%	onbekend
Bugs Buffalo's (buffaloworm)	100%	onbekend
Bugs Krekels	100%	onbekend
Conbuggie		
BuggieCrisps (wasmotlarven)	100%	23,9
Bug 'A' Spread		
	<i>Gemalen meelwormen</i>	
Insectenbroodbeleg	13%	onbekend
Bugs Originals		
Buqadilla (falafelachtige snack)	35%	onbekend
Conbuggie		
Buggieballs (bitterballen)	onbekend	5,5
Insecta		
	<i>Gemalen buffalowormen</i>	
Groenteburger met Buffalowormen	14%	23,4
Schnitzel met Buffalowormen	14%	23,5

3.3.3 Eiwitgehalte en eiwitkwaliteit

De hoeveelheid eiwit in insecten kan sterk variëren tussen en binnen insectensoorten. Het eiwitpercentage van diverse soorten loopt uiteen van 20% tot 70% van het drooggewicht (Xiaoming, Ying et al. 2010). Naast het verschil in soorten, maakt het voor het eiwitgehalte ook uit of het volwassen insecten of larven betreft en wat voor voer zij hebben gekregen (Van Huis, Van Itterbeek et al. 2013).

Diverse studies onderzochten het eiwitgehalte van meelwormen en sprinkhanen (Tabel 11). Ramos-Elorduy en collega's onderzochten o.a. 15 soorten sprinkhanen en krekels van de orde *Orthoptera* afkomstig uit Mexico. Het eiwitgehalte varieerde van 58-77 g per 100 g drooggewicht (Ramos Elorduy, Pino et al. 1997).

Het eiwitgehalte van meelwormen ligt tussen de 18,1-22,1 g per 100 g insect (Payne, Scarborough et al. 2015). Finke (2002) rapporteert een eiwitgehalte van 18,7 g per 100 g in meelwormlarven (*Tenebrio molitor*). Dit komt overeen met ongeveer 49-52% van de droge stof (Van Huis, Van Itterbeek et al. 2013, Bosch, Zhang et al. 2014), wat in de buurt komt van het eiwitgehalte in bijvoorbeeld rundvlees (55% eiwit van de droge stof) (Van Huis, Van Itterbeek et al. 2013).

Tabel 11. Eiwitgehalte, aminozuursamenstelling en eiwitverteerbaarheid van meelwormen en sprinkhanen

	Meelwormen		Sprinkhanen	
	<i>Tenebrio molitor</i> (larve)	<i>Tenebrio molitor</i> (larve)	<i>Orthoptera</i> (<i>Sphenarium histrio</i>)	<i>Zonocerus variegatus</i>
Referentie	(Finke 2002)	(Bosch, Zhang et al. 2014)	(Ramos Elorduy, Pino et al. 1997, Verkerk, Tramper et al. 2007)	(Adeyeye 2005, Banjo, Lawal et al. 2006)
Herkomst	Verenigde Staten	Nederland	Mexico	Nigeria
Eiwit	18,7 g/100 g	52% van d.g.	61-77 g/100 g d.g.	26,8% crude protein
Essentiele aminozuren				
<i>Eenheid</i>	<i>g/100 g eiwit</i>	<i>g/100g eiwit</i>	<i>g/100 g d.g. insect</i>	<i>g/100g eiwit</i>
Fenylalanine	3,5	3,4	10,3-11,7	3,1
Histidine	3,2	5,1	1,9-2,4	3,9
Isoleucine	5,0	4,6	4,2-5,3	3,7
Leucine	10,6	7,3	8,7-8,9	5,1
Lysine	5,5	5,5	5,5-5,7	4,8
Methionine	1,3	1,4	1,8-2,5	1,9
Threonine	4,1	4,0	3,1-4,4	3,1
Tryptofaan	0,8	-	0,6-0,7	-
Valine	5,9	6,3	5,1-5,7	3,5

	Meelwormen		Sprinkhanen	
	<i>Tenebrio molitor</i> (larve)	<i>Tenebrio molitor</i> (larve)	<i>Orthoptera</i> (<i>Sphenarium histrio</i>)	<i>Zonocerus variegatus</i>
Amino acid score				
Fenylalanine	-	-	-	
+ Tyrosine				1,36
Histidine	1,97	3,19	-	2,45
Isoleucine	1,68	1,53	-	1,22
Leucine	1,74	1,20	-	0,83
Lysine	1,14	1,15	-	1,01
Methionine	-	-	-	
+ Cysteïne				1,10
Threonine	1,65	1,60	-	1,23
Tryptofaan	1,22	-	-	-
Valine	1,47	1,58	-	0,89
Limiterend aminozuur	-	-	-	Leucine, Valine

d.g., drooggewicht; -, niet beschikbaar

In verschillende studies is de aminozuursamenstelling van meelwormen- en sprinkhaneneiwit bepaald (Finke 2002, Adeyeye 2005, Bosch, Zhang et al. 2014). Op basis van deze gerapporteerde hoeveelheden is een aminozuurscore (AAS) berekend voor de essentiële aminozuren (Tabel 11).

Voor meelwormen kon niet voor alle essentiële aminozuren een AAS worden berekend, omdat de concentraties van cysteine en tyrosine niet beschikbaar waren. Deze twee aminozuren zijn niet-essentieel, maar zijn nodig voor de AAS van de combinaties fenylalanine+tyrosine en methionine+cysteïne. Voor de overige essentiële aminozuren was de AAS >1. De concentratie aan tryptofaan lijkt laag ten opzichte van de andere aminozuren (Tabel 11), maar de behoefte hieraan is ook lager (Tabel 3). Volgens de data van Finke (2002) bevatten meelwormen voldoende tryptofaan. Hoewel in de literatuur soms wordt gevonden dat tryptofaan voor de mens het eerste limiterende aminozuur is in diverse insectensoorten (Ramos Elorduy, Pino et al. 1997), en methionine+cysteïne het meest limiterend in sprinkhanen (Adeyeye 2005), blijkt dit niet uit onze analyse. Bij sprinkhanen (*Zonocerus variegatus*) zijn twee *limiterende aminozuren* gevonden, namelijk leucine en valine. Het tryptofaangehalte was hier niet bekend. In vergelijking tot kippenei-eiwit bevatten meelwormen meer histidine en leucine en sprinkhanen meer histidine per gram eiwit.

De *in vitro* verteerbaarheid van sprinkhaan *Orthoptera Sphenarium histrio* was 86%. Ook voor andere insectensoorten wordt een verteerbaarheid van >80% gevonden (Ramos Elorduy, Pino et al. 1997). De *in vitro* verteerbaarheid van meelwormen (*Tenebrio molitor*) was tevens hoog, namelijk zo'n 91% (Bosch, Zhang et al. 2014). Het verwijderen van chitine, wat voorkomt in het uitwendig skelet van o.a. sprinkhanen, zou mogelijk een verklaring kunnen zijn voor het positieve

effect op de verteerbaarheid van insecteneiwit (DeFoliart 1992, Rumpold and Schluter 2013).

In theorie kan verhitting de verteerbaarheid zowel verhogen of verlagen door denaturatie – veranderingen in de structuur – van de eiwitten. De wijze van bereiding lijkt een klein effect te hebben op de eiwitverteerbaarheid van sprinkhanen. Groene en bruine sprinkhanen (*Ruspolia differens*) hebben een eiwitverteerbaarheid in de range van 77-82%. Het hoogste percentage betreft verse sprinkhanen en het laagste percentage wordt gevonden na drogen en/of roosteren (Kinyuru, Kenji et al. 2010).

3.3.4 Veiligheidsaspecten

Onderzoek naar de veiligheid van in Europa gekweekte insecten is nog beperkt (Van der Spiegel, Noordam et al. 2013). In 2015 heeft de EFSA een profiel gemaakt van de mogelijke risico's die samenhangen met de productie, verwerking en consumptie van insecten. Het risico op pathogenen en contaminanten in voedsel en diervoeder op basis van insecten kan afhangen van de productiemethoden, het voer dat insecten krijgen, de levenscyclus van de insecten (larve of volwassen), welke insectensoort het betreft, als ook de methode voor verdere verwerking van insecten. Wanneer insecten worden gevoed met de huidige toegestane voeding dan is het potentiële risico op microbiologische besmetting gelijk aan dat bij andere niet-bewerkte eiwitbronnen. Het risico op het voorkomen van prionen – abnormale eiwitten die ziektes kunnen veroorzaken – wordt gelijk of lager geschat. Er zijn echter nog vele onzekerheden door een gebrek aan kennis op dit gebied en specifieke risicobeoordelingen moeten worden uitgevoerd over de gehele productieketen (EFSA Scientific Committee 2015).

Risico's met betrekking tot besmetting met ziekteverwekkers kunnen worden voorkomen door het toepassen van een goede hygiëne bij het kweken en met een juiste bereidingswijze (invriezen en/of verhitten) (Belluco, Losasso et al. 2013).

In sommige insectensoorten komt in het uitwendig skelet de stof chitine voor. Of deze stof bij hoge inname eventuele gezondheidsrisico's met zich meebrengt is vooralsnog niet duidelijk (NVWA 2014). Bij o.a. sprinkhanen kunnen poten en vleugels het beste worden verwijderd voor consumptie, vanwege eventuele verstopping of darmbeschadiging (Schabel 2010).

Allergeniteit

Insecteneiwit kan een allergische reactie oproepen in sensitieve personen (immunoglobuline E (IgE) gemedieerd) (EFSA Scientific Committee 2015). Eiwitten uit insecten kunnen mogelijk een kruisreactie veroorzaken met allergieën tegen schaaldieren (zoals garnalen) en huisstofmijt (Lopata, O'Hehir et al. 2010, Van der Spiegel, Noordam et al. 2013). Gebaseerd op een recente studie van Verhoeckx en collega's lijkt er inderdaad een realistische kans te zijn dat mensen met een allergie tegen schaaldieren of huisstofmijt ook allergisch reageren op producten met eiwit van meelworm (*Tenebrio molitor L.*). Tropomyosine en arginine kinase werden geïdentificeerd als eiwitallergenen die de kruisreactie veroorzaken. Er is echter (nog) geen provocatietest met

meelwormenextract uitgevoerd om dit te bevestigen (Verhoeckx, Van Broekhoven et al. 2014). De prevalentie van een schaal- en schelpdierenallergie in Europa wordt in een meta-analyse geschat tussen de 0,1-1,3%, waarbij het laagste percentage werd gevonden na een voedseltest en het hoogste na zelfrapportage (Nwaru, Hickstein et al. 2014). De prevalentie van een huisstofmijtallergie ligt tevens <2% (Goldhahn, Bockelbrink et al. 2009).

Het is onduidelijk of bereidingstechnieken, zoals koken, de allergeniteit verminderen (Van Huis, Van Itterbeeck et al. 2013).

Insecten(eiwit) is vooralsnog niet opgenomen in de lijst van allergenen die op de verpakking moeten worden vermeld. Dit zou volgens EFSA (2015) wel een potentiële maatregel zijn.

3.3.5 *Voedingsaspecten (excl. eiwit)*

Algemeen

De voedingswaarde van insecten varieert sterk, niet in het minst door de grote variëteit aan soorten. Tevens kan het voer dat insecten krijgen van invloed zijn op de samenstelling (Rumpold and Schluter 2013). De hieronder gebruikte data zijn veelal afkomstig van niet-Europese insecten, hoewel deze insecten wel in Europa kunnen worden gekweekt.

Veel eetbare insectensoorten bevatten essentiële aminozuren, enkelvoudig en/of meervoudig onverzadigde vetzuren, diverse mineralen (zoals koper, ijzer, magnesium, mangaan, fosfor, selenium en zink) alsook vitamines (riboflavine (B2), panthotheenzuur, biotine en in sommige gevallen foliumzuur) (Rumpold and Schluter 2013). De hoeveelheid vet in insecten kan variëren tussen de 7-77 g per 100 g drooggewicht en de energiewaarde tussen de 293-762 kcal per 100 g drooggewicht, gebaseerd op 78 insectensoorten uit Mexico (Ramos Elorduy, Pino et al. 1997).

Meelwormen

Meelwormen bevatten 206 kcal per 100 g en leveren 13 g vet per 100 g (Finke 2002). In vergelijking met rundvlees bevatten meelwormen een vergelijkbare hoeveelheid koper, zout, kalium, ijzer, zink en selenium. Meelwormen bevatten meer vitamines dan rundvlees, met een uitzondering voor vitamine B12, en hebben een lager vetgehalte (Van Huis, Van Itterbeeck et al. 2013).

Sprinkhanen

Een goede vergelijking tussen meelwormen en sprinkhanen wordt bemoeilijkt doordat gegevens over meelwormen uitgaan van het hele insect (natgewicht) en gegevens over sprinkhanen gerapporteerd zijn op basis van drooggewicht. Op basis van drooggewicht leveren diverse Orthoptera soorten, waaronder sprinkhanen, 361-566 kcal per 100 g en 2,5-53% vet per 100 g (Rumpold and Schluter 2013). Daarnaast draagt de consumptie van sprinkhanen bij aan de inname van vitamines, waaronder vitamine A, B2, B6, C en E, en diverse mineralen zoals calcium, ijzer en magnesium (Banjo, Lawal et al. 2006, Kinyuru, Kenji et al. 2010).

3.3.6 *Evaluatie*

De hoeveelheid eiwit in meelwormen is vergelijkbaar met die in regulier vlees (ongeveer 20 g eiwit per 100 g). Uitgedrukt in drooggewicht ligt het eiwitgehalte van sprinkhanen zelfs iets hoger dan dat van vlees. Het eiwit van meelwormen en sprinkhanen is tevens goed verteerbaar (86-91%). Op basis van de door ons berekende aminozuurscores (AAS), lijken alleen leucine en valine limiterende aminozuren te zijn in sprinkhanen. Voor meelwormen zijn geen limiterende aminozuren gevonden. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze scores gebaseerd zijn op slechts enkele studies en dat niet van alle essentiële aminozuren een AAS kon worden berekend. Een combinatie met andere eiwitbronnen is aan te raden. Sprinkhanen kunnen het beste gecombineerd worden met andere eiwitbronnen waarin de aminozuren leucine en valine in hogere concentraties aanwezig zijn.

Op basis van het huidige productaanbod (medio 2015), worden insecten vooral als ingrediënt in gemalen vorm toegevoegd aan commerciële producten, zoals vleesvervangers of sandwich spreads. Het percentage insecten bedraagt in deze producten rond de 15-35% van het eindproduct. Naast het eiwit uit insecten bevatten deze producten vaak ook andere ingrediënten, zoals tarwe-, soja-, kippenei-eiwit en/of peulvruchten. Deze vleesvervangers kunnen net zoveel totaal eiwit bevatten als een stukje vlees. We hebben geen informatie over de aminozuursamenstellingen van deze eindproducten en kunnen daarom geen harde conclusies trekken. Niettemin bevatten soja-eiwit isolaat en soja-eiwit concentraat (paragraaf 3.2.1) alsook kippenei-eiwit (paragraaf 2.2) voldoende van alle essentiële aminozuren, waardoor te verwachten valt dat een combinatie van insecteneiwit met deze andere eiwitbronnen leidt tot kwalitatief beter eiwit. Insecten kunnen echter ook in zijn geheel (na verwijderen van vleugels en poten) worden geconsumeerd als bijvoorbeeld gefrituurde snack. In het laatste geval moeten wel veel insecten worden gegeten, wil dit substantieel bijdragen aan de dagelijkse eiwitbehoefte. Naast dat insecten bijdragen aan de eiwitvoorziening, kunnen zij ook nuttige leveranciers zijn van vitamines en mineralen.

De consumptie van insecten(eiwit) kan allergische reacties geven.

3.4 **Algen: micro-algen en zeewieren**

3.4.1 *Beschrijving*

De term algen is een verzamelnaam. Algen zijn doorgaans relatief eenvoudige plantaardige organismen die niet tot de hogere landplanten behoren. Ze hebben geen wortels, stengels en bladeren, zoals typerend is voor landplanten, maar soms wel een structuur die daarop lijkt. Algen gebruiken lichtenergie via fotosynthese om te kunnen groeien en kunnen zowel eencellig als meercellig zijn. Eencellige algen worden ook wel micro-algen genoemd (of fytoplankton), waarvan Chlorella (groene zoetwateralg) en Spirulina (blauwgroene zoutwateralg) bekende voorbeelden zijn. Een meercellige alg die in zee of aan de kust groeit heet zeewier. Er bestaan bruine, rode en groene zeewieren (Kerkvliet 2001, Cazaux, Van Gijseghem et al. 2010).

Micro-algen kunnen worden gekweekt in diverse systemen, zoals gesloten systemen (binnen) of in open bassins (Enzing, Ploeg et al.

2014). De micro-alg *Chlorella* wordt sinds enkele jaren in Nederland gekweekt in een gesloten systeem (www.nutress.eu) en zeewieren (o.a. kombu en zeesla) worden gekweekt in de Oosterschelde (www.zeewaar.nl).

In diverse culturen behoren algen al lange tijd tot de traditionele voeding. Tegenwoordig worden algen verwerkt tot voedingsmiddelen of ingrediënten, welke niet eerder in deze vorm zijn geconsumeerd (Cazaux, Van Gijsegem et al. 2010). Diverse van de hieronder beschreven algensoorten zijn al opgenomen in de Novel Foods catalogus (European Commission 2015).

De voornaamste in Nederland geconsumeerde algensoorten zijn: zeesla (*Ulva rigida*, *U. lactula*, *Monostroma* sp.), AO Nori (*Enteromorpha* sp.), kelp en kombu (*Laminaria* sp.), wakame (*Undaria pinnatifida*), hijiki (*H. fusiforme*), zeespaghetti (*Himantalia elongata*), arame (*Eisenia bicyclis*), knotswier (*Ascophyllum nodosum*), blaaswier (*Fucus vesiculosus*), nori (*Porphyra* sp.) en dulse (*Palmaria palmata*) (Kerkvliet 2001).

3.4.2 Producttoepassing

Micro-algen

De micro-algen die in Nederland gebruikt worden zijn *Chlorella* en *Spirulina*. Deze algen zijn voornamelijk verkrijgbaar in de vorm van voedingssupplementen, zoals poeders, capsules of tabletten (Kerkvliet 2001). *Chlorella* wordt vooral geproduceerd in Azië en *Spirulina* in Azië en de Verenigde Staten (Enzing, Ploeg et al. 2014). Sinds 2009 produceert het Nederlandse bedrijf Phycom/Nutress micro-algen (*Chlorella sorokiniana* en *vulgaris*), welke op de markt komen als voedingssupplement of als voedingsingrediënt onder de naam Essentials™ (www.nutress.eu). Sinds 2012 wordt *Chlorella sorokiniana* toegepast in brood genaamd Meerbrood™ (www.meerbrood.com). Naar verwachting zullen er andere toepassingen volgen, zoals pasta, brood- en cake mix, crackers en toast. Naast micro-algen in gedroogde vorm is er tevens een verse algenpasta verkrijgbaar, die toegepast zou kunnen worden in dranken, sauzen en soepen (Essentials™).

Zeewieren

Zeewier is vooral bekend van sushi, maar sinds kort kent zeewier ook diverse andere toepassingen die verkrijgbaar zijn op de Nederlandse markt. Sinds 2013 wordt zeewier als ingrediënt toegepast in een 100% plantaardige burger, genaamd The Dutch Weed Burger (www.dutchweedburger.com). Kombu wordt verwerkt in de burger, zeesla in de saus en de micro-alg *Chlorella sorokiniana* in het broodje. De burger wordt verkocht in diverse restaurants en op festivals. Verder wordt zeewier o.a. verkocht als smaakmaker en snack. Bovendien is zeewier ook op de markt als supplement, zoals in de vorm van kelptabletten.

Tabel 12. Overzicht van enkele producttoepassingen met micro-algen en zeewier (www.essentialsalgae.com; www.nutress.eu; www.mattisson.nl; www.meerbrood.com; www.dutchweedburger.com; www.wereldvanzeewier.nl – websites bezocht – juli 2015)

Product	Micro-algen volgens ingrediëntendeclaratie	Totaal eiwit (g/100g eindproduct)
Essentials/Nutress		
Chlorella supplement ^a	100%	36,3 (per 100 g drooggewicht)
Chlorella verse algenpasta ^b	Onbekend	9,1
Pasta (graanproduct)	Onbekend	14,6
Crackers en toast	Onbekend	17,4
Mattisson		
Zeewier eiwit super shake	Spirulina (3%), Chlorella (1%), kelp (0,35%) en andere eiwitbronnen ^c	78
Meerbrood		
Algenbrood met Chlorella	Onbekend	13,2
	Zeewier volgens ingrediëntendeclaratie	Totaal eiwit (g/100g eindproduct)
The Dutch Weed Burger		
Plantaardige hamburger met kombu ^d	9,5%	22
Marinoë		
Pasta met wakame	3% wakame	16,4
Visserssalade (smaakmaker)	100% zeewier (dulse, zeesla en nori)	Onbekend
Sea Crunchy		
Zeewiersnack (nori) met groene thee	Onbekend	20

^a Chlorella *sorokiniana* in de vorm van poeder/flakes/capsules

^b Chlorella *sorokiniana* in de vorm van verse algenpasta

^c Bevat naast algen ook andere eiwitbronnen, zoals caseïne (18%), soja isolaat (32%) en magere melkpoeder (9%)

^d Ook op basis van soja-eiwit (www.dutchweedburger.com en persoonlijk contact Lisette Kreischer e-mail 20-05-2015)

3.4.3 Eiwitgehalte en eiwitkwaliteit

Van de in Tabel 13 gepresenteerde algen bevat de micro-alg *Chlorella* het hoogste gehalte aan eiwit, namelijk 26-36 g per 100 g drooggewicht. Verse *Chlorella* pasta bevat zo'n 9 g eiwit per 100 g (www.nutress.eu).

Bruine algen bevatten gewoonlijk een lagere hoeveelheid eiwit (5-15% van het drooggewicht), terwijl rode en groene algen meer eiwit bevatten (10-47% van het drooggewicht) (Ibanez and Cifuentes 2013) (Tabel 13). De bruine algen wakame (*Undaria pinnatifida*) en Kombu (*Laminaria digitata japonica*) uit Japan bevatten respectievelijk 16 g en 6 g eiwit per 100 g drooggewicht (Kolb, Vallorani et al. 2004). Het is onbekend of de gekweekte zeewieren, zoals kombu, uit Nederland eenzelfde aminozuursamenstelling hebben als de onderzochte zeewieren uit Azië. Deze informatie was niet beschikbaar bij diverse Nederlandse zeewierkwekerijen.

Het eiwitgehalte en de aminozuursamenstelling van algen hangen sterk af van de soort alg, het seizoen, de locatie en kweekomstandigheden (Ibanez and Cifuentes 2013). In Denemarken onderzochten Marinho en collega's het eiwitgehalte en de aminozuursamenstelling van kelp (bruin zeewier, *Saccharina latissima*) in verschillende maanden gedurende het jaar. In november was de eiwitconcentratie het hoogst (10.8% van drooggewicht) en in mei het laagst (1.3% van drooggewicht). Ook de aminozuursamenstelling van deze zeewiersoort verschilde per seizoen (Marinho, Holdt et al. 2015).

In verschillende studies is de aminozuursamenstelling van eiwit in bruine en rode zeewieren bepaald (Kolb et al 2004; Cian et al 2014) (Tabel 13). Van micro-algen konden geen aminozuurconcentraties worden berekend. In de bruine zeewieren wakame (*Undaria pinnatifida*) en Kombu (*Laminaria digitata japonica*) was alleen het essentiële aminozuur tryptofaan limiterend (AAS van 0,45). De overige aminozuren waren in voldoende mate aanwezig. In rood zeewier (*Porphyra columbina*) was het eerste limiterende aminozuur histidine (AAS van 0,79) maar ook isoleucine en tryptofaan hadden een aminozuurscore van iets onder de 1. In vergelijking met kippenei-eiwit bevatten bruine en rode zeewieren een lagere concentratie tryptofaan, maar soms een hogere of gelijke concentratie histidine, lysine, threonine en valine (bruin zeewier) en threonine (rood zeewier).

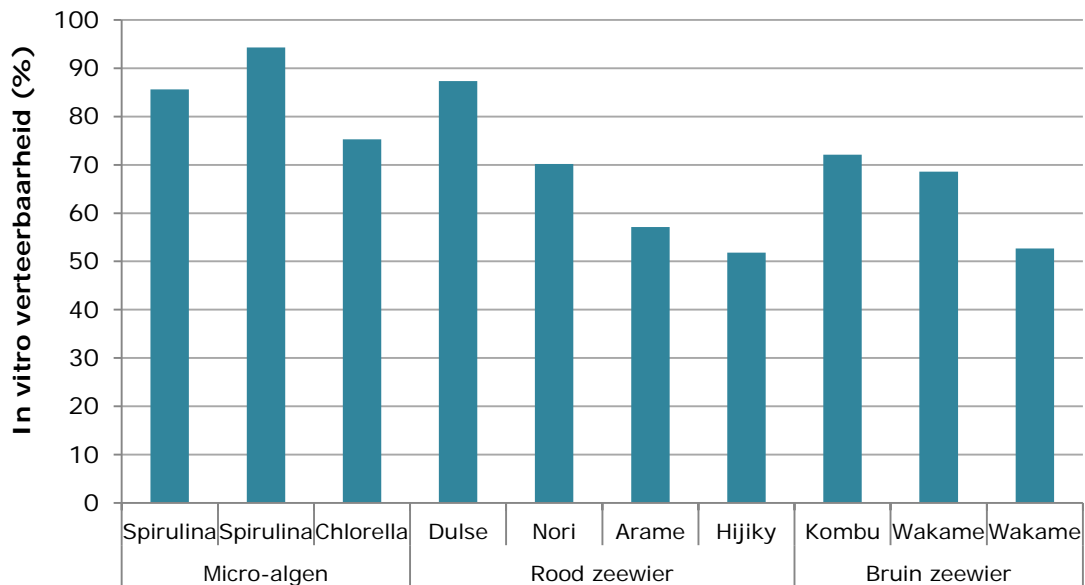
Tabel 13. Eiwitgehalte, aminozuursamenstelling en eiwitverteerbaarheid van micro-algen en zeewieren op basis van drooggewicht

	Micro-algen		Bruin zweewier		Rood zeewier
	<i>Chlorella sorokiniana</i> (gedroogd)	<i>Chlorella vulgaris</i> (gedroogd)	Wakame (Undaria pinnatifida)	Kombu (Laminaria digitata japonica)	Porphyra columbina
Referentie	Nutress/Phycom ^a	Nutress/Phycom ^a	(Kolb, Vallorani et al. 2004)	(Kolb, Vallorani et al. 2004)	(Cian, Fajardo et al. 2014)
Herkomst	Nederland	Nederland	Japan	Japan	Argentinië
Eiwit (g/100 g d.g.)	36,3	25,5	16,3 ± 1,4	6,2 ± 0,4	24,61 ± 0,21
Essentiele aminozuren					
<i>Unit</i>	<i>g/100 g d.g.</i>	<i>g/100 g d.g.</i>	<i>mg/g d.g.</i>	<i>mg/g d.g.</i>	<i>g/100 g eiwit</i>
Fenylalanine	1,45	2,12	7,80 ± 0,17	2,82 ± 0,07	3,70 (0,06)
Histidine	0,69	1,02	5,25 ± 0,37	2,38 ± 0,14	1,26 (0,08)
Isoleucine	1,06	1,51	7,91 ± 0,18	2,61 ± 0,35	2,71 (0,05)
Leucine	2,50	3,38	13,70 ± 1,36	4,45 ± 0,09	7,38 (0,11)
Lysine	2,60	3,26	11,12 ± 1,07	4,77 ± 0,23	6,01 (0,10)
Methionine	0,66	0,97	3,58 ± 0,42	1,49 ± 0,11	1,68 (0,07)
Theonine	1,36	1,73	7,33 ± 0,57	3,41 ± 0,46	5,91 (0,13)
Tryptofaan	-	-	0,43 ± 0,02	0,19 ± 0,01	0,63 (0,01)
Valine	1,76	2,33	16,84 ± 0,32	6,01 ± 0,76	5,85 (0,11)
Amino acid score					
Fenylalanine+Tyrosine	-	-	1,80	1,78	1,52
Histidine	-	-	2,00	2,44	0,79
Isoleucine	-	-	1,63	1,40	0,90
Leucine	-	-	1,38	1,18	1,21
Lysine	-	-	1,42	1,60	1,25
Methionine+Cysteïne	-	-	1,61	2,39	1,63
Threonine	-	-	1,80	2,20	2,36
Tryptofaan	-	-	0,45	0,45	0,95
Valine	-	-	2,58	2,43	1,46
Limiterend aminozuur	-	-	Tryptofaan	Tryptofaan	Histidine, Isoleucine, Tryptofaan
Verteerbaarheid (in vitro)	-	-	-	-	74,3±3,0 ^b

d.g., drooggewicht; -, niet beschikbaar

^a www.nutress.eu en persoonlijk contact e-mail 12-05-2015^b In vitro verteerbaarheid met de enzymen pepsine en pancreatine

De *verteerbaarheid* van algeneiwitten varieert sterk per algensoort (Figuur 2). Diverse *in vitro* studies beschrijven de verteerbaarheid van algen door enzymen als pepsine en pancreatine. Van de in Nederland gekweekte micro-algen zijn geen gegevens bekend over eiwitverteerbaarheid.



Figuur 2. *In vitro* verteerbaarheid (met pepsine en pancreatine) van diverse gedroogde algensoorten (Mišurcová, Kráčmar et al. 2010) (aangepast)

Machů et al. (2014) onderzochten het eiwitgehalte en de *in vitro* verteerbaarheid van diverse soorten groene, bruine en rode algen. Het eiwitgehalte varieerde tussen de 8-62%, met het hoogste eiwitgehalte voor *Chlorella pyrenoidosa* (uit Taiwan) en de laagste voor kombu (*Laminaria japonica* uit Japan). De verteerbaarheid varieerde aanzienlijk tussen het type algenproducten, type gebruikte enzymen en de hydrolysetijd. De hoogste verteerbaarheid werd gevonden voor rood zeewier na 24 uur van gecombineerde hydrolyse door pepsine en pancreatine. Dit kan komen doordat rood zeewier een hogere concentratie oplosbare vezels bevat (Mišurcová, Kráčmar et al. 2010).

De verteerbaarheid van zeewier kan worden bemoeilijkt door de celwandstructuur; polysacchariden in de celwand van zeewier kunnen stabiele complexen vormen met eiwitten, waardoor deze minder goed bereikbaar worden voor gastro-enterale enzymen. Tevens kunnen zeewieren anti-nutritionele factoren (ANFs) bevatten zoals fenolverbindingen, fytaat en proteaseremmers, die de verteerbaarheid kunnen remmen. De verteerbaarheid van zeewiereiwit kan mogelijk toenemen door tijdelijke verhitting (koken), hoewel dat effect verschilt per zeewiersoort (Maehre, Edvinsen et al. 2015). Voor de verteerbaarheid van algen lijkt het belangrijk dat de celwandstructuur eerst opgebroken wordt met effectieve technieken. Pas dan lijken de eiwitten en andere stoffen bereikt te kunnen worden door verteringsenzymen en zijn dan beschikbaar voor opname door het

lichaam (Becker 2007). Wat de beste manier is om eiwit uit algen vrij te maken, is nog onduidelijk.

3.4.4 *Veiligheidsaspecten*

Algemeen

Van de ongeveer 4000 soorten algen die in zee voorkomen, is van zo'n 2% bekend dat zij neuro- en hepatoxinen vormen (Kerkvliet 2001). Deze soorten kunnen giftig zijn voor de mens en zijn dus niet geschikt voor consumptie. Er blijven echter vele soorten over die wel geconsumeerd kunnen worden.

Mogelijke veiligheidsrisico's gerelateerd aan micro-algen kunnen betrekking hebben op allergenen, toxines, pathogenen, zware metalen en pesticiden. Voor wat betreft zeewier, kunnen veiligheidsrisico's gerelateerd zijn aan jodium, anti-nutritionele factoren (ANFs), zware metalen, radioactieve isotopen, ammonia, dioxines en pesticiden (Van der Spiegel, Noordam et al. 2013). Indien er geen gegevens zijn over een voorgeschiedenis van veilig gebruik, is een veiligheidsbeoordeling gewenst.

Anti-nutritionele factoren

Er is weinig informatie beschikbaar over stoffen in algen die een anti-nutritionele werking kunnen hebben. Volgens De Oliveira en collega's bevatten vele zeewieren (rode, groene en bruine) ANFs, zoals lage concentraties aan lectine, tannine en fytinezuur, en hoge concentraties trypsine- en amylaseremmers (De Oliveira, Freitas et al. 2009).

Zware metalen

Het type en de concentratie van zware metalen in zeewier varieert per soort, oogsttijd, groeifase en plaats (Van der Spiegel, Noordam et al. 2013). Bij zware metalen kan het bijvoorbeeld gaan om lood, arseen en cadmium (Kerkvliet 2001). Kolb en collega's onderzochten de hoeveelheid lood, cadmium en kwik in wakame (3,6 g drooggewicht) en kombu (3,7 g drooggewicht) uit Japan, waaruit bleek dat de hoeveelheid zware metalen onder de getolereerde bovengrens (UL) van de FAO/WHO lag (Kolb, Vallorani et al. 2004). Geen gegevens zijn bekend over de aanwezigheid van zware metalen van in Nederland gekweekte algen. Echter, wanneer algen onder gecontroleerde omstandigheden worden gekweekt, is de verwachting dat de kans op aanwezigheid van zware metalen en ziekteverwekkers duidelijk kleiner zal zijn.

Allergeniteit

Over mogelijke primaire allergische reactie of kruisreacties na consumptie van algen is weinig bekend, maar deze zijn niet uit te sluiten. Le en collega's rapporteert een case studie waarbij de patiënt een anafylactische reactie kreeg na consumptie van Spirulina tabletten (Le, Knulst et al. 2014).

Jodium

Het jodiumgehalte in algen is zowel een voedings- als voedselveiligheidsaspect. In Nederland is de hoeveelheid jodium die van nature in de voeding zit niet genoeg om de jodiumbehoefte te kunnen dekken, waardoor jodium al sinds lange tijd wordt toegevoegd aan zout (Geurts and Verkaik-Kloosterman 2014). Hoewel de hoeveelheid jodium

sterk uitleen loopt, kunnen algen wellicht een bijdrage leveren aan de jodiumvoorziening.

Het jodium gehalte in 12 geanalyseerde soorten zeewier afkomstig uit verschillende landen lag in de range van 16 µg/g in nori tot 8165 µg/g in één van de monsters van de kelp supplementen (Teas, Pino et al. 2004). Kerkvliet rapporteert ook dat de jodiumconcentratie in kelp hoog kan zijn, tussen de 300-1100 mg/100 g van de droge stof (Kerkvliet 2001). Met de hoogst gerapporteerde concentraties zou de dagelijks aanvaardbare UL mogelijk overschreden kunnen worden (voor volwassenen 600 µg/dag volgens EFSA en 1100 µg/dag volgens het Amerikaanse Institute of Medicine) (Institute of Medicine 2001, EFSA Committee on Food and Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies 2006). Echter, wanneer algen onder gecontroleerde omstandigheden worden gekweekt kan het jodiumgehalte goed worden gereguleerd en hoeven volgens de auteurs geen overschrijdingen van jodium verwacht te worden. Zo is van de in Nederland onder gecontroleerde omstandigheden gekweekte *Chlorella* soorten van Essentials™ bekend dat deze geen jodium bevatten (www.nutress.eu).

3.4.5 Voedingsaspecten (excl. eiwit)

Algen bevatten over het algemeen veel vezels (33-50%), waarvan een groot gedeelte onoplosbaar is (Ibanez and Cifuentes 2013). Verder bestaat zeewier tot 2% van het drooggewicht uit vetten, waarvan het merendeel bestaat uit lange keten onverzadigde vetten zoals omega-3 en omega-6 (MacArtain, Gill et al. 2007). Deze vetzuren blijken tevens in een gunstige verhouding voor te komen in rode en bruine zeewieren (Dawczynski, Schubert et al. 2007). Spirulina bevat ongeveer 4% vet en *Chlorella* tegen de 10% (Kerkvliet 2001), wat iets meer is dan in zeewier.

Zeewieren bevatten zowel water- als vetoplosbare vitamines waaronder vitamine A, B, C en E (MacArtain, Gill et al. 2007). Ook de in Nederland geproduceerde micro-alg *Chlorella* bevat diverse vitamines en mineralen (www.nutress.eu). Algen zijn een van de weinige plantaardige bronnen van vitamine B12, maar het is onduidelijkheid of de aanwezige vorm voor mensen goed beschikbaar is (Dagnelie, van Staveren et al. 1991, Takenaka, Sugiyama et al. 2001, Watanabe 2007).

In zeewieren wordt een grote variëteit aan mineralen gevonden, zoals calcium, ijzer, kalium en jodium (MacArtain, Gill et al. 2007). Een portie van 8 g zeesla kan bijvoorbeeld 260 mg calcium leveren, wat gelijk staat aan de hoeveelheid calcium in een beker melk. IJzer, koper en magnesium waren de meest gevonden mineralen in rode en groene algen. Het type en de concentratie van metalen varieert per soort, tijd van collectie, groeifase en plaats (Van der Spiegel, Noordam et al. 2013).

3.4.6 Evaluatie

Algen hebben een donkergroene kleur en licht visachtige geur wat het includeren van algen in conventionele producten soms kan bemoeilijken (Becker 2007). De producten die nu op de markt zijn en waar algen als ingrediënt aan worden toegevoegd, bevatten vaak maximaal 10% algen.

Het eiwitgehalte en de verteerbaarheid van algeneiwit varieert sterk per soort alg. Uit onze studie blijkt dat de micro-alg *Chlorella* meer totaal eiwit bevat dan diverse zeewieren. Bovendien, bevatten bruine zeewieren over het algemeen minder eiwit dan rode zeewieren. Ook is de verteerbaarheid van micro-algen en rode zeewieren hoger dan van bruine zeewieren. Hoewel men bij algen wellicht rekening moet houden met een minder goed verteerbare celwand-structuur, worden er diverse technieken onderzocht om de opname van eiwitten en voedingsstoffen uit algen te verbeteren. In bruine zeewieren was alleen het essentiële aminozuur tryptofaan limiterend, en in rode zeewieren ook histidine en isoleucine. Voor de micro-algen konden geen aminozuurscores worden berekend. Het lijkt daarom aan te raden om algen te combineren met andere eiwitbronnen om (eventuele) limiterende aminozuren te compenseren.

Er bestaan diverse producten waar algen aan worden toegevoegd. Spaghetti met 10% *Spirulina* bevat een aanzienlijk hoger eiwitgehalte dan reguliere spaghetti (36 g versus 16 g/100 g) (Torres, Parra et al. 2014). Ook het Nederlandse Meerbrood (algenbrood) bevat iets meer eiwit dan een standaard volkorenbrood (13,2 versus 11,1 g/100 g) (NEVO 2013) (www.meerbrood.com). Bovendien bevat algenbrood zo'n 40% minder natrium. Het is niet bekend wat het percentage algen in Meerbrood is. Granen zijn over het algemeen rijk aan methionine en bevatten weinig lysine. De door ons onderzochte rode en bruine zeewieren bevatten weinig tryptofaan, en afhankelijk van het soort wier, ook histidine en leucine. Deze aminozuren kunnen misschien niet volledig worden gecompenseerd door de combinatie met granen.

In de plantaardige burger, The Dutch Weed Burger, wordt zeewier (kombu) gecombineerd met andere eiwitbronnen zoals soja (www.thedutchweedburger.com). De hoeveelheid totaal eiwit in het eindproduct is vergelijkbaar met regulier vlees en daarnaast kan de burger wellicht een bijdrage leveren in de jodiumvoorziening.

Over het algemeen geldt dat bruinwieren rijk zijn aan jodium (Kerkvliet 2001). Gezien er in Nederland van nature niet veel jodium in de voeding zit (Geurts and Verkaik-Kloosterman 2014), kunnen algen hierin wellicht een belangrijke bijdrage leveren. Vooral kelp kan veel jodium bevatten, waarbij er op gelet dient te worden dat het gehalte de aanvaardbare UL niet overschrijdt. Niet alle producten op basis van algen bevatten jodium; de *Chlorella* supplementen van Nutress (geproduceerd in Nederland) zijn vrij van jodium (www.nutress.eu). De jodiumconcentratie van in Nederland gekweekte zeewieren is ons niet bekend.

Recente gegevens over de consumptie van algen ontbreken, maar uit een rapportage van Kerkvliet (2001) bleek de consumptie destijds rond de 2,9 g (drooggewicht) per persoon per jaar te liggen.

Of de consumptie van algen verdere voedselveiligheidsrisico's met zich mee brengt en mogelijk aanleiding kan zijn voor allergieën, verdient verder onderzoek.

3.5 Kweekvlees

3.5.1 *Beschrijving*

Het idee dat spierweefsel geproduceerd via weefselkweektechnieken gebruikt zou kunnen worden voor eetbare vleesproducten stamt al uit begin jaren dertig van de vorige eeuw (en misschien wel langer geleden) (Edelman, McFarland et al. 2005). Sinds die tijd zijn er enkele onderzoeksgroepen bezig geweest met kweekvlees. Hierbij zijn verschillende technieken gebruikt. Van Eelen, van Kooten en Westerhof hebben een Nederlands patent op een van deze technieken waarbij voorlopers van spiercellen zich aan specifiek materiaal kunnen hechten (scaffold-technique) en zo kunnen uitgroeien en ontwikkelen tot spiercellen. Deze techniek zou geschikt zijn om verwerkte vleesproducten, zoals hamburger en worstjes, te maken. Het is niet geschikt voor het maken van vlees met een specifieke structuur zoals biefstuk. Om dat te kunnen maken is een andere techniek nodig waarbij de cellen zich kunnen organiseren zoals in spierweefsel. Dit kan bijvoorbeeld door bestaande stukjes weefsel *in vitro* te vergroten (Edelman, McFarland et al. 2005, Bhat and Bhat 2011).

Op 5 augustus 2013 werd in Londen de eerste gekweekte hamburger gepresenteerd als een bewijs van het concept ('proof of concept') (www.nieuwsblad.be/cnt/ju3mf7hs; (Post 2014)). Deze hamburger was nog niet geschikt voor grotere productie voor de consument. Behalve het prijskaartje zijn er nog andere verbeteringen nodig ten aanzien van bijvoorbeeld de duurzaamheid van de productie en de opschaling. Maar ook ten aanzien van het product zelf. Tot nu toe werd alleen het spierweefsel gekweekt, inmiddels wordt ook onderzoek gedaan naar het apart opkweken van vetweefsel. Daarnaast is de eiwitsamenstelling nog een punt van aandacht (bijvoorbeeld zit er voldoende myoglobine in? myoglobine is verantwoordelijk voor de kleur), evenals de voedingswaarde (bevat het voldoende ijzer?) en de smaak (persoonlijke communicatie dhr. M. Post, Universiteit Maastricht) (Edelman, McFarland et al. 2005, Langelaan, Boonen et al. 2010, Bhat and Fayaz 2011, Post 2012, Post 2014).

In oktober 2015 vond het eerste internationale symposium over kweekvlees plaats (<http://culturedbeef.net/about-the-symposium/>). Hierbij stond vooral de technologische kant van kweekvlees centraal, maar er was ook aandacht voor acceptatie door de consument.

3.5.2 *Producttoepassing*

In tegenstelling tot de hierboven beschreven nieuwe eiwitbronnen is kweekvlees op dit moment nog niet als producttoepassing voor consumenten te verkrijgen.

De heer Post (persoonlijke communicatie; Universiteit Maastricht) verwacht dat de eerste kweekvlees-producten over circa 10 jaar voor de consument beschikbaar zullen zijn en wellicht over circa 5 jaar een prototype.

3.5.3 *Eiwitgehalte en Eiwitkwaliteit*

De eiwitsamenstelling van kweekvlees wordt geschat op circa 20 g per 100 gram product. Dit komt in de buurt van de hoeveelheid eiwit in regulier vlees (Tuomisto 2010). Er zijn op dit moment geen gegevens

beschikbaar over de samenstelling in aminozuren of over de aanwezigheid van andere voedingsstoffen (Persoonlijke communicatie Dhr. M. Post, Universiteit Maastricht).

3.5.4 *Veiligheidsaspecten*

Veiligheidsaspecten van kweekvlees zullen waarschijnlijk afhangen van het verloop van het productieproces. De heer Post geeft aan dat grootschalige en intensieve celkweek genetisch instabiele cellen oplevert. Deze instabiele cellen worden door middel van steekproeven verwijderd (net als bij medische toepassingen). Hij acht het niet waarschijnlijk dat dit gezondheidsrisico's voor de consument oplevert, aanzien de cellen niet meer leven als deze worden geconsumeerd, maar dit moet nog wel onderzocht worden (Persoonlijke communicatie Dhr. M. Post, Universiteit Maastricht).

3.5.5 *Voedingsaspecten (excl. eiwit)*

Er wordt gespeculeerd dat het mogelijk zou moeten zijn om de samenstelling van kweekvlees gunstiger te maken dan van regulier vlees. Bijvoorbeeld door de vetzuursamenstelling zo aan te passen dat het minder verzadigd en meer onverzadigd vet bevat (Tuomisto 2010).

3.5.6 *Evaluatie*

Er zijn nog geen producttoepassingen met kweekvlees en daarnaast is er geen onderzoek beschikbaar over de samenstelling van kweekvlees. De hoeveelheid eiwit zal naar verwachting in dezelfde orde van grootte zijn als van regulier vlees. Het lijkt redelijk aan te nemen dat kweekvlees dezelfde samenstelling zou kunnen hebben als regulier vlees. Echter op dit moment wordt bij het kweken van vlees nog gebruik gemaakt van serum in het medium, dit lijkt een beetje op de toevoer van voedingsstoffen via de bloedbaan bij levende dieren. Er wordt gezocht naar alternatieven. Het is tevens belangrijk om ook de samenstelling van het kweekvlees te bestuderen om zo overeenkomsten/verschillen met regulier vlees te kunnen zien. Deze informatie kan op termijn helpen bij een afweging in welke mate kweekvlees op voedingskundig gebied een volwaardige of betere vervanger kan zijn van regulier vlees.

4 Discussie

Het hoofddoel van de huidige studie was te onderzoeken of invoering van nieuwe eiwitbronnen, gezien hun (voorgenomen) toepassingen in voedingsmiddelen, kan leiden tot een ongunstig effect op de eiwit-inname en de eiwitkwaliteit, en tot een toename van allergische reacties. De opdrachtgever heeft momenteel vier categorieën van nieuwe eiwitbronnen in het vizier, t.w. peulvruchten, insecten, algen en kweekvlees. Uitgaande van deze categorieën zijn zeven eiwitbronnen uitgewerkt: soja en lupine, meelwormen en sprinkhanen, micro-algen en zeewieren, en kweekvlees.

In hoofdstuk 3 is per eiwitbron de beschikbare informatie gegeven over de producttoepassingen, over de eiwitgehalten en eiwitkwaliteit en over allergeniteit van de nieuwe eiwitbron. De bevindingen zijn samengevat in Tabel 14. In hoofdstuk 3 is tevens ingegaan op de betekenis van de betreffende producttoepassing voor de eiwitinname en eiwitkwaliteit en voor de veiligheid van het product. In dit hoofdstuk willen we de resultaten in een breder perspectief plaatsen: wat zou de betekenis van de nieuwe eiwitbronnen kunnen zijn voor onze dagelijkse eiwitinname, voor de kwaliteit van onze dagelijkse eiwitinname en voor onze veiligheid.

We willen dit doen voor vijf productgroepen die veelal een belangrijke bijdrage leveren aan de totale dagelijkse eiwitinname, namelijk nieuwe eiwitbronnen als vleesvervanger, als vervanger van gangbare peulvruchten, als zuivelvervanger, en als toepassingen in brood en snacks. Van de overige producttoepassingen genoemd in Tabel 14 wordt verwacht dat de bijdrage aan de eiwitvoorziening gering zal zijn en deze zijn daarom buiten beschouwing gelaten. Gezien supplementen bepaalde stoffen in hoge doseringen kunnen bevatten, is deze groep ook opgenomen als productgroep, niet zozeer dus omdat ze een grote bijdrage aan de eiwitvoorziening leveren, maar meer in het kader van voedselveiligheid. Aan het eind van dit hoofdstuk zullen we concluderend terugkomen op de hoofdvraagstelling.

We beginnen met enkele methodologische beperkingen van ons onderzoek te benoemen.

Methodologische beperkingen

Voor het beschrijven van het eiwitgehalte en de eiwitkwaliteit van de nieuwe eiwitbronnen hebben we veel verschillende wetenschappelijke studies aangehaald en getracht om deze op een zo vergelijkbaar mogelijke manier naast elkaar te plaatsen. Echter deze studies zijn wat betreft de methodiek (werkelijke verteerbaarheid versus *in vitro* verteerbaarheid) en gerapporteerde eenheden (in drooggewicht versus natgewicht) moeilijk vergelijkbaar zijn. Hier moet bij de interpretatie rekening mee gehouden worden.

Tevens betreffen de gegevens niet altijd in Nederland geteelde/gekweekte eiwitbronnen, omdat deze data veelal niet beschikbaar waren. Het is in het rapport zo goed mogelijk beschreven waar de gebruikte data vandaan komen. Voor de interpretatie moeten we er rekening mee houden dat in het buitenland geteelde/gekweekte eiwitbronnen van andere samenstelling kunnen zijn dan in Nederland geproduceerde eiwitbronnen. Dit kan onder andere komen door verschillen in soort of variëteit, of door aan teelt/kweek gerelateerde eigenschappen zoals de grond, temperatuur, etc. We zien daarom de noodzaak om verdere analyses te laten doen naar in Nederland geteelde/gekweekte nieuwe eiwitbronnen.

De gegevens over de eiwitkwaliteit hebben betrekking op de eiwitbron. Wanneer deze eiwitbron wordt verwerkt in een samengesteld eindproduct (waaraan andere ingrediënten worden toegevoegd) is het ons niet bekend welke fractie van het totaal eiwit uit de nieuwe eiwitbron afkomstig is. Bovendien hebben we geen gegevens over de aminozuursamenstelling van het totale eindproduct. Uitspraken over de eiwitkwaliteit van een samengesteld product zijn daarom gebaseerd op gegevens over de aparte ingrediënten.

Zoals in hoofdstuk 2 over de gebruikte methodiek beschreven is, hebben we geen uitgebreide literatuuronderzoek gedaan naar de voedselveiligheidsaspecten. Wel is er informatie gezocht naar mogelijke allergieën.

A. Nieuwe eiwitbronnen als vleesvervangers

Behalve micro-algen worden alle nieuwe eiwitbronnen medio 2015 toegepast als vervanger van regulier geproduceerd vlees, of kunnen daarvoor mogelijk in de toekomst worden gebruikt (kweekvlees) (Tabel 14). Gezien de toepassing van vleesvervangers om daadwerkelijk een stukje vlees uit de maaltijd te vervangen, probeert men de samenstelling van deze nieuwe producten vaak zoveel mogelijk te laten lijken op vlees (structuur, smaak, gebruik).

In het Nederlandse voedselconsumptiepatroon leveren vleesproducten een aanzienlijke bijdrage (29%) aan de dagelijkse eiwitconsumptie (Van Rossum, Franssen et al. 2011). De mediane eiwitname onder Nederlandse kinderen (7-18 jaar) ligt in de range van 61-86 g per dag variërend per leeftijd en geslacht. Voor volwassenen ligt de mediane eiwitname in de range van 71-98 g per dag. Veel Nederlanders krijgen meer eiwit binnen dan nodig (Šebek and Temme 2009, Van Rossum, Franssen et al. 2011). Gezien het totale eiwitgehalte van vleesvervangers op basis van soja, lupine en insecten vergelijkbaar is met regulier vlees, namelijk circa 20 g eiwit per 100 g product, brengt deze vervanging de totale eiwitname niet in gevaar. Aangezien algen beduidend minder eiwit per 100 gram product bevatten, zullen vleesvervangers gebaseerd op bijvoorbeeld zeewier mogelijk minder dan 20 g eiwit per 100 g product bevatten. Wel is het zo dat zeewier in kleine hoeveelheden toegevoegd wordt en gecombineerd wordt met andere eiwitbronnen (zie hieronder).

De kwaliteit van het eiwit, zoals de aminozuursamenstelling en verteerbaarheid, kan in vleesvervangers wel anders zijn dan in regulier vlees. Veel vleesvervangers zijn samengestelde producten bestaande uit één of meerdere nieuwe eiwitbronnen (in gemalen vorm) in combinatie met reguliere eiwitbronnen, zoals tarwe- of kippenei-eiwit. Zeewier en insecten worden vaak in kleine hoeveelheden (10-15%) toegevoegd, terwijl soja en lupine een groter deel uit kunnen maken van het eindproduct. Voor de eiwitkwaliteit maakt het daarbij soms ook uit in welke vorm de nieuwe eiwitbron wordt toegevoegd; soja-eiwit isolaat (ver opgezuiverde eiwitfractie) is bijvoorbeeld beter verteerbaar en bevat een hogere eiwitconcentratie dan de hele (gepelde) sojaboon. Onze verwachting is dat een samengestelde vleesvervanger (bijvoorbeeld op basis van soja met tarwe-eiwit of meelwormen met tarwe- en ei-eiwit) leidt tot een betere eiwitkwaliteit van het product dan wanneer alleen de nieuwe eiwitbron zou worden geconsumeerd. Alle nieuwe eiwitbronnen (m.u.v. soja-eiwit concentraat en soja-eiwit isolaat) hebben namelijk één of meerdere limiterende aminozuren. Van de combinatie peulvruchten, waaronder ook lupine, met granen is bekend dat dit gunstig is voor de eiwitkwaliteit van het eindproduct, omdat deze twee bronnen elkaars limiterende aminozuren compenseren.

De verteerbaarheid van soja-eiwit isolaat (95%) komt overeen met de verteerbaarheid van vlees en vis (94%) (FAO/WHO/UNU Expert Consultation 2002). Over het algemeen kan worden gezegd dat de verteerbaarheid van de andere onderzochte nieuwe eiwitbronnen lager is dan van vlees. Vooral zeewieren kunnen mogelijk een lagere verteerbaarheid hebben, afhankelijk van de soort zeewier.

Vlees levert naast eiwit ook een belangrijke bijdrage aan de behoefte aan micronutriënten, zoals vitamine B12 en ijzer. Het is daarom belangrijk dat vleesvervangers ook in deze behoefte kunnen voorzien of dat deze nutriënten uit andere voedingsmiddelen gedurende de dag worden geleverd. Van diverse vleesvervangers is bekend dat deze worden verrijkt met vitamine B12 en ijzer.

De vraag of de toepassing van de nieuwe eiwitbronnen zal leiden tot eenzelfde dagelijkse eiwit-inname als uit reguliere eiwitbronnen is uiteraard ook afhankelijk van de mate waarin deze nieuwe bronnen redelijkerwijs kunnen worden opgenomen in het Nederlandse voedingspatroon. Plantaardige vleesvervangers, zoals vegetarische burgers en tofu, worden in het huidige Nederlandse voedingspatroon nog niet veel gegeten (data Voedselconsumptiepeiling 2007-2010). Echter, een recent onderzoek in opdracht van het Voedingscentrum (uitgevoerd door Motivaction International BV) vond dat 18% van de Nederlanders tussen de 18-75 jaar er voor open stond om in de komende vijf jaar vlees af en toe te vervangen door vleesvervangers gebaseerd op zeewier. Voor algen was dit percentage 11% en voor insecten 9% (Keuchenius and Van der Lelij 2015).

Hoek en collega's hebben in een consumentenonderzoek (n=553) in Nederland en het Verenigd Koninkrijk de acceptatie onderzocht van vleesvervangers, zoals tofu. Barrières in de consumptie van vleesvervangers zijn de onbekendheid met vleesvervangers en de lagere sensorische aantrekkelijkheid vergeleken met vlees. Niet-gebruikers van

vleesvervangers hadden een grotere neiging om nieuwe voedingsmiddelen te vermijden (Hoek, Luning et al. 2011). De geschiktheid van vleesvervangers wordt beïnvloed door het uiterlijk van de maaltijd met een vleesvervanger, en minder door de smaak en textuur (Elzerman, Hoek et al. 2011).

Zowel soja als lupine moeten op de verpakking als 'allergeen' worden vermeld. Dit geldt ook voor alle producten op basis van soja en lupine. Voor insecten en algen is dat (nog) niet het geval. Voor insecten zijn er aanwijzingen dat de consumptie ervan kan leiden tot een allergische reactie of kruisreactie met andere allergenen. Het evalueren van de allergeniteit van insecten(eiwit) is daarom aan te bevelen. Voor micro-algen en zeewieren is weinig informatie beschikbaar over allergeniteit, waardoor hierover geen uitspraken kunnen worden gedaan. Evaluatie van de allergeniteit is ook hier aan te bevelen.

In deze studie is kweekvlees de enige eiwitbron die op dit moment niet voor consumenten te verkrijgen is. Het is de verwachting van onderzoekers op dit gebied dat dit nog wel 5-10 jaar zal duren. Kweekvlees staat nog in de kinderschoenen. Het is nog niet duidelijk welk producten er op de markt zullen komen en in hoeverre deze producten qua eiwitsamenstelling afwijken van regulier geproduceerd vlees. Het is dus ook nog niet duidelijk in hoeverre er voedingskundige problemen of voedselveiligheidsrisico's te verwachten zijn. Ook voor kweekvlees zal consumentenacceptatie een belangrijke factor zijn voor het eventueel opnemen hiervan in het voedingspatroon (Verbeke, Marcu et al. 2015).

B. Nieuwe eiwitbronnen als vervanging van gangbare peulvruchten

Peulvruchten kunnen verschillende plekken innemen in de maaltijd; ze kunnen zowel dienen als groente of als vleesvervanger (Voedingscentrum). In deze paragraaf ligt de focus op de vergelijking van de lupineboon met andere gangbaar gegeten peulvruchten.

Lupinebonen zijn een rijke bron van eiwit, zo'n 30% van het droge gewicht. Dit is iets hoger dan in regulier gegeten peulvruchten. Witte en bruine bonen, linzen en snijbonen bevatten 20-22 g eiwit per 100 g gedroogd product (NEVO 2013) [6-9 g/100 g gekookte bonen]. Ze zijn koolhydraatrijk en vallen onder de Schijf van Vijf in het vak waar ook brood, granen, aardappelen, rijst, pasta en couscous onder vallen (Voedingscentrum). Vervanging van o.a. witte en bruine bonen door lupinebonen in de maaltijd kan dus leiden tot een hogere totale eiwitname. Gezien de ruime eiwitvoorziening in Nederland is verdere toename van de eiwitname niet echt nodig.

Net als in andere peulvruchten zijn de aminozuren methionine en cysteine limiterend in de lupineboon. Daarom wordt aangeraden om lupine te combineren met granen.

Vanwege het risico op een allergische reactie is het sinds 2006 verplicht om op de verpakking van voedingsmiddelen te vermelden dat er lupine in zit. Overige veiligheidsrisico's met betrekking tot de consumptie van lupine(bonen) betreffen (een mogelijk teveel aan) alkaloiden en

sommige mineralen zoals mangaan. In Australië is er een wetgeving die het maximale gehalte aan alkaloiden (200 mg/kg) bepaalt. In Nederland is hier (nog) geen wetgeving voor.

C. Nieuwe eiwitbronnen als zuivelvervanging

Soja is de enige eiwitbron in dit rapport die als zuivelvervanger wordt toegepast (Tabel 14). Men probeert de zuivelvervangers zoveel mogelijk op de gangbare zuivelproducten te laten lijken. Zuivelvervangers op basis van soja zijn geschikt voor mensen met een lactose-intolerantie of koemelk-eiwitallergie.

In een gemiddeld Nederlands voedingspatroon dragen zuivelproducten (inclusief kaas) voor 23% bij aan de dagelijkse eiwitname. Daarnaast is melk een belangrijke leverancier van calcium (58%), vitamine B2 (39%) en vitamine B12 (38%) (Van Rossum, Fransen et al. 2011).

Het vervangen van gangbare zuivelproducten door zuivelvervangers op basis van soja leidt tot eenzelfde totale eiwitname. Sojamelk bevat ongeveer 3-4 g eiwit per 100 g, wat overeenkomt met halfvolle melk (3,4 g eiwit/100 g). Daarnaast bevat sojayoghurt een vergelijkbare hoeveelheid eiwit (4 g/100 g) als reguliere magere en volle yoghurt (3,8-4,2 g/100 g) (NEVO 2013). Sojamelk en -yoghurt worden vaak verrijkt met calcium, vitamine B2, B12 en D (Alpro Soya).

De aminozuursamenstelling en verteerbaarheid van eiwit uit zuivelvervangers kan wel afwijken van die van gangbare melkproducten. Voor sojamelk wordt de hele (gepelde) sojaboon gebruikt, waarna deze in een van de vervolgstappen wordt verhit. Voor het maken van sojayoghurt vindt er ook nog een fermentatieproces plaats ((Alpro Soya) en emailcontact met Simone Hulsmann 18-9-2015). Het eiwitgehalte en de verteerbaarheid van de (gepelde) sojaboon zijn iets lager dan van soja-eiwit concentraat of soja-eiwit isolaat. De verteerbaarheid van soja-eiwit isolaat komt overeen met de verteerbaarheid van melk (95%) (FAO/WHO/UNU Expert Consultation 2002). Er wordt verwacht dat de verteerbaarheid van de gepelde sojaboon iets lager ligt, hoewel daar weinig informatie over beschikbaar is. Soja-eiwit concentraat en isolaat hebben geen limiterende aminozuren en voorzien dus in de behoefte.

In verband met anti-nutritionele factoren kunnen sojabonen niet rauw worden geconsumeerd.

D. Nieuwe eiwitbronnen als toevoeging in brood

Brood bezet een belangrijke plaats in het Nederlandse voedingspatroon. Volgens het Voedingscentrum zou een volwassene 6-7 sneetjes brood (of vervangende producten) moeten eten. Brood levert een belangrijke bijdrage aan de inname van o.a. koolhydraten, eiwitten, vezels, B-vitamines, ijzer en jodium (Voedingscentrum).

Zowel lupine(meel) als micro-algen worden toegepast in brood en andere graanproducten (Tabel 14). Lupinemeel wordt al sinds eind jaren 90 (als verbetermiddel) toegevoegd aan tarwemeel. In dat geval wordt lupine wellicht in kleine hoeveelheden toegevoegd. Echter, er bestaat sinds kort ook brood met 65% lupinemeel. Sinds 2012 wordt de micro-alg Chlorella toegevoegd aan het Nederlandse Meerbrood. Het is niet bekend hoeveel Chlorella aan Meerbrood wordt toegevoegd.

Doordat lupine een relatief hoge eiwitconcentratie heeft, kan vervanging van een deel van het tarwemeel vermoedelijk leiden tot een verhoging van de hoeveelheid eiwit. Net als bij veel andere peulvruchten zijn methionine en cysteine de meest limiterende aminozuren, waardoor de combinatie met granen (tarwe) kan leiden tot een kwalitatief beter eiwit.

Het toevoegen van micro-algen aan graanproducten, zoals brood, kan het totale eiwitgehalte van het product verhogen ten opzichte van dat van het reguliere graanproduct. Meerbrood kan bij een normale consumptie van 6 boterhammen per dag 4-5 g extra eiwit leveren in vergelijking met een standaard volkorenbrood. De hoeveelheid vezels is gelijk ((NEVO 2013) en www.meerbrood.com) De smaak van algen wordt wel omschreven als 'umami' ofwel een natuurlijke smaakversterker. Meerbrood bevat daarom zo'n 40% minder natrium, wat volgens de website van de producent niet afdoet aan de smaak (www.meerbrood.com).

Het vermelden van allergenen en mogelijke andere veiligheidsrisico's gerelateerd aan de consumptie van lupine zijn in eerdere paragrafen (4.2 en 4.3) besproken.

E. Nieuwe eiwitbronnen als snack

Insecten kunnen worden geconsumeerd als snack (Tabel 14). Dit kan zijn in hele vorm (na eventueel verwijderen van poten en vleugels) of in gemalen vorm en als ingrediënt in bijvoorbeeld bitterballen. In deze paragraaf zullen we ingaan op de consumptie van hele insecten.

Consumptie van hele insecten kan ook plaatsvinden als onderdeel van de warme maaltijd of als snack tussen de maaltijden door. Daarbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan gefrituurde of geroerbakken sprinkhanen.

Meelwormen en sprinkhanen bevatten een relatief hoog eiwitgehalte en dit eiwit is tevens goed verteerbaar. Op basis van een beperkt aantal studies lijken deze insecten één of meerdere limiterende aminozuren te hebben. Het is daarom aan te raden om meelwormen en sprinkhanen te consumeren in combinatie met andere eiwitbronnen, zodat (eventuele) limiterende aminozuren gecompenseerd kunnen worden. In verband met het lage gewicht van deze insecten, zullen wel veel insecten moeten worden geconsumeerd om een aanzienlijke bijdrage te leveren aan de dagelijkse eiwitname.

Een kenmerk van een snack is dat deze vaak als een soort extraatje wordt gegeten. Het risico op tekorten, bijvoorbeeld door limiterende aminozuren, lijkt daardoor gering.

Over de voedselveiligheid van in Nederland – of in Europa – gekweekte insecten is zeer weinig bekend en het verdient de aanbeveling om hier verder onderzoek naar te doen.

F. Nieuwe eiwittenbronnen als supplement

Algen (zowel micro-algen als zeewieren) zijn verkrijgbaar in de vorm van een voedingssupplement (Tabel 14). Dit kan zijn in de vorm van een tablet, capsule of poeder. Supplementen worden doorgaans gebruikt in aanvulling op de normale dagvoeding en zijn niet bedoeld om een gezonde en gevarieerde voeding te vervangen.

Zeewieren (en vooral bruine zeewieren) kunnen een rijke bron zijn van jodium. In hoeverre een normaal gebruik van algen in de dagelijkse voeding kan leiden tot overschrijding van de UL is niet bekend. Uit de literatuur blijkt dat vooral kelp(tabletten) hoge concentraties aan jodium kunnen bevatten. De in Nederland geproduceerde Chlorella supplementen van Nutress bevatten geen jodium (www.nutress.eu). Van de in Nederland gekweekte zeewieren is het jodiumgehalte niet bekend.

Een ander voedselveiligheidsaspect is gerelateerd aan de mogelijke opstapeling van zware metalen in algen, zoals lood, arseen, cadmium en kwik. Hoe hoog deze concentraties zijn in algen die in Nederland gekweekt zijn, is niet bekend.

Micro-algen en zeewieren kunnen naast jodium ook vezels, langeketen onverzadigde vetzuren, en diverse vitamines en mineralen leveren.

Conclusies en aanbevelingen

Invoering van nieuwe eiwitbronnen in het Nederlandse voedingspatroon zal, gezien de (voorgenomen) toepassingen in voedingsmiddelen, waarschijnlijk niet leiden tot een ongunstig effect op de dagelijkse eiwit-inname en op de eiwitkwaliteit. Wel lijkt het erop dat elke nieuwe eiwitbron (m.u.v. soja-eiwit concentraat en isolaat) één of meer limiterende aminozuren heeft, waardoor deze eiwitten het beste gecombineerd kunnen worden met andere eiwitbronnen die kunnen voorzien in deze limiterende aminozuren. Dat is bij de (voorgenomen) toepassingen ook het geval.

Voor de voedselveiligheidsaspecten kan geen algemene conclusie worden getrokken en de door ons gevonden aspecten zijn wellicht onvolledig. Aandachtpunten zijn: het alkaloidengehalte van lupinebonen, de allergeniteit van insecteneiwit, het gehalte zware metalen van in Nederland gekweekte zeewieren en het jodiumgehalte van sommige zeewieren.

Over de voedselveiligheid van in Europa gekweekte insecten is zeer weinig bekend en het verdient de aanbeveling om hier verder onderzoek naar te doen.

Het is aan te bevelen om de eiwitkwaliteit van in Nederland geteelde/gekweekte nieuwe eiwitbronnen te laten analyseren, omdat onduidelijk is of buitenlandse data als representatief gezien mogen worden voor de Nederlandse situatie.

De in dit rapport gemaakte vergelijking is uitgevoerd op productniveau en niet op dagniveau. Het uitvoeren van een scenario-analyse, waarin gangbare eiwitbronnen uit het huidige voedselconsumptiepatroon (geheel of gedeeltelijk) worden vervangen door nieuwe eiwitbronnen, zou tot conclusies kunnen leiden over de dagelijkse eiwitinname en de dagelijkse inname aan andere (niet-)voedingsstoffen.

In hoeverre een normaal gebruik van in Nederland gekweekte zeewieren zal leiden tot overschrijding van de UL voor jodium is niet bekend.

Tabel 14. Overzicht van producttoepassingen, eiwitgehalte en –kwaliteit, en voedselveiligheid (m.n. allergeniteit) van enkele nieuwe eiwitbronnen

	Plantaardig		Insecten		Algen		Kweekvlees
	Soja	Lupine	Meelwormen	Sprinkhanen	Micro-algen	Zeewieren	
<u>Producttoepassingen</u> ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Vlees- vervanger • Zuivel- vervanger 	<ul style="list-style-type: none"> • vleesvervanger • brood & broodverbetermiddel • hele peulvrucht • lactose-vrij ijs • afslanksupplement^b 	<ul style="list-style-type: none"> • vlees- vervanger • snack 	<ul style="list-style-type: none"> • vleesvervange r • snack 	<ul style="list-style-type: none"> • supplement • brood • pasta • crackers/toast 	<ul style="list-style-type: none"> • vleesvervanger • supplement • smaakmaker • snack 	<ul style="list-style-type: none"> • vervanger regulier geproduceerd vlees
<i>Verkrijgbaar in NL</i>	Ja; ruim aanbod	Ja; beperkt aanbod	Ja; beperkt aanbod	Ja; beperkt aanbod	Ja; beperkt aanbod	Ja; beperkt aanbod	Nee; nog nergens ter wereld
<i>Telen/kweken in NL</i>	Nee; wel proeven bezig	Ja; wordt verbouwd	Ja; wordt gekweekt	Ja; wordt gekweekt	Ja; wordt gekweekt	Ja; wordt gekweekt	-
<u>Eiwitgehalte</u> <i>Hoeveelheid eiwit (%)</i>	40-90% van sojaproduct, met laagste percentage voor de hele sojaboon en hoogste voor soja-eiwit	30% (drooggewicht) Ontvelde bonen 40% (drooggewicht)	19% (natgewicht) of 49-52% (drooggewicht)	58-77% (drooggewicht)	26-36% (drooggewicht)	6-25% (drooggewicht); laagste bruin zeewier en hoogste rood zeewier	20% (natgewicht)

	Plantaardig		Insecten		Algen		Kweekvlees
	Soja	Lupine	Meelwormen	Sprinkhanen	Micro-algen	Zeewieren	
	isolaat						
Eiwitkwaliteit							
<i>Limiterende aminozuren</i>	geen; o.b.v. soja concentraat en -isolaat	methionine+cysteïne, valine, lysine; ; mogelijk ook isoleucine, threonine, tryptofaan	mogelijk tryptofaan ^c	Leucine, valine, en mogelijk tryptofaan ^d	-	tryptofaan; afhankelijk van wier ook histidine en isoleucine	-
<i>Verteerbaarheid^e</i>	86-95%	86-91%	91%	86%	75-94% ^f	52-87% ^f	-
Voedselveiligheid							
<i>Allergie</i>	Ja; primair of kruisreactie pinda/peulvruchten	Ja; primair of kruisreactie pinda/peulvruchten	Ja; kruisreactie schaaldieren/huisstofmijt	Ja; kruisreactie schaaldieren/huisstofmijt	Wellicht mogelijk, maar weinig informatie	Wellicht mogelijk, maar weinig informatie	-
<i>Etiket</i>	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	-
<i>Overig specifiek voor nieuwe eiwitbron</i>		alkaloïden		Chitine in exoskelet	Zware metalen	Zware metalen; en jodium (laatste vooral in kelp) ^g	Afhankelijk van hoe productieproces precies zal verlopen
<i>Opvallende issues voedingswaarde</i>	De hele sojaboon	Bevat vrijwel geen zetmeel, in	206 kcal en 13 g vet per	361-566 kcal en 2,5-53% vet	Bevat veel vezels	Bevat veel vezels (30-50%), tot 2%	-

	Plantaardig		Insecten		Algen		Kweekvlees
	Soja	Lupine	Meelwormen	Sprinkhanen	Micro-algen	Zeewieren	
<i>(excl. eiwit)</i>	bevat ongeveer 20% olie.	tegenstelling tot andere peulvruchten. Bron van vezels en mineralen.	100 g, levert o.a. diverse vitamines, ijzer, zink en selenium. Bevat minder vitamine B12 dan rundvlees.	per 100 g drooggewicht, afhankelijke van de soort sprinkhaan. Levert diverse vitamines en mineralen.	(30%), 4-10% vet, en levert diverse vitamines en minerelen.	vet, diverse vitamines en mineralen. Kan rijke bron zijn van jodium.	

- ; geen of onvoldoende informatie over beschikbaar

^a Enkele producttoepassingen zoals beschikbaar op de Nederlandse markt medio 2015. Dit betreft geen volledig productoverzicht.

^b Niet zeker of dit op de markt is in Nederland

^c Voor fenylalanine en methionine kon door onvoldoende gegevens geen aminozuurscore worden berekend

^d Voor tryptofaan kon door onvoldoende gegevens geen aminozuurscore worden berekend

^e De methodiek voor het vaststellen van de verteerbaarheid is niet voor alle eiwitbronnen gelijk. Voor soja betreft dit de werkelijke verteerbaarheid, voor lupine zowel de werkelijke als in vitro verteerbaarheid en voor de overige eiwitbronnen enkel in vitro verteerbaarheid

^f Bij algen dient men wellicht rekening te houden met een minder goed verteerbare celwandstructuur. Nieuwe technieken kunnen wellicht de opname en eiwitten en voedingsstoffen verbeteren.

^g Het jodiumgehalte van in Nederland gekweekte zeewieren is onbekend.

5 Dankwoord

Het commentaar van de leden van de begeleidingscommissie bij dit project (dr Wim Ruitkamp [Min EZ], dr Jacqueline Castenmiller [NVWA], drs Ana Vilorio (Min VWS) en dr Clemens van Rossum [Bureau Nieuwe Voedingsmiddelen van College Beoordeling Geneesmiddelen] in de uitvoerings- en rapportagefase is zeer op prijs gesteld.

Veel bedrijven en personen hebben op ons verzoek aanvullende informatie geleverd. Wij zijn hen hiervoor zeer erkentelijk.

6 Literatuurlijst

Adeyeye, E. I. (2005). "Amino acid composition of variegated grasshopper, *Zonocerus variegatus*." Tropical Science **45**(4): 141-143.

Alpro Soya. "Het assortiment, beschikbaar via: <http://www.alpro.com/nl/producten>, geraadpleegd september 2015."

Anoniem (2011). "Regulation (EU) no 1169/2011 of the European parliament and of the council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers, amending Regulations (EC) no 1924/006 and (EC) no 1925.2006 of the European Parliament and of the Council, and repealing Commission Directive 87/250/EEC, Council Directive 90/496/EEC, Commission Directive 1999/10/EC, Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Directives 2002/67/EC and 2008/5/EC and Commission Regulation (EC) no 608/2004." Official Journal of the European Union **L304**: 18-63.

Bahr, M., A. Fechner, K. Hasenkopf, S. Mittermaier and G. Jahreis (2014). "Chemical composition of dehulled seeds of selected lupin cultivars in comparison to pea and soya bean." LWT - Food science and technology **59**: 587-590.

Ballmer-Weber, B. K., T. Holzhauser, J. Scibilia, D. Mittag, G. Zisa, C. Ortolani, M. Oesterballe, L. K. Poulsen, S. Vieths and C. Bindslev-Jensen (2007). "Clinical characteristics of soybean allergy in Europe: a double-blind, placebo-controlled food challenge study." J Allergy Clin Immunol **119**(6): 1489-1496.

Banjo, A. D., O. A. Lawal and E. A. Songonuga (2006). "The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria." African Journal of Biotechnology **5**(3): 298-301.

Becker, E. W. (2007). "Micro-algae as a source of protein." Biotechnology Advances **25**: 207-210.

Belluco, S., C. Losasso, M. Maggioletti, C. C. Alonzi, M. G. Paoletti and A. Ricci (2013). "Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review." Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety **12**: 296-313.

Bhat, Z. F. and H. Bhat (2011). "Animal-free meat biofabrication." American journal of food technology **6**(6): 411-459.

Bhat, Z. F. and H. Fayaz (2011). "Prospectus of cultured meat - advancing meat alternatives." J Food Sci Technol **48**(2): 125-140.

Blonk, H. and B. Luske (2008). Greenhouse Gas Emissions of Meat. Methodological issues and establishment of an information infrastructure - background document. Gouda, Blonk Milieu Advies BV.

Bosch, G., S. Zhang, D. G. A. B. Oonincx and W. H. Hendriks (2014). "Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods." Journal of Nutritional Science **3**(e29): 1-4.

Broekema, R. and H. Blonk (2009). Milieukundige vergelijking van vleesvervangers. Gouda, Blonk Milieu Advies BV.

Bublin, M. and H. Breiteneder (2014). "Cross-reactivity of peanut allergens." Curr Allergy Asthma Rep **14**(4): 426.

Cazaux, G., D. Van Gijsegem and L. Bas (2010). Alternatieve eiwitbronnen voor menselijke consumptie. Een verkenning. Brussel, Vlaamse Overheid: Departement Landbouw en Visserij.

Chilomer, K., M. Kasprowicz-Potocka, P. Gulewicz and A. Frankiewicz (2013). "The influence of lupin seed germination on the chemical composition and standardized ileal digestibility of protein and amino acids in pigs." J Anim Physiol Anim Nutr (Berl) **97**(4): 639-646.

Cian, R. E., M. A. Fajardo, M. Alaiz, J. Vioque, R. J. Gonzalez and S. R. Drago (2014). "Chemical composition, nutritional and antioxidant properties of the red edible seaweed *Porphyra columbina*." Int J Food Sci Nutr **65**(3): 299-305.

ComLaw, A. G. (2015). Australia New Zealand Food Standards Code - Standard 1.4.1 - Contaminants and Natural Toxicants. M. o. Health.

Dagnelie, P. C., W. A. van Staveren and H. van den Berg (1991). "Vitamin B-12 from algae appears not to be bioavailable." Am J Clin Nutr **53**(3): 695-697.

Dawczynski, C., R. Schubert and G. Jahreis (2007). "Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products." Food Chemistry **103**: 891-899.

de Jong, N. W., M. S. van Maaren, B. J. Vlieg-Boersta, A. E. Dubois, H. de Groot and R. Gerth van Wijk (2010). "Sensitization to lupine flour: is it clinically relevant?" Clin Exp Allergy **40**(10): 1571-1577.

De Oliveira, M. N., A. L. P. Freitas, A. F. U. Carvalho, T. M. T. Sampaio, D. F. Farias, D. I. A. Teixeira, S. T. Gouveia, J. G. Pereira and M. M. De Castro Catanho de Sena (2009). "Nutritive and non-nutritive attributes of washed-up seaweeds from the coast of Ceará, Brazil." Food Chemistry **115**(1): 254-259.

DeFoliart, G. (1992). "Insects als human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects " Crop Protection **11**(5): 395-399.

Duranti, M. and P. Morazzoni (2011). "Nutraceutical properties of lupin seed proteins. A great potential still waiting for full exploitations." AgroFOOD Industry hi-tech **22**(1): 20-23.

Edelman, P. D., D. C. McFarland, V. A. Mironov and J. G. Matheny (2005). "Commentary: In vitro-cultured meat production." Tissue Eng **11**(5-6): 659-662.

EFSA-NDA (2012). Outcome of a public consultation on the Draft Scientific Opinion of the EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) on Dietary Reference Values for protein. S. Publications. **225**.

EFSA Committee on Food and Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (2006). Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals, European Food Safety Authority.

EFSA NDA Panel (2005). "Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the evaluation of lupin for labelling purposes (Request No EFSA-Q-2005-086)." The EFSA Journal **302**: 1-11.

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (2012). "Scientific opinion on the risks for animal and public health related to the presence of phomopsins in feed and food." EFSA journal **10**(2): 2567.

EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA) (2014). Scientific Opinion on the evaluation of allergenic foods and food ingredients for labelling purposes. Parma, Italy, European Food Safety Authority: 3894 [3286 pp.].

EFSA Scientific Committee (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. Parma, Italy, European Food Safety Authority.

Elzerman, J. E., A. C. Hoek, M. A. J. S. Van Boekel and P. A. Luning (2011). "Consumer acceptance and appropriateness of meat substitutes in a meal context." Food Quality and Preference **22**(3): 233-240.

ENSA. (2015). "Soyfood and Sustainability: European Cultivation." Retrieved 29-06-2015, from <http://www.ensa-eu.org/sustainability/european-cultivation/>

Enzing, C., M. Ploeg, M. Barbosa and L. Sijtsma (2014). Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe, European Commission, Joint Research Centre.

European Commission. (2015). "Novel food catalogue, available from: http://ec.europa.eu/food/safety/novel_food/catalogue/index_en.htm, geraadpleegd augustus 2015."

FAO/WHO (1991). Protein quality evaluation: Report of Joint FAO/WHO expert consultation 1989. Rome, Italy, FAO.

FAO/WHO/UNU (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. Geneva, Switzerland.

FAO/WHO/UNU Expert Consultation (1985). Energy and protein requirements (update 1991). Geneva, Switzerland, World Health Organization.

FAO/WHO/UNU Expert Consultation (2002). Protein and amino acid requirements in human nutrition. WHO technical report series no. 935. Geneva, Switzerland.

FAO/WHO/UNU Expert Consultation (2013). Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Finke, M. D. (2002). "Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores." Zoo Biology **21**: 269-285.

Foley, J. J., K. A. Rosentrater, B. P. Lamsal and N. Poovaiah (2013). Processing Approaches to Improve Functionality and Value of Soybean Products. ASABE Paper No. 131592967. St. Joseph, Mich, ASABE.

Geurts, M. and J. Verkaik-Kloosterman (2014). De jodiuminname van de Nederlandse bevolking na verdere zoutverlaging in brood. RIVM Briefrapport 2014-0054. Bilthoven, RIVM.

Gezondheidsraad (2001). Voedingsnormen energie, eiwitten, vetten en verteerbare koolhydraten. Den Haag, Gezondheidsraad.

Gilani, G. S., K. A. Cockell and E. Sepehr (2005). "Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods." J AOAC Int **88**(3): 967-987.

Goldhahn, K., A. Bockelbrink, M. Nocon, C. Almqvist, A. DunnGalvin, S. N. Willich and T. Keil (2009). "Sex-specific differences in allergic sensitization to house dust mites: a meta-analysis." Ann Allergy Asthma Immunol **102**(6): 487-494.

Hoek, A. C., P. A. Luning, P. Weijzen, W. Engels, F. J. Kok and C. De Graaf (2011). "Replacement of meat by meat substitutes. A survey on person- and product-related factors in consumer acceptance." Appetite **56**(3): 662-673.

Hughes, G. J., D. J. Ryan, R. Mukherjea and C. S. Schasteen (2011). "Protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS) for soy protein isolates and concentrate: criteria for evaluation." Journal of Agricultural and Food Chemistry **59**: 12707-12712.

Ibanez, E. and A. Cifuentes (2013). "Benefits of using algae as natural sources of functional ingredients." J Sci Food Agric **93**(4): 703-709.

Institute of Medicine (2001). Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington D.C., National Academy Press.

Jappe, U. and S. Vieths (2010). "Lupine, a source of new as well as hidden food allergens." Mol Nutr Food Res **54**(1): 113-126.

Kerkvliet, J. D. (2001). "Algen en zeewieren als levensmiddel: een overzicht " De ware(n)-chemicus: Nederlands tijdschrift voor algemeen levensmiddelenonderzoek **31**(2): 77-103.

Keuchenius, C. and B. Van der Lelij (2015). Quicksan 2015: Eetpatronen in verschillende sociale milieus, duurzaamheid en voedselverspilling|. Amsterdam, Motivaction International B.V. (i.o.v. Voedingscentrum).

Kinyuru, J. N., G. M. Kenji, S. M. Njoroge and M. Ayieko (2010). "Effect of Processing Methods on the In Vitro Protein Digestibility and Vitamin Content of Edible Winged Termite (*Macrotermes subhyalinus*) and Grasshopper (*Ruspolia differens*)." Food Bioprocess Technol. **3**: 778–782.

Kolb, N., L. Vallorani, N. Milanovic and V. Stocchi (2004). "Evaluation of Marine Algae Wakame (*Undaria pinnatifida*) and Kombu (*Laminaria digitata japonica*) as Food Supplements." Food Technol. Biotechnol. **42**(1): 57-61.

Kole, C. e. (2011). Wild crop relatives: genomic and breeding resources. Legume crops and forages. Heidelberg, Springer.

Kuiken, K. A. and C. M. Lyman (1949). "Essential amino acid composition of soy bean meals prepared from twenty strains of soy beans." J. Biol. Chem. **177**: 29-36.

Langelaan, M. L. P., K. J. M. Boonen, R. B. Polak, F. P. T. Baaijens, M. J. Post and D. W. J. van der Schaft (2010). "Meet the new meat tissue engineered skeletal muscle." Trends in food science & technology **21**: 59-66.

Le, T. M., A. C. Knulst and H. Rockmann (2014). "Anaphylaxis to Spirulina confirmed by skin prick test with ingredients of Spirulina tablets." Food Chem Toxicol **74**: 309-310.

Lopata, A. L., R. E. O'Hehir and S. B. Lehrer (2010). "Shellfish allergy." Clin Exp Allergy **40**(6): 850-858.

Lqari, H., J. Pedroche, J. Girón-Calle, J. Vioque and F. Millán (2004). "Purification and partial characterization of storage proteins in *Lupinus angustifolius* seeds." Grasas y Aceites **55**(4): 364-369.

MacArtain, P., C. I. R. Gill, M. Brooks, R. Campbell and I. R. Rowland (2007). "Nutritional Value of Edible Seaweeds." Nutrition Reviews **65**(12): 535–543.

Machů, L., L. Mišurcová, D. Samek, J. Hrabě and M. Fišera (2014). "In Vitro Digestibility of Different Commercial Edible Algae Products." Journal of Aquatic Food Product Technology **23**(5): 423-435.

Maehre, H. K., G. K. Edvinsen, K. E. Eilertsen and E. O. Elvevoll (2015). "Heat treatment increases the protein bioaccessibility in the red seaweed dulse (*Palmaria palmata*), but not in the brown seaweed winged kelp (*Alaria esculenta*)." Journal of Applied Phycology: 1-10.

Marinho, G. S., S. L. Holdt and I. Angelidaki (2015). "Seasonal variations in the amino acid profile and protein nutritional value of *Saccharina latissima* cultivated in a commercial IMTA system." Journal of Applied Phycology.

Martinez-Villaluenga, C., A. Torres, J. Frias and C. Vidal-Valverde (2010). "Semolina supplementation with processed lupin and pigeon pea flours improve protein quality of pasta." LWT - Food science and technology **43**: 617-622.

Ministry of Agriculture, F. a. F. a. D. o. H. (1996). ACNGP annual report 1996.

Mišurcová, L., S. Kráčmar, B. Klejdus and J. Vacek (2010). "Nitrogen Content, Dietary Fiber, and Digestibility in Algal Food Products." Czech J. Food Sci. **28**(1): 27-35.

Monteiro, M. R. P., A. B. P. Costa, S. F. Campos, M. R. Silva, C. O. da Silva, H. S. D. Martino and M. P. C. Silvestre (2014). "Evaluation of the chemical composition, protein quality and digestibility of lupin (*lupinus albus* and *lupinus angustifolius*)." O Mundo da Saude, Sao Paulo **38**(3): 251-259.

NEVO. (2013). "NEVO-online versie 2013/4.0, available from: <http://nevo-online.rivm.nl/>."

Newton, M. J., M. Karthikeyan and C. Ramasamy (2008). "Soy-protein: a treatment supportive protein - an overview " Indian J.Pharm. Educ. Res. **42**(1).

Norgaard, J. V., J. A. Fernandez and H. Jorgensen (2015). "Ileal digestibility of sunflower meal, pea, rapeseed cake, and lupine in pigs." J Anim Sci **90 Suppl 4**: 203-205.

NVWA (2014). Advies over de risico's van consumptie van gekweekte insecten. Den Haag, NVWA Buro Risicobeoordeling & onderzoeksprogrammering.

Nwaru, B. I., L. Hickstein, S. S. Panesar, G. Roberts, A. Muraro, A. Sheikh, E. F. Allergy and G. Anaphylaxis Guidelines (2014). "Prevalence of common food allergies in Europe: a systematic review and meta-analysis." Allergy **69**(8): 992-1007.

Oonincx, D. G. A. B. and I. J. M. De Boer (2012). "Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment." PLOS ONE **7**(12).

Pastor-Cavada, E., R. Juan, J. Pastor, M. Alaiz and J. Vioque "2009." Food Chemistry **117**: 466-469.

Payne, C. L., P. Scarborough, M. Rayner and K. Nonaka (2015). "Are edible insects more or less 'healthy' than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition." Eur J Clin Nutr.

Pilegaard, K. and J. Gry (2008). Alkaloids in edible lupin seeds. A toxicological review and recommendations. Copenhagen.

Porres, J. M., P. Aranda, M. Lopez-Jurado and G. Urbano (2007). "Nitrogen fractions and mineral content in different lupin species (*Lupinus albus*, *Lupinus angustifolius*, and *Lupinus luteus*). Changes induced by the alpha-galactoside extraction process." J Agric Food Chem **55**(18): 7445-7452.

Post, M. J. (2012). "Cultured meat from stem cells: challenges and prospects." Meat Sci **92**(3): 297-301.

Post, M. J. (2014). "An alternative animal protein source: cultured beef." Annals of the New York Academy of Sciences **1328**: 29-33.

Prins, U. and E. Nuijten, Eds. (2015). Optimizing lupin production for human consumption in The Netherlands. The XIV International Lupin Conference: Developing lupin crop into a major and sustainable food and feed source. Milan, Italy.

Ramos Elorduy, J., J. M. Pino, E. E. Prado, M. A. Perez, J. L. Otero and O. L. De Guevara (1997). "Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico." Journal of Food Composition and Analysis **10**: 142-157.

Resta, D., G. Boschin, A. D'Agostina and A. Arnoldi (2008). "Evaluation of total quinolizidine alkaloids content in lupin flours, lupin-based ingredients, and foods." Mol. Nutr. Food Res. **52**: 490-495.

Resta, D., G. Boschin, A. D'Agostina and A. Arnoldi (2008). Quantification of quinolizidine alkaloids in lupin seeds, lupin-based ingredients and foods. Lupins for Health and Wealth. 12th International Lupin Conference, Fremantle, Western Australia, International Lupin Association, Canterbury, New Zealand.

Rumpold, B. A. and O. K. Schluter (2013). "Nutritional composition and safety aspects of edible insects." Mol Nutr Food Res **57**(5): 802-823.

Schaafsma, G. (2000). "The protein digestibility-corrected amino acid score." J Nutr **130**(7): 1865S-1867S.

Schabel, H. G. (2010). Forest insects as food: a global review. In P. B. Durst, D. V. Johnson, R. N. Leslie, & K. Shono (Eds.), *Forest insects as food: Humans bite back* (pp. 37-64). Bangkok, Thailand: , FAO.

Schumacher, H., H. M. Paulsen, A. E. Gau, W. Link, H. U. Jürgens, O. Sass and R. Dietrich (2011). "Seed protein amino acid composition of important local grain legumes *Lupinus angustifolius* L., *Lupinus luteus* L., *Pisum sativum* L. and *Vicia faba* L." Plant Breeding **130**: 156-164.

Šebek, L. B. J. and E. H. M. Temme (2009). De humane eiwitbehoefte en eiwitconsumptie en de omzetting van plantaardig eiwit naar dierlijk eiwit. Rapport 232, Animal Sciences Group van Wageningen UR.

Seves, S. M., J. Verkaik-Kloosterman, S. Biesbroek and E. H. Temme Nutritional adequacy of more sustainable diets with less meat and dairy (in preparation).

Sujak, A., A. Kotlarz and W. Strobel (2006). "Compositional and nutritional evaluation of several lupin seeds." Food Chemistry **98**: 711-719.

Takenaka, S., S. Sugiyama, S. Ebara, E. Miyamoto, K. Abe, Y. Tamura, F. Watanabe, S. Tsuyama and Y. Nakano (2001). "Feeding dried purple laver (nori) to vitamin B12-deficient rats significantly improves vitamin B12 status." Br J Nutr **85**(6): 699-703.

Teas, J., S. Pino, A. Critchley and L. E. Braverman (2004). "Variability of iodine content in common commercially available edible seaweeds." Thyroid **14**(10): 836-841.

Temme, E. H., H. M. Bakker, S. M. Seves, J. Verkaik-Kloosterman, A. L. Dekkers, J. M. van Raaij and M. C. Ocke (2015). "How may a shift towards a more sustainable food consumption pattern affect nutrient intakes of Dutch children?" Public Health Nutr **18**(13): 2468-2478.

Tijhuis, M. J., J. Ezendam, S. Westenbrink, C. van Rossum and L. Temme (2011). Replacement of meat and dairy by more sustainable protein sources in the Netherlands. Quality of the diet. Bilthoven, RIVM.

Torres, A., J. A. Parra, D. Rojas, R. Fernández-Gómez and Y. Valero (2014). "Effect of supplementation of wheat semolina with *Arthrospira platensis* on quality, acceptability and physical and chemical composition of spaghetti." VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA **21**(2): 81-89.

Tuomisto, H. L. (2010). "Food security and protein supply - cultured meat a solution?".

Tuomisto, H. L. and M. J. Teixeira de Mattos (2011). "Environmental Impacts of Cultured Meat Production." Environ. Sci. Technol. **45**(14): 6117-6123.

Uauy, R., V. Gattas and E. Yanez (1995). "Sweet lupins in human nutrition." World Rev Nutr Diet **77**: 75-88.

UNU (1980). Nutrition evaluation of food proteins, P. Pellett & V. Young (Eds). Tokyo, Japan, The United Nations University.

van Barneveld, R. J. (1999). "Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp.) seed to improve livestock production efficiency." Nutr Res Rev **12**(2): 203-230.

Van der Spiegel, M., M. Y. Noordam and H. J. Van der Fels-Klerx (2013). "Safety of Novel Protein Sources (Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed, and Rapeseed) and Legislative Aspects for Their Application in Food and Feed Production." Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety **12**: 662-678.

Van Huis, A., J. Van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir and P. Vantomme (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security. Rome, FAO Forestry Paper (no 171).

Van Rossum, C. T. M., H. P. Franssen, J. Verkaik-Kloosterman, E. J. M. Buurma-Rethans and M. C. Ocke (2011). Dutch National Food Consumption Survey 2007-2010 : Diet of children and adults aged 7 to 69 years. RIVM Report 350050006. Bilthoven, RIVM.

Verbeke, W., A. Marcu, P. Rutsaert, R. Gaspar, B. Seibt, D. Fletcher and J. Barrett (2015). "'Would you eat cultured meat?': Consumers' reactions and attitude formation in Belgium, Portugal and the United Kingdom." Meat Science **102**: 49-58.

Verhoeckx, K. C. M., S. Van Broekhoven, C. F. Den Hartog-Jager, M. Gaspari, G. A. H. De Jong, H. J. Wichers, E. Van Hoffen, G. F. Houben and A. C. Knulst (2014). "House dust mite (Der p 10) and crustacean allergic patients may react to food containing Yellow mealworm proteins." Food and Chemical Toxicology **65** 364-373.

Verkerk, M. C., J. Tramper, J. C. van Trijp and D. E. Martens (2007). "Insect cells for human food." Biotechnol Adv **25**(2): 198-202.

Verma, A. K., S. Kumar, M. Das and P. D. Dwivedi (2013). "A comprehensive review of legume allergy." Clin Rev Allergy Immunol **45**(1): 30-46.

Voedingscentrum. "Brood, beschikbaar via: <http://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/brood.aspx>, geraadpleegd september 2015."

Voedingscentrum. "Peulvruchten, beschikbaar via: <http://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/peulvruchten.aspx>, geraadpleegd september 2015."

Voedingscentrum. (2015). "Insectenbroodbeleg BUG 'A' SPREAD wint Bachelor's Award 2015, geraadpleegd juli 2015." from <http://www.voedingscentrum.nl/nl/pers/persberichten/insectenbroodbeleg-bug-a-spread-wint-bachelor-s-award-2015.aspx>.

Watanabe, F. (2007). "Vitamin B12 sources and bioavailability." Exp Biol Med (Maywood) **232**(10): 1266-1274.

Westhoek, H., T. Rood, M. Van den Berg, J. Janse, D. Nijdam, M. Reudink and E. Stehfest (2011). The protein puzzle: The consumption and production of meat, dairy and fish in the European Union. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

Wrigley, C. (2003). "The lupin - the grain with no starch." Cereal Foods World **48**(1): 30-31.

Xiaoming, C., F. Ying, Z. Hong and C. Zhiyong (2010). Review of the nutritive value of edible insects. In P. B. Durst, D. V. Johnson, R. N. Leslie, & K. Shono (Eds.), *Forest insects as food: Humans bite back* (pp. 85-92). Bangkok, Thailand, FAO.

Bijlage 1 – Aanvulling bij hoofdstuk 3.2 Peulvruchten: Lupine

Hoeveelheid essentiële aminozuren in *Lupinus Angustifolius*

	Eenheid	PHE	HIS	ILE	LEU	LYS	MET	THR	TRY	VAL	TYR	CYS
(Kole 2011)						1,46	0,20					
(Uauy, Gattas et al. 1995)(citaat Ivanovic 1980 & Yanez 1990)	g/100g eiwit	3,6		3,3	6,7	4,5	0,4	3,6		3,0	3,6	1,3
(van Barneveld 1999)	g/16g N*					4,21- 5,21	0,59- 0,87					
(van Barneveld 1999) (citaat uit Petterson 1997)	g/ 16 g N*	3,65	2,41	3,97	3,97	4,66	0,72	3,36	1,06	3,91		1,48
(Martinez-Villaluenga, Torres et al. 2010)	g/16 g N*	6,88- 8,71 ^a	2,94- 3,12	3,96- 4,2	6,78- 6,23	4,28- 4,46	1,93- 2,05 ^b	2,58- 3,7	0,70- 0,71	3,80- 3,86		
(Pastor-Cavada, Juan et al.)	g/100 g eiwit	4,0	2,9	3,3	7,4	5,2	0,5	4,1	1,0	3,4	2,9	1,0
(Sujak, Kotlarz et al. 2006)(gemiddelde verschillende variëteiten)	g/16g N*	5,3 ^a	3,1	3,8	6,6	4,7	2,1 ^b	3,1	0,7	3,8	1,6	1,4
(Chilomer, Kasprowicz-Potocka et al. 2013)	g/kg eiwit	48,3	34,7	37,1	65,2	44	5	34,6		35,7		10,4
(Schumacher, Paulsen et al. 2011)	g/16g N*	4	2,7	4,3	7	4,8	0,7	3,5		4,2	3,8	1,5
(Monteiro, Costa et al. 2014)	mg/g eiwit (lupine meel)	31,2 7 ^a	15,7	15,43	35,54	25,9	25,9 ^b	29,56	6,89	14,46		
(Lqari, Pedroche et al. 2004)	% molar (lupinemeel)	5,2	2,7	5,5	8,7	5,4	1,3	4,9		3,9	5,9	3,5

* komt overeen met g/100 g eiwit; ^a incl tyrosine; ^b incl cystine

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag