

# Insecten als eiwitrijke diervoedergrondstof

UDV Landelijke Onderwijsdag 'Gezonde Veehouderij'

5 november 2015

Dr. Teun Veldkamp



# Inhoud

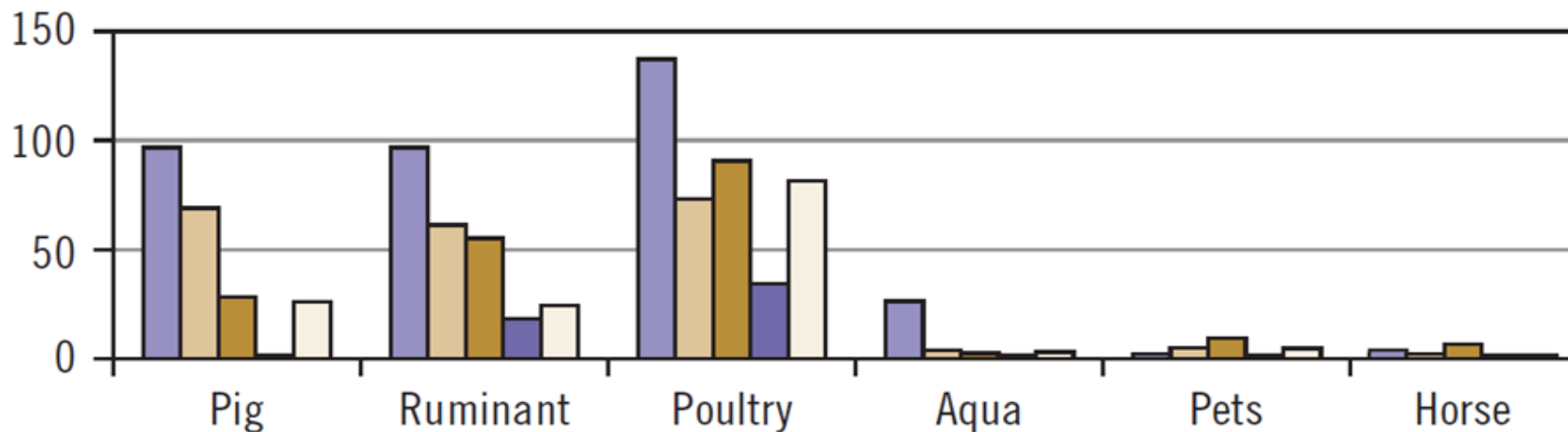
- Algemeen
- Alternatieve eiwitbronnen
- Insecten als diervoedergrondstof
  - Keten
  - Veiligheid, wet- en regelgeving
  - Processing – verwerking
  - Nutritionele samenstelling
  - Kostprijs en ontwikkelingen
- Conclusies



# Wereldverbruik diervoeders

- Geschat: 950 miljoen ton mengvoeder in totaal
- Verwachting: 1500 miljoen ton in 2050

Tonnage voeders per diersoort (miljoen ton, 2012)



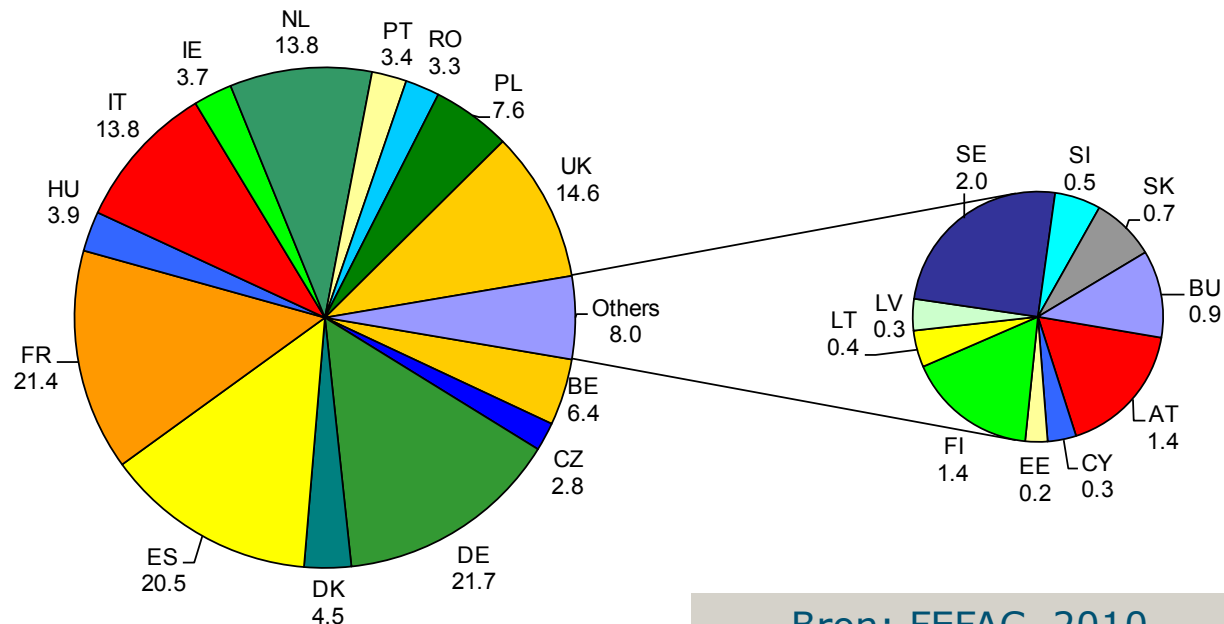
- Asia
- Europe  
(EU27 & Non-EU Europe and former Soviet Union)
- N America (US & Canada)
- Middle East/Africa
- Latin America

Bron: global feed survey, Alltech 2013

# Productie mengvoeders in EU-27

## ■ Geschat op 150 miljoen ton

- Varken 35%, Pluimvee 33%, Koeien 25%, Overige 7%



Bron: FEFAC, 2010



# Duurzaamheidsvraagstuk: Europese eiwitproductie?

- 70% van eiwitrijke voedergrondstoffen in EU wordt geïmporteerd !!
  - Pact van "Den Bosch" : deze import 50% verminderen in 2020
- Bezwaren tegen grote sojabonen import uit Latijns Amerika (42 miljoen ton in 2009):
  - EU: te veel afhankelijkheid van Latijns Amerika (Europees Parlement)
  - Ontbossing van tropisch regenwoud, verlies aan biodiversiteit, grond en watervervuiling, negatieve impact op kleine boeren en de oorspronkelijke bewoners (NGO's)
  - Sociaal debat over GMO versus non-GMO gewassen



# Alternatieve eiwitten

- 'Alternatief' = vervanging van sojabonen producten uit Latijns Amerika
- Criteria:
  - Goede teeltmogelijkheden onder N/W Europese klimaatcondities
  - Toepasbaar in voeders voor jonge dieren
  - Toegestaan in biologische voeders
  - Noodzaak voor verdere verwerking?
  - Conflicten met huidige regelgeving?
  - Beschikbaar op korte maar zeker ook op lange termijn
  - Duurzaamheidsaspecten (CO<sub>2</sub>-equivalenten)



# Ingrediënten die aan criteria voldoen (van

Krimpen et al., 2013)

<b>Categorie</b>	<b>Eiwit bron</b>
Oliezaden	Eiwitten van sojabonen, raapzaad en zonnebloemzaad, nadat olie is verwijderd
Vlinderbloemigen	Erwten, veldbonen, lupinen, en hun concentraten
Voedergewassen	Lucerne (alfalfa)
Blad eiwit	Gras, suikerbieten blad
Aquatic eiwit	Algen, beide zowel macro (zeewier) als micro-algen, eendenkroos
Granen en pseudo-granen	Eiwit concentraten van haver en quinoa
Insecten	bijv. Meelworm, huisvlieg of zwarte soldatenvlieg



# Gewas en eiwitopbrengst per ha

	<b>Eiwit gehalte</b>	<b>Opbrengst onder EU condities (DS/ha/j)</b>	<b>Eiwit opbrengst (ton/ha/j)</b>
<b>Oliezaden – sojaboon</b>	40%	1,5-3 ton	0,6-1,2 ton
<b>Oliezaden – raapzaad</b>	25%	3 ton	0,75 ton
<b>Oliezaden – zonnebloem</b>	23%	3 ton	0,7 ton
<b>VI.bloemigen – erwten/bonen/ lupinen</b>	17-35%	4-6 ton	1-2 ton
<b>Voedergewas – lucerne</b>	19%	13 ton	2,5 ton
<b>Granen - haver</b>	12-15%	3-5 ton	0,4-0,75 ton
<b>Pseudo granen – quinoa</b>	12-18%	3 ton	0,4-0,5 ton
<b>Bladeren – gras</b>	12%	10-15 ton	1,2-2 ton
<b>Bladeren – (bijv. suikerbieten blad)</b>	12%	4,5 ton	0,5 ton
<b>Macro algen – zeewier</b>	10-30%	25 ton	2,5-7,5 ton
<b>Micro algen</b>	25-50%	15-30 ton	4-15 ton
<b>Eendenkroos</b>	35-45%	30-40 ton	10-18 ton





# Beoordeling van alternatieve eiwitbronnen

## Protein yield (kg protein/ha)

- = < 500 kg/ha;
- +/- = 500 – 1000 kg/ha;
- + = 1000 – 2000 kg/ha;
- ++ = > 2000 kg ha

## Protein value

- = Protein digestibility < 75%
- +/- = Protein digestibility > 75% and < 80%
- + = Protein digestibility > 80% and < 85%
- ++ = Protein digestibility > 85%

## Sustainability (Carbon FootPrint; Landuse and Landuse change Luluc); N-requirement)

- = CFP > 1000 CO<sub>2</sub>-eq; LuLuc > 1000 CO<sub>2</sub>-eq; N-efficiency > 50 g N/kg yield
- +/- = CFP > 500 CO<sub>2</sub>-eq; LuLuc > 500 CO<sub>2</sub>-eq; N-efficiency > 25 g N/kg yield
- + = CFP > 250 CO<sub>2</sub>-eq; LuLuc > 250 CO<sub>2</sub>-eq; N-efficiency > 10 g N/kg yield
- +/+ = CFP < 250 CO<sub>2</sub>-eq; LuLuc < 250 CO<sub>2</sub>-eq; N-efficiency < 10 g N/kg yield

## Availability in the EU

- = > 10 years
- +/- = 5 – 10 years
- + = 0 – 5 years
- +/+ = currently available

## Applicable in organic diets

- = no
- + = yes



# Beoordelingscriteria per eiwitbron (1)

	Protein yield (kg/Ha)	Protein Digestibility (%)	Carbon Footprint (CO <sub>2</sub> -eq)	Luluc (CO <sub>2</sub> -eq)	N-input (kg)/kg yield	Availability In EU on short term	Applicable In organic diets
<b>Oil seeds</b>							
Soybean meal EU	+	+/+	+/-	+	+	+/-	-
Soybean concentrate EU	+	+/+	+/-	+	+	+/-	+
Rapeseed meal	+/-	+/-	+/-	+/+	-	+/+	-
Rapeseed concentrate	+/-	+/-	+/-	+/+	-	+/+	+
Sunflower meal	+/-	+	+	+	+	+/+	-
Sunflower concentrate	+/-	?	+	+	+	-	+
<b>Grain legumes</b>							
Pea	+	+/+	+/-	+/-	+	+/+	+
Pea concentrate	+	+/+	+/-	+/-	+	+/+	+
Vicia Faba	+	+/-	+/-	+	+	+/+	+
Vicia Faba concentrate	+	+/+	+/-	+	+	+	+
Lupine	+/-	-	+/-	-	+	+/+	+
Lupine concentrate	+/-	?	+/-	-	+	+	+
Chickpea	-	+/-	?	?	?	+/-	+



# Beoordelingscriteria per eiwitbron (2)

	Protein yield (kg/Ha)	Protein Digestibility (%)	Carbon Footprint (CO <sub>2</sub> -eq)	Luluc (CO <sub>2</sub> -eq)	N-input (kg)/kg yield	Availability In EU on short term	Applicable In organic diets
<b>Forage legumes</b>							
Lucerne	+/+	-	-	+	+	+/+	+
<b>Leaf proteins</b>							
Grass protein	+	-	+/-	-	-	+	+
Sugar beet leaf protein	-	-	+/+	+/+	+/+	+/-	+
<b>Aquatic proteins</b>							
Algae	?	?	-	+/+	?	+/-	?
Seaweed	+/+	-	-	+/+	+/+	-	?
Duckweed	+/+	?	-	+/+	?	+	?
<b>Cereal concentrates</b>							
Oat protein	-	+/-	+	+	-	?	+
Quinoa protein	+/-	?	?	?	?	?	+
<b>Insects</b>							
	+/+	+/-	?	+/+	+/+	+/-	?



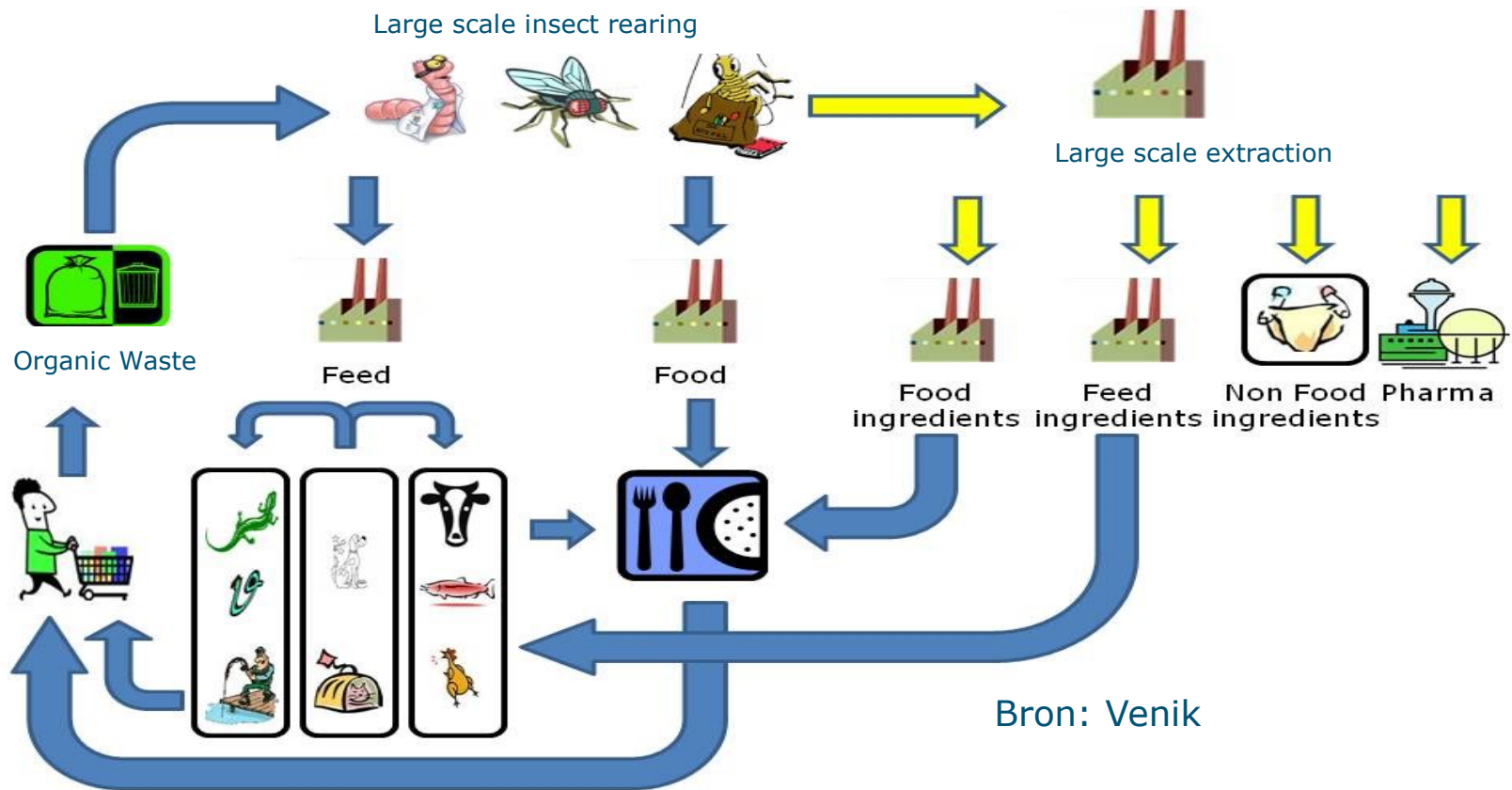
# Insecten als diervoedergrondstof

Insecten in de dierlijke productieketen

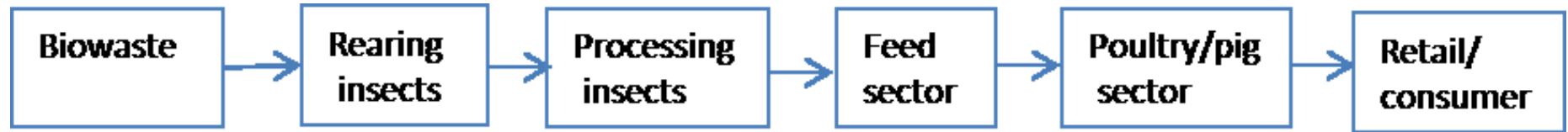


# Insecten als diervoedergrondstof

- Insecten kunnen bijdragen aan een meer duurzame dierlijke productieketen



# Insecten in de dierlijke productieketen



# Biowaste

- GFT zijstroom
- Zijstromen uit slachterij
  - Dierlijk eiwit
  - Bloed
- Mest
- Zijstromen Tuinbouw
- Zijstroom digestaat (vergisters)



# Insectensoorten geschikt voor grootschalige productie

- Zwarte soldatenvlieg (*Hermetia illucens*)
- Huisvlieg (*Musca domestica*)
- Meelworm (*Tenebrio molitor*)
- Voorbeelden:
  - Ecodiptera project (Slowakije) – varkensmest
  - Agriproteïn (Zuid Afrika) – humane zijstromen en bloed
  - HaoCheng Mealworms (China): 15 meelworm bedrijven, 50 ton levende meelworm per maand.
  - Protix (Nederland): gestart met grootschalige productie van soldatenvlieg en samenwerking met Coppens Diervoeders
  - Kreca (Nederland)





# Insectenbedrijven

- In Nederland 18 insectenbedrijven
- Productie, o.a.:
  - Meelwormen
  - Krekel
  - Fruitvlieg
  - Sprinkhanen
- Volume kleinschalig en afzet meest richting gespecialiseerde groothandel en dierenwinkels (afzet < 1% humane consumptie)



# Veevoederbedrijven

- 72 Veevoederbedrijven in Nederland (Nevedi, 2010)
- 5 Veevoederbedrijven 60% van nationale productie
- In 2009 14.1 MT mengvoeder (23,8% koeien, 42,1% varkens en 25,7% pluimvee)
- Hoge eiwitbehoefte in vleesvarkens en vleeskuikens/kalkoenen



# Insecteneiwit in vleesvarken- en vleeskuikenvoeders

Voorbeeld: Vleeskuikens 1,5 MT mengvoeder in 2009, 5% insecteneiwit inmenging betekent vraag aan insecteneiwit voor vleeskuikensector van 75 kton/jaar

Berekende hoeveelheid sojaproducten in mengvoeders per diersoort (gemiddelde gehalten gerekend over de periode van januari 2008 tot april 2010 (kton/jaar)

	<b>Soja- schroot</b>	<b>Soja- hullen</b>	<b>Soja- olie</b>	<b>Sojabonen (getoast)</b>	<b>Totaal Soja- product</b>
<b>Vleesvarkens</b>	300	6	2	0	307
<b>Vleeskuikens</b>	350	0	5	34	388
<b>Totaal</b>	650	6	7	34	695

Bron: Hoste en Bolhuis, 2010



# Conclusies

- Duurzame keten: opwaarderen zijstromen en minder soja-import, lokale productie
- Voor toepassing van insecteneiwit als duurzame diervoedergrondstof voor vleesvarken- en vleeskuikenvoeder is opschaling nodig

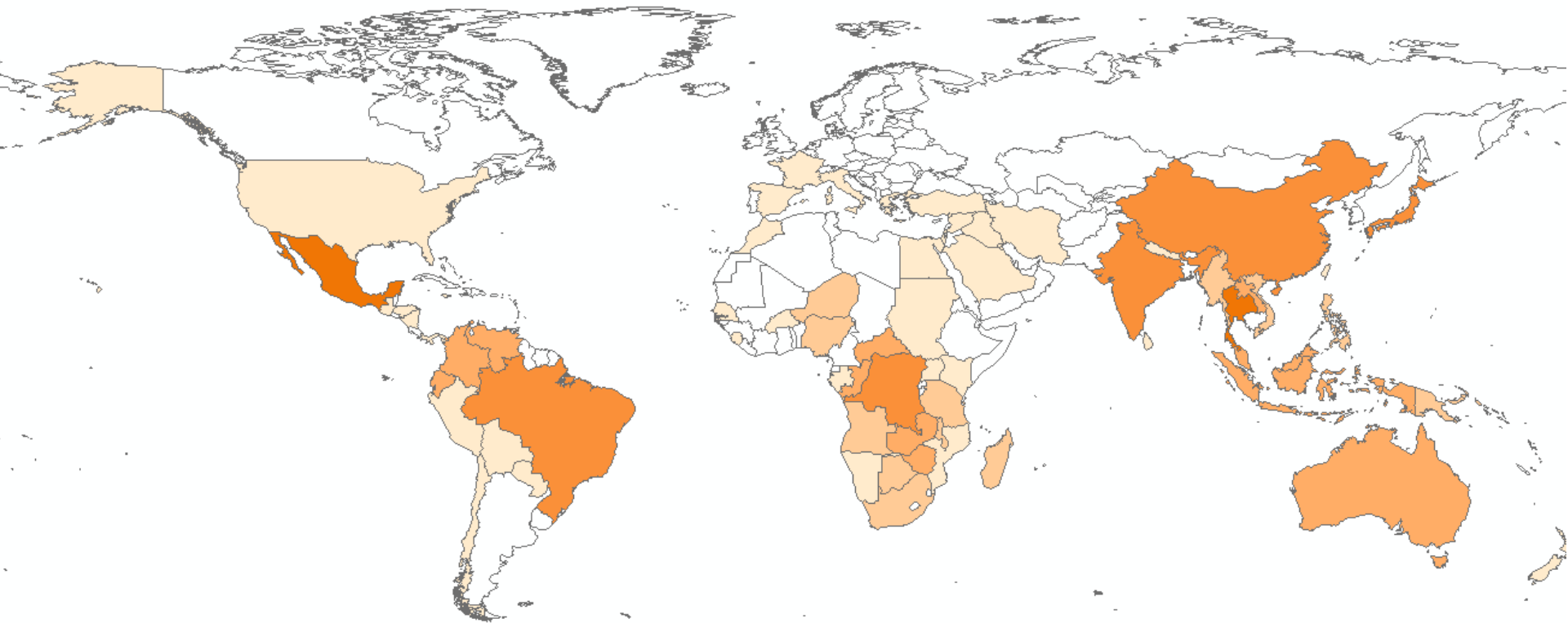


# Insecten als eiwitrijke diervoedergrondstof

Veiligheid, wet- en regelgeving



# Eetbare insecten (1909) wereldwijd (van Huis, 2012)



# Monitoring en regelgeving (van Huis, 2012)

<b>GMP</b>	<b>Good Manufacturing/Managing Practice Animal Feed</b>
GMP+	HACCP principles added (Hazard Analysis and Critical Control Points)
GMP+FSA	Feed Safety Assurance scheme



# Hergebruik van reststromen (van Huis, 2012)

## Probleem

- 1/3 van alle voedsel wereldwijd wordt verspild: 1.3 mld ton/jaar

(Gustavsson et al. 2011)

- Ontwikkelingslanden – 2/3 van reststromen wordt niet verzameld

(Diener et al. 2009)

## Oplossing

- Opwaardering van organische reststromen
- Insecten als diervoedergrondstof:
  - Zwarte soldatenvlieg
  - Huisvlieg
  - Meelwormen
  - (sprinkhanen, termieten, zijdeworm)





# Categorieën reststromen (van Huis, 2012)

- Dierlijke reststromen (mest en bloed)
  - TSE (Transmissible Spongiform Encephalopathies) regelgeving 2001 – Verbod op vervoederen van dierlijk eiwit
  - Mest (Categorie 2) - Diervoeder?
    - Toegestaan voor huisdieren en pelsdieren
    - Varkens, pluimvee, herkauwers - probleem
    - Vis: gehydroliseerd eiwit of insectenmeel?
- Landbouw en voedselreststromen (plantaardige herkomst)
  - ziekteverwekkers, toxinen, zware metalen



# Ziekteverwekkers (van Huis, 2012)

- Kleine meelworm (*Alphitobius diaperinus*):
  - Bacteriën (bijv., *Salmonella*, *Escherichia coli*), schimmels (*Aspergillus*) en virussen (herpesvirus)
  - Groei op kadavers
  - *E. coli*: kan nieuwe koppels pluimvee weer besmetten
- BSF kan *E. coli* in mest van herkauwers reduceren (Liu, 2008)



# Toxinen (van Huis, 2012)

- Volwassen kevers van de meelworm kunnen carcinogene quinine produceren maar de larven niet (Wirtz, 1984)
- Nachtvlinder *Agrotis infusa* – motten kunnen sub lethale hoeveelheden arseen bevatten (Green et al., 2001)
- Substraten met pesticiden kunnen een ernstig probleem vormen voor de kweek van insecten op deze substraten



# Zware metalen (van Huis, 2012)

- Bio-accumulatie van zware metalen kan plaatsvinden in orgaancellen van insecten – giftig voor roofdieren. Bijvoorbeeld *T. molitor* accumuleert:
  - Cadmium en lood wanneer substraat deze metalen bevat (Vijver et al., 2003)
  - Selenium wanneer overmaat natriumseleniet wordt gevoerd (Hogan & Razniak 1991).



# Wet- en regelgeving (van Huis, 2012)

- Insecten worden vaak gezien als plaag of verontreiniging (onhygiënisch)
- Lijst van te houden insecten
- Insecten zijn nooit beschouwd als diervoeder (hele insecten, insectenmeel, insecteneiwit, insectenvet)
- Substraat voor de kweek van insecten (bloed, mest, keukenafval, THT)



# Voedsel- en Waren Autoriteit (NVWA)

- Onafhankelijke dienst binnen EZ
- Monitoring van producten die in de voedselketen komen
- Taken: Toezicht, risicobeoordeling en -communicatie
- Risicobeoordeling van insecten als humaan voedsel of diervoeder.



# Europese Voedsel Veiligheid Autoriteit (EFSA)

- Onafhankelijk wetenschappelijk advies en communicatie van bestaande en nieuwe risico's
- Informatie voorziening voor beleid en wetgeving: EU, EP en EU-lidstaten
- Monitoren, verzamelen en analyseren van informatie om risico's te identificeren en te voorkomen



# EFSA Scientific Opinion



## SCIENTIFIC OPINION

---

ADOPTED: 5 October 2015

PUBLISHED: 8 October 2015

doi:10.2903/j.efsa.2015.4257

## **Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed**



LIVESTOCK RESEARCH  
WAGENINGEN UR



# EFSA Scientific Opinion

## Abstract

The present opinion has the format of a risk profile and presents potential biological and chemical hazards as well as allergenicity and environmental hazards associated with farmed insects used as food and feed taking into account of the entire chain, from farming to the final product. The opinion also addresses the occurrence of these hazards in non-processed insects, grown on different substrate categories, in comparison to the occurrence of these hazards in other non-processed sources of protein of animal origin. When currently allowed feed materials are used as substrate to feed insects, the possible occurrence of microbiological hazards is expected to be comparable to their occurrence in other non-processed sources of protein of animal origin. The possible occurrence of prions in non-processed insects will depend on whether the substrate includes protein of human or ruminant origin. Data on transfer of chemical contaminants from different substrates to the insects are very limited. Substrates like kitchen waste, human and animal manure are also considered and hazards from insects fed on these substrates need to be specifically assessed. It is concluded that for both biological and chemical hazards, the specific production methods, the substrate used, the stage of harvest, the insect species and developmental stage, as well as the methods for further processing will all have an impact on the occurrence and levels of biological and chemical contaminants in food and feed products derived from insects. Hazards related to the environment are expected to be comparable to other animal production systems. The opinion also identifies the uncertainties (lack of knowledge) related to possible hazards when insects are used as food and feed and notes that there are no systematically collected data on animal and human consumption of insects. Studies on the occurrence of microbial pathogens of vertebrates as well as published data on hazardous chemicals in reared insects are scarce. Further data generation on these issues are highly recommended.



# Producten en markten

Allowance desired	Target market
Insect PAP when insects are fed with 100% vegetable feedstock	Aquaculture
Insect PAP when insects are fed with 100% vegetable feedstock	Livestock excluding ruminants
Insect PAP when insects are fed with Former Foodstuff <sup>2</sup> eggs and dairy	Aquaculture and livestock
Insect PAP when insects are fed with Former Foodstuff <sup>3</sup> including meat and fish	Petfood
Insect PAP when insects are fed with Former Foodstuffs including meat and fish	Aquaculture
Insect derived products when insects are fed with manure	Non-Feed markets, but application in other industries

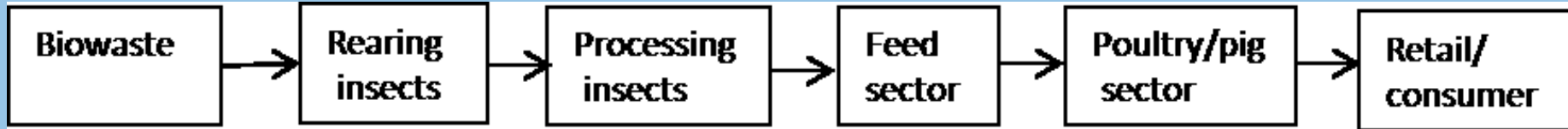
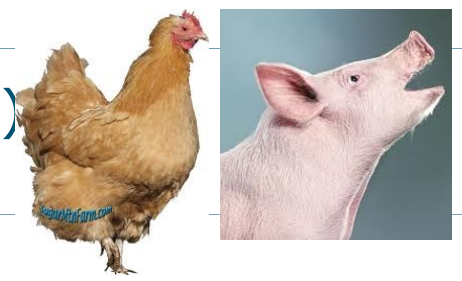


# Insecten als eiwitrijke diervoedergrondstof

Verwerking van insecten



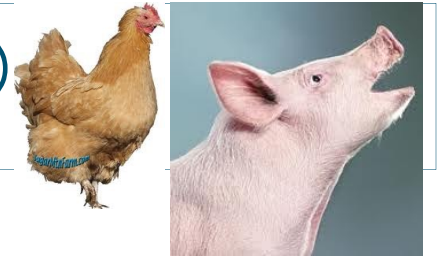
# Insecten verwerking (Lakemond, 2012)



- Insecten verwerken tot een product dat geschikt is om te gebruiken in de diervoederindustrie
  - Huidige praktijk: hele insect (levend of gedroogd)
  - Nieuw: producten uit insecten



# Insecten verwerking (Lakemond, 2012)



- Drogen en verhitten zijn bewaarstappen
- Verhitten denatureert eiwitten en kan de oplosbaarheid beïnvloeden – beschikbaarheid van lysine
- Enzymatische bruining: aanwezigheid van polyfenolen (acyldopamines) (Andersen, 2010)
  - Bindingen met eiwitten
  - Preventieve maatregelen: verhitting, vitamine C
- Vet oxidatie

Mealworm supernatant



# Fractionering van insecten (Lakemond, 2012)



Macro en micro nutriënten samenstelling van insecten is bekend

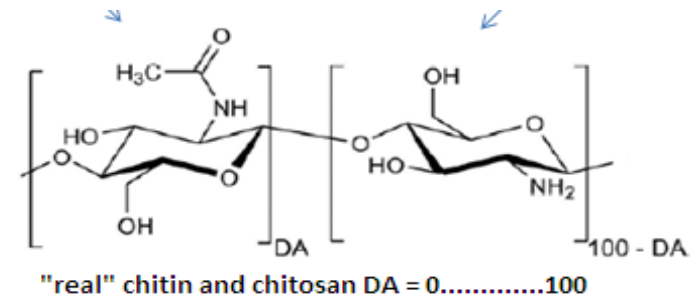
■ **Vet fractie** (voedsel, brandstof)

■ **Oplosbare eiwitfractie** (voedsel)

■ **Onoplosbare eiwitfractie** (diervoeder)

■ **Chitine fractie**

- Immuun stimulatie (Lee et al. 2008)– reductie antibioticagebruik
- Hoge economische waarde als product voor de farmaceutische industrie



# Insecten als eiwitrijke diervoedergrondstof

## Nutriënten samenstelling

# Insecten als eiwitbron

- Insecten kunnen worden gekweekt op reststroom substraten
- Insecten zijn koudbloedig en efficiënt in het omzetten van substraten in eiwit
- Insecten zijn eiwit (en vet) rijke ingrediënten



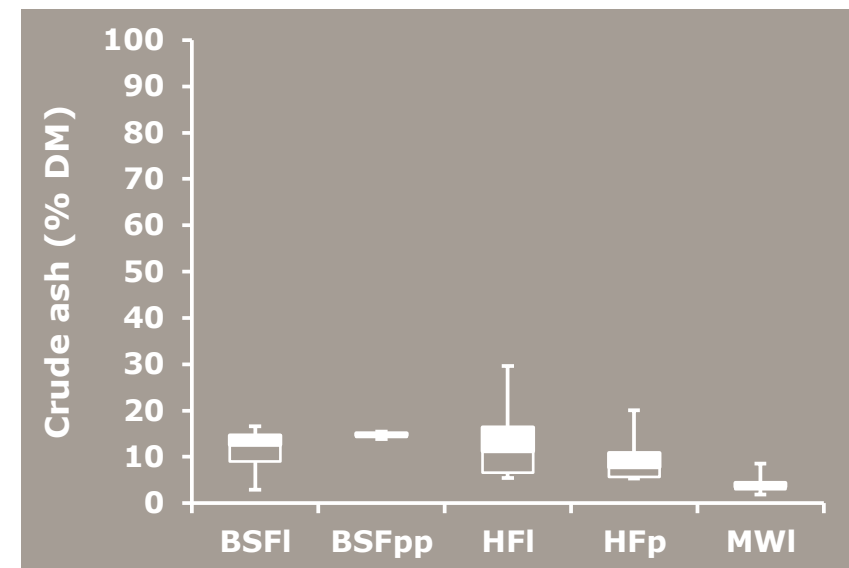
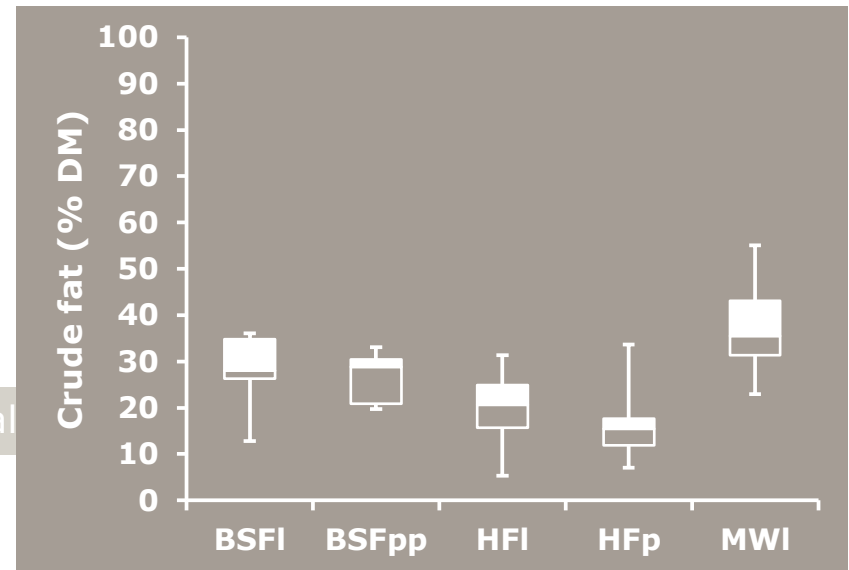
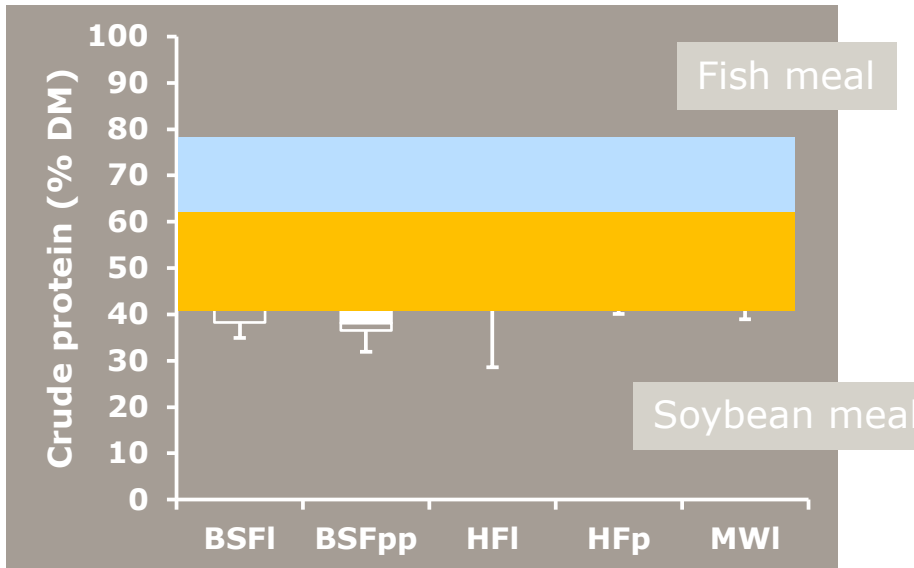


# Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets

Animal Frontiers

© Veldkamp and Bosch  
doi:10.2527/af.2015-0019

Teun Veldkamp,\* and Guido Bosch†



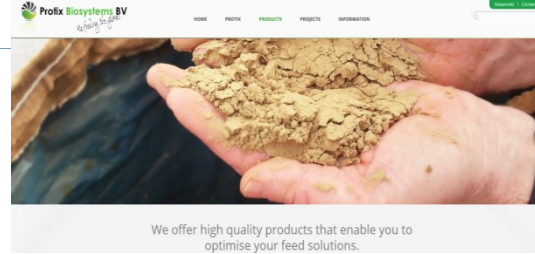
## ■ Samenstelling

- Aminozuur profielen
- Vetzuur profielen
- Micro-nutriënten

## ■ Vertering en absorptie

# Ingredient

(Bosch en Veldkamp, 2014)



## Kweek

substraat, leeftijd,  
milieu

## Grondstof

Extractie, drogen,  
malen, bewaring



## ■ Verwerking

- Drogen en malen
- Fractionering
  - Eiwit
  - Vet
  - Chitine
- Functionele eigenschappen
- Voedingswaarde?



Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods

Daylan A. Tzompa-Sosa<sup>\*1</sup>, Liya Yi<sup>\*1</sup>, Hein J.F. van Valenberg, Martinus A.J.S. van Boekel, Catriona M.M. Lakemond



Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species

Liya Yi<sup>a\*</sup>, Catriona M.M. Lakemond<sup>a\*</sup>, Leonard M.C. Sagis<sup>b</sup>, Verena Eisner-Schadler<sup>c</sup>, Arnold van Huis<sup>d</sup>, Martinus A.J.S. van Boekel<sup>a</sup>



# Feed/food (Bosch en Veldkamp, 2014)

## Kweek

substraat, leeftijd,  
milieu

## Grondstof

Extractie, drogen,  
malen, bewaring

## Diervoeder/voedsel

Mixen, pelleteren,  
extrusie



# Animal (Bosch en Veldkamp, 2014)

## Kweek

substraat, leeftijd,  
milieu

## Grondstof

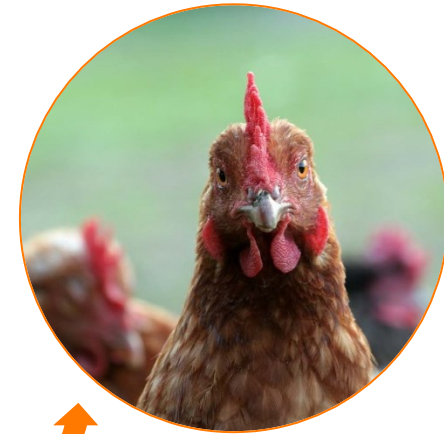
Extractie, drogen,  
malen, bewaring

## Diervoeder/ Voedsel

Mixen,  
pelleteren, extrusie

## Dier

Performance,  
gezondheid, kwaliteit



# Dieren (Bosch en Veldkamp, 2014)

- Acceptatie
- Performance
- Productkwaliteit
  - Vlees
  - Eieren
- Gezondheid
- Reproductie
  - Vruchtbaarheid
  - Bevruchting

9 Afrika  
4 Azië  
3 US  
0 Europa

'69  
'79  
'79

	Vark	Vleesk	Legh	Vis	
BSF larven	2	1	0	7	10
HF larven	3	16	2	8	28
MW larven	0	1	2	4	7
SW pop	4	13	4	13	34
	9	30	8	32	79

BSF, zwarte soldatenvlieg; HF, huisvlieg; MW, meelworm; SW, zijdeworm

State-of-the-art on use of insects as animal feed<sup>☆</sup>

Harinder P.S. Makkar<sup>a,\*</sup>, Gilles Tran<sup>b</sup>, Valérie Heuzé<sup>b</sup>, Philippe Ankers<sup>a</sup>

Studies by companies?

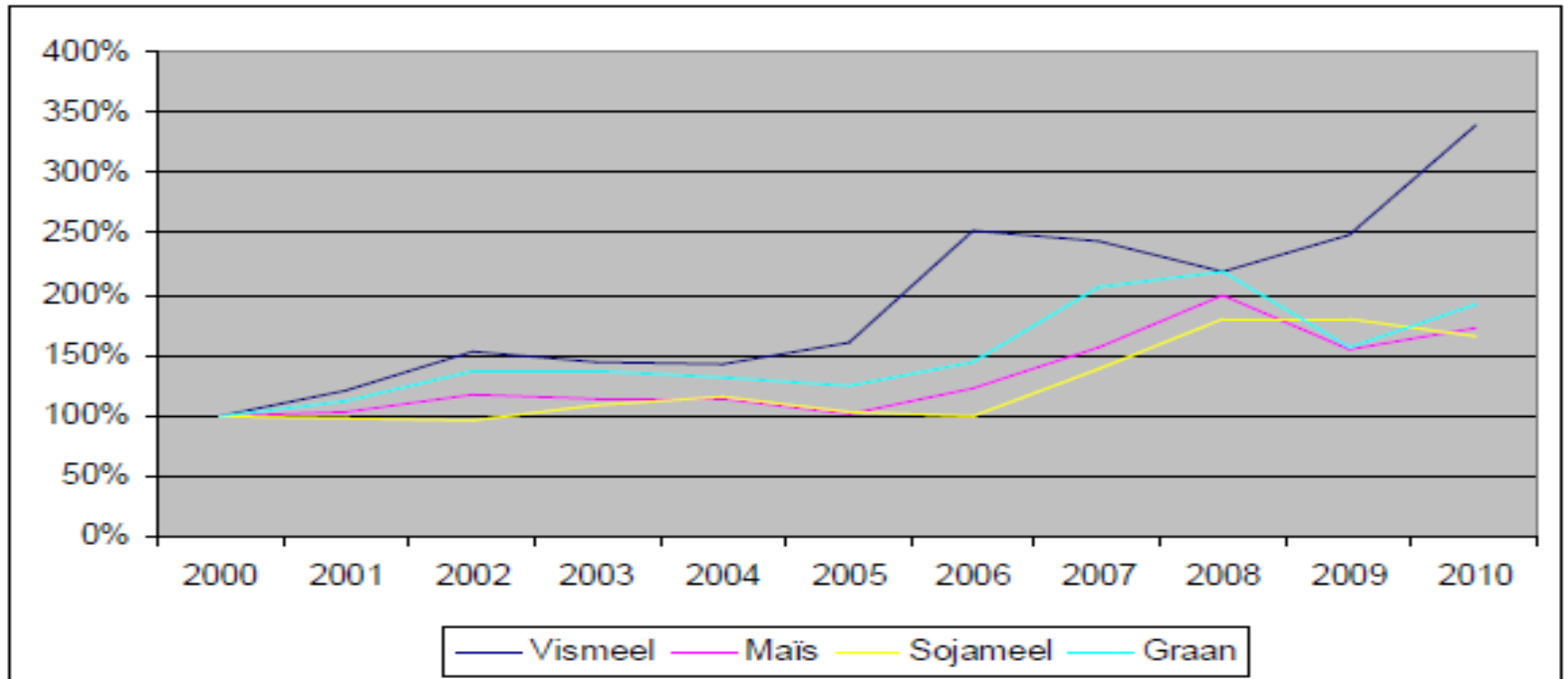


# Insecten als eiwitrijke diervoedergrondstof

Kostprijs en ontwikkelingen



# Prijsverloop enkele grondstoffen diervoeders 2000 – 2010



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Vismeel	\$ 0,41	\$ 0,50	\$ 0,83	\$ 0,59	\$ 0,59	\$ 0,88	\$ 1,04	\$ 1,01	\$ 0,91	\$ 1,03	\$ 1,40
Maïs	\$ 0,09	\$ 0,09	\$ 0,10	\$ 0,10	\$ 0,10	\$ 0,09	\$ 0,11	\$ 0,14	\$ 0,18	\$ 0,14	\$ 0,15
Sojameel	\$ 0,19	\$ 0,19	\$ 0,18	\$ 0,21	\$ 0,22	\$ 0,20	\$ 0,19	\$ 0,26	\$ 0,34	\$ 0,34	\$ 0,31
Graan	\$ 0,10	\$ 0,11	\$ 0,14	\$ 0,14	\$ 0,13	\$ 0,12	\$ 0,14	\$ 0,20	\$ 0,22	\$ 0,16	\$ 0,19

Prijs van enkele diervoedergrondstoffen 2000-2010 (\$/kg) (Wereldbank, 2011)



# Prijs van enkele eiwitrijke grondstoffen 2012

Prijs van enkele eiwitrijke grondstoffen 2012 (€/ton) (ASG, 2012)

<b>Grondstof</b>	<b>Prijs (€/ton)</b>
<b>Vismeel</b>	1346
<b>Sojaschroot hipro</b>	410
<b>Lupinen</b>	350
<b>Raapzaadschroot</b>	300
<b>Erwten</b>	294
<b>Maisglutenmeel</b>	227
<b>Zonnebloemzaadschroot</b>	210





# Prijs van insectenproducten

	Prijs (€/ton)
<b>Meelworm</b>	4750 (LEI, 2010)
<b>Black soldier fly</b>	2000 insecteneiwit
	2000 insectenvet
	1000 intact gedroogd
	Bron: Protix



# Prijzen van verschillende eiwitbronnen

Grondstof	Eiwit %	Prijs/kg product	Prijs/kg eiwit
<b>Meelworm</b>	50	4,75	9,50
<b>BSF intact</b>	50	1,00	2,00
<b>Vismeel</b>	65	1,24	1,91
<b>Granen</b>	12	0,14	1,17
<b>Sojaschroot</b>	45	0,28	0,62



# Kostprijsverlaging

- Personeels- /arbeidskosten:
  - Mechanisering
  - Automatisering (sensortechniek)
- Voerkosten:
  - Betere voeder efficiëntie
  - Gebruik van laagwaardig voer
- Huisvestingskosten:
  - Schaalvergroting
  - Efficiëntere inrichting, energieverbruik, warmtewisseling, ventilatie, etc.
- Hoogproductieve eiwitrijke insecten



# Overall conclusions

- Onderzoek laat zien dat insecten een duurzame alternatieve eiwitbron kunnen zijn
- Verdere mechanisatie van de kweek van insecten is vereist (kostprijs reductie)
  - Insecten bedrijven ontwikkelen zich snel
- Verder onderzoek noodzakelijk op verschillende aspecten
  - Verwerking tot insecten ingrediënten/producten
  - Voedingswaarde
  - Performance van doeldieren en productkwaliteit
  - Veiligheid

