



**FACULTEIT TOEGEPASTE  
BIO-INGENIEURSWETENSCHAPPEN**

**Academiejaar 2012 - 2013**

**Precisievoeding van vleesvarkens: Meerfazenvoeding op basis van  
zelfgeteelde eiwitbronnen**

Masterproef voorgedragen door

**Katrijn Ingels**

tot het bekomen van de titel en de graad van

**Master in de biowetenschappen: land- en tuinbouwkunde  
Afstudeerrichting plantaardige en dierlijke productie**





**FACULTEIT TOEGEPASTE  
BIO-INGENIEURSWETENSCHAPPEN**

**Academiejaar 2012 - 2013**

**Precisievoeding van vleesvarkens: Meerfazenvoeding op basis van  
zelfgeteelde eiwitbronnen**

Masterproef voorgedragen door

**Katrijn Ingels**

tot het bekomen van de titel en de graad van

**Master in de biowetenschappen: land- en tuinbouwkunde  
Afstudeerrichting plantaardige en dierlijke productie**

“De auteur geeft de toelating deze scriptie voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de scriptie te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze scriptie.”

Gent, mei 2013

De promotor

Dr. Ir. Dirk Fremaut

De auteur

Katrijn Ingels

## Woord vooraf

Deze masterproef sluit mijn opleiding als Master in de toegepaste bio-ingenieurswetenschappen af en was geen gemakkelijke opgave. Via deze weg wil ik enkele mensen bedanken die essentieel zijn geweest om deze masterproef tot een goed einde te brengen.

Eerst en vooral wil ik mijn promotor Dr. Ir. Dirk Fremaut hartelijk bedanken. Met zijn goede begeleiding was hij een onmisbare hulp bij het schrijven van mijn masterproef. Ook met vragen kon ik steeds bij hem terecht.

Daarnaast wil ik heel graag de mensen van het proef- en vormingscentrum voor landbouw (PVL) in Bocholt bedanken voor het uitvoeren van de proeven, en hun bereidwilligheid om mee te werken aan deze masterproef.

Ook wil ik graag mijn ouders bedanken voor hun oprechte steun en het nalezen van mijn masterproef. Zonder hen had ik de kansen voor deze opleiding niet gekregen.

Mijn (oud)klasgenoten wil ik bedanken voor de leuke momenten samen, de steun en de hulp bij onze studies en het schrijven van deze masterproef.

Tot slot wil ik mijn vriend bedanken voor zijn onvoorwaardelijke steun.

Ingels Katrijn

Gent, mei 2013

## Abstract

Europa is weinig zelfvoorzienend in eiwitbronnen. Hierdoor worden jaarlijks grote hoeveelheden soja uit Amerika geïmporteerd. De soja-import staat sterk onder druk vanwege de ontbossing en de nadelige invloed op de lokale bevolking in Zuid-Amerika. Daarnaast zorgen de strengere bemestingsnormen en de impact van N op het milieu ervoor dat de N-excretie uit de dierlijke productie ook onder druk staat. Reductie van de afhankelijkheid van de soja-import in Europa en reductie van de N-excretie zijn twee uitdagingen voor de varkenshouderij.

In dit onderzoek werd een combinatie van beide factoren onderzocht, namelijk meerfasenvoeding op basis van zelfgeteelde eiwitbronnen. Hierdoor zou men de stikstofuitstoot kunnen reduceren, het gebruik van zelfgeteelde eiwitbronnen stimuleren en zou ook de rendabiliteit kunnen verbeterd worden. In de proef werden 4 voederschema's (twee-, drie-, vijf- en multifasenvoeding) getest bij 400 dieren van 20 tot 110 kg. De voeders zijn geformuleerd op basis van alternatieve eiwitbronnen, namelijk erwten, koolzaadschroot, zonnebloemschroot, tarweglutenvoer en aardappeleiwit.

De resultaten zijn slechts voorlopig. De proef loopt nog waardoor de resultaten slechts bekend zijn tot 95 kg en er zijn nog niet van alle voederschema's evenveel herhalingen beschikbaar. Uit de voorlopige resultaten blijkt dat er tussen de verschillende voederschema's geen opvallende verschillen zijn voor de groei, voederopname en voederconversie. De dieren hebben normale groeiprestaties en deze zijn redelijk gelijklopend voor de verschillende voederschema's. De meerfasenvoeding en de alternatieve eiwitbronnen zorgen hier dus niet voor een nadelige invloed op de zoötechnische prestaties. De voederkostprijs en de N-uitstoot tot 95 kg zijn in deze proef het hoogst voor de vijfphasenvoeding, gevolgd door twee- en driefasenvoeding. Voor multifasenvoeding kan dit momenteel nog niet berekend worden. Uit de vergelijking van het proefvoeder en het gangbaar voeder tot 95 kg bleek dat er in het gangbaar voeder bij tweefasenvoeding tot 9,5 keer meer sojaschroot werd gebruikt dan in het proefvoeder. Bij driefasenvoeding werd bij het gangbaar voeder tot 8 keer meer sojaschroot opgenomen dan bij het proefvoeder. Gebruik van alternatieve eiwitbronnen kan de hoeveelheid sojaschroot die moet geïmporteerd worden dus sterk reduceren, op voorwaarde dat deze alternatieve eiwitbronnen voldoende beschikbaar zijn

## Abstract

Europe is not really self-sufficient for protein sources. Every year they import a large quantity of soy from South America. The soy-import is under pressure because of the deforestation and the bad influence on the local population. Besides, the stricter norms for fertilization and the impact of N on the environment ensure that the N-excretion of livestock production is also under pressure. Reducing the dependence of the soy-import in Europe and the N-excretion are two challenges for the pig nutrition.

In this research the combination of both factors is investigated: phase feeding based on alternative protein sources. This could reduce the N-excretion, stimulate the use of alternative protein sources and improve the profitability. In this study, four feeding schedules (two, three, five and multi phase feeding) for 400 animals from 20 to 110 kg were investigated. The feeds are formulated on base of the alternative protein sources, namely peas, rapeseed meal, sunflower meal, wheat gluten feed and potato protein.

The results of this study are provisional. Because the study is still going on, the results don't go further than 95 kg and there aren't as many repeats of every feeding schedule yet. The preliminary results till 95 kg showed that there are no remarkable differences for growth, feed intake and feed conversion between the different feeding schedules. The animals have a normal growth performance and this performance is quite similar for the different feeding schedules. Phase feeding and the alternative protein sources have no detrimental influence on the zootechnical performance. The feed cost and N excretion until 95 kg are highest for five phase feeding, followed by two and three phase feeding. At this moment, this result can't be calculated for the multi phase feeding. The comparison of the test feed and a practical feed until 95 kg shows that in the practical feed in the two phase feeding 9,5 times more soybean is used than in the test feed. In the three phase feeding, the practical feed uses 8 times more soybean meal than the test feed. The use of alternative protein sources can reduce the quantity of soy import, on the condition that the alternative protein sources are sufficiently available.

# Inhoudsopgave

<b>Woord vooraf</b> .....	<b>5</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>6</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>7</b>
<b>Inhoudsopgave</b> .....	<b>8</b>
<b>Lijst met gebruikte afkortingen</b> .....	<b>11</b>
<b>Lijst met figuren</b> .....	<b>13</b>
<b>Lijst met tabellen</b> .....	<b>14</b>
<b>Inleiding</b> .....	<b>16</b>
<b>LITERATUURSTUDIE</b>	
<b>1 Probleemstelling</b> .....	<b>18</b>
1.1 Stikstofproblematiek.....	18
1.2 Sojaproblematiek .....	18
1.2.1 Oplossingen om de soja-import te beperken.....	21
<b>2 Eiwit- en aminozuurbehoefte van vleesvarkens</b> .....	<b>22</b>
2.1 Schijnbare en gestandaardiseerde ileale verteerbaarheid .....	23
2.2 Eiwit en aminozuurbehoefte .....	24
2.2.1 Biggen van 8-25 kg.....	25
2.2.2 Jonge groeiende vleesvarkens van 25-45 kg .....	26
2.2.3 Groeiende vleesvarkens van 40-70 kg .....	28
2.2.4 Vleesvarkens in de afmestfase van 70-110kg.....	29
<b>3 Fasevoeding</b> .....	<b>31</b>
3.1 Tweefasenvoeding .....	32
3.2 Driefasenvoeding .....	34
3.2.1 Multifasenvoeding.....	34
3.2.2 Multifasenvoeding in vergelijking met tweefasenvoeding .....	35
3.2.3 Multifasenvoeding in vergelijking met driefasenvoeding.....	36
<b>4 Soja en mogelijke alternatieven in de varkensvoeding</b> .....	<b>37</b>
4.1 Sojaschroot .....	37
4.1.1 Antinutritionele factoren .....	38
4.1.2 Het gebruik van sojaschroot in de varkensvoeding .....	40
4.2 Erwten.....	40
4.2.1 Samenstelling .....	40
4.2.2 Antinutritionele factoren .....	41
4.2.3 Het gebruik van erwten voor vleesvarkens.....	43
4.3 Veldbonen.....	45
4.3.1 Samenstelling .....	45
4.3.2 Antinutritionele factoren .....	48
4.3.3 Het gebruik van veldbonen voor vleesvarkens .....	49
4.4 Lupinen .....	51
4.4.1 Samenstelling .....	51
4.4.2 Antinutritionele factoren .....	52
4.4.3 Het gebruik van lupinen voor vleesvarkens.....	53
4.5 Koolzaadschroot .....	54
4.5.1 Samenstelling .....	54
4.5.2 Antinutritionele factoren .....	56



4.5.3	Het gebruik van koolzaadschroot voor vleesvarkens.....	57
4.6	Zonnebloemschroot .....	59
4.6.1	Samenstelling .....	59
4.6.2	Antinutritionele factoren .....	60
4.6.3	Het gebruik van zonnebloemschroot voor vleesvarkens .....	60
4.7	DDGS .....	61
4.7.1	Samenstelling .....	61
4.7.2	Het gebruik van DDGS voor vleesvarkens .....	63
4.8	Aardappeleiwit.....	64
4.8.1	Samenstelling .....	64
4.8.2	Antinutritionele factoren .....	65
<b>5</b>	<b>De teelt van soja en de mogelijke alternatieven in Europa .....</b>	<b>67</b>
5.1	De teelt van eiwitrijke gewassen in Europa .....	67
5.2	Teelt van Soja in Europa .....	68
5.3	Teelt van erwten in Europa .....	68
5.4	Teelt van veldbonen in Europa.....	69
5.5	De teelt van lupinen in Europa .....	69
5.6	De teelt van koolzaad in Europa.....	70
<b>6</b>	<b>Sojavervangers in veevoeder .....</b>	<b>71</b>
<b>PRAKTIJKSTUDIE</b>		
<b>1</b>	<b>Materiaal en methoden .....</b>	<b>75</b>
1.1	Dieren .....	75
1.2	Huisvesting .....	75
1.3	Voeding.....	76
1.4	Waarnemingen.....	80
1.4.1	Wegingen vleesvarkens.....	80
1.4.2	Voederopname vleesvarkens.....	80
1.5	Statistische verwerking.....	80
<b>2</b>	<b>Resultaten .....</b>	<b>82</b>
2.1	Inleiding.....	82
2.2	Zoötechnische parameters .....	82
2.2.1	Gewichtsevolutie.....	82
2.2.2	Dagelijkse groei .....	84
2.2.3	Voederopname .....	85
2.2.4	Voederconversie .....	86
2.3	Rendabiliteit .....	88
2.3.1	Tweefasenvoeding.....	88
2.3.2	Driefasenvoeding.....	88
2.3.3	Vijffasenvoeding .....	89
2.3.4	Multifasenvoeding.....	90
2.4	Stikstofuitscheiding .....	91
2.4.1	Tweefasenvoeding.....	91
2.4.2	Driefasenvoeding.....	91
2.4.3	Vijffasenvoeding .....	92
2.4.4	Multifasenvoeding.....	92
2.5	Soja.....	93
<b>3</b>	<b>Discussie.....</b>	<b>95</b>
3.1	Zoötechnische parameters .....	95

3.1.1	Gewicht.....	95
3.1.2	Dagelijkse groei .....	96
3.1.3	Voederopname .....	97
3.1.4	Voederconversie.....	98
3.1.5	Algemeen .....	98
3.2	Rendabiliteit .....	99
3.3	Stikstofuitscheiding .....	100
3.4	Soja.....	101
<b>4</b>	<b>Algemeen besluit .....</b>	<b>102</b>
	<b>Referentielijst.....</b>	<b>104</b>
	<b>Bijlagen .....</b>	<b>131</b>
	<b>Bijlage 1: Voeder voor fase 1 van de twee-, drie-, vijf- en multifasenvoeding .....</b>	<b>132</b>
	<b>Bijlage 2: Voeder voor fase 2 van de twee-, drie- en vijffasenvoeding .....</b>	<b>133</b>
	<b>Bijlage 3: Voeder voor fase 3 van de driefasenvoeding en fase 4 van de vijffasenvoeding .....</b>	<b>134</b>
	<b>Bijlage 4: Voeder voor fase 3 van de vijffasenvoeding.....</b>	<b>135</b>
	<b>Bijlage 5: Voeder voor fase 5 van de vijffasenvoeding.....</b>	<b>136</b>
	<b>Bijlage 6: Mineralenrijk voeder voor de multifasenvoeding .....</b>	<b>137</b>
	<b>Bijlage 7: Mineralenarm voeder voor de multifasenvoeding.....</b>	<b>138</b>

## Lijst met gebruikte afkortingen

ADF	Acid detergent fibre
ADL	Acid detergent lignine
Ala	Alanine
ANF	Antinutritionele Factoren
Arg	Arginine
Asp	Asparaginezuur
AZ	Aminozuren
DDGS	Dry Distiller Grains and Solubles
DG	Dagelijkse groei
DS	Droge Stof
dv.	Darmverteerbaar
GGO	Genetisch gemodificeerd organisme
Glu	Glutaminezuur
Gly	Glycine
His	Histidine
Ile	Isoleucine
Leu	Leucine
LG	Lichaamsgewicht
Lys	Lysine
Met	Methionine
NDF	Neutral detergent fibre
OK	Overige koolhydraten
Phe	Fenylalanine
Pro	Proline
RAS	Ruwe as
RC	Ruwe celstof
RE	Ruw eiwit

RVET Ruw vet  
Sch. Schijnbaar  
Ser Serine  
SID Standaard ileale verteerbaarheid  
SUI Suiker  
Thr Threonine  
TI Trypsine remmers  
Trp Tryptofaan  
Val Valine  
VC Voederconversie  
VO voederopname  
ZET Zetmeel

## Lijst met figuren

Figuur 1: Consumptie van sojaschroot in de periode 1995-2010 (Liba, 2011) .....	19
Figuur 2: Evolutie van het lichaamsgewicht en de dagelijkse voederopname bij groeiende vleesvarkens (Fremaut et al., 2003). .....	22
Figuur 3: Eiwitgehalte en lysinebehoefte in het voeder bij een tweefasensysteem (Fremaut et al., 2003) .....	32
Figuur 4: Stikstofstroom en stikstofverliezen bij groeiende vleesvarkens (Fremaut et al.,2003) .....	33
Figuur 5: Invloed van het totale eiwitgehalte in het rantsoen op de stikstofuitstoot in de mest en de urine (Fremaut et al., 2003) .....	33
Figuur 6: Het eiwitgehalte en de lysinebehoefte in het voeder bij een driefasenvoedingsysteem (Fremaut et al., 2003) .....	34
Figuur 7: Nutriëntenconcentratie in het voeder bij dagelijkse, driefasen- of 10-fasen systeem (Pomar et al., 2009).....	36
Figuur 8: Proefschema - Verdeling van de verschillende voeders .....	77
Figuur 9: Pig-Scale .....	80

## Lijst met tabellen

Tabel 1: Lysinebehoefte voor biggen (8-25 kg) (Warnants et al., 2005).....	25
Tabel 2: Ideaal eiwit voor varkens van 8 tot 25 kg uitgedrukt in % van lys in gestandaardiseerde verteerbaarheid (Standardised Ileal Digestible, SID) en schijnbare verteerbaarheid (darmverteerbare AZ varkens = Apparent Ileal Digestible, AID) (Orffa).....	26
Tabel 3: Lysinebehoefte voor jonge groeiende varkens (25-45kg) (Warnants et al., 2005).....	27
Tabel 4: Ideaal eiwit voor varkens van 25 tot 50 kg uitgedrukt in % van lys in gestandaardiseerde verteerbaarheid (Standardised Ileal Digestible, SID) en schijnbare verteerbaarheid (darmverteerbare AZ varkens = Apparent Ileal Digestible, AID) (Orffa).....	28
Tabel 5: Lysinebehoefte voor groeiende varkens (40-70kg) (Warnants et al., 2005) .....	28
Tabel 6: Lysinebehoefte voor varkens in de afmestfase (70-110kg) (Warnants et al., 2005).....	29
Tabel 7: Ideaal eiwitprofiel voor varkens van 50 tot 110 kg, uitgedrukt in % van lys in gestandaardiseerde verteerbaarheid (Standardised Ileal Digestible, SID) en schijnbare verteerbaarheid (darmverteerbare AZ varkens = Apparent Ileal Digestible, AID) (Orffa).....	30
Tabel 8: Weende analyse sojaschroot RC 50-70 g/kh, RE <450 g/kg (g/kg) (CVB, 2007) ....	37
Tabel 9: Amino-zuren in sojaschroot RC 50-70 g/kh, RE <450 g/kg (CVB, 2007) .....	38
Tabel 10: Weende analyse erwten (g/kg) (CVB, 2007).....	40
Tabel 11: Amino-zuren in erwten (CVB, 2007).....	41
Tabel 12: Weende analyse paardebonden, witbloeiend (g/kg) (CVB, 2007) .....	46
Tabel 13: Weende analyse paardebonden, bontbloeiend (g/kg) (CVB, 2007).....	46
Tabel 14: Amino-zuren in paardebonden, witbloeiend (CVB, 2007).....	47
Tabel 15: Amino-zuren in paardebonden, bontbloeiend (CVB, 2007) .....	47
Tabel 16: Weende analyse lupinen, RE > 335 g/kg (g/kg) (CVB, 2007).....	51
Tabel 17: Amino-zuren in lupinen, RE > 335 g/kg (CVB, 2007) .....	52
Tabel 18: Weende analyse koolzaadschroot, RE > 380 g/kg (g/kg) (CVB, 2007) .....	55
Tabel 19: Amino-zuren in koolzaadschroot, RE > 380g/kg (CVB, 2007) .....	55
Tabel 20: Biologische effecten van glucosinolaten op varkens (Tripathi et al., 2007).....	57
Tabel 21: Weende analyse zonnebloemzaadschroot, RC < 1600 g/kg, ontdopt (g/kg) (CVB, 2007).....	59
Tabel 22: Amino-zuren in zonnebloemzaadschroot, RC < 1600 g/kg, ontdopt (CVB, 2007).....	60
Tabel 23: Chemische samenstelling graan en DDGS (Doppenberg, 2010) .....	62
Tabel 24: Weende analyse aardappelwit, RAS > 10 g/kg (g/kg) (CVB, 2007) .....	64
Tabel 25: Amino-zuren aardappelwit, RAS > 10 g/kg (g/kg)(CVB, 2007) .....	65
Tabel 26: Benodigd areaal erwten (in 1000 ha) bij 20% en 50% prijsverlaging, in verhouding tot het aanwezige akkerbouw- en graanareaal van 2006 in verschillende Europese landen (Kamp et al., 2008).....	72
Tabel 27: Benodigd areaal veldbonen (in 1000 ha) bij 20% en 50% prijsverlaging, in verhouding tot het aanwezige akkerbouw- en graanareaal van 2006 in verschillende Europese landen (Kamp et al., 2008) .....	72
Tabel 28: Weende analyse en amino-zuursamenstelling van de verschillende voeders .....	78
Tabel 29: Percentage eiwitbronnen en zuivere amino-zuren in de verschillende voeders.....	79
Tabel 30: Gewichtsevolutie (kg) in de loop van de proef per voederstrategie (gemiddelde ± standaardafwijking; n= aantal herhalingen) .....	83
Tabel 31: Gemiddelde dagelijkse groei (g/dag) voor de verschillende groeiperioden (gemiddelde ± standaardafwijking; n= aantal herhalingen) .....	84
Tabel 32: Gemiddelde dagelijkse voederopname (VO) (g/dag) voor de verschillende groeiperioden (gemiddelde ± standaardafwijking; n= aantal herhalingen).....	86

Tabel 33: Gemiddelde voederconversie (VC) voor de verschillende groeiperioden (gemiddelde ± standaardafwijking; n= aantal herhalingen) .....	87
Tabel 34: Berekening kostprijs tweefasenvoeding .....	88
Tabel 35: Berekening kostprijs driefasenvoeding.....	89
Tabel 36: berekening kostprijs vijffasenvoeding.....	90
Tabel 37: Berekening kostprijs driefasenvoeding.....	90
Tabel 38 : Berekening stikstofuitscheiding bij tweefasenvoeding .....	91
Tabel 39: Berekening stikstofuitscheiding bij driefasenvoeding .....	92
Tabel 40: Berekening stikstofuitscheiding bij vijffasenvoeding .....	92
Tabel 41: Berekening stikstofopname bij multifasenvoeding.....	93
Tabel 42: Vergelijking van de hoeveelheid sojaschroot in het praktijkvoeder en een gangbaar voeder .....	93

## Inleiding

Stikstofuitscheiding en de afhankelijkheid van de soja-import zijn twee factoren die de laatste tijd sterk in de belangstelling staan in de varkenshouderij.

Vanwege de strengere bemestingsnormen en de impact van stikstof op het milieu is er meer interesse in meerfasenvoeding om de hoeveelheid stikstof in het voeder te beperken. De soja-import uit Zuid-Amerika staat sterk onder druk vanwege de nadelige invloed op het milieu en de lokale bevolking. Daarnaast wil Europa minder afhankelijk worden van de soja-import. In deze masterproef is het de bedoeling om na te gaan wat de mogelijkheden zijn om soja te vervangen in de vleesvarkensvoeding in combinatie met meerfasenvoeding.

De literatuurstudie wordt geschreven ter voorbereiding op het praktijkonderzoek. Hierin wordt eerst en vooral de problematiek beschreven waarop de proef zich focust, namelijk de stikstofuitstoot in het milieu en de import van soja. Daarna worden de behoeften van vleesvarkens in de verschillende groeifasen in kaart gebracht. Deze zijn essentieel voor de interpretatie van de voederformulaties in de proef. Vervolgens wordt er dieper ingegaan op de meerfasenvoeding om een beter inzicht te krijgen in deze voederstrategie. Hierna wordt het gebruik van soja en de alternatieve eiwitbronnen (erwten, veldbonen, lupinen, koolzaadschroot, zonnebloemschroot, DDGS en aardappeleiwit) in de voeding van vleesvarkens beschreven. De verschillende alternatieve eiwitbronnen worden met sojaschroot vergeleken. Tot slot wordt de teelt van soja en de alternatieven in Europa onderzocht en de bruikbaarheid hiervan in de Nederlandse vleesvarkensvoeding. De informatie van deze literatuurstudie wordt gehaald uit wetenschappelijke bronnen.

Het praktijkonderzoek werd uitgevoerd op het proef- en vormingscentrum voor landbouw (PVL) in Bocholt. In het onderzoek wordt de toepassing van meerfasenvoeding met alternatieve eiwitbronnen onderzocht. Hiervoor zijn er vier testgroepen elk met een eigen voederstrategie, namelijk twee-, drie-, vijf- en multifasenvoeding. De proef loopt op dit moment nog waardoor nog niet alle resultaten bekend zijn. Voor het uiteindelijke resultaat zouden er per testgroep 100 dieren geobserveerd moeten zijn. Het doel van deze praktijkstudie is om de invloed van de meerfasenvoeding na te gaan op de zoötechnische parameters zoals gewichtsevolutie, groei, voederopname en voederconversie. In het uiteindelijke resultaat zullen ook de slachresultaten beoordeeld worden, maar op dit moment zijn hierover nog geen gegevens bekend. Daarnaast wordt ingegaan op de vraag wat de invloed is op de kostprijs van de voeders, op het milieu en op de soja-import door het gebruik van meerfasenvoeding en alternatieve eiwitbronnen.



# LITERATUURSTUDIE

# 1 Probleemstelling

## 1.1 Stikstofproblematiek

Stikstof is een milieuprobleem. Het speelt een belangrijke rol in de lucht- en waterkwaliteit.

Grote delen van de Europese Unie staan bloot aan hoge deposities van verzurende stoffen in de lucht. Één van de belangrijkste stoffen hierbij is ammoniak. De landbouwsector is verantwoordelijk voor 93% van de totale ammoniakuitstoot in Vlaanderen. De varkensstapel levert met een aandeel van 57% de grootste bijdrage in de totale emissie uit de veeteeltsector. Daarnaast is de landbouw ook nog verantwoordelijk voor emissie van zwavel- en stikstofdioxide, maar in mindere mate dan ammoniak. Deze verzurende stoffen reageren in de lucht met andere stoffen en slaan hierdoor samen met neerslag, stofdeeltjes, ... neer op de bodem, gewassen en gebouwen. Om verdere verzuring te beperken en tegen te gaan heeft de Europese NEC-richtlijn voor elk land een maximale emissie vastgelegd. Één van de 5 pijlers om ammoniak te reduceren is het gebruik van voedertechische maatregelen zoals fasevoeding (zie 1.3 fasevoeding) (Wijzer bij het milieubeleidsplan, 2006).

Daarnaast zorgt stikstof ook voor problemen in het water, namelijk door waterverontreiniging met nitraten. Van de totale stikstof die in 2003 in de waterlopen terecht kwam, was 50% afkomstig van de landbouw (Wijzer bij het milieubeleidsplan, 2006; Maeckelberghe en Vannevel, 2003). Hoge concentraties stikstof in het water zorgen voor eutrofiëringverschijnselen. Daarnaast wordt nitraat in het menselijk lichaam omgezet in nitriet. In hoge concentraties kan dat blauwziekte veroorzaken bij jonge kinderen. Hoge concentraties stikstof zijn ook schadelijk voor vissen (Maeckelberghe en Vannevel, 2003). Om dit probleem aan te pakken, speelt het mestbeleid een belangrijke rol. Hiervoor werd een nitraatrichtlijn opgesteld op basis van de Europese normen voor oppervlaktewater. Dit werd op gewestelijk niveau omgezet naar het mestactieplan. Dit is gesteund op 3 pijlers waarvan 1 pijler de aanpak bij de bron is. Dit houdt in dat men de veestapel moet afbouwen, gebruik moet maken van nutriëntenarme voeders (fosfor- en eiwitarm) en efficiënte voedertechieken moet toepassen (Wijzer bij het milieubeleidsplan, 2006).

## 1.2 Sojaproblematiek

Soja staat erg in de belangstelling zowel nationaal als internationaal. Het is de perfecte grondstof voor veevoeder door het hoge eiwitgehalte en doordat het voor vrijwel alle diersoorten bruikbaar is (Kamp et al., 2008). Het is de belangrijkste eiwitbron voor varkens- en pluimveevoeders (Krimp et al., 2013).

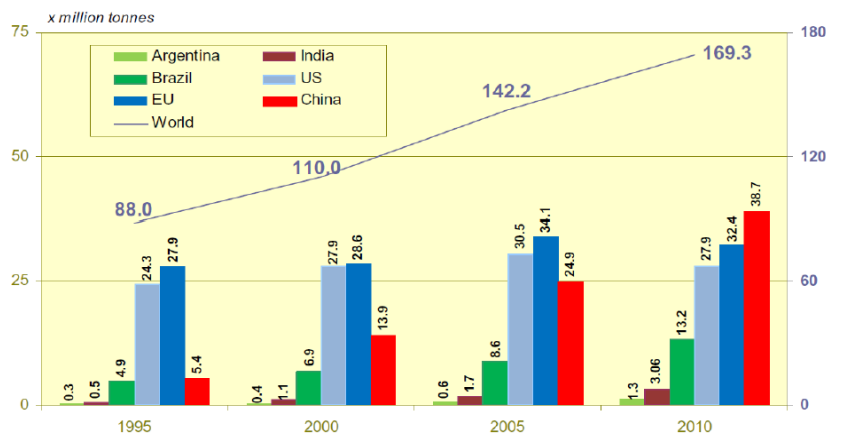
In Europa schommelt de zelfvoorzieningsgraad voor eiwitten voor veevoeder rond de 25-30%. Deze eiwitten waar Europa zelf in voorziet worden slechts op 1,1 miljoen ha van het Europese landbouwareaal (172 miljoen ha) geteeld. Soja wordt als eiwitbron slechts beperkt geteeld in Europa, voornamelijk in verschillende Zuid-Europese landen. Zo is Italië de grootste producent met een areaal van ongeveer 150.000 ha. Vanwege de beperkte zelfvoorziening wordt in Europa jaarlijks meer dan 40 miljoen ton aan plantaardige eiwitbronnen geïmporteerd, waarvan het grootste deel soja. 95% van de benodigde soja in Europa wordt geïmporteerd; dit is jaarlijks gemiddeld 39 miljoen ton. Meer dan 80% van de geïmporteerde soja wordt als eiwitbron voor de veevoeding gebruikt (European Commission,

2010; Kamp et al., 2008; Vahl, 2009; Van Berkum et al., 2006; Vilt, 2012; Watté., z.j.; Wervel, z.j.).

De belangrijkste productie- en exportlanden van soja zijn de VS, Brazilië en Argentinië. In de twee laatstgenoemde landen is de laatste 30 jaar de sojaproductie explosief gegroeid. De VS is de grootste exporteur van sojabonen en Argentinië van bonen en olie. Deze 3 landen zijn samen goed voor een gemiddelde productie van 170 miljoen ton sojabonen of 80% van de wereldproductie.

De grootste importeurs zijn Europa en China. Jarenlang was Europa de grootste importeur, maar in China is de laatste vijftien jaar het verbruik van soja verzevenvoudigd door de stijgende welvaart en hierdoor is het de grootste verbruiker van soja ter wereld geworden (zie figuur 1). In 2011 werd in China 54 miljoen ton soja geïmporteerd en in Europa 36 miljoen ton. Binnen Europa is Nederland met 8,3 miljoen ton soja in 2011 de grootste importeur. De vraag naar soja zal de komende jaren nog blijven groeien, vooral in Azië door de stijgende welvaart en de bevolkingsgroei (Kamp et al., 2008; Liba, 2011; Nederlands sojacoalitie, 2006; Van Berkum et al., 2006; Wervel, z.j., WNF, z.j.).

De verwerking van sojabonen vindt plaats in de belangrijkste productielanden zelf of na export in de belangrijkste importerende landen (Kamp et al., 2008).



**Figuur 1: Consumptie van sojaschroot in de periode 1995-2010 (Liba, 2011)**

De wereldhandel in sojaproducten wordt beïnvloed door tal van factoren. Één van de belangrijkste is het klimaat. Soja wordt geteeld in warme en vochtige klimaten zoals het zuiden van de VS, Brazilië, Argentinië, India en China. In Europa is het klimaat minder geschikt voor de sojateelt. Daarnaast heeft vooral de vraag naar goedkope plantaardige olie en plantaardig eiwitrijk veevoeder geleid tot een toename van de wereldhandel in sojaproducten. Door het verbod op dierlijk eiwit in 2003 in Europa is de vraag naar soja er sterk gestegen en dus ook de import. Sojaolie kan naast de menselijke consumptie ook gebruikt worden voor de productie van biodiesel (Van Berkum et al., 2006).

Om aan de stijgende vraag naar soja te kunnen voldoen, is steeds meer landbouwareaal nodig. Dit heeft geleid tot ontbossing van het amazonewoud en een verlies aan biodiversiteit. Zo werd tussen 2003 en 2005 ongeveer tweemaal de volledige oppervlakte van België (70.000km<sup>2</sup>) ontbost voor veeteelt en soja. Door een beter gebruik van de gronden of een verhoging van de sojaopbrengst zou verdere ontbossing kunnen beperkt worden. Daarnaast

kunnen grondbewerkingen, geïntegreerde bestrijding, vruchtwisseling,... een snelle bodemdegradatie tegengaan waardoor ontbossing ook kan worden beperkt (Kamp et al., 2008; Nederlandse sojacoalitie, 2006).

Om de opbrengsten te verhogen, gebruiken de producenten op grote schaal kunstmest en pesticiden, dit met nadelige gevolgen voor het milieu en de inwoners van deze gebieden. Daarnaast moet de lokale voedselvoorziening wijken voor sojaproductie en daalt dus de voedselzekerheid in deze gebieden wat leidt tot sociaaleconomische problemen (Nederlandse sojacoalitie, 2009; Wervel, z.j.).

De soja die men in de VS, Brazilië en Argentinië teelt, is voor het grootste deel genetisch gemodificeerd, respectievelijk 93%, 75% en 100% van de soja is GGO. De meeste van deze GGO-soja is resistent tegen glyfosaat (roundup ready sojabonen) waardoor het onkruid wordt aangetast bij toepassing maar de soja niet. De teelt van roundup ready soja zorgt niet voor een hogere opbrengst per hectare, maar het voordeel zit vooral in het teeltgemak door de resistentie tegen onkruidbestrijdingsmiddelen. De GGO-soja zorgt dus voor een hoger gebruik van deze middelen (Liba, 2011, Nederlandse sojacoalitie, 2006).

De export van Braziliaanse sojabonen en –schroot gaat vooral naar Europa. De Argentijnse export van sojabonen is vooral georiënteerd op China; er wordt bijna niet geëxporteerd naar Europa. Dit komt omdat China de GGO-soja accepteert, terwijl dit in Europa slechts beperkt is toegestaan. Slechts 14% van de sojaproductie op de wereldmarkt is afkomstig van niet-GGO-soja. In Europa is enkel de teelt van twee GGO-gewassen toegelaten, namelijk van een aardappel met een verhoogd gehalte aan amylopectine en maïs die resistent is tegen bepaalde rupsen. Import van 32 genetische modificaties in verscheidene gewassen is wel toegelaten voor verwerking in diervoeders en voedingsproducten. Voor soja zijn er 7 GGO-variëteiten toegelaten in Europa. (Europese commissie, 2003; Liba, 2011; Nantier, 2012; Nederlandse sojacoalitie, 2006; Van Berkum et al., 2006; Wervel, z.j.).

Daarnaast zorgt de import van soja voor een ongebalanceerde stikstof- en fosfaatkringloop. Het zorgt voor een mestoverschot in de importerende landen en veroorzaakt zo vervuiling van grond- en oppervlaktewater. De mest afkomstig van het vee dat met geïmporteerde soja is gevoerd, blijft in het desbetreffende land. Vaak wordt met de geïmporteerde soja vlees geproduceerd dat bedoeld is voor export. En omgekeerd zorgt het in de productielanden voor een uitputting van de mineralen in de bodem die daar niet meer terug in het milieu komen. De bodem verarmt hierdoor en moet worden aangevuld met kunstmest. Er is hier dus geen sprake van een gesloten kringloop waarbij de mineralen uit de mest weer teruggevoerd worden naar de plaats van de teelt (Kamp et al., 2008; Nederlandse sojacoalitie, 2006; Nederlandse sojacoalitie, 2012).

### 1.2.1 Oplossingen om de soja-import te beperken

Door de stijgende vraag naar soja in China en Azië, het beperkte aanbod aan niet-GGO-soja en de sociaaleconomische problemen in de productiegebieden moet men op zoek naar alternatieven. Daarnaast stijgt de vraag naar eiwitbronnen van Europese herkomst omdat Europa niet zo sterk afhankelijk wil zijn van de import van eiwitbronnen. De import van soja zal echter nooit tot nul kunnen gereduceerd worden. Maar de import kan wel deels gereduceerd worden door zelf alternatieve eiwitbronnen en soja te telen in Europa. Soja telen in Europa is momenteel nog niet interessant. Economisch gezien zijn de huidige gemiddelde opbrengsten van 3 ton soja per hectare te laag en kan men niet concurreren met de teelt van graan. Momenteel zoekt men naar variëteiten die 4,5 tot 5 ton per hectare opbrengen. Naast de opbrengst zijn er nog andere factoren belangrijk zoals de vorstgevoeligheid, de rhizobium bacteriën, bemesting,... waarover nog onvoldoende gekend is voor de teelt van soja in onze streken (Krimpen et al., 2013; Nantier, 2012; Nederlandse sojacoalitie, 2009; Vilt, 2012).

Andere eiwitbronnen zoals bonen, lupinen,... worden slechts beperkt gebruikt omdat de eiwitopbrengst per hectare laag is en omdat de kostprijs van de zelf te telen vervangers momenteel hoger is dan de kostprijs om soja te importeren (Liba, 2011). Sojavervangers in een rantsoen opnemen is dus enkel interessant als men een hoog eiwitgehalte heeft tegen een aantrekkelijke prijs, en dit is niet het geval met de huidige marktprijzen (Kamp et al., 2008).

De import kan ook gereduceerd worden door meer bijproducten te gebruiken van de biobrandstof- en voedingsindustrie zoals aardappeleiwit, DDGS,... (Vilt, 2012).

Door te zorgen voor een betere benutting van het voedereiwit en de voorziening van de aminozuren beter af te stellen op de leeftijd en het gewicht kan de hoeveelheid sojaschroot ook beperkt worden. Dit kan door middel van het systeem van multifasenvoeding toe te passen aangezien de eiwitbehoefte daalt naarmate een dier ouder wordt (Vahl, 2009).

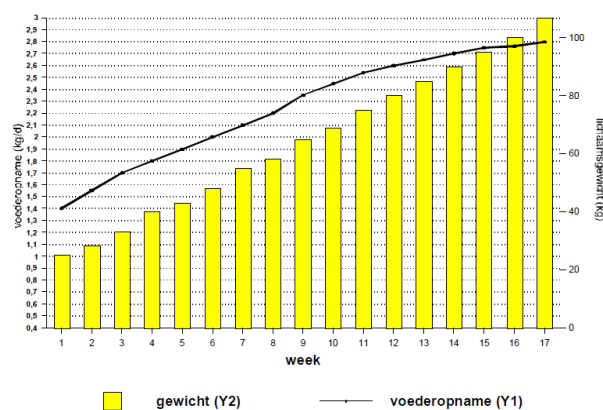
Door het invoeren van invoerheffingen zou de import ook gereduceerd kunnen worden. Momenteel zijn er geen invoerheffingen door een handelsakkoord dat onder druk van de VS tot stand kwam om de toegang van Amerikaanse soja op de Europese markt te garanderen. Het akkoord 'Europese gebonden nultarief op oliezaden' houdt in dat er geen invoerheffingen moeten worden betaald. Hierdoor is soja een goedkoop alternatief. En daarnaast geldt er nog een ander akkoord, namelijk het 'Blair House Agreement', dat Europa beperkt in zelfvoorziening van oliezaden. Hierdoor is de gesubsidieerde Europese oliezadenproductie beperkt tot maximum vijf miljoen hectare en is het totale productievolume aan oliezaden maximum vijftien miljoen ton. Dit is veel minder dan Europa verbruikt. Door deze akkoorden is de sojaprijs laag en de mogelijkheid om soja te vervangen beperkt. Europa is hierdoor voor plantaardige vetten en eiwitten dus afhankelijk van de import (Nederlandse sojacoalitie, 2006).

## 2 Eiwit- en aminozuurbehoeften van vleesvarkens

De nutriëntenbehoefte is geen constante bij groeiende of producerende dieren (Fremaut et al., 2003). Nutriëntenbehoeften worden gedefinieerd als de hoeveelheid nutriënten nodig voor specifieke productiedoelinden zoals bijvoorbeeld optimale groei en eiwitdepositie (Pomar en Pomar, 2012).

Deze behoeften worden beïnvloed door factoren die gerelateerd zijn aan het dier (genetisch potentieel, leeftijd, gewicht en geslacht), het voeder (nutriëntensamenstelling, smakelijkheid en antinutritieel factoren) en de omgeving (temperatuur en beschikbare ruimte) (Cline en Smith, 1998; Ferket et al., 2002; Niemi et al., 2010; Subcommittee on swine nutrition et al., 1998; Wellock et al., 2004). In functie van de leeftijd en het productiestadium evolueren de dagelijkse voederbehoeften van een vleesvarken. De samenstelling van een rantsoen is een combinatie van de dagelijkse behoefte voor groei en onderhoud en de hoeveelheid voeder die wordt opgenomen (Fremaut et al., 2003).

Uit figuur 1 kan men afleiden dat de voederopnamecapaciteit van groeiende vleesvarkens in het begin relatief snel toeneemt. De opnamecapaciteit neemt sneller toe dan de behoefte aan nutriënten. Vanaf 70-80 kg is de maximale opnamecapaciteit bereikt en neemt deze nog maar weinig toe. Dit is volgens Niemi et al. (2010) op 55 dagen na de start van de afmestfase op 25 kg (Fremaut, 1997; Fremaut et al., 2003).



**Figuur 2: Evolutie van het lichaamsgewicht en de dagelijkse voederopname bij groeiende vleesvarkens (Fremaut et al., 2003).**

De behoeften aan eiwit en aminozuren veranderen voortdurend. Naarmate een vleesvarken zwaarder wordt, moet het rantsoen dus minder nutriënten bevatten. Indien dit niet het geval is, resulteert dit in een toenemend overschot aan nutriënten, dat integraal in het milieu wordt uitgescheiden, naarmate de dieren ouder worden (Fremaut, 1997; Fremaut et al., 2003; Van der Peet-Schwing en Plagge, 1995). Om de behoeften aan stikstof en eiwit in te schatten, zijn dagelijkse groei (DG) en voederconversie (VC) relevante parameters (Warnants et al., 2005).

## 2.1 Schijnbare en gestandaardiseerde ileale verteerbaarheid

Oorspronkelijk werden de behoeften aan eiwit en aminozuren (AZ) uitgedrukt in totale AZ of totaal eiwit (Warnants et al., 2005). Maar de aminozuren in voeders zijn niet volledig beschikbaar voor het dier. De verteerbaarheid van de aminozuren verschilt van grondstof tot grondstof. De verteerbaarheid kan beïnvloed worden door bijvoorbeeld de aanwezigheid van antinutritionele factoren. Het is daarom beter om voeders te formuleren op basis van verteerbare aminozuren (AFZ et al., 2000; Subcommittee on swine nutrition et al., 1998). Daarom werd er overgaan naar schijnbare (sch.) darmverteerbare (dv.) of ileaal verteerbare AZ of eiwit. Er wordt hierbij enkel rekening gehouden met de AZ (eiwit) uit het voeder die beschikbaar komen in de dunne darm of ileum. De omzettingen en productie van AZ en eiwit door de dikke darmflora leveren voor het varken weinig op en worden dus genegeerd. De schijnbare verteerbaarheid slaat op het feit dat de onverteerde AZ op het einde van het ileum afkomstig zijn van het voeder enerzijds en endogeen eiwit anderzijds. Endogeen eiwit is afkomstig van afschilferingen van darmepitheel, verteringsenzymen en speeksel. Endogeen eiwit kan opgesplitst worden in voederafhankelijk eiwit dat functie is van de aard van het voeder en voederonafhankelijk endogeen eiwit dat afhankelijk is van de droge stofopname (AFZ et al., 2000; Stein et al., 2007; Warnants, 2005).

$$\text{Schijnbare darmverteerbaarheid (AZ) \%} = \frac{AZ_{\text{opg}} - AZ_{\text{ile}}}{AZ_{\text{opg}}} \times 100$$

Waarbij:  $AZ_{\text{opg}}$  = opname van aminozuren via het voeder;  $AZ_{\text{ile}}$  = AZ in de darminhoud op het einde van het ileum

Daarnaast maakte men gebruik van de ware darmverteerbaarheid. Maar de meting van de ware darmverteerbaarheid is complex door de correctie voor het endogeen eiwit (Warnants et al., 2005). Daarom werd een bruikbaar systeem ontwikkeld door ITCF et Eurolysine in 1995 (Jondreville et al., 1995). Dit systeem maakt het mogelijk om de verteerbaarheid van voeders te beoordelen op dezelfde basis, namelijk de gestandaardiseerde (gest.) darmverteerbaarheid (dv.). Hierbij wordt de endogene voederonafhankelijke eiwit(AZ)fractie bepaald en wordt de verteerbaarheid hiervoor gecorrigeerd (Warnants et al., 2005). Behoeften die uitgedrukt worden voor schijnbare verteerbaarheid zijn hierdoor lager dan voor gestandaardiseerde verteerbaarheid (AFZ et al., 2000; Whittemore et al., 2001).

$$\text{Gestandaardiseerde darmverteerbaarheid (AZ) \%} = \frac{AZ_{\text{opg}} - (AZ_{\text{ile}} - AZ_{\text{endo, v.o.onafh}})}{AZ_{\text{opg}}} \times 100$$

De endogene voederonafhankelijke eiwit(AZ) fractie kan gemeten worden door een eiwitvrij rantsoen te verstrekken. De gestandaardiseerde darmverteerbaarheid heeft als voordeel ten opzichte van de schijnbare darmverteerbaarheid dat de verteringscoëfficiënt onafhankelijk is van het AZ gehalte van het te onderzoeken voeder. Ook het CVB maakt sinds 1998 gebruik van deze verteerbaarheid in de voedertabel (Warnants et al., 2005).

## 2.2 Eiwit en aminozuurbehoeften

Eiwit wordt in het varken opgebouwd uit twintig aminozuren. Negen van deze aminozuren kunnen niet gesynthetiseerd worden door het varken zelf en zijn daarom essentieel. Het gaat om de volgende aminozuren: lysine (lys), methionine (met), threonine (thr), tryptofaan (trp), isoleucine (ile), leucine (leu), histidine (his), fenylalanine (phe) en valine (val). Arginine (arg) is enkel essentieel voor varkens onder de 20 kg aangezien bij jonge dieren de synthese niet voldoende is om aan de behoeften te voldoen (Subcommittee on swine nutrition et al., 1998; Whittemore et al., 2001).

De totale aminozuurbehoefte is de som van de behoefte voor onderhoud en eiwitretentie. De eiwitbehoefte voor onderhoud komt voort uit de verliezen van eiwit via darmweefsel, huid of urine die gecompenseerd moeten worden. De aminozuurbehoeften worden uitgedrukt ten opzichte van lysine, het eerste limiterende aminozuur (Dean, 2005; Subcommittee on swine nutrition et al., 1998). Hierbij wordt uitgegaan van een optimaal voedingspatroon voor essentiële aminozuren dat overeenkomt met de behoeften van de dieren, dit wordt het 'ideale eiwit' genoemd (Subcommittee on swine nutrition et al., 1998).

De optimale aminozuurbalans voor vleesvarkens verandert met toename van het lichaamsgewicht (Black en Davies, 1991; Chung en Baker, 1992; Fuller et al., 1989; Hahn en Baker, 1995; Moughan, 1991; TMV, 1994). De behoefte aan darmverteerbaar lysine daalt naarmate de dieren ouder en zwaarder worden (Campbell et al., 1988; Fremaut et al., 2003). De benodigde relatieve verhoudingen van de zwavelhoudende aminozuren en threonine tegenover lysine nemen toe wanneer de varkens zwaarder worden.

Het vergelijken van verschillende studies over de aminozuurbehoeften is moeilijk doordat in het buitenland vaak gebruik wordt gemaakt van andere varkensrassen of -types. Warnants et al. (2005) voerde een onderzoek uit naar de aminozuurbehoeften bij vleesvarkens. Hierbij werd gebruik gemaakt van de kruising Piétrain x hybride, een veel gebruikte kruising in België. De bekomen resultaten van Warnants et al. (2005) zijn behoeften voor optimale zoötechnische prestaties. Er is hierbij geen rekening gehouden met het economisch en ecologisch optimum. Daarom werd op het instituut voor landbouw- en visserijonderzoek (ILVO) een andere studie opgezet om het effect van optimale eiwit/aminozureniveaus bij vrouwelijke vleesvarkens na te gaan (Millet et al., 2008). Hierbij kregen de dieren 100%, 90%, 80% of 70% van het zoötechnische optimum gevoerd in 3 fasen. Hieruit bleek dat 80% en 90% het dichtst aansluiten bij het zoötechnische en economische optimum. Deze resultaten verschillen van de studie van Warnants et al. (2005). Een verklaring hiervoor kan het verschil in aminozurenverhouding in beide studies.

Daarnaast wordt er in verschillende studies gebruik gemaakt van verschillende ruw eiwitgehalten (RE) in de voeders, verschillende voedermiddelen en verschillende verteerbaarheid van de aminozuren. Hierdoor krijgt men een grote variatie aan resultaten voor de verschillende aminozuurbehoeften wat de vergelijking van verschillende studies moeilijk maakt (Guzik, 2002).

In deze literatuurstudie worden de resultaten van verschillende studies voor lysinebehoeften vergeleken met de resultaten van Warnants et al. (2005) omdat deze normen het dichtst aansluiten bij de Belgische varkens. Aangezien de eiwit- en aminozuurbehoeften geen constanten zijn, worden vleesvarkens best onderverdeeld in verschillende groepen op basis



van gewicht. In deze literatuurstudie wordt gebruik gemaakt van de volgende indeling: 8-25 kg (4-10 weken), 25-45 kg (10-15 weken); 40-70 kg (13-18 weken); 70-110 kg (18-26 weken) (Warnants et al., 2005).

## 2.2.1 Biggen van 8-25 kg

In onderstaande tabel vindt men verschillende waarden terug voor de lysinebehoefte van dieren van 8-25 kg. Warnants et al. (2005) vond een hogere behoefte aan lysine dan de overige studies, ondanks de gelijkaardige energieniveaus. De verklaring hiervoor zou zijn dat onze biggen een verhoogde behoefte aan essentiële en niet-essentiële aminozuren hebben omdat het potentieel voor mager vleesaanzet hoger is dan voor vettere genotypen. Daarnaast is de voederopnamecapaciteit beperkt waardoor een meer geconcentreerd voeder nodig is.

Tabel 1: Lysinebehoeften voor biggen (8-25 kg) (Warnants et al., 2005)

Auteur	Bereik	Eenheid	Behoefte (%)	Energie-inhoud (kcal/kg)
Orffa, 1994	7-10 kg	sch. dv. Lys	1,10	2415 NEv
	10-25 kg	sch. dv. Lys	1,00	2310 NEv
CVB, 1996	8-25 kg	sch. dv. Lys	1,00	2310 NEv
Degussa, 1997	<10 kg	sch. dv. Lys	1,15	3150 ME
	10-19 kg	sch. dv. Lys	0,98	3150 ME
AWT, 1998	7-20kg	sch. dv. Lys	1,19	3180 ME
RADAR, 1998	6-10 weken	sch. dv. Lys	0,98	2350 NEv
NRC, 1998	15 kg (gem. 8-21kg)	gest. dv. Lys	1,01	3215 ME
		sch. dv. Lys	0,94	3215 ME
Warnants et al., 2005	8-21kg	sch. dv. Lys	1,15 (DG)	2300 NEv of
			1,17 (VC)	3215 ME
	4-10weken	gest. dv. Lys	1,23 (DG)	
			1,26 (VC)	

Het subcommittee on swine nutrition et al. (1998) stelde een formule op voor het berekenen van de totale lysinebehoefte.

$$\text{Behoefte} = 1,793 - (0,0873 \times \text{LG}) + (0,00429 \times \text{LG}^2) - (0,000089 \times \text{LG}^3)$$

Zo bekomen ze een de totale lysinebehoefte van 1,25% bij 10 kg; 1,15% bij 15 kg en 1,05% bij 20 kg.

De behoefte aan de overige essentiële aminozuren wordt uitgedrukt als het ideale eiwit. Dit is weergegeven in tabel 2. Methionine is het tweede limiterende aminozuur na lysine (Dean, 2005). De ratio Met+Cys:Lys is 0,6 in onderstaande tabel. De waarde 0,57 van het NRC (1998) ligt dicht bij deze waarde. Zoals men kan zien bij het ideale eiwit voor varkens van 25 tot 50 kg en van 50 tot 110 kg, is de Met+Cys:Lys ratio voor alle drie de groepen gelijk. Dit werd ook gevonden door Peak (2005) die een relatief constante behoefte aan zwavelhoudende aminozuren rapporteerde per eenheid gewichtstoename. Deze gaf een iets lagere Met+Cys:Lys ratio aan dan in bovenstaande tabel, namelijk 0,56.

**Tabel 2: Ideaal eiwit voor varkens van 8 tot 25 kg uitgedrukt in % van lys in gestandaardiseerde verteerbaarheid (Standardised Ileal Digestible, SID) en schijnbare verteerbaarheid (darmverteerbare AZ varkens = Apparent Ileal Digestible, AID) (Orffa)**

Aminozuren	SID	Darmverteerbare AZ Varkens
Lys	100	100
Met +Cys	60	59
Thr	65	62
Trp	22	21.5
Val	70	68
Ile*	53	51
Leu	100	99
His	32	31
Phe + Tyr	95	93

Tryptofaan speelt een belangrijke rol bij de groei. Wanneer de voorziening aan tryptofaan beperkt wordt, kan dit negatieve effecten op de groeiprestaties met een verminderde dagelijkse voederopname en dagelijkse groei tot gevolg hebben (Henry, 1995; Henry et al., 1992, 1996; Guzik, 2002;). Het is het derde limiterende aminozuur in de meeste varkensvoerders, met uitzondering van varkens in de afmestfase waarbij tryptofaan het tweede limiterende aminozuur is (Lewis et al., 1979). In bovenstaande tabel vinden we een Trp:Lys ratio van 0,22. Dit is iets hoger dan de Trp:Lys ratio van 0,18 die het NRC (1998) aanbeveelt voor varkens van 5 tot 20 kg. De totale tryptofaanbehoefte voor varkens van 5-20 kg varieert van 0,14 tot 0,25% (Guzik, 2002). Wanneer de behoeften uitgedrukt worden in darmverteerbaar tryptofaan, dan zijn de behoeften voor een optimale prestatie volgens het NRC (1998) 0,22 en 0,18% voor varkens van respectievelijk 5 tot 10 kg en 10 tot 20 kg. Guzik et al. (2002) vond gelijkaardige behoeften voor darmverteerbaar tryptofaan.

Threonine is het 4<sup>e</sup> limiterende aminozuur. Ook voor de Thr:Lys ratio beveelt het NRC (1998) een lagere ratio van 0,62 aan dan in bovenstaande tabel.

## 2.2.2 Jonge groeiende vleesvarkens van 25-45 kg

In tabel 3 worden de lysinebehoeften voor jonge groeiende varkens van 25 tot 45 kg weergegeven. Uit deze tabel kunnen we afleiden dat de lysinebehoeften van Warnants et al. (2005) hoger zijn dan in de andere studies, met uitzondering van het NRC. De gelijkaardige resultaten bij Warnants et al. (2005) en het NRC (1998) kunnen verklaard worden doordat het NRC-model rekening houdt met een aantal belangrijke parameters zoals de mager vleesaanzet van het dier, energieninhoud van het voeder, gewicht, geslacht, plaats per dier en temperatuur in de stal. Daarnaast hebben varkens met een hoog potentieel voor mager vleesaanzet een beperkte opnamecapaciteit en hebben ze nood aan een meer geconcentreerd voeder (Rademacher, 2000; Warnants et al., 2005).

Tabel 3: Lysinebehoefte voor jonge groeiende varkens (25-45kg) (Warnants et al., 2005)

Auteur	Bereik	Eenheid	Behoefte (%)	Energie-inhoud (kcal/kg)
<b>Orffa, 1994</b>	24-45 kg	sch. dv. Lys	0,90	2100 NEv
<b>CVB, 1996</b>	25-45kg	sch. dv. Lys	0,90	2268 NEv
<b>Degussa, 1997</b>	20-30 kg	sch. dv. Lys	0,89	3150 ME
	31-55 kg	sch. dv. Lys	0,76	3100 ME
<b>De Schrijver &amp; Vande Ginste, 1998</b>	20-40 kg	sch. dv. Lys	0,96	2100 NEv
		gest. dv. Lys	1,00	
<b>AWT, 1998</b>	25-40 kg 11-14 weken	sch. dv. Lys	0,89	3150 ME
<b>NRC, 1998</b>	35 kg (gem. 30-50 kg)	sch. dv. Lys	0,93 (barg) 1,06 (gelt)	3200 ME
		gest. dv. Lys	1,00 (barg) 1,13 (gelt)	
<b>Warnants et al., 2005</b>	30-50 kg 10-15 weken	sch. dv. Lys	1,05 (barg) (DG) 1,02 (barg) (VC) >1,03 (gelt) (DG) 1,10 (gelt) (VC)	2250 NEv of 3200 ME
		gest. dv. Lys	1,09 (barg) (DG) 1,06 (barg) (VC) >1,07 (gelt) (DG) 1,13 (gelt) (VC)	

Aangezien de behoefte aan aminozuren geen constante is, verandert ook het ideaal eiwitprofiel voor vleesvarkens. In tabel 4 is het ideaal eiwitprofiel voor varkens van 25 tot 50 kg weergegeven. Zoals eerder vermeld, blijft de Met+Cys:Lys ratio een constante per eenheid gewichtstoename. Deze is dus hetzelfde voor varkens van 8 tot 25 kg en van 25 tot 50 kg. Ook de ratio's voor isoleucine, leucine, histidine en fenylalanine+tyrosine zijn niet veranderd voor varkens van 25 tot 50 kg ten opzichte van 8 tot 25 kg. Voor threonine is de ratio gestegen en voor tryptofaan en valine zijn de ratios gedaald ten opzichte van deze voor varkens van 8 tot 25 kg.

**Tabel 4: Ideaal eiwit voor varkens van 25 tot 50 kg uitgedrukt in % van lys in gestandaardiseerde verteerbaarheid (Standardised Ileal Digestible, SID) en schijnbare verteerbaarheid (darmverteerbare AZ varkens = Apparent Ileal Digestible, AID) (Orffa)**

Aminozuren	SID	Darmverteerbare AZ Varkens
Lys	100	100
Met +Cys	60	59
Thr	67	64
Trp	20	19.5
Val	>65	>63
Ile*	53	51
Leu	100	99
His	32	31
Phe + Tyr	95	93

### 2.2.3 Groeiende vleesvarkens van 40-70 kg

De lysinebehoefte voor groeiende varkens van 40 tot 70 kg wordt weergegeven in tabel 5. Hierbij wordt bij het NRC (1998) en Warnants et al. (2005) een onderscheid gemaakt tussen baren en gelten. Dit omdat gelten een hogere mager vleesaanzet hebben dan baren en dus een hogere lysinebehoefte hebben (Warnants et al., 2005). In deze fase zijn de behoeften voor baren in studie van Warnants et al. (2005) vergelijkbaar met de resultaten van AWT (1998), De Schrijver & Vande Ginste (1998) en NRC (1998).

**Tabel 5: Lysinebehoefte voor groeiende varkens (40-70kg) (Warnants et al., 2005)**

Auteur	Bereik	Eenheid	Behoefte (%)	Energieinhoud (kcal/kg)
CVB, 1996	45-70 kg	sch. dv. Lys	0,75	2200 NEv
Degussa, 1997	56-100 kg	sch. dv. Lys	0,62	1990 NEv
De Schrijver & Vande Ginste, 1998	40-70 kg	sch. dv. Lys gest. dv. Lys	0,81	2250 NEv
AWT, 1998	40-70 kg	sch. dv. Lys	0,84	1990 NEv
NRC, 1998	55 kg (gem. 40-70 kg)	sch. dv. Lys gest. dv. Lys	0,83 (barg) 1,00 (gelt) 0,89 (barg) 1,08 (gelt)	2200 NEv of 3365 ME
Warnants et al., 2005	40-70 kg 13-18 weken	sch. dv. Lys gest. dv. Lys	0,84 (barg) (DG) 0,92 (barg) (VC) 1,04 (gelt) (DG) 1,08 (gelt) (VC) 0,88 (barg) (DG) 0,96 (barg) (VC) 1,08 (gelt) (DG) 1,12 (gelt) (VC)	2200 NEv of 3365 ME

## 2.2.4 Vleesvarkens in de afmestfase van 70-110kg

In de literatuur hebben de lysinebehoefte in de fase van 70 tot 110 kg betrekking op een groot traject waardoor ze moeilijk vergelijkbaar zijn. In de studie van Warnants et al. (2005) werd deze fase dan ook opgesplitst. In het traject 70-80 kg vond Warnants et al. (2005) een gelijkaardige behoefte voor barge als in het NRC-model (1998). In het daarop volgende traject geeft Warnants et al. (2005) een behoefte aan 0,47% darmverteerbaar lysine, terwijl het NRC (1998) een hogere behoefte van 0,68% darmverteerbaar lysine aanraadt. Voor de gelten in het traject 70-110 kg wordt er bij Warnants et al. (2005) een duidelijk hogere behoefte vastgesteld in vergelijking met wat er in de literatuur wordt vermeld.

**Tabel 6: Lysinebehoefte voor varkens in de afmestfase (70-110kg) (Warnants et al., 2005)**

<b>Auteur</b>	<b>Bereik</b>	<b>Eenheid</b>	<b>Behoefte (%)</b>	<b>Energieinhoud (kcal/kg)</b>
<b>Yen et al., 1986</b>	50-90 kg	totaal Lys	0,72 (barg) 0,84 (gelt)	3096 ME 3096 ME
<b>CVB, 1996</b>	70-110 kg	sch. dv. Lys	0,62	2200 NEv
<b>Degussa, 1997</b>	70-105 kg	gest. dv. Lys	0,71	3100 ME
<b>De Schrijver &amp; Vande Ginste, 1998</b>	70-100 kg	sch. dv. Lys	0,68	2250 NEv
		gest. dv. Lys	0,70	
<b>AWT, 1998</b>	70-105 kg	sch. dv. Lys	0,68	3059 ME
<b>NRC, 1998</b>	75 kg (gem 70-80 kg)	sch. dv. Lys	0,72 (barg) 0,90 (gelt)	2200 NEv of 3365 ME
		gest. dv. Lys	0,78 (barg) 0,97 (gelt)	
<b>NRC, 1998</b>	90 kg (gem 70-110 kg)	sch. dv. Lys	0,65 (barg) 0,82 (gelt)	2200 NEv of 3365 ME
		gest. dv. Lys	0,71 (barg) 0,88 (gelt)	
<b>NRC, 1998</b>	95 kg (gem. 80-110 kg)	sch. dv. Lys	0,63 (barg) 0,79 (gelt)	2200 NEv of 3365 ME
		gest. dv. Lys	0,68 (barg) 0,85 (gelt)	
<b>Cline et al., 2000</b>	54-116 kg	totaal Lys	0,80 (gelt)	2290 NEv
<b>Warnants et al., 2005</b>	70-80 kg (18-20wkn)	sch. dv. Lys	0,74 (barg)(DG)	2200 NEv of 3365 ME
	70-80 kg		0,75 (barg)(VC)	
	80-110 kg (20-25wkn)	gest. dv. Lys	≤ 0,44 (barg)(DG)	
	80-110 kg		≤ 0,44 (barg)(VC)	
	70-110 kg(19-26 wkn)		0,80 (gelt)(DG)	
	70-110 kg		0,91 (gelt)(VC)	
	70-80 kg (18-20 wkn)	sch. dv. Lys	0,77 (barg)(DG)	
	70-80 kg		0,82 (barg)(VC)	
	80-110kg (20-25 wkn)	gest. dv. Lys	≤ 0,47 (barg)(DG)	
	80-110 kg		≤ 0,47 (barg)(VC)	
70-110 kg(19-26 wkn)	sch. dv. Lys	0,83 (gelt)(DG)		
70-110 kg		0,94 (gelt)(VC)		

In de afmestfase verandert de volgorde van de limiterende aminozuren. De eerste drie limiterende aminozuren zijn nu lysine, threonine en tryptofaan. De vierde en vijfde limiterende aminozuren zijn isoleucine en zwavelhoudende aminozuren in voeders die gebaseerd zijn op maïs en sojaschroot (Dean, 2005).

In tabel 7 wordt het ideale eiwitprofiel voor varkens van 50 tot 110 kg weergegeven. Zoals eerder vermeld, blijft de Met+Cys:Lys ratio een constante per eenheid gewichtstoename. Deze is dus hetzelfde voor alle 3 de groepen. Ook de ratio's voor isoleucine, leucine, histidine en fenylalanine+tyrosine zijn gelijk voor de drie groepen. De Val:Lys ratio is gelijk gebleven ten opzichte van de groep van 25 tot 50 kg. De Thr:Lys ratio is gestegen ten opzichte van de groep van 25 tot 50 kg. En de Trp:Lys ratio is lichtjes gedaald.

**Tabel 7: Ideaal eiwitprofiel voor varkens van 50 tot 110 kg, uitgedrukt in % van lys in gestandaardiseerde verteerbaarheid (Standardised Ileal Digestible, SID) en schijnbare verteerbaarheid (darmverteerbare AZ varkens = Apparent Ileal Digestible, AID) (Orffa)**

Aminozuren	SID	Darmverteerbare AZ Varkens
Lys	100	100
Met +Cys	60	59
Thr	68	65
Trp	19	18.5
Val	>65	>63
Ile*	53	51
Leu	100	99
His	32	31
Phe + Tyr	95	93

De Met+Cys:Lys ratio blijft gedurende alle fasen constant volgens bovenstaande tabellen. Ook het NRC beveelt dezelfde constante ratio van 0,60 aan. Hahn en Baker (1995b) beweren dat deze ratio geen constante is, maar stijgt wanneer de dieren zwaarder worden door de relatieve toename in onderhoudsbehoefte van de zwavelhoudende aminozuren tegenover de totale aminozuurbehoefte.

In tabel 2, 4 en 7 zijn de ideale ratio's weergegeven voor de totale behoefte aan een bepaald aminozuur. Deze totale behoefte is de som van de behoefte voor onderhoud en productie. Doordat er verschillen zijn in de behoefte voor onderhoud en productie, stijgt voor sommige aminozuren de ratio relatief tegenover lysine bij toename van het lichaamsgewicht (Plitzner et al., 2007). Dit komt doordat de behoefte voor onderhoud belangrijker wordt dan de behoefte voor groei naarmate de dieren ouder worden. Een relatieve stijging van de ratio is onder andere het geval voor threonine. Threonine speelt een belangrijke rol in het darmkanaal, het maakt deel uit van de darmmucosa (Lien et al., 1997). Doordat de behoefte voor onderhoud stijgt en deze behoefte deels bepaald wordt door vernieuwing van het darmepitheel, stijgt de behoefte aan threonine naarmate dat de dieren ouder worden (Stoll et al., 1998). De Thr:Lys ratio is gestegen van 0,65 bij dieren van 8 tot 25 kg naar 0,68 bij dieren van 50 tot 110 kg in bovenstaande tabellen. Ook Van Lunen (2001) vond een stijging van de Thr:Lys ratio van 0,65 voor dieren van 5 tot 20 kg naar zelf 0,70 voor dieren van 50-100 kg.

### 3 Fasevoeding

Bij de productie van vleesvarkens maakt het voeder 60 tot 90% uit van de variabele kosten (De Lange et al., 1994, Fremaut et al., 2003; Niemi et al., 2010; Pomar et al., 2009; Pomar et al., 2011, Pomar en Pomar, 2012, Zijlstra en Beltranena, 2007).

Bij het afmesten van vleesvarkens zijn voederprogramma's gericht op het bekomen van een maximale respons van de dieren met een minimale voederkost. Hierbij krijgen de dieren vaak gedurende een lange periode hetzelfde voeder. Maar de behoefte aan nutriënten kan zeer sterk variëren tussen dieren van eenzelfde populatie en volgt voor elk dier een individueel verloop in de tijd. Om de gewenste respons van een populatie te maximaliseren zijn de populatiebehoeften geassocieerd met de behoeften van de dieren die de meeste nutriënten vragen. Hierdoor krijgen de meeste dieren vaak meer nutriënten dan ze nodig hebben, waardoor de benutting van de nutriënten met een lagere efficiëntie gebeurt. Dieren die boven hun behoefte gevoederd worden, vertonen prestaties die dicht bij het optimale liggen, dieren die onder hun behoefte gevoederd worden, vertonen vaak gereduceerde groei. Vleesvarkens voederen om de respons van de populatie te maximaliseren, wordt geassocieerd met hoge voederkosten en een hoge excretie van nutriënten (Pomar et al., 2009; Pomar et al., 2011; Pomar en Pomar, 2012; Tokach et al., 1999). De excretie van N wordt beïnvloed door de hoeveelheid ingenomen N, de metabole beschikbaarheid van dit nutriënt, de retentie van stikstof en de balans tussen de verschillende nutriënten in het voeder en de behoefte van de dieren (Garry et al., 2007; Pomar et al., 2011).

Om de voederkosten te reduceren, het voeder te optimaliseren, de excreties van nutriënten te reduceren en de productie te optimaliseren, wordt meer en meer gebruik gemaakt van fasevoeding om beter aan de behoeften van de vleesvarkens te voldoen in de verschillende productiefasen. (De Lange et al., 1994, Fremaut et al., 2003; Niemi et al., 2010; Pomar et al., 2009; Pomar et al., 2011, Pomar en Pomar, 2012). Daarnaast zorgt fasevoeding nog voor een bijkomend voordeel. Door het verlagen van het eiwitgehalte in het voeder nemen de dieren minder water op waardoor er een lagere totale mestproductie is. De wateropname kan hierbij met 10-30% dalen. Hierdoor dalen de afzet- en verwerkingskosten en is dit dus naast de lagere voederkosten een extra economisch voordeel (De Sutter en Rovers, 2011; Fremaut en De Schrijver, 1991; Heinrichs, 1994; Pfeiffer, 1991).

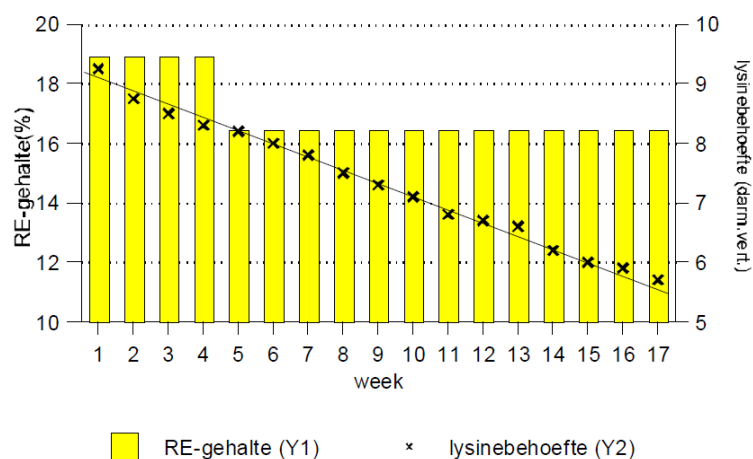
Fasevoeding betekent dat de dieren verschillende opeenvolgende voeders krijgen voor een relatief korte periode om zo goed mogelijk aan hun evoluerende behoeften te voldoen. Deze voeders verschillen van elkaar in eiwit-, energie- of aminozuursamenstelling. De samenstelling van een voeder voor een welbepaalde fase is hiervoor gebaseerd op de behoeften van de dieren in het begin van deze fase. De economische voordelen nemen toe naarmate er een stijging is van het aantal voedingsfasen. Er treedt ook significante reductie op van de nutriëntenexcreties bij een stijgend aantal fasen (Pomar et al., 2009; Pomar et al., 2011; Pomar en Pomar, 2012; Van der Peet-Schwering et al., 1996).

Voor fasevoeding is een juiste kennis van de nutritionele waarden van voedermiddelen en de behoeften van de dieren noodzakelijk. Op basis van deze gegevens kan men dan een uitgebalanceerd voeder formuleren dat men gradueel gaat aanpassen in overeenstemming met de behoeften van de dieren (Pomar et al., 2009; Pomar en Pomar, 2012).

De meest gebruikte systemen van fasevoeding zijn twee- en driefasenvoeding (Pomar et al., 2009). In 2003 was tweefasenvoeding het meest toegepaste systeem in België (Fremaut et al., 2003). Voor een beeld van de huidige situatie werd rondvraag gedaan bij een aantal veevoederbedrijven. Volgens Van Reybrouck (21 maart 2013 – persoonlijke communicatie) van Aveve is tweefasenvoeding nog steeds het meest toegepaste systeem. Volgens Dewitte (12 maart 2013 – persoonlijke communicatie) van Dumoulin is het driefasensysteem het meest toegepast. En volgens Goeminne (22 maart 2013 – persoonlijke communicatie) van Quartes wordt op veel gesloten bedrijven nog steeds met het tweefasensysteem gewerkt, maar op grotere bedrijven werkt men meer en meer met het driefasensysteem. Dit is echter een inschatting, aangezien men niet over concreet cijfermateriaal beschikt.

### 3.1 Tweefasenvoeding

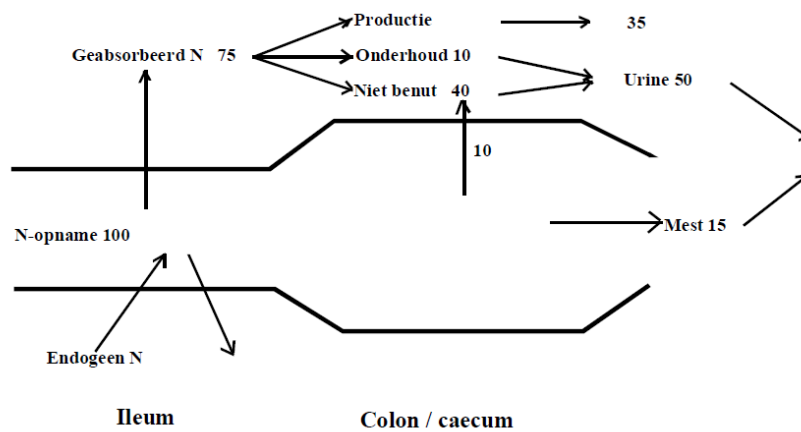
Bij tweefasenvoeding krijgen de dieren een groeivoeder van 25 kg tot 45 kg. Vanaf 45kg krijgen ze dan een afmestvoeder tot aan het slachtgewicht (105-110kg). Het gehalte aan eiwit is hierbij afgesteld op de behoefte van een big van 25 kg voor het groeivoeder en op de behoefte van een vleesvarken van 45 kg voor het afmestvoeder. Als de fase waarin het dier zich bevindt naar het einde evolueert, krijgen we een overschot aan eiwit en aminozuren zoals we voor lysine kunnen zien in figuur 3 (Fremaut et al., 2003).



**Figuur 3: Eiwitgehalte en lysinebehoefte in het voeder bij een tweefasensysteem (Fremaut et al., 2003)**

Bij een tweefasensysteem wordt gemiddeld slechts 35% van het opgenomen eiwit benut. Er wordt ongeveer 65% terug uitgescheiden via de mest en de urine zoals men kan zien in figuur 4 (Fremaut et al., 2003). Figuur 4 dateert volgens Fremaut (22 april 2013 – persoonlijke communicatie) uit de jaren '90. Door een betere aanpassing van het voeder aan de behoeften en een lager eiwitgehalte in het voeder zullen de coëfficiënten in dit schema waarschijnlijk niet meer volledig in overeenstemming zijn de dag van vandaag. Maar het principe en het idee erachter zijn nog steeds geldig. De resultaten van Fremaut et al. (2003) werden in 1999 door Dourmad et al. ook bekomen. In die studie werd gevonden dat slechts 33% van de stikstof in het voeder benut wordt en de overige 67% wordt uitgescheiden. Ook Kornegay en Verstegen (2001) kwamen tot de conclusie dat de gemiddelde benutting van stikstof minder dan 50% is.

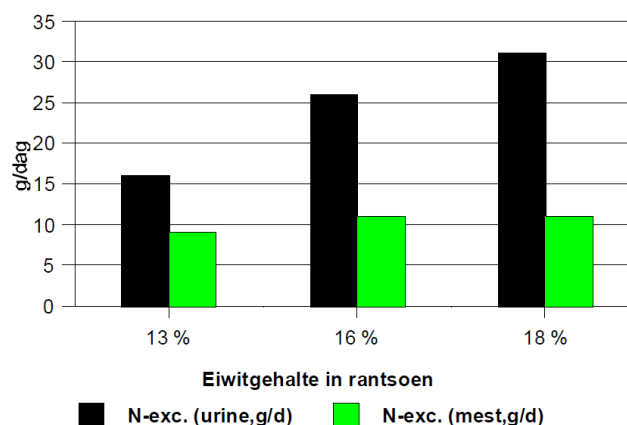




**Figuur 4: Stikstofstroom en stikstofverliezen bij groeiende vleesvarkens (Fremaut et al., 2003)**

Indien men het rantsoen niet aanpast aan de evoluerende eiwitbehoefte, dan neemt vooral de stikstofuitstoot via de urine toe (Fremaut et al., 2003). Dit werd in reeds vroeger uitgevoerde studies van Moughan (1995) en Sève en Henry (1996) reeds bevonden. Zij vonden dat door ongebalanceerde voorziening van aminozuren/eiwit vooral de verliezen van N via de urine toenemen. Met toenemend lichaamsgewicht neemt de benutting van het verteerde eiwit af en niet de eiwitverteerbaarheid. Dit wordt veroorzaakt door een luxeconsumptie van ruw eiwit (Fremaut et al., 2003). De meest efficiënte manier om de benutting van stikstof te verhogen en de excretie te verminderen, is de luxeconsumptie tot een minimum te beperken door het eiwitgehalte te verlagen in het rantsoen naarmate de dieren ouder worden (Fremaut, 1997). Dit werd ook gevonden in een studie van O'Connell et al. (2005). Wanneer dieren in overeenstemming met hun behoeften gevoederd worden, is de N-excretie het laagst. Toename van excretie is te wijten aan oversupplementatie van de nutriënten. Dit leidt tot deaminatie en resulteert dan in de toename van de ureumexcretie.

Uit figuur 5 blijkt duidelijk dat de stikstofexcretie bij een vleesvarken van 75 kg afneemt naarmate het ruw eiwitgehalte in het rantsoen lager is (Fremaut et al., 2003). Wel dient er bij eiwitverlaging op gelet te worden dat aan de behoeften voor essentiële aminozuren voldaan is (De Sutter en Rovers, 2011).

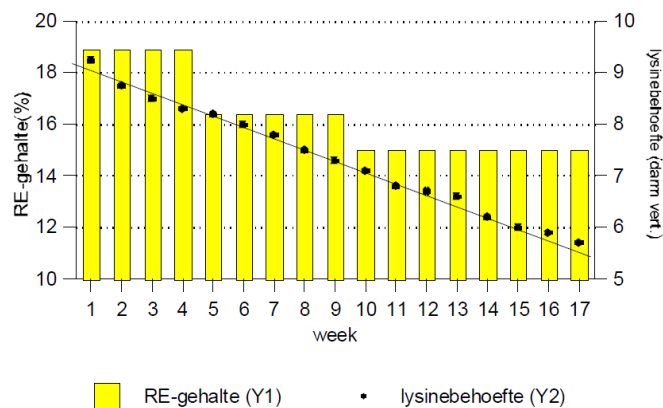


**Figuur 5: Invloed van het totale eiwitgehalte in het rantsoen op de stikstofuitstoot in de mest en de urine (Fremaut et al., 2003)**

Volgens Dämmgen et al. (2011) wordt de stikstofexcretie met 7% gereduceerd bij de overgang van één- naar tweefasenvoeding. De excretie wordt hierbij significant beïnvloed door de verminderde stikstofinput.

## 3.2 Driefasenvoeding

Om het eiwitgehalte in een rantsoen te verlagen, kan men een derde voeder opnemen in voederschema. Bij driefasenvoeding krijgen de vleesvarkens op een gewicht van 70 kg een tweede afmestvoeder dat is samengesteld volgens de behoefte en het opnamevermogen van een vleesvarken van 70 kg. Uit figuur 6 blijkt dat een deel van het overtollige aanbod van eiwit en/of aminozuren weggenomen wordt door driefasenvoeding in vergelijking met de tweefasenvoeding in figuur 2 (Fremaut et al., 2003).



**Figuur 6: Het eiwitgehalte en de lysinebehoefte in het voeder bij een driefasenvoedingssysteem (Fremaut et al., 2003)**

Uit onderzoek blijkt dat invoeren van driefasenvoeding niet leidt tot een vermindering van de zoötechnische prestaties. Door toepassing van het driefasensysteem kwam men tot een vermindering van het gemiddelde eiwitgehalte van 15,3 tot 14,6%. Dit resulteert in 6% minder stikstofuitstoot. Het bijkomende voordeel hierbij is dat men op het einde van de afmestperiode een relatief goedkoper afmestvoeder kan geven (Fremaut et al., 2003). In de laatste fase wordt nog 60% van het voeder opgenomen, waardoor deze lagere voederprijs nog een belangrijk effect heeft op de totale voederkost (Fremaut, 1997).

### 3.2.1 Multifasenvoeding

Bij multifasenvoeding gaat men gedurende de afmestperiode de samenstelling van het rantsoen wekelijks aanpassen aan de behoeften en het groeipotentieel van de dieren. Hierbij wordt een mineraalrijk (stikstof- en fosforrijk) voeder met een mineraalarm voeder gemengd in steeds wisselende verhoudingen, aangepast aan de behoeften van de vleesvarkens (Fremaut et al., 2003). Het mineraalrijke voeder is hierbij afgestemd op de behoeften van een vleesvarken van 45 kg en het mineralenarme voeder op de behoeften van een vleesvarken van 90-100 kg (Fremaut, 1997). Aan het begin van de afmestperiode start men dus met een hoog eiwitgehalte om dan te eindigen bij het slachtgewicht met een laag eiwitgehalte (Niemi et al., 2010). Volgens Letourneau Montminy et al. (2005) zorgt deze methode voor significante reducties van nutriëntenexcreties zonder toename van de voederkosten. Deze methode wordt ook voorgesteld om de kosten voor voederopslag te

reduceren wanneer het aantal voederfasen stijgt en men dus meer verschillende voeders nodig heeft (Feddes et al., 2000).

Er bestaat nog een andere mogelijkheid van multifasenvoeding die in verschillende onderzoeken wordt toegepast. Dit concept wordt dan eerder precisievoeding genoemd waarbij men het voeder dagelijks aanpast aan de behoeften van de dieren (Niemi et al., 2010; Pomar et al., 2009; Pomar et al., 2011; Pomar en Pomar, 2012). Toepassen van precisievoeding kan leiden tot een reductie van de voederkost van 4,6 tot 10%. Ook de N-inname wordt gereduceerd met 25% en de N-excretie wordt met meer dan 38% gereduceerd (Pomar et al., 2009, Pomar et al., 2011).

### **3.2.2 Multifasenvoeding in vergelijking met tweefasenvoeding**

Uit een onderzoek in Rosmalen bleek dat multifasenvoeding (16,4% RE en 13,2% RE) tot ongeveer dezelfde zoötechnische prestaties leidde als tweefasenvoeding (groeivoeder 17,4% RE en afmestvoeder 16,1% RE). De karkaskwaliteit was bij de dieren uit de multifasengroep iets lager dan bij de tweefasengroep. De stikstofexcretie was ongeveer 5% lager dan bij tweefasenvoeding. De gegevens zijn afkomstig uit Nederland waar men met een ander type varken en een andere voedermethode werkt dan in België (Fremaut et al., 2003).

Uit een ander Nederlands onderzoek van Kemme et al. (1994) werd zelf een reductie van de N-excretie van 14% bekomen bij multifasenvoeding ten opzichte van tweefasenvoeding. Ook in deze studie waren de technische resultaten voor beide groepen ongeveer gelijk.

Uit nog een ander Nederlands onderzoek van Van der Peet-Schwering en Plagge (1995) werden ook de verschillen nagegaan tussen tweefasen- en multifasenvoeding. Uit deze studie bleek dat dieren via multifasenvoeding 7,3% minder eiwit opnemen dan bij tweefasenvoeding. Dit leidde tot een daling van de wateropname met 6,9%. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de wateropname niet eindeloos kan dalen. Dieren hebben namelijk een minimale hoeveelheid water nodig, wanneer deze hoeveelheid bereikt is, heeft een verdere eiwitverlaging geen effect meer op de wateropname. Door de lagere wateropname was bij de dieren via multifasenvoeding ook een daling van de mestproductie met 9%. De lagere eiwitopname zorgde daarnaast ook voor een verlaging van de stikstofuitscheiding met 11,2%. Deze resultaten werden waargenomen bij baren. Bij de zeugen werd slechts een verlaging van de eiwitopname met 1% vastgesteld waardoor de wateropname en mestproductie ook niet verlaagd waren bij de multifasenvoeding. Er werd bij de multifasenvoeding een slechtere voederconversie vastgesteld, de oorzaak hiervan werd niet achterhaald.

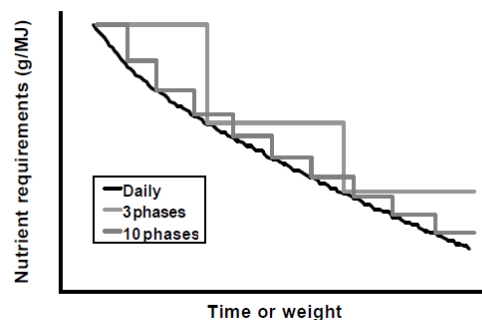
Volgens een Finse studie van Niemi et al. (2010) was er ook geen duidelijk verschil in de duur van de groeiperiode of het slachtgewicht bij het vergelijken van tweefasenvoeding met multifasenvoeding (precisievoeding). In deze studie werd 2-3 kg gerst en 1 kg sojaschroot uitgespaard per geslacht vleesvarken bij het gebruik van multifasenvoeding. Op dagbasis kwam dit neer op 32 g gerst en 10 g sojaschroot. De omschakeling van twee- naar multifasenvoeding resulteerde ook in een jaarlijkse winst van 1,35 tot 1,88 euro per varkensplaats.

Uit voorgaande onderzoeken kan men dus besluiten dat multifasenvoeding voordelen biedt ten opzichte van tweefasenvoeding doordat de dieren beter naar hun behoeften gevoederd worden.

### 3.2.3 Multifasenvoeding in vergelijking met driefasenvoeding

Volgens een ander Nederlands onderzoek is de stikstofuitstoot in multifasenvoeding 5% lager dan in driefasenvoeding (Coppoolse et al., 1990; Fremaut et al., 2003).

In een recente studie van Pomar et al. (2007) werd het effect van driefasen- of multifasenvoeding nagegaan op de groeiprestatie, lichaamssamenstelling en N-excretie. Hierbij werden 8 hokken van elk 10 varkens bestudeerd. Er werden 2 premixen geformuleerd en gradueel gemengd in functie van de behoeften van de dieren. Bij het driefasensysteem duurde elke fase 28 dagen. Bij het multifasensysteem kregen de dieren gedurende de 84 dagen elke dag een dagelijks aangepast mengsel. De dieren uit het multifasensysteem namen gedurende de eerste fase 3,7% meer voeder op dan bij het driefasensysteem. De dieren namen hierbij 7,3% minder eiwit op. Gedurende de gehele groeiperiode hebben de multifase dieren de neiging om meer gewicht aan te zetten, waarschijnlijk door de snellere groei gedurende de eerste fase. Op het einde van de studie was de totale eiwitmassa van het lichaam van beide groepen gelijk, maar de multifase dieren hadden 8% meer lichaamsvet. Multifasenvoeding reduceerde de N-excretie met 12%.



**Figuur 7: Nutriëntenconcentratie in het voeder bij dagelijkse, driefasen- of 10-fasen systeem (Pomar et al., 2009)**

Uit figuur 7 kan men afleiden dat een stijging van het aantal fasen zorgt voor een reductie van de nutriënten. Hoe meer fasen, hoe dichter dat het voeder aanleunt bij de behoeften. Een dagelijkse aanpassing van het voeder komt bijna volledig overeen met de nutriëntenbehoeften.

## 4 Soja en mogelijke alternatieven in de varkensvoeding

### 4.1 Sojaschroot

Soja is een eenjarig gewas met een hoog eiwitgehalte (40%) en oliegehalte van 19-20% (Kamp et al., 2008). Na het persen van de sojabonen krijgt men 79% sojaschroot, 18% sojaolie en 3% sojahullen (Nederlandse sojacoalitie, 2006). Sojaschroot is één van de belangrijkste eiwitbronnen die beschikbaar is voor varkensvoeding door zijn hoog eiwitgehalte en gebalanceerde aminozuursamenstelling (Cromwell, 2000; Olguin et al., 2003; Shelton et al., 2001; Vahl, 2009). Naast het hoge eiwitgehalte is de verteerbaarheid van het RE ook zeer hoog, namelijk gemiddeld 90% (CVB, 2007). In tabel 8 is de Weende analyse van sojaschroot weergegeven.

Tabel 8: Weende analyse sojaschroot RC 50-70 g/kh, RE <450 g/kg (g/kg) (CVB, 2007)

	DS	RAS	RE	RVET	RVETH	RC	OK	OKh
<b>Gem.</b>	876	62	430	22	30	61	300	293
<b>Sdc</b>	4	4	11	4	4	4		

	ZETew	ZETam	ZETtot	SUI	NDF	ADF	ADL	NSP	RNSP
<b>Gem.</b>	-	8	-	102	126	83	5	257	130
<b>Sdc</b>	-	4	-	-	-	-	-		

Sojaschroot levert alle essentiële aminozuren voor vleesvarkens (Sohn et al., 1994). In tabel 9 is de aminozuursamenstelling van sojaschroot volgens het CVB (2007) weergegeven. Het heeft in vergelijking met om het even welke andere eiwitbron zeer hoge gehalten aan lysine en tryptofaan (CVB, 2007; Sharda et al., 1976). Het gehalte aan deze 2 aminozuren is relatief laag in de meeste granen, waardoor sojaschroot hierbij een zeer goede aanvulling levert (Sharda et al., 1976). De verteerbaarheid is voor alle aminozuren zeer goed. De verteerbaarheid van de aminozuren wordt beïnvloed door de warmtebehandeling die het soja-eiwit ondergaat (zie ook 1.4.2.2). Warmtebehandeling is noodzakelijk voordat men sojaschroot in de diervoeding toepast voor de inactivatie van de antinutritionele factoren (ANF) (Opapeju et al., 2006; Qin et al., 1996; Woodworth et al., 2001).

Tabel 9: Amino-zuren in sojaschroot RC 50-70 g/kh, RE <450 g/kg (CVB, 2007)

	Darmverteerbare AZ varken				
	g/16 g N			Gestand. g/kg	Schijnb. g/kg
	gem.	sd	g/kg		
<b>RE</b>			430	368	358
<b>LYS</b>	6,2	-	26,7	23,4	23,1
<b>MET</b>	1,4	-	6,0	5,4	5,3
<b>CYS</b>	1,5	-	6,5	5,3	5,1
<b>THR</b>	3,9	-	16,8	14,2	13,6
<b>TRP</b>	1,3	-	5,6	4,8	4,7
<b>ILE</b>	4,6	-	19,8	17,2	16,9
<b>ARG</b>	7,5	-	32,3	29,8	29,5
<b>PHE</b>	5,2	-	22,4	19,6	19,3
<b>HIS</b>	2,7	-	11,6	10,3	10,1
<b>LEU</b>	7,7	-	33,1	28,4	28,0
<b>TYR</b>	3,7	-	15,9	13,9	13,6
<b>VAL</b>	4,8	-	20,6	17,7	17,3
<b>ALA</b>	4,4	-	18,9	16,0	15,6
<b>ASP</b>	11,6	-	49,9	43,0	42,3
<b>GLU</b>	17,8	-	76,6	68,3	67,3
<b>GLY</b>	4,3	-	18,5	15,7	14,9
<b>PRO</b>	5,1	-	21,9	19,9	19,0
<b>SER</b>	5,1	-	21,9	19,2	18,6
<b>Som AZ</b>	<b>98,8</b>		<b>425,0</b>	<b>372,2</b>	<b>364,2</b>

#### 4.1.1 Antinutritieele factoren

De belangrijkste antinutritieele factoren (ANF) in soja zijn de trypsine inhibitoren. Daarnaast komen nog andere ANF voor zoals lectines, oligosachariden en immunogene eiwitten (Leterme et al., 1988; Liener, 1994; Osman et al., 2002).

Trypsine remmers (TI) zorgen voor een verminderde activiteit van chymotrypsine en trypsine door het vormen van stabiele, inactieve complexen. Er bestaan 2 soorten trypsine remmers: Kunitz trypsine remmers die enkel invloed op trypsine hebben en Bowman-Birk trypsine remmers die ook invloed hebben op chymotrypsine (Birk, 1961; Bowman, 1944; Kunitz, 1945). Ze bevatten hoge hoeveelheden cysteïne en induceren een toename van de secretie van pancreasenzymen die rijk zijn aan cysteïne. Bij aanwezigheid in het voeder zorgen trypsine remmers voor een toename van zowel de exogene als endogene voorziening van methionine en cysteïne. Dit resulteert dan weer in lage waarden voor de schijnbare en standaard ileale verteerbaarheid van methionine en cysteïne (Belitz en Weder, 1990; Boisen en Moughan, 1996; Gatel, 1994; Guen et al., 1995; Lallès en Jansman, 1998; Liener, 1994; Mariscal-Landin et al., 2002). De concentratie aan trypsine remmers is relatief hoog in sojabonen in vergelijking met andere eiwitbronnen (Leterme et al., 1988). Trypsine remmers zijn warmtelabiel, door hun hoge concentratie is het noodzakelijk om rauwe sojabonen te behandelen voordat ze gebruikt worden in diervoeding. Een ideale warmtebehandeling zou de ANF voldoende moeten inactiveren en tegelijk de beschikbaarheid van de essentiële

aminozuren behouden (Van Barneveld, 1993). De inactivatiegraad voor ANF neemt toe met hogere temperatuur (Qin et al., 1996). De efficiëntie van de warmtebehandeling hangt af van de combinatie van temperatuur, tijd, vochtinhoud en deeltjesgrootte (Melcion en van der Poel, 1993). Optimale procescondities hangen ook af van de soort warmtebehandeling en de verschillende oorsprongen of cultivars van de sojabonen die bewerkt worden.

Lectines hebben in de plant een fysiologische (Rhizobium herkenning) en afwerende functie. In het dier zijn het eiwitten die koolhydraten kunnen binden. Er bestaan verschillende soorten lectines, elk met een specifieke binding voor bepaalde koolhydraten waardoor het fysiologisch effect ook sterk afhankelijk is van de soort lectine (Balkema-Boomstra, 2004; Helsper et al., 2006; Kantar, 1994; Prins, 2007; Van Leijssen, 2010). Ze kunnen binden aan receptoren van epitheelcellen van de darm en zo ernstige beschadiging van het darmwand veroorzaken waardoor verteringsprocessen verstoord worden (Fremaut, 2012; Gatel, 1994).

Oligosachariden zijn niet verteerbare koolhydraten die gefermenteerd worden door de microflora in de dikke darm. Hierbij worden vluchtige vetzuren, koolstofdioxide, waterstof en methaan gevormd. Hierdoor kunnen ze bij varkens en kippen flatulentie of winderigheid veroorzaken (Fremaut, 2012; Salgado et al., 2002, Zdunczyk et al., 1998). Oligosachariden zorgen voor een toename van de viscositeit van de digesta waardoor de interactie met de verteringsenzymen in de darm daalt. Hierdoor daalt vooral de eiwitverteerbaarheid, maar kan men ook algemeen een gereduceerde vertering waarnemen (Salgado et al., 2002; Smits en Annison, 1996). Daarnaast kunnen ze nog een verminderde voederopname of zelf weigering van voederopname en buikpijn veroorzaken (Ferguson et al., 2003; Mariscal-Landin et al., 2002; Sosulki en Cadden, 1982). In sojaschroot komen raffinose en stachyose voor. Ze maken 4-6% uit van de DS. Deze worden niet beïnvloed door de warmtebehandeling van het sojaschroot (Anderson en Wolf, 1995; Liener, 1981). Wanneer men deze zou verwijderen, zou de metaboliseerbare energiewaarde met 20% toenemen (Coon et al., 1990).

Daarnaast komen in sojaschroot ook nog de immunogene of antigene eiwitten glycine en  $\beta$ -conglycine voor. Deze eiwitten zijn aanwezig in de globuline fractie van het soja-eiwit, deze fractie is 85% van het totale eiwit. Immunogene eiwitten zijn enkel schadelijk voor jonge dieren (Caine et al., 1997; Li et al., 1990; Shinbasaki et al., 1980). Ze veroorzaken overgevoeligheidsreacties bij jonge dieren. Hiermee gaan morfologische veranderingen in de darm gepaard zoals atrofie van de villi en hyperplasie van de crypten (Dreau and Lalles, 1999; Li et al., 1991a, 1991b). Deze morfologische veranderingen kunnen dan zorgen voor een verminderde absorptie van de nutriënten, groei-depressie en diarree (Dreau et al., 1994; Gu en Li, 2004; Qiao et al., 2003; Sun et al., 2008a, 2008b). Deze immunogene eiwitten kunnen gereduceerd worden in het sojaschroot door fermentatie met micro-organismen zoals *Aspergillus oryzae*, melkzuurbacteriën, *Rhizopus microsporus* of *Bacillus subtilis*. In verschillende studies is aangetoond dat door fermentatie van het sojaschroot de immunogene eiwitten gedegeerd worden. Daarnaast zou fermentatie ook een effect hebben op de trypsine remmers. De immunogene eiwitten worden gedeeltelijk verteerd door proteases die uitgescheiden worden door de micro-organismen die verantwoordelijk zijn voor het fermentatie proces. Daarnaast zouden deze micro-organismen kolonisatie van de darmwand met pathogenen die diarree veroorzaken, voorkomen. Hierdoor treedt er minder diarree op bij gespeende biggen en is de groei/voeder ratio vergelijkbaar met dieren die geen sojaschroot krijgen (Cho et al., 2007; Feng et al., 2007; Frias et al., 2008; Hong et al., 2004; Kiers et al., 2000a, 2000b, 2003; Kim et al., 2007b; Liu et al., 2007; Min et al., 2004; Song et al., 2010; Wang et al., 2007).

## 4.1.2 Het gebruik van sojaschroot in de varkensvoeding

Sojaschroot kan als enige eiwitbron gebruikt worden bij vleesvarkens. Wel moet men opletten met pas gespeende biggen. Deze tolereren soja-eiwit niet zo goed als oudere varkens (Sohn et al., 1994). Het gebruik van sojaschroot voor pas gespeende dieren is beperkt door de aanwezigheid van immunogene eiwitten (Bailey et al., 1993; Chiba, 2001, Csaky en Fekete, 2004; Dreau en Lalles, 1999; Li et al., 1991a). Wanneer gespeende biggen grote hoeveelheden sojaschroot krijgen, kan dit allergene reacties veroorzaken, gevolgd door een immunologische respons (Li et al., 1990, 1991). Daarnaast is er in verschillende studies ook gereduceerde groei en een daling van de nutriëntenverteerbaarheid waargenomen (Csaky en Fekete, 2004; Gu en Li, 2004; Li et al., 1991a; Sun et al., 2008a, 2008b). Deze effecten werden ook waargenomen bij Zhao et al. (2008) en Song et al. (2010), maar deze vonden daarnaast ook meer diarree bij de dieren die soja-eiwit gevoederd kregen. Voor pas gespeende biggen wordt sojaschroot dus best gelimiteerd tot 15-20%. Wanneer deze dieren ouder worden, kan men het inmengingpercentage geleidelijk aan laten toenemen, en vanaf 20-25 kg kan men dan sojaschroot als enige eiwitbron gebruiken. (Bogges et al., 2008).

## 4.2 Erwten

### 4.2.1 Samenstelling

Erwten (*Pisum sativum* L.) zijn eenjarige planten die behoren tot de familie van de vlinderbloemigen of leguminosen (Kroonen en Hermans, z.j.). Voor varkens gebruikt men enkel ronde erwten die rijp geoogst worden (Stein, 2006). Het is een hoogwaardige eiwitbron voor varkens waarbij het gemiddelde gehalte aan ruw eiwit schommelt rond de 21-22 %. De verteerbaarheid van het ruw eiwit is hoog bij varkens, namelijk 83-86% (CVB, 2007; Jezierny et al., 2011; Rasz, 1997). Daarnaast zorgt het hoge gehalte aan verteerbare energie er ook voor dat erwten een goed voedermiddel zijn (Beaulieu, 2010b; Racz en Bell, 1999). Erwten hebben een laag ruw vet gehalte en een hoog gehalte aan zetmeel (CVB, 2007; DLG, 1999; Jezierny, 2009). In tabel 10 is de Weende analyse volgens het CVB (2007) weergegeven.

Tabel 10: Weende analyse erwten (g/kg) (CVB, 2007)

	DS	RAS	RE	RVET	RVETH	RC	OK	OKh
<b>Gem.</b>	867	28	211	10	15	53	565	560
<b>Sdc</b>	9	2	11	2	3	5		

	ZETew	ZETam	ZETtot	SUI	NDF	ADF	ADL	NSP	RNSP
<b>Gem.</b>	436	387	-	43	137	71	1	189	52
<b>Sdc</b>	19	47	-	9	47	21	0		

In tabel 11 is de aminozuursamenstelling van erwten weergegeven. Hieruit kan men afleiden dat erwten hoge gehalten aan de belangrijkste aminozuren voor varkens bevatten met uitzondering van de zwavelhoudende aminozuren (methionine en cysteïne) en tryptofaan. De verteerbaarheid van de meeste aminozuren is vergelijkbaar met de verteerbaarheid van de aminozuren bij sojaschroot. Methionine, cysteïne, tryptofaan en threonine hebben wel een lagere verteerbaarheid in erwten dan in sojaschroot (Beaulieu, 2010; CVB, 2007; Racz en Bell, 1999, Rasz, 1997; Stein et al., 2004; Thaler en Stein, 2003). De reden waarom



sommige aminozuren een lagere verteerbaarheid hebben komt door de plaats in de erwt. Albumine is rijk aan methionine, cysteïne, threonine en tryptofaan, maar is minder verteerbaar dan andere eiwitten in de erwt (Casey et al., 1986, Guéguen, 1983; Le Guen et al., 1995). Erwten hebben een lysinegehalte dat hoger is dan in maïs en tarwe maar lager dan in sojaschroot. Door het hoge lysinegehalte zijn erwten uitermate geschikt als aanvulling bij grondstoffen met een laag lysine gehalte en een hoog methionine + cysteïne gehalte zoals koolzaadschroot en granen (Bell en Keith, 1990; Castell en Cliplef, 1993; Rasz, 1997; Wachenheim en Mattson, 2002).

**Tabel 11: Aminozuren in erwten (CVB, 2007)**

	Darmverteerbare AZ varken				
	g/16 g N		g/kg	Gestand.	Schijnb.
	gem.	sdc		g/kg	g/kg
<b>RE</b>			211	166	156
<b>LYS</b>	7,1	0,3	15,0	12,2	11,8
<b>MET</b>	1,0	0,1	2,1	1,6	1,5
<b>CYS</b>	1,0	0,1	3,2	2,2	2,0
<b>THR</b>	3,7	0,2	7,8	5,9	5,4
<b>TRP</b>	0,9	0,1	1,9	1,3	1,2
<b>ILE</b>	4,1	0,2	8,7	6,9	6,5
<b>ARG</b>	8,8	0,7	18,6	16,5	16,1
<b>PHE</b>	4,7	0,2	9,9	7,6	7,4
<b>HIS</b>	2,5	0,1	5,3	4,3	4,1
<b>LEU</b>	7,1	0,2	15,0	11,7	11,3
<b>TYR</b>	3,3	0,2	7,0	5,5	5,2
<b>VAL</b>	4,6	0,3	9,7	7,5	7,0
<b>ALA</b>	4,4	0,2	9,3	7,0	6,6
<b>ASP</b>	11,7	0,5	24,7	20,1	19,4
<b>GLU</b>	16,7	0,7	35,2	29,8	28,7
<b>GLY</b>	4,4	0,2	9,3	7,2	6,4
<b>PRO</b>	4,0	0,3	8,4	7,3	6,3
<b>SER</b>	4,7	0,2	9,9	7,9	7,3
<b>Som AZ</b>	<b>95,2</b>		<b>200,9</b>	<b>162,4</b>	<b>154,5</b>

#### 4.2.2 Antinutritionele factoren

Het gebruik van erwten wordt beperkt door de aanwezigheid van antinutritionele factoren, vanwege hun nadelige invloed op de voederopname en de verteerbaarheid van nutriënten (Huisman en Le Guen, 1991; Thaler en Stein, 2003). Erwten bevatten de volgende ANF: trypsine remmers (= protease remmers), lectines, tannines, oligosachariden en fytaat (Alonso et al., 1998; Gatel en Grosjean, 1990; Heng et al., 2006; O'Doherty en Keady, 2000, Thaler en Stein, 2003).

De concentratie aan ANF kan sterk variëren tussen de verschillende variëteiten (Grosjean et al., 2000). Europees onderzoek heeft aangetoond dat lente variëteiten een hoger gehalte hebben aan verteerbare energie en een lager gehalte aan trypsine inhibitoren dan winter variëteiten (Mariscal-Landin et al., 2002). Maar door veredeling hebben de nieuwe winter

variëteiten ook lage gehalten aan trypsine inhibitoren en gelijkwaardige nutritionele waarden dan lente variëteiten (Grosjean et al., 1989; Stein, 2006). Ook witbloemige erwten zijn beter voor varkens dan erwten met gekleurde bloemen vanwege de hogere beschikbaarheid aan energie en aminozuren. Daarnaast bevatten witbloemige variëteiten geen tannines in tegenstelling tot gekleurde variëteiten (Stein, 2006; Thaler en Stein, 2003).

Trypsine remmers (TI) zorgen voor dezelfde effecten als bij sojaschroot. Bij erwten zorgen TI naast een lagere de schijnbare en standaard ileale verteerbaarheid van methionine cysteïne ook nog voor een verminderde groei doordat erwten al onvoldoende zwavelhoudende aminozuren bevatten (Belitz en Weder, 1990; Boisen en Moughan, 1996; Gatel, 1994; Guen et al., 1995; Lallès en Jansman, 1998; Liener, 1994; Mariscal-Landin et al., 2002). Volgens Lammers (2011) zouden erwten tot 80% minder TI bevatten dan rauwe sojabonen. Ook andere studies bevestigen dat erwten minder TI bevatten dan sojabonen en sojaschroot (Jezierny et al., 2011; Saini, 1989). Bij de rassenkeuze van erwten voor varkens moet men vooral letten op het aandeel trypsine remmers, dit gehalte kan namelijk sterk verschillen tussen de diverse variëteiten (Grosjean et al., 2000; Prins, 2007). Bij varkens kiest men best voor rassen waarbij de gehalten aan trypsine remmers tussen de 2,1 en 10,6 g/kg erwten liggen (Grosjean et al., 2000). Volgens Grosjean et al. (2000) daalt de schijnbare ileale verteerbaarheid van het ruw eiwit lineair wanneer de hoeveelheid TI/kg erwten toeneemt. Le Guen et al. (1995) vond eerder al dat varkens die gevoederd werden met erwten die 1,1 g TI/kg erwten bevatten een slechtere groei vertoonden en dat de schijnbare ileale verteerbaarheid van het RE lager was dan bij varkens die gevoederd werden met 0,4 g TI/kg erwten.

Erwten bevatten lectines, die dezelfde effecten hebben als bij sojaschroot maar de lectines in erwten geven geen aanleiding tot acute symptomen zoals diarree en overgeven. Het is niet bekend of kleine hoeveelheden op lange termijn bepaalde nadelige effecten kunnen geven (Balkema-Boomstra, 2004; Kantar, 1994; Prins, 2007; Van Leijssen, 2010).

Erwten bevatten gemiddeld 0,40% fosfor (NRC, 1998; Stein et al., 2006a). 45-52% van deze fosfor is aanwezig als fytaat en is dus niet beschikbaar voor het dier en wordt uitgescheiden (Selle et al., 2003; Stein, 2006). Fytaat kan metaalionen aan zich binden en kan zo de ijzer- en zinkabsorptie remmen (Balkema-Boomstra, 2004; Stegeman, 2010). Daarnaast kan het de eiwitbeschikbaarheid verminderen (Frederikson et al., 2001). Maar de overige fosfor is ongebonden en wel goed verteerbaar. Dit zorgt voor een gemiddelde goede verteerbaarheid van 55% van de fosfor die aan vleesvarkens gevoederd wordt (Stein, 2006). Wanneer men fytase toevoegt aan het voeder kan men de verteerbaarheid van fosfor in erwten met 10-15% verbeteren (Helander et al., 1996; Stein et al., 2006a).

Trypsine remmers, tannines en lectines zijn warmtegevoelig en kunnen geïnactiveerd worden door warmtebehandeling. Dit wordt bevestigd in verschillende studies waar men na behandeling van erwten met warmte door koken, autoklaveren,... een daling vindt in de hoeveelheid TIA en tannines (Khatab en Arntfield, 2009; Mubarak, 2005; Rakic et al., 2007; Rehman en Shah, 2005; Udensi et al., 2007; Vidal-Valverde et al., 1994). De inactiviteit van de ANF zorgt voor een verhoogde schijnbare en standaard ileale verteerbaarheid van zowel de aminozuren als het ruw eiwit. Dit betekent dat er meer aminozuren beschikbaar zijn voor absorptie in de dunne darm en dat het eiwit door verandering van de conformatie beter toegankelijk is voor verteringsenzymen (Canibe en Eggum, 1997; Mariscal-Landin et al., 2002; Nyachoti et al., 2006; O'Doherty en Keady, 2000; Owusu-Asiedu et al., 2002; Rakic et

al., 2007; Stein en Bolke, 2007). Uit een studie van Stein en Bolke (2007) bleek dat de verteerbaarheid van het RE en de aminozuren toeneemt wanneer de extrusietemperatuur toeneemt. De schijnbare ileale verteerbaarheid van de essentiële aminozuren die bij 115 of 155°C geëxtrudeerd waren, was respectievelijk 6 en 14% hoger dan bij het voeder dat niet geëxtrudeerd was. Uit deze studie bleek dat de optimale extrusietemperatuur tussen de 75 en 115°C ligt. In tegenstelling tot dit onderzoek vonden Barneveld en Batterham (1994) geen effect van warmtebehandeling op de schijnbare ileale verteerbaarheid voor de meeste aminozuren in erwten. De erwten werden hierbij geautoklaveerd bij 110, 135, 150 of 165°C. Dit toont aan dat de vorm waarin de warmte wordt toegediend een belangrijke rol speelt in het effect van de warmtebehandeling op de verbetering van de verteerbaarheid van de AZ. De toename in verteerbaarheid van aminozuren toont een mogelijkheid om voeders te formuleren met een verminderde concentratie aan AZ, wat de kostprijs van de grondstoffen kan reduceren en ook de hoeveelheid N-excretie. Of extrusie van erwten al dan niet economisch verantwoord is, hangt af van de kosten voor extrusie in vergelijking met de besparing voor voederformulatie en toename van de groei/voeder ratio (Stein en Bolke, 2007). Maar in tegenstelling tot soja kunnen erwten wel rauw gevoederd worden en moeten ze niet met warmte behandeld worden om accepteerbare prestaties te bekomen. De warmtebehandeling heeft wel positieve effecten, maar is geen noodzaak bij erwten (Thaler en Stein, 2003).

#### **4.2.3 Het gebruik van erwten voor vleesvarkens**

De literatuur toont aan dat het gebruik van erwten voor vleesvarkens mogelijk is als alternatieve voedingsbron. Uit verschillende studies blijkt dat erwten geen significante nadelige effecten hebben op de prestaties van vleesvarkens. De gehalten die volgens de verschillende studies aan voeders voor vleesvarkens kunnen toegevoegd worden, variëren wel sterk.

Volgens Udo Prins van het Louis Bolk instituut in Nederland (2007) is het maximale inmengingpercentage voor erwten 20-30% in het startvoeder en in het vleesvarkenvoeder. Volgens Lammers is dit maximum 15% in het startvoer en maximum 30% voor vleesvarkens. Dat men hogere gehalten kan gebruiken in het voeder voor vleesvarkens dan in het startvoeder komt doordat de verteerbaarheid van erwten stijgt naarmate de dieren ouder worden (Valencia et al., 2008).

Volgens Edwards et al. (1987) kan tot 30% van het voeder voor vleesvarkens uit erwten bestaan zonder nadelige gevolgen op de prestaties. In een Australische en Canadese studie van Davies (1984) en Castell et al. (1988) werden gelijkaardige resultaten bekomen. Volgens deze studies mag het voeder voor vleesvarkens respectievelijk tot 28% en 33% erwten bevatten zonder nadelige gevolgen op de prestaties. In de Australische studie bevatte één van de voeders 53% erwten, hierbij werden slechte groeieresultaten bekomen. In een studie van Beaulieu et al. (2010a) werd het gebruik van erwten, al dan niet in combinatie met koolzaadschroot, nagegaan. In deze studie ging men ervan uit dat de bittere smaak van erwten de smakelijkheid en de opname van de voeders beperkt. Koolzaadschroot zou deze bittere smaak kunnen maskeren en het gebruik van hogere gehalten erwten toelaten. Daarnaast hebben beide grondstoffen een eiwitprofiel met aminozuren die elkaar aanvullen. In deze studie werd deze hypothese niet bevestigd. De varkens namen voeders met 30% erwten en 0% koolzaadschroot zonder problemen op. De dieren vertoonden zelf een

verbeterde efficiëntie voor de omzetting van het voeder in groei. De opname van erwten werd dus niet beïnvloed door het al dan niet gelijktijdig aanwezig zijn van koolzaadschroot. In deze proef werden dus gelijkaardige hoeveelheden erwten bekomen voor de voeding van vleesvarkens als in voorgaande studies. Bij Matre et al. (1990) werden lagere maximumgehalten gevonden. De studie werd uitgevoerd bij varkens van 25 tot 100 kg waarbij de dieren een voeder kregen dat 0 tot 36% erwten bevatte. De erwten vervingen hierbij sojaschroot. Uit de studie bleek dat varkens 10-20% erwten aanvaardden zonder verschil in groei en voederconversie. Bij voeders die hogere gehalten aan erwten bevatten, presteerden de varkens niet zo goed als bij het controlevoeder met sojaschroot. Maar dit kon verbeterd worden door DL-methionine, L-lysine, L-threonine en 9% koolzaadschroot of 3% vismeel toe te voegen.

Dat de negatieve effecten door het vervoederen van hoge gehalten aan erwten opgelost kan worden door het toevoegen van methionine wordt bevestigd door Ogle en Hakansson (1988), Wachenheim en Mattson (2002) en Thaler en Stein (2003). Volgens Madsen en Mortenson (1985) moeten zelf alle voeders die meer dan 20% erwten bevatten ook methionine, threonine en tryptofaan bevatten om achteruitgang in de prestaties van de vleesvarkens te voorkomen.

Er zijn ook verschillende studies die het bovenstaande tegenspreken en zeggen dat er hogere gehalten aan erwten mogelijk zijn voor vleesvarkens.

Bell en Keith (1990) voerden een studie uit met gehalten aan erwten tot 56,8% zonder nadelige effecten op de voederopname in vergelijking met de voeders op basis van soja of lagere gehalten aan erwten. Kehoe et al. (1991) voederden varkens met 34 tot 50% erwten. Ze vonden geen nadelige effecten wanneer ze threonine en methionine bijgaven. De dieren vertoonden prestaties die gelijkaardig waren aan het controlevoeder op basis van soja. Volgens Thaler en Stein (2003) is de maximale hoeveelheid erwten voor vleesvarkens hoger dan het bovenstaand, namelijk 40%. Hierbij moet men wel opletten met methionine en cysteïne. Volgens Balkema-Boomstra (2004) kan men 30-60% erwten opnemen in het voeder van vleesvarkens. Wachenheim en Mattson (2002) beweren dat er geen antinutritionele factoren zijn die de hoeveelheid erwten kunnen beperken. In deze studie werden de vleesvarkens gevoederd in vier fasen: 23-36 kg, 36-64 kg, 64-86 kg, 86-118 kg. Voor de eerste fase kan volgens deze studie tot 39% van het voeder uit erwten bestaan, als methionine gesupplementeerd wordt. In de tweede fase kan tot 52% van het voeder uit erwten bestaan als de prijzen laag genoeg zijn. In de derde fase kan zelf tot 63% van het voeder uit erwten bestaan en in de laatste fase is het zelf mogelijk om bij zeer lage prijzen tot 71% erwten op te nemen in het voeder. In deze fase wordt geen methionine gesupplementeerd omdat zwaardere vleesvarkens lagere behoeften hebben. In de studie van Stein et al. (2006b) werden vleesvarkens gevoederd in drie fasen. In de eerste fase (25-50 kg) kregen de dieren een voeder dat bestond uit 66% erwten, in de tweede fase van 50-85 kg bevatte het voeder 48% erwten en in de laatste fase (85-125 kg) bevatte het voeder 36% erwten. De prestaties van de dieren waren gelijkaardig met die van de twee controlegroepen. De ene controlegroep kreeg een voeder dat vooral uit maïs en sojaschroot bestond, de andere groep kreeg een voeder dat bestond uit maïs, sojaschroot en 36% erwten in alle drie de fasen. In alle drie de fasen werden de prestaties dus niet beïnvloed door de opname van erwten in het voeder. Er werden geen negatieve effecten waargenomen van de erwten op de karkassamenstelling en -kwaliteit. Uit deze studie besloot men dat erwten opgenomen kunnen worden in voeders gebaseerd op maïs in hoeveelheden die

nodig zijn om aan alle aminozuurbehoeften te voldoen. In een andere studie van Beaulieu et al. (2010b) blijkt dat het gebruik van erwten geen afkeer voor het voeder veroorzaken bij vleesvarkens, zelf als er 60% erwten in het voeder is opgenomen. Voeders die erwten bevatten, veroorzaakten geen smaakafwijkingen of afkeer na opname, en resulteerde in een opname die gelijkaardig is als bij voeders op basis van sojaschroot. In deze studie kregen vijftig vleesvarkens één van de vijf verschillende voeders: een controlevoeder op basis van sojaschroot, een controlevoeder op basis van koolzaadschroot of één van de drie testvoeders met 20, 40 of 60% erwten. Men merkte dat vanaf dag 4 de opname van de voeders op basis van erwten hoger was dan de controlevoeders. Een hoog gehalte aan erwten resulteert dus niet noodzakelijk in gereduceerde voederopname. De eerste dagen was er geen verschil in opname tussen de erwtenvoeders in vergelijking met de controlevoeders. De smakelijkheid van de voeders op basis van erwten en koolzaadschroot was in deze studie hetzelfde.

Uit al deze studies kan men besluiten dat men tot 20-30% erwten zonder problemen kan opnemen in voeders voor vleesvarkens. Hogere percentages zijn ook mogelijk, maar dan moet men zeker de voorziening van methionine, cysteïne en tryptofaan in het oog houden en is supplementatie vaak noodzakelijk. Deze studies lopen wel over een tijdsperiode van zeker 20 jaar, de variëteiten zijn dus veranderd, waardoor men kan verwachten dat men van de huidige variëteiten iets meer kan opnemen dan al die jaren geleden. De samenstelling van het basisrantsoen is ook bepalend voor de voederopname en de groei.

Naast onderzoek naar de hoeveelheid erwten die men kan opnemen in voeders voor vleesvarkens werden er nog studies uitgevoerd naar mogelijke positieve effecten van erwten. Volgens een Amerikaanse studie van Landblom en Poland (1997b) hebben vleesvarkens die erwten krijgen zelfs een efficiëntere groei dan wanneer ze sojaschroot krijgen. De prestaties van de dieren waren hetzelfde bij de voeders met erwten en sojaschroot. Wanneer men de efficiëntere groei kan combineren met lokaal geteelde erwten, dan bekomt men een lagere kostprijs per kg gewichtstoename. Uit een studie van Jha et al. (2009) blijkt dat erwten nog een positief effect zouden hebben. Erwten zouden de bacteriële fermentatie en de productie van korte keten vetzuren verbeteren bij varkens. Hierdoor verbetert de darmgezondheid en zou de N-excretie verminderen.

## **4.3 Veldbonen**

### **4.3.1 Samenstelling**

Veldbonen of paardebonden (*Vicia faba*) zijn eenjarige planten die behoren tot de familie van de vlinderbloemigen of leguminosen (Van Leijssen, 2010). Het is een goede eiwitbron met gemiddeld 27,5% RE voor witbloeiende en 25% RE voor bontbloeiende rassen (CVB, 2007; Zijlstra en Beltranena, 2007). Het RE-gehalte is hoger dan bij erwten, dit zou te wijten zijn aan een langere N-fixatie periode bij veldbonen (Mayer et al., 2003). Uit de Weende analyse van het CVB (2007) blijkt dat het vet-, ruw vezel-, zetmeel- en asgehalte bij wit- en bontbloeiende rassen ongeveer gelijk is. Het ruw eiwit gehalte van witbloeiende rassen is iets hoger, net zoals de verteerbaarheid van het ruw eiwit en de organische stof. Bij witbloeiende rassen is de verteerbaarheid van het ruw eiwit gemiddeld 82%, bij bontbloeiende rassen 79%. Dit wordt bevestigd in een studie van Makkar et al. (1997) naar het verschil tussen wit- en bontbloeiende rassen. Veldbonen hebben een laag ruw vet

gehalte en een hoog gehalte aan zetmeel net zoals bij erwten (CVB, 2007; DLG, 1999; Jezierny, 2009).

**Tabel 12: Weende analyse paardebonden, witbloeiend (g/kg) (CVB, 2007)**

	DS	RAS	RE	RVET	RVETH	RC	OK	OKh
<b>Gem.</b>	872	35	275	14	16	79	469	467
<b>Sdc</b>	-	5	43	-	-	-		

	ZETew	ZETam	ZETtot	SUI	NDF	ADF	ADL	NSP	RNSP
<b>Gem.</b>	378	338	-	39	142	-	-	173	31
<b>Sdc</b>	-	-	-	21	-	-	-		

**Tabel 13: Weende analyse paardebonden, bontbloeiend (g/kg) (CVB, 2007)**

	DS	RAS	RE	RVET	RVETH	RC	OK	OKh
<b>Gem.</b>	863	34	251	14	16	79	485	483
<b>Sdc</b>	14	4	17	5	-	11		

	ZETew	ZETam	ZETtot	SUI	NDF	ADF	ADL	NSP	RNSP
<b>Gem.</b>	372	326	-	28	148	100	7	211	63
<b>Sdc</b>	27	51	-	6	22	-	-		

Veldbonen bevatten eiwit met een relatief goed aminozuurpatroon. Het gehalte aan lysine en threonine is hoog, maar de gehalten aan tryptofaan, methionine en cysteïne zijn suboptimaal (CVB, 2007, Prins, 2007). De standaard ileale verteerbaarheid van alle aminozuren in veldbonen is lager dan bij lupinen en sojaschroot. Witbloeiende variëteiten hebben hogere gehalten aan aminozuren met een verteerbaarheid die 3-19% hoger is dan bij bontbloeiende rassen (Jezierny et al., 2011). Dit komt doordat gekleurde variëteiten meer NDF en ADF bevatten dan witbloeiende variëteiten. En de ileale verteerbaarheid van de aminozuren daalt wanneer de vezelinhoud, zoals NDF en ADF, toeneemt. Dit komt doordat de endogene verliezen aan RE en aminozuren versterkt worden bij een hogere vezelinhoud (Grala et al., 1999; Jansman et al., 1995, Nyachoti et al., 1997a). Daarnaast komt de hogere schijnbare ileale verteerbaarheid bij witbloeiende rassen ook doordat deze een lagere tannine-inhoud hebben (Jezierny, 2009; Kasprovicz en Frankiewicz, 2004; Mariscal-Landin et al., 2002). In tabellen 14 en 15 zijn de aminozuursamenstellingen van witbloeiende en bontbloeiende veldbonen weergegeven.

Tabel 14: Aminozyren in paardebönen, witbloeiend (CVB, 2007)

	Darmverteerbare AZ varken				
	g/16 g N			Gestand.	Schijnb.
	Gem.	sdc	g/kg	g/kg	g/kg
<b>RE</b>			275	236	226
<b>LYS</b>	6,3	0,2	17,3	15,4	15,1
<b>MET</b>	0,8	0,1	2,2	1,9	1,8
<b>CYS</b>	1,3	0,1	3,6	2,6	2,4
<b>THR</b>	3,5	0,2	9,6	8,0	7,5
<b>TRP</b>	0,9	0,1	2,5	1,9	1,8
<b>ILE</b>	4,1	0,2	11,3	9,7	9,4
<b>ARG</b>	9,1	0,7	25,0	23,5	23,2
<b>PHE</b>	4,1	0,2	11,3	8,9	8,6
<b>HIS</b>	2,6	0,2	7,2	6,3	6,1
<b>LEU</b>	7,3	0,2	20,1	17,4	17,0
<b>TYR</b>	3,3	0,2	9,1	7,1	6,8
<b>VAL</b>	4,5	0,5	12,4	10,5	10,0
<b>ALA</b>	4,1	0,2	11,3	9,2	8,8
<b>ASP</b>	10,9	0,5	30,0	26,0	25,4
<b>GLU</b>	16,4	0,7	45,1	41,4	40,4
<b>GLY</b>	4,2	0,2	11,6	9,7	8,9
<b>PRO</b>	4,3	0,3	11,8	10,4	9,4
<b>SER</b>	4,8	0,2	13,2	11,7	11,2
<b>Som AZ</b>	<b>92,5</b>		<b>254,4</b>	<b>221,6</b>	<b>213,7</b>

Tabel 15: Aminozyren in paardebönen, bontbloeiend (CVB, 2007)

	Darmverteerbare AZ varken				
	g/16 g N			Gestand.	Schijnb.
	gem.	sdc	g/kg	g/kg	g/kg
<b>RE</b>			251	193	183
<b>LYS</b>	6,3	0,2	15,8	13,0	12,6
<b>MET</b>	0,8	0,1	2,0	1,3	1,2
<b>CYS</b>	1,3	0,1	3,3	1,9	1,7
<b>THR</b>	3,5	0,2	8,8	6,8	6,3
<b>TRP</b>	0,9	0,1	2,3	1,5	1,4
<b>ILE</b>	4,1	0,2	10,3	8,2	7,9
<b>ARG</b>	9,1	0,7	22,8	20,2	19,9
<b>PHE</b>	4,1	0,2	10,3	7,7	7,4
<b>HIS</b>	2,6	0,2	6,5	5,2	5,1
<b>LEU</b>	7,3	0,2	18,3	14,3	13,9
<b>TYR</b>	3,3	0,2	8,3	6,4	6,2
<b>VAL</b>	4,5	0,5	11,3	8,6	8,2
<b>ALA</b>	4,1	0,2	10,3	7,7	7,3
<b>ASP</b>	10,9	0,5	27,4	22,2	21,6
<b>GLU</b>	16,4	0,7	41,2	34,4	33,3
<b>GLY</b>	4,2	0,2	10,5	7,8	7,0
<b>PRO</b>	4,3	0,3	10,8	8,6	7,7
<b>SER</b>	4,8	0,2	12,0	9,5	9,0
<b>Som AZ</b>	<b>92,5</b>		<b>232,2</b>	<b>185,4</b>	<b>177,5</b>

### 4.3.2 Antinutritionele factoren

Ook in veldbonen zijn verschillende antinutritionele factoren aanwezig zoals trypsine remmers, tannines, saponines, oligosachariden, lectines, fytaat, vicine en convicine (Balkema-Boomstra, 2004; Jezierny et al., 2011).

De tannines en gecondenseerde tannines zijn fenolverbindingen die voorkomen in de zaadhuid (Petterson, 2000). Het zijn gecondenseerde tannines die problemen geven in veevoeding (Martin et al., 1991). Net zoals bij erwten interfereren ze met de eiwit- en zetmeelverteerbaarheid. Ze vormen namelijk complexen met eiwitten in het voeder en verteringsenzymen (Balkema-Boomstra, 2004; Jansman et al., 1993; Reddy et al., 1985). Daardoor kan de activiteit van eiwitachtige verteringsenzymen geremd worden of de secretie van endogene proteïnen gestimuleerd worden (Marquardt, 1989) en zorgen ze dus voor een verminderde schijnbare ileale verteerbaarheid van het RE, de aminozuren en in mindere mate energie (Jansman et al., 1993, Van der Poel et al., 1992; Grosjean et al., 1998). Daarnaast zorgen ze samen met saponines voor een bittere smaak (Prins, 2007). Dit vermindert de smakelijkheid van de bonen doordat ze kunnen binden met de glycoproteïnen in het speeksel (Reed, 1995). Als de inhoud aan gecondenseerde tannines in het voeder daalt, dan stijgt de standaard ileale verteerbaarheid van het RE en de aminozuren lineair (Jezierny et al., 2011). Lagere waarden voor de standaard ileale verteerbaarheid in de gekleurde variëteiten zijn waarschijnlijk het resultaat van hun hogere tannine-inhoud (Jezierny et al., 2011). Ook Jansman et al. (1993) en Mariscal-Landin et al. (2002) rapporteerden een lagere verteerbaarheid van het ruw eiwit en de aminozuren als de tannine-inhoud in veldbonen toeneemt. Makkar et al. (1997) vond ook een sterk negatief verband tussen het tannineniveau en de metaboliseerbare energie en de verteerbaarheid van de organische stof. En in die studie vond men ook een positief verband tussen de aanwezigheid van tannines en saponines in veldbonen. De witbloeiende rassen zijn zo goed als tanninevrij (Balkema-Boomstra, 2004; Jezierny et al., 2011; Makkar et al., 1997). Door plantenveredeling zijn zero-tannine rassen ontwikkeld die 1% of minder tannines bevatten (Duc et al., 1999; Jansman et al., 1995; Park et al., 1999). Wanneer het tanninegehalte laag genoeg is, heeft het geen nadelige invloeden meer. Flis et al. (1999) vond geen schadelijke effecten op de groei van varkens van 25-63 kg die veldbonen kregen met 0,59 g gecondenseerde tannines/kg voeder in vergelijking met varkens die voeder kregen met een inhoud aan gecondenseerde tannines lager dan 0,07 g/kg voeder. Volgens Makkar et al. (1997) is de activiteit van de overige ANF ook geringer bij witbloeiende rassen. Tannines kan men ook uit de bonen verwijderen door het schillen of pellen van de bonen. Uit een studie van Flis et al. (1999) verminderde de tannine inhoud van gekleurde veldbonen van 2,28 naar 0,29g/kg DS bij het schillen van de bonen.

Saponines zijn glucosiden die samen met tannines voor een bittere smaak zorgen. Daarnaast veroorzaken ze een verhoogde permeabiliteit van de dunne darm mucosa, dit kan leiden tot een remming van het actieve nutriëntentransport door de wand van de dunne darm (Johnsson et al., 1982). Gekleurde variëteiten bevatten volgens Makkar et al. (1997) tot 2 keer meer saponines dan witte variëteiten.

Vicine en convicine zijn pyrimidine glucosiden (Balkema-Boomstra, 2004; Champ, 2002). Door hydrolyse kunnen in het maagdarmkanaal de toxische metabolieten divicine en isouramil gevormd worden (Fremaut, 2012). Volgens Grosjean et al. (2001) heeft de aanwezigheid van vicine/convicine niet veel invloed op de standaard ileale verteerbaarheid



van het RE en de aminozuren van veldbonen bij varkens. Dit wordt bevestigd door Jezierny et al. (2011). Volgens Wang en Ueberschär (1990) en Duc et al. (1999) heeft de aanwezigheid van vicine en convicine ook geen invloed op de voederopname. Ze kunnen bij zeugen wel het aantal biggen sterk reduceren (Fremaut, 2012). Bij leghennen kunnen ze wel een verminderde voederopname, lager eigewicht, verminderde vruchtbaarheid en een lager uitkompercentage veroorzaken (Helsper et al., 2006; Muduuli et al., 1982; Olaboro et al., 1981). Deze glucosiden zijn hitteresistent, maar door plantenveredeling hebben nieuw ontwikkelde rassen een laag vicine/convicine gehalte (Balkema-Boomstra, 2004; Duc et al., 1999; Prins, 2007; Van Leijssen, 2010).

Net zoals bij erwten en lupinen is een deel van de aanwezig fosfor aanwezig onder de vorm van fytaat-P. Bij veldbonen is dit 60% (Balkema-Boomstra, 2004).

Oligosachariden die aanwezig zijn in veldbonen zijn stachyose, verbascose en raffinose en deze zorgen voor dezelfde effecten als bij sojaschroot. Veldbonen bevatten 2,5-4,5% oligosachariden, dit gehalte is lager dan bij lupinen. Ze kunnen uit het meel verwijderd worden door enzymatische behandeling van het meel met galactosidasen (Bagger et al., 1998; Balkema-Boomstra, 2004; Benno et al., 1987; Fishbein et al., 1988; Prins, 2007; Van Leijssen, 2010; Williams et al., 2001).

Het belangrijkste lectine dat bij veldbonen aanwezig is, is Phaseolis haemagglutinine. Dit lectine kan acute toxische verschijnselen bij varkens veroorzaken zoals diarree en overgeven. Daarnaast zorgt het algemeen voor een verminderde groei. Deze ANF zijn gemakkelijk te inactiveren door hittebehandeling (zie ook 1.4.2.2) (Balkema-Boomstra, 2004). In tegenstelling tot het verschil in tanninegehalte bij wit- en bontbloeiende rassen, is er volgens Makkar et al. (1997) geen significant verschil tussen de lectine-activiteit in witbloeiende en bontbloeiende cultivars. De lectine activiteit in veldbonen is wel lager dan in sojaschroot (Makkar et al., 1997; Valdebouze et al., 1980). Veldbonen hebben een lectine activiteit die maar 1/15<sup>e</sup> bedraagt van de activiteit in rauwe, ontvette sojabonen (Valdebouze et al., 1980).

De hoeveelheid trypsine remmers in veldbonen is een stuk lager dan in sojabonen en varieert van <0,02 tot 3,9 mg TI/g RE. Witbloeiende variëteiten bevatten hogere gehalten (3,3-3,9 mg TI/ g RE) aan TI in vergelijking met de gekleurde variëteiten (<0,02-1,4 mg TI/g RE) (Jezierny et al., 2011; Kantar, 1994). Dit is in overeenstemming met de bevindingen van Makkar et al. (1997), maar in deze studie was de inhoud aan TI betrekkelijk hoger (6,6-12,7 mg/g RE). In deze hoeveelheden hebben ze waarschijnlijk geen belangrijke nutritionele waarde (Abey et al., 1979).

### **4.3.3 Het gebruik van veldbonen voor vleesvarkens**

Het maximale inmengingpercentage aan veldbonen is sterk afhankelijk van het tanninegehalte. In de varkensvoeding maakt men het best gebruik van witbloeiende rassen of zero-tannine variëteiten.

Voor veldbonen zijn de meningen van verschillende auteurs meer gelijklopend dan bij erwten. Uit de resultaten van verschillende studies raden de meeste auteurs een inmengingspercentage van 20-30% veldbonen voor vleesvarkens aan zonder nadelige effecten op de prestaties van de dieren (Balkema-Boomstra, 2004; Prins, 2007). Uit de

meeste studies blijkt dat deze percentages haalbaar zijn met witbloeiende of zero-tannine variëteiten (Crépon et al., 2010; Royer et al., 2009; UFOP, 2004a; Zijlstra et al., 2008).

Wanneer men gebruik maakte van bontbloeiende of niet-zero-tannine variëteiten vond men negatieve resultaten. Bij andere studies resulteerde een toename van het aandeel veldbonen in een gereduceerde dagelijkse gewichtstoename en een toename van de voederconversie, vooral als de hoeveelheid veldbonen groter was dan 20% (Aherne et al., 1977; O'Doherty en McKeon, 2001). Maar deze gereduceerde groeiprestaties kunnen gerelateerd worden aan de ANF, die in deze voeders in hogere hoeveelheden aanwezig waren, die kunnen interfereren met de vertering van nutriënten en de groei kunnen reduceren (Grala et al., 1993; Thacker, 1990). O'Doherty en McKeon (2001) rapporteerden een lineaire afname in dagelijkse groei en een hogere voederconversie wanneer men 12,5 tot 37,5% veldbonen aan het voeder toevoegde voor varkens in de groeifase (35-60kg). De gereduceerde groei bij varkens in de groeifase die hoge hoeveelheden veldbonen krijgen, kan gerelateerd worden aan de ongebalanceerde aminozuursamenstelling en de aanwezigheid van ANF (Partanen et al., 2003). Veldbonen hebben geen negatief effect in de laatste fase vanaf 60 kg (Aherne et al., 1977; O'Doherty en McKeon, 2001).

Jansman et al. (1993) en Brévault et al. (2003) gingen het verschil na tussen witbloeiende en gekleurde variëteiten. Bij Jansman et al. (1993) bevatten de voeders 30% veldbonen. Hierbij was er een significant lagere schijnbare ileale verteerbaarheid voor RE en de meeste aminozuren in de voeders met gekleurde variëteiten, in vergelijking met witbloeiende en tannine vrije veldbonen. Bij de gekleurde variëteiten varieerde de inhoud aan gecondenseerde tannines van 1,0 tot 2,3 g/kg voeder. De dieren die witbloeiende variëteiten kregen toegediend, konden deze 30% veldbonen zonder nadelige effecten opnemen. Brévault et al. (2003) vond een significante daling van de prestaties met 20% veldbonen die tannines bevatten, in vergelijking met dieren die het controlevoeder of het voeder met tanninevrije veldbonen kregen.

In andere studies werden de effecten van hogere gehalten veldbonen ook nagegaan. Zijlstra en Beltranena (2007) onderzochten het effect van 0, 10, 20, 30 en zelf tot 40% zero tannine veldbonen bij gespeende biggen. Men ondervond geen schadelijke effecten op de prestaties, de varkens tolereerden tot 40% zonder problemen en vertoonden gelijkaardige prestaties als de dieren die sojaschroot kregen. In de studie van Partanen et al. (2003) ging men nog een stapje verder en werd 0, 25, 50, 75 en 100% van het koolzaadschroot vervangen door veldbonen in voeders die oorspronkelijk uit gerst en koolzaadschroot bestonden. De dagelijkse groei en de voederconversie was slecht wanneer 75 of 100% van het koolzaadschroot door veldbonen werd vervangen. De beste groeieresultaten werden bekomen wanneer 50% van het koolzaadschroot werd vervangen. Dit is in overeenstemming met Petersen en Schulz (1978) waarbij 50% van het sojaschroot vervangen werd door veldbonen zonder negatieve effecten.

Uit bovenstaande literatuurstudie is moeilijk een eenduidig maximaal inmengingpercentage voor veldbonen af te leiden. Het is net zoals bij erwten afhankelijk van het basisrantsoen en welke grondstoffen door veldbonen vervangen worden.

## 4.4 Lupinen

### 4.4.1 Samenstelling

Lupinen behoren net zoals erwten en veldbonen tot de familie van de vlinderbloemigen of leguminosen. Er zijn drie soorten met een waarde voor de diervoeding namelijk *Lupinus albus* of de witte lupine, *Lupinus angustifolius* of de blauwe lupine en *Lupinus luteus* of de gele lupine (Balkema-Boomstra, 2004). Het zijn peulvruchten met een hoog gehalte aan ruw eiwit (37-38%) in vergelijking met veldbonen en erwten, maar het RE-gehalte is nog steeds lager dan in sojaschroot (CVB, 2007; Degussa, 2006; Jezernie et al., 2011). Het ruw eiwitgehalte kan variëren naargelang de soort. Gele lupinen hebben het hoogste eiwitgehalte (varieert van 34,4 tot 46,5%), gevolgd door witte lupinen (varieert van 31,9 tot 38,8%) en blauwe lupinen (varieert van 29,0 tot 34,9%) (Cornelis, 2007; Dewitte et al., 2005; Gdala et al., 1996; Sujak et al., 2006;). De verteerbaarheid van het RE-gehalte is gemiddeld 84% (CVB, 2007; Jezierny et al., 2011). De verteerbaarheid is hoger dan bij erwten en veldbonen doordat er in lupinen minder NDF-gebonden eiwit voorkomt (Gdala, 1998, Kim et al., 2007a). De verteerbaarheid van het RE kan lager zijn door de aanwezigheid van alkaloiden (Kim et al., 2007a; Sujak et al., 2006; Wink et al., 1995). Daarnaast bevatten lupinen ook een hoger ruw vet gehalte dan erwten, bonen en sojaschroot (CVB, 2007; DLG, 1999; Jezierny et al., 2007). In vergelijking met erwten en bonen hebben lupinen een laag gehalte aan zetmeel (DLG, 1999). In verschillende studies maakt men een onderscheid tussen de verschillende soorten lupinen, maar in de veevoedertabel van het CVB (2007) wordt een onderscheid gemaakt op basis van het RE-gehalte. In tabel 16 is de Weende analyse weergegeven van lupinen met een eiwitgehalte dat groter is dan 33,5%.

Tabel 16: Weende analyse lupinen, RE > 335 g/kg (g/kg) (CVB, 2007)

	DS	RAS	RE	RVET	RVETH	RC	OK	OKh
<b>Gem.</b>	888	39	372	48	57	137	292	283
<b>Sdc</b>	29	4	34	4	-	11		

	ZETew	ZETam	ZETtot	SUI	NDF	ADF	ADL	NSP	RNSP
<b>Gem.</b>	64	21	-	49	262	165	-	361	99
<b>Sdc</b>	22	29	-	-	-	-	-		

Uit de veevoedertabel van het CVB (2007) blijkt dat de lupinen lagere aminozuurgehalten en een lagere verteerbaarheid van de aminozuren hebben dan sojaschroot. De verteerbaarheid van de aminozuren is wel 5-25% hoger bij lupinen dan bij veldbonen en erwten (Jezierny et al., 2011). Lupinen hebben net zoals erwten en veldbonen lage gehalten aan methionine, cysteïne en tryptofaan in vergelijking met sojaschroot. Dit is net zoals bij veldbonen en erwten te wijten aan een hogere inhoud aan albumine waardoor methionine, cysteïne en tryptofaan een relatief lage verteerbaarheid hebben (Guéguen, 1983).

Tabel 17: Aminozuren in lupinen, RE > 335 g/kg (CVB, 2007)

	Darmverteerbare AZ varken				
	g/16 gN			Gestand.	Schijnb.
	gem.	Sdc	g/kg	g/kg	g/kg
<b>RE</b>			372	323	313
<b>LYS</b>	4,8	0,2	17,9	15,8	15,4
<b>MET</b>	0,7	0,1	2,6	2,1	2,0
<b>CYS</b>	1,5	0,2	5,6	4,9	4,7
<b>THR</b>	3,5	0,2	13,0	11,2	10,7
<b>TRP</b>	0,8	0,1	3,0	2,6	2,5
<b>ILE</b>	4,1	0,3	15,3	13,2	12,9
<b>ARG</b>	10,8	0,7	40,2	38,1	37,7
<b>PHE</b>	3,9	0,2	14,5	12,7	12,4
<b>HIS</b>	2,5	0,3	9,3	8,2	8,1
<b>LEU</b>	7,0	0,3	26,0	22,5	22,1
<b>TYR</b>	4,0	0,5	14,9	13,2	12,9
<b>VAL</b>	3,9	0,3	14,5	12,4	11,9
<b>ALA</b>	3,4	0,1	12,6	10,2	9,8
<b>ASP</b>	10,1	0,4	37,6	32,7	32,0
<b>GLU</b>	20,9	1,4	77,7	71,6	70,6
<b>GLY</b>	4,1	0,2	15,3	13,5	12,7
<b>PRO</b>	4,1	0,2	15,3	14,3	13,4
<b>SER</b>	4,9	0,3	18,2	16,3	15,7
<b>Som AZ</b>	<b>95,0</b>		<b>353,4</b>	<b>315,4</b>	<b>307,3</b>

#### 4.4.2 Antinutritionele factoren

Lupinen bevatten diverse ANF zoals alkaloiden, fytaat, lectines, saponines en oligosachariden (Balkema-Boomstra, 2004).

Alkaloiden zijn het belangrijkste knelpunt bij het gebruik van lupinen in de varkensvoeding. Er komen diverse soorten alkaloiden voor in lupinen zoals sparteine, lupinine, lupanine, angustigoline, ... (Balkema-Boomstra, 2004; Wink et al., 1995) Het zijn natuurlijke afweerstoffen in de plant om zich te beschermen tegen herbivoren (Kim et al., 2007a ; Wink, 1988). Varkens zijn gevoelig voor de aanwezigheid van alkaloiden in hun voeding (Godfrey et al., 1985). Alkaloiden kunnen verschillende toxische effecten veroorzaken die leiden tot een verstoring van het centraal zenuwstelsel, spijsverteringsstelsel, reproductie en het immuunsysteem (Lallès en Jansman, 1998). Door plantenveredeling is men er in geslaagd om voor alle drie rassen te ontwikkelen met een zeer laag gehalte of zonder alkaloiden, de zoete lupinen, waardoor lupinen een interessant voedermiddel worden voor de varkensvoeding (Balkema-Boomstra, 2004; Petterson, 1998). Zoete lupinen bevatten minder dan 0,28 g alkaloiden/kg DS voor *L. angustifolius* en *L. albus* en minder dan 0,26 g alkaloiden/ kg DS voor *L. luteus* (Jezierny, 2009; Roth-Maier en Paulicks, 2004; Van Barneveld, 1999). Wanneer het gehalte aan alkaloiden laag (0,20-0,33 g/kg DS) is, hebben deze geen schadelijke effecten op de verteerbaarheid van het eiwit (Allen 1998; Godfrey et al., 1985). Helsper et al. (2006) en McNiven en Castell (1995) raden een maximumgehalte

van 200 mg alkaloïden per kg voeder aan. Bij heel hoge gehalten aan alkaloïden zullen de dieren het voeder eerder weigeren door de bittere smaak dan dat er intoxicatieproblemen zullen optreden (Fremaut, 2012).

In tegenstelling tot veldboon en erwt, bevatten lupinen geen trypsineremmers en slechts een geringe hoeveelheid saponinen hetgeen de voederwaarde ten opzichte van de eerstgenoemde gewassen verhoogt (Balkema-Boomstra, 2004). De saponine-inhoud van lupinen is positief gecorreleerd met de alkaloïdinhoud (Cuadrado et al., 1995). In *L. albus* werden er minder dan 0,012 g/kg gevonden, in *L. luteus* tot 0,055 g/kg (Cuadrado et al., 1995). In *L. angustifolius* varieerde de inhoud van 0,379 tot 0,740 g/kg (Ruiz et al., 1995). Ze zorgen voor dezelfde effecten als bij veldbonen.

Van de fosfor die aanwezig is in lupinen is ongeveer 50% aanwezig in de vorm van fytaat. Dit heeft dezelfde gevolgen als bij erwten.

De activiteit van de lectines in lupinen is minder dan 1% van de activiteit in veldbonen en erwten (Valdebouze et al., 1980). Lupinen met een laag alkaloïdgehalte bevatten geen lectines (Schoeneberger et al., 1983).

Daarnaast bevatten lupinen ook 7-9% oligosachariden of  $\alpha$ -galactosiden. Het zijn voornamelijk raffinose en stachyose die in lupinen voorkomen. Ze veroorzaken net zoals bij veldbonen flatulentie of winderigheid na fermentatie door de microflora in de darm en ze zorgen voor een verminderde voederopname. Door de fermentatie in de dikke darm en de osmotische effecten daalt de netto energie inhoud van lupinen door de aanwezigheid van oligosachariden (Van Barneveld, 1999). Oligosachariden kunnen verwijderd worden door enzymatische behandeling van het meel met galactosidasen en zo kan de verteerbaarheid significant verbeterd worden (Bagger et al., 1998; Balkema-Boomstra, 2004; Dey, 1985; Gdala et al., 1996).

#### **4.4.3 Het gebruik van lupinen voor vleesvarkens**

De hoeveelheid lupinen die varkens tolereren, is afhankelijk van de totale hoeveelheid alkaloïden in het voeder en de oorsprong van het voeder (Kim et al., 2007a).

Dat het verschil in de oorsprong een invloed heeft op de hoeveelheid lupinen die varkens tolereren, wordt aangetoond in de studie van Buraczewska et al. (1993). Vleesvarkens tolereerden niet meer dan 0,12 g/kg alkaloïden van *L. albus*, terwijl er geen negatieve effecten op voederopname werden gevonden bij voeders die tot 0,45 g/kg alkaloïden van *L. luteus* bevatten. De variatie in voederopname kan gedeeltelijk verklaard worden door de verschillen in alkaloïdsamenstelling tussen de verschillende lupinesoorten. Ook Gdala et al. (1996) toonde dit aan. In deze studie vond men een lagere voederefficiëntie bij varkens die een voeder kregen met 37,5% *L. albus* met een alkaloïdinhoud van 0,23 g/kg DS. Maar er werden geen nadelige effecten op de groeiprestaties gevonden bij 41% *L. angustifolius* of 32% *L. luteus* in vergelijking met voeders op basis van sojaschroot en gerst. Roth-Maier en Paulicks (2002) voerde een studie uit met de drie lupinesoorten. In deze studie vond men met 20% *L. angustifolius* en *L. luteus* een kleine impact van de lupinen op de voederconversie en karkasclassificatie en met 20% *L. angustifolius* een reductie van 5% in de dagelijkse groei.

Dat het verschil aan alkaloidinhoud ook een belangrijke rol speelt, werd aangetoond door Kemm et al. (1987). In deze studie rapporteerde men dat bij het voederen van een *L. albus* variëteit met een alkaloidinhoud van meer dan 0,5 g/kg DS aan gespeende biggen de voederopname met 21% daalde bij een hoeveelheid van 12 % lupinen. Dezelfde variëteit met een alkaloidinhoud van 0,1 g/kg DS had geen effect op de voederopname bij dezelfde hoeveelheid in het voeder.

Balkema-Boomstra (2004), Kamp et al. (2008) en Prins (2007) raden een maximaal inmengingpercentage van 10-15% lupinen aan voor vleesvarkens. Volgens het UFOP (2004b) kan men tot 20% lupinen gebruiken bij vleesvarkens. Voor *L. albus* moet men de hoeveelheid wel beperken tot 15% voor groeiende varkens van 30-60 kg.

In sommige studies maakt men gebruik van hogere gehalten lupinen. Zoals in een andere studie van Roth-Maier et al. (2004) waarbij een groep controlevoeder kreeg, een groep die 20% *L. angustifolius* kreeg en een groep die 20% *L. luteus* kreeg. Het eindgewicht, de duur van de afmestfase, slacht- en karkaskwaliteit en voederopname werden niet beïnvloed door de soort lupine. In de tweede fase vertoonden alle parameters significante verschillen, met de laagste waarden voor de controlegroep. De hoeveelheid voeder die nodig was per kg gewichtstoename was lager bij de voeders met lupinen dan bij de controlegroep. In een studie van Salgado et al. (2002) bestond 24% van het totale rantsoen uit blauwe lupinen. Hierbij hadden de dieren die lupinen gevoederd kregen geen lagere voederopname dan de controlegroep die caseïne eiwit kreeg. De schijnbare ileale verteerbaarheid van de organische stof en energie was wel lager bij het voeder met lupinen dan bij de controlegroep. De schijnbare ileale verteerbaarheid van het RE, RVET en NDF werd niet beïnvloed door de eiwitbron.

Hogere inmengingpercentages zijn mogelijk, weliswaar met aminozuursupplementatie, zoals in de studie van Kracht et al. (1993). In deze studie werd een toename in de voederconversie waargenomen wanneer voeders 10-31 % *L. albus* bevatten met een toevoeging van lysine. Terwijl volgens Taverner (1975) de toevoeging van lysine en methionine geen effect had.

## **4.5 Koolzaadschroot**

### **4.5.1 Samenstelling**

Koolzaad (*Brassica napus*) behoort tot de familie van de kruisbloemigen of Brassicaceae. Koolzaad bevat 42% olie. Na de oliewinning blijven er nog interessante restproducten over, de toepassingsmogelijkheden hiervan zijn afhankelijk van het productieproces. Deze restproducten kan men als eiwitbron gebruiken ter vervanging van sojaschroot. Men onderscheidt hierbij koolzaadkoek, het restproduct dat na koude persing dat nog 11-20% vet bevat, koolzaadschilfers, het restproduct dat na warme persing nog 6-10% vet bevat en koolzaadschroot, het restproduct dat na warme persing + extractie nog 1-4% vet bevat. (Lamont en Lambrechts, 2005; Lamont et al., 2005). Het vetgehalte is bepalend voor de energie-inhoud van het restproduct. Hoe hoger het vetgehalte, hoe hoger de energiewaarde. Koolzaadschroot heeft een lager oliegehalte, maar een hoger eiwitgehalte dan koolzaadkoek (Barneveld, 2008; Lamont en Lambrechts, 2005; Lamont et al., 2005). Het ruwe eiwitgehalte van de restproducten is duidelijk lager dan dat van sojaschroot: koolzaadschroot bevat gemiddeld 34-39% RE, schilfers 30-34% en koek 26-30% (Lamont en Lambrechts, 2005;

Lamont et al., 2005). In de diervoeding is koolzaadschroot het meest gebruikte restproduct. Koolzaadschroot heeft een verteerbaarheid van het ruw eiwit van 53% voor varkens, dit is lager dan bij sojaschroot en erwten (CVB, 2007). Daarnaast is het vezelgehalte in koolzaadschroot tot 3 keer hoger dan in sojaschroot (Bell en Keith, 1991). Dit zorgt voor lagere waarden voor verteerbare en metaboliseerbare energie (Bell, 1993). Maar koolzaadschroot is wel rijker aan de meeste B-vitamines en essentiële mineralen (Bell en Keith, 1991; Lamont et al., 2005) In tabel 18 is de Weende analyse volgens het CVB (2007) weergegeven.

**Tabel 18: Weende analyse koolzaadschroot, RE > 380 g/kg (g/kg) (CVB, 2007)**

	DS	RAS	RE	RVET	RVETH	RC	OK	OKh
<b>Gem.</b>	906	84	388	16	28	115	303	291
<b>Sdc</b>	19	6	6	7	-	16		

	ZETew	ZETam	ZETtot	SUI	NDF	ADF	ADL	NSP	RNSP
<b>Gem.</b>	63	11	-	89	237	182	71	322	85
<b>Sdc</b>	9	7	-	9	-	-	-		

In tabel 19 is de aminozuren samenstelling van koolzaadschroot weergegeven.

**Tabel 19: Aminozuren in koolzaadschroot, RE > 380g/kg (CVB, 2007)**

	Darmverteerbare AZ varken				
	g/16 gN			Gestand.	Schijnb.
	gem.	sdc	g/kg	g/kg	g/kg
<b>RE</b>			388	281	271
<b>LYS</b>	5,5	0,3	21,3	15,8	15,4
<b>MET</b>	2,0	0,1	7,8	6,3	6,2
<b>CYS</b>	2,5	0,2	9,7	6,8	6,6
<b>THR</b>	4,4	0,2	17,1	12,1	11,5
<b>TRP</b>	1,3	0,1	5,0	3,6	3,5
<b>ILE</b>	3,9	0,1	15,1	11,3	11,0
<b>ARG</b>	6,1	0,3	23,7	19,9	19,5
<b>PHE</b>	4,1	0,2	15,9	12,2	12,0
<b>HIS</b>	2,8	0,2	10,9	8,7	8,6
<b>LEU</b>	7,0	0,2	27,2	20,8	20,4
<b>TYR</b>	3,1	0,3	12,0	9,0	8,8
<b>VAL</b>	5,1	0,2	19,8	14,2	13,7
<b>ALA</b>	4,5	0,2	17,5	13,2	12,8
<b>ASP</b>	7,5	0,4	29,1	20,8	20,1
<b>GLU</b>	16,9	0,9	65,6	55,1	54,0
<b>GLY</b>	5,2	0,2	20,2	14,9	14,1
<b>PRO</b>	6,0	0,4	23,3	18,6	17,6
<b>SER</b>	4,4	0,2	17,1	13,0	12,4
<b>Som AZ</b>	<b>92,3</b>		<b>385,1</b>	<b>276,2</b>	<b>268</b>

Uit bovenstaande tabel kan men afleiden dat koolzaadschroot arm is aan lysine en rijk aan methionine en cysteïne. De verteerbaarheid van de meeste aminozuren is lager dan bij sojaschroot (CVB, 2007; McKinnon en Bowland, 1977; Sauer en Ozimek, 1986). Met

uitzondering van methionine en cysteine die een gelijkaardige verteerbaarheid hebben in soja- en koolzaadschroot. De lagere verteerbaarheid zou te wijten zijn aan de hogere vezelinhoud van koolzaadschroot (Sauer et al., 1982). Oudere vleesvarkens kunnen de aminozuren in koolzaadschroot beter verteren dan jonge vleesvarkens (Mariscal-Landin et al., 2007).

#### **4.5.2 Antinutritionele factoren**

De belangrijkste ANF in koolzaad zijn erucazuur en glucosinolaten. Daarnaast komen er ook nog andere ANF voor zoals tannines, sinapine, saponines en fytinezuur (Lamont en Lambrechts, 2005). Koolzaadschroot heeft een lager gehalte aan ANF dan koek en schilfers doordat het op het einde van het productieproces nog een toasting ondergaat (Lamont et al., 2005).

Erucazuur is een ongewenst vetzuur bij het gebruik van koolzaadolie voor humane consumptie. Het is namelijk langzaam en moeilijk verteerbaar in het menselijk lichaam en kan hartproblemen, leververvetting en spijsverteringsproblemen veroorzaken. Het heeft een smeltpunt van 35°C waardoor de koolzaadolie gedeeltelijk vast wordt bij temperaturen waarbij andere plantaardige oliën nog vloeibaar zijn. Wanneer koolzaadolie voor andere doeleinden zoals brandstoffen of smeeroliën wordt gebruikt, is erucazuur niet nadelig en is de aanwezigheid zelf gewenst omdat rassen die erucazuur bevatten een hoger oliegehalte hebben (Lamont en Lambrechts, 2005; Lamont et al., 2005; Vahl, 2009).

Glucosinolaten zijn zwavelhoudende afweerstoffen van de plant tegen slakken. Na extractie van de olie blijven ze over in de perskoek. Op zich zijn glucosinolaten niet giftig maar wanneer er vocht aanwezig is en door inwerking van het enzym thioglucosidase/myrosinase, worden er giftige en bittere hydrolyseproducten gevormd zoals thiocynaat, nitrile en goitrine. Myrosinase is van nature aanwezig in koolzaad en de microflora van het maagdarmkanaal. De hydrolyseproducten verstoren de schildklierfunctie en de jodiumopname van de dieren, kunnen hypertrofie van de lever, nieren en schildklier veroorzaken en geven daarnaast een bittere smaak en mosterdgeur aan het voeder, waardoor ze de voederopname kunnen beïnvloeden. Thiocynaat is verantwoordelijk voor de bittere smaak en nitrile heeft vooral invloed op de gezondheid van de dieren. De hoeveelheid glucosinolaten in koolzaad varieert sterk afhankelijk van de variëteit en de oorsprong. Bij rassen met een laag glucosinolaatgehalte heeft men deze problemen niet. De maximale norm voor glucosinolaten is 20 µmol/g voeder voor het gebruik in diervoeding (Barneveld et al., 2008; Bernardi et al., 2003; Burel et al., 2000; Cheng et al., 2004; Fremaut, 2012; Hill, 1991; Lamont en Lambrechts, 2005; Lamont et al., 2005; Mabon et al., 2000; Mandiki et al., 1999; Mithen et al., 2000; Schöne, 1995; Tani et al., 2004; Tripathi et al., 2001; Vahl, 2009; Wetscherek, 1992). In onderstaande tabel wordt de invloed van het glucosinolaatgehalte bij varkens in verschillende studies weergegeven.



**Tabel 20: Biologische effecten van glucosinolaten op varkens (Tripathi et al., 2007)**

Glucosinolaten in het voeder ( $\mu\text{mol/g}$ voeder)	Effect op de dieren	Referentie
1,3-2,79	Gereduceerde voederopname en groei	Bell et al. (1991)
7,0	Ernstige groei depressie	Mawson et al. (1994)
9-10	Lever en schildklier hypertrofie	Bourdon en Aumaitre (1990)
10	Jodiumtekort, verminderde schildklierwerking	Aumaitre et al. (1989)
0,16-0,78	Geen negatieve effecten gedurende groei, dracht en lactatie	Opalka et al. (2001)
2,2	Geen negatieve effecten gedurende groei periode	Roth-Mailer et al. (2004)
1,3	Verminderde groei gedurende het einde van de afmestfase	Roth-Mailer et al. (2004)

Door het warm persen van koolzaad ondergaat het een warmtebehandeling. Dit is niet noodzakelijk voor inactivatie van de ANF aangezien deze niet warmtegevoelig zijn. Maar het is wel goed voor inactivatie van het enzym myrosinase. Het gehalte aan erucazuur en glucosinolaten kan men enkel door plantenveredeling beïnvloeden. Door intense selectieprogramma's in Europa zijn de dubbelnulrassen ontstaan. Hierbij is het erucazuur gehalte gedaald tot minder dan 2% en het glucosinolaatgehalte moet onder de norm van 20  $\mu\text{mol/g}$  liggen, maar dit is bij de huidige rassen al tot 6  $\mu\text{mol/g}$  gedaald. Hierdoor kan het nagenoeg olievrije restproduct na het persen als eiwitbron in de diervoeding worden opgenomen zonder verlies aan verteerbaarheid en opneembaarheid (Lamont en Lambrechts, 2005).

Het tanninegehalte in koolzaadschroot schommelt tussen 1,5 en 3%. Tannines zijn vooral aanwezig in de zaadhuid en hebben de eigenschap de eiwitverteerbaarheid te drukken. Sinapine (gemiddeld 1,5%) is net zoals tannine een fenolachtige verbinding. Het gehalte aan saponines varieert van 0,5 tot 3%. Deze zeepachtige stoffen zorgen voornamelijk bij rundvee voor negatieve effecten doordat ze tympanie kunnen veroorzaken. Het fytaatgehalte in koolzaadproducten is vrij hoog (2-5%), en kan de beschikbaarheid van fosfor en zink verminderen (Bell, 1993; Lamont en Lambrechts, 2005).

#### **4.5.3 Het gebruik van koolzaadschroot voor vleesvarkens**

Voor de varkensvoeding zijn enkel rassen met een laag glucosinolaatgehalte bruikbaar. Het voeder mag niet meer dan 3 mmol glucosinolaten per kg bevatten (10-15%), anders neemt men negatieve effecten op de voederopname en groei waar (Lamont et al., 2005).

Wanneer men vetrijke koolzaadproducten gebruikt, moet men opletten dat men het maximale inmengingpercentage van 15% voor vet niet overschrijdt. Men moet rekening houden met het mogelijke effect op de oxidatiegevoeligheid en consistentie van het lichaamsvet. Dit effect is meer uitgesproken bij dieren met een hoge mager vleesaanzet, omdat de voedervetten minder verdund worden door eigen aangemaakte vetzuren. Varkens van het mager type mogen niet meer dan 2% koolzaadolie in het voeder krijgen en vette varkens niet meer dan 4% (Lamont et al., 2005).

De inmengingpercentages voor koolzaadschroot die men in de literatuur terugvindt, variëren. Maar deze variatie kan men verklaren doordat men niet in alle studies gebruik maakt van dubbelnulrassen. Wanneer men geen dubbelnulrassen gebruikt, zijn de inmengingpercentages lager. Dit wordt aangetoond in een studie van Mavromichalis (2013). Volgens deze studie wordt koolzaadschroot best beperkt tot 10% bij vleesvarkens. Tenzij men dubbelnulrassen gebruikt, dan kan men tot 50% koolzaadschroot opnemen in het voeder voor vleesvarkens.

Lage gehalten koolzaadschroot worden bevestigd in een aantal studies. Verstraete (z.j.) raadt voor jonge vleesvarkens van 20-45 kg een maximum inmengingpercentage van 5% koolzaadschroot aan. Voor oudere vleesvarkens maximum 7 à 10%. De karkaskwaliteit blijft hierbij behouden, de varkens vervetten niet extra. Wetscherek (1990 en 1992) rapporteerde nadelige effecten bij de opname van koolzaadschroot in het voeder. Hij vond een daling van 41 g van de voederopname, een toename van 10% van de voederconversie en een hogere vetinhoud van het karkas bij 15% koolzaad in het voeder. Bij 13,2% koolzaadschroot in het voeder vond hij een daling van 8% van de dagelijkse groei en 6% in de voederconversie met geen impact op de karkas, vlees- of vetkwaliteit. In een Australische studie van Mullan et al. (2000) kregen vleesvarkens 0, 5, 10, 15 of 20 % koolzaadschroot. Hieruit bleek dat wanneer het voeder meer dan 15% koolzaadschroot bevatte, men een verminderde prestatie en hypertrofie van de schildklier waarnam vanwege de hogere inname van glucosinolaten. Er zijn nog verschillende studies die een gereduceerde groei en voederconversie rapporteren, samen met een verminderde dagelijkse groei en langere afmestperiode bij toename van de hoeveelheid koolzaadschroot in het voeder en die raden dus lage gehalten koolzaadschroot aan (Corino et al., 1998; Kennelly et al., 1978; Nürnberg et al., 1994).

Dat men hogere gehalten kan gebruiken bij een laag glucosinolaatgehalte wordt ook bevestigd door verschillende studies. Volgens King (2000) kan men wanneer het gehalte aan glucosinolaten kleiner is dan 5 µmol/g voor gespeende varkens van 20 tot 62 dagen oud tot 25% koolzaadschroot gebruiken. Daarna kan men voor vleesvarkens tot 30% koolzaadschroot gebruiken zonder nadelige effecten op de groeiprestaties of de schildklierfunctie (King, 2000). Volgens andere studies kan men zelfs nog meer koolzaadschroot opnemen in het voeder. Siljander-Rasie et al. (1996) vond dat koolzaadschroot dat met warmte behandeld is en met een laag glucosinolaatgehalte kan gebruikt worden als enige eiwitbron voor vleesvarkens wanneer de voeders gesupplementeerd worden met lysine. Ook Lamont et al. (2005) zegt dat men koolzaadschroot als enige eiwitbron kan gebruiken, wel enkel bij zwaardere vleesvarkens. Bij biggen en jonge vleesvarkens kan men 25-50% van het soja-eiwit vervangen door koolzaadschroot. Ook de studie van Castell en Cliplef (1993) bevestigt dit. Wanneer het sojaschroot helemaal werd vervangen door koolzaadschroot in de groeifase (30-60 kg) nam men een verminderde groeiprestatie waar en een toename van de voederconversie. In de jaren 70 vond McKinnon en Bowland (1977) ook al dat complete vervanging van sojaschroot door koolzaadschroot van dubbelnulrassen een gereduceerde voederopname, dagelijkse groei en voederconversie veroorzaakte in de groeifase. Wanneer men sojaschroot verving door koolzaadschroot dat niet afkomstig was van dubbelnulrassen, dan vond men een gereduceerde dagelijkse groei gedurende de hele afmestperiode, een verminderde voederconversie tot 60 kg. Bij jonge vleesvarkens kan men dus koolzaadschroot niet als enige eiwitbron gebruiken.

## 4.6 Zonnebloemschroot

### 4.6.1 Samenstelling

Zonnebloemschroot is een bijproduct van de oliewinning uit zonnebloemzaden. De nutritionele waarde van zonnebloemschroot hangt af van de olie-inhoud van het zaad, efficiëntie van olie-extractie en de temperatuur tijdens de behandeling. Het bevat na de olie-extractie nog een hoog gehalte aan vetten; dit kan een verzachting van het vet bij varkens veroorzaken. Het grootste nadeel van zonnebloemschroot is het hoge vezelgehalte van 22-24% (Bogges et al., 2008). Dit vezelgehalte zorgt voor een lage energiewaarde. Zonnebloemschroot heeft een veel lagere energiewaarde dan sojaschroot. De netto energiewaarde voor varkens van ontdopt zonnebloemschroot met een hoog eiwitgehalte is 64% van dat van sojaschroot met een laag eiwitgehalte (Perez et al., 1986). Daarnaast zorgt een hoog vezelgehalte voor een reductie van de passagetijd door het verteringsstelsel (Connel, 1981). Vezels kunnen slijtage van de darmmucosa veroorzaken en zo de aminozuurbehoefte verhogen voor de synthese van de mucosacellen (Parsons et al., 1983). Wanneer zonnebloemschroot meer dan 20% vezels bevat, wordt de gemiddelde dagelijkse groei gereduceerd en heeft men een lagere groei/voeder ratio (Seerley et al., 1974). In vergelijking met andere oliehoudende zaden bevat zonnebloem een hoger vezelgehalte, een lager energiegehalte en een lager gehalte aan aminozuren (Harrington et al., 2003)

De negatieve effecten kan men vermijden door het vezelgehalte te verminderen door ontdopping (Thacker et al., 1984). Hierdoor wordt het vezelgehalte gereduceerd en neemt het RE-gehalte toe. Dit werd aangetoond in een studie van Nell et al. (1993). In deze studie werd een verschillende graad van ontdopping toegepast. Hierbij steeg het RE van 40 naar 46%. Dit resulteerde in een toename van de concentratie aan aminozuren. Het lysinegehalte nam hierbij toe van 1,21 naar 1,42% en het gehalte aan zwavelhoudende aminozuren steeg van 1,53 naar 1,89%. Het gehalte aan ruwe vezel daalde hierbij van 19,1 naar 14,0%. Ondanks dat ontdopping het RE-gehalte doet stijgen, heeft het geen invloed op de eiwitverteerbaarheid. De eiwitverteerbaarheid van ontdopt of niet ontdopt is dus ongeveer gelijk (Nell et al., 1993; Thacker et al., 1984).

Ontdopt zonnebloemschroot heeft een RE-gehalte van gemiddeld 38%. Dit eiwitgehalte is vergelijkbaar met lupinen en koolzaadschroot (CVB, 2007). De samenstelling van ontdopt zonnebloemschroot is weergegeven in tabel 21.

Tabel 21: Weende analyse zonnebloemzaadschroot, RC < 1600 g/kg, ontdopt (g/kg) (CVB, 2007)

	DS	RAS	RE	RVET	RVETH	RC	OK	OKh
<b>Gem.</b>	891	66	382	18	26	148	277	269
<b>Sdc</b>	6	5	10	3	-	6		

	ZETew	ZETam	ZETtot	SUI	NDF	ADF	ADL	NSP	RNSP
<b>Gem.</b>	36	8	-	53	297	200	47	367	70
<b>Sdc</b>	10	7	-	8	-	-	-		

Zonnebloemerschroot bevat een relatief laag lysinegehalte en een hoog gehalte aan de zwavelhoudende aminozuren en tryptofaan in vergelijking met sojaschroot (Bogges et al., 2008; Delic et al., 1964). Door ontdopping stijgt de concentratie aan aminozuren (Nell et al., 1993).

**Tabel 22: Aminozuren in zonnebloemzaadschroot, RC < 1600 g/kg, ontdopt (CVB, 2007)**

	g/16 gN		Darmverteerbare AZ varken		
	gem.	Sdc	g/kg	Gestand.	Schijnb.
				g/kg	g/kg
<b>RE</b>			382	307	297
<b>LYS</b>	3,5	0,2	13,4	10,6	10,2
<b>MET</b>	2,2	0,1	8,4	7,4	7,3
<b>CYS</b>	1,7	0,1	6,5	5,0	4,8
<b>THR</b>	3,7	0,2	14,1	11,3	10,8
<b>TRP</b>	1,2	0,1	4,6	3,8	3,7
<b>ILE</b>	4,1	0,2	15,7	12,9	12,6
<b>ARG</b>	8,1	0,5	30,9	28,5	28,1
<b>PHE</b>	4,6	0,2	17,6	14,5	14,2
<b>HIS</b>	2,5	0,2	9,6	7,8	7,7
<b>LEU</b>	6,3	0,2	24,1	19,5	19,1
<b>TYR</b>	2,5	0,2	9,6	7,9	7,7
<b>VAL</b>	4,9	0,2	18,7	15,1	14,7
<b>ALA</b>	4,3	0,2	16,4	12,8	12,4
<b>ASP</b>	9,2	0,4	35,1	28,4	27,7
<b>GLU</b>	19,3	0,9	73,7	65,0	64,0
<b>GLY</b>	5,7	0,3	21,8	15,8	15,0
<b>PRO</b>	4,3	0,3	16,4	14,2	13,2
<b>SER</b>	4,3	0,2	16,4	13,4	12,8
<b>Som AZ</b>	<b>92,4</b>		<b>353,0</b>	<b>294,0</b>	<b>285,9</b>

#### 4.6.2 Antinutritionele factoren

Zonnebloemzaden en –schroot bevatten geen gekende ANF, in tegenstelling tot andere eiwitbronnen (Liener, 1981; Mavromichalis, 2012; Sosulski et al., 1979).

#### 4.6.3 Het gebruik van zonnebloemerschroot voor vleesvarkens

Over het gebruik van zonnebloemzaadschroot in de voeding van vleesvarkens is weinig terug te vinden in de literatuur. Voor varkens moet men zonnebloemzaadschroot gebruiken met een laag vezelgehalte en een hoger eiwitgehalte. De lage gehalten aan lysine en threonine kunnen beperkingen in het gebruik opleggen (Bogges, 2008; Mavromichalis, 2012).

Zonnebloemerschroot met een laag vezelgehalte kan 25-50% van het sojaschroot in varkensvoeding vervangen. Wanneer men meer dan 50% sojaschroot vervangt, is lysine supplementatie noodzakelijk. Dit is vooral belangrijk in het begin van de afmestfase (Baird,

1981; Gargallo en Zimmerman, 1981). Volgens Seerley et al. (1974) kreeg men een verminderde dagelijkse groei bij vervangen van 50 tot 100% sojaschroot door zonnebloemschroot. De dieren namen ook minder op van deze voeders, wat wijst op een verminderde smakelijkheid. Wanneer men 25% van het sojaschroot verving, was de groei van de varkens gelijk aan die van de controlegroep.

Anderen rapporteerden een lager gehalte. Carellos et al. (2005) en Silva et al. (2002) vonden dat 16-21% zonnebloemschroot in voeder van vleesvarkens geen invloed heeft op de groeiprestaties en karkaskwaliteit. Hogere inmengingpercentages zorgen voor een verminderde prestatie en vleeskwaliteit (zachter rugvet met hoger gehalte aan linoleenzuur) (Blair, 2007).

## **4.7 DDGS**

### **4.7.1 Samenstelling**

Productie van bio-ethanol kan gebeuren op basis van graangewassen zoals tarwe, maïs, gerst en sorghum of op basis van suikerbieten en suikerriet (Miranowski, 2008; Stein en De Lange, 2007). In de VS maakt men voornamelijk gebruik van maïs voor de bio-ethanolproductie. In Canada en West-Europa is het voornamelijk tarwe die gebruikt wordt (Cozannet et al., 2010). Gemiddeld wordt er 360 liter bio-ethanol en 333 kg DDGS geproduceerd per ton tarwe (Rueve, 2005).

Bij de productie van bio-ethanol ontstaan verschillende bijproducten zoals Condensed Distiller Solubles (CDS), Wet Distiller Grains (WDG), Dry Distiller Grains (DDG), Wet Distillers Grains with Solubles (WDGS; 30% DS), modified (MDGS; 50% DS), of dry forms (DDGS; 90% DS) (Tjardes and Wright 2002). Dried distiller grains with solubles of DDGS wordt gevormd door een ingedikt vloeibaar product (solubles) en een soort draf te mengen en vervolgens te drogen (De Brabander, 2011).

De bijproducten van de bio-ethanolproductie zijn bijzonder rijk aan eiwit. Het ruw eiwitgehalte varieert tussen de 26 en 37% op droge stof basis (De Brabander, 2011).

De voederwaarde van DDGS is afhankelijk van het uitgangproduct. Er is een grote variatie in voederwaarde door de graankeuze, de mengverhouding van de draf en de solubles en de droogtemperatuur. Maar zelfs wanneer men gebruikt maakt van hetzelfde uitgangsgraan, is er een grote variatie in de samenstelling van DDGS. Hierdoor kan men niet werken met gemiddelde waarden uit een veevoedertabel (Cozannet et al., 2010; De Brabander, 2011; Doppenberg, 2010; Köhler, 2012; Lemenager et al., 2006; Spiëhs et al., 2002; Stein en De Lange, 2007; Zijlstra en Beltranena, 2008;).

In tabel 23 is een gemiddelde samenstelling van maïs en tarwe DDGS en de oorspronkelijk producten maïs en tarwe weergegeven uit een studie van Doppenberg (2010). DDGS bevat gemiddeld zo een 5% meer droge stof dan het uitgangsgraan. Doordat bijna al het zetmeel uit het graan wordt gefermenteerd, worden de overige nutriënten vermeerderd met een factor drie. Hierdoor bevat DDGS een hoog ruw eiwitgehalte van gemiddeld 34,6% en een hoog ruw vet gehalte van gemiddeld 8,7% (De Brabander, 2011; Klopfenstein et al., 2008; Stock et al., 2000). De verteerbaarheid van de aminozuren in DDGS is wel lager dan in het uitgangsgraan (Nyachoti et al., 2005). Het vet in DDGS bevat een hoge concentratie aan

onverzadigde vetzuren, die kunnen een verhoogde zachtheid van het vet bij vleesvarkens veroorzaken (Whitney et al., 2006b). Daarnaast worden ook de ruwe celstof en de ruwe as met een factor drie vermeerderd. DDGS bevat gemiddeld nog 4% suiker. En het is een goede bron van mineralen (vooral P en Na), met uitzondering van calcium, en sporenelementen (vooral Fe en S) (De Brabander, 2011).

**Tabel 23: Chemische samenstelling graan en DDGS (Doppenberg, 2010)**

Nutriënten (%)	Maïs	Maïs DDGS	Tarwe	Tarwe DDGS
<b>DS</b>	87,0	90,1	86,1	90,0
<b>Ruw eiwit</b>	7,7	26,0	10,9	32,0
<b>Ruw vet</b>	3,7	10,1	1,5	5,8
<b>Zetmeel</b>	64,0	8,7	60,3	2,6
<b>Suiker</b>	1,2	2,5	2,7	4,6
<b>Ruwe celstof</b>	3,7	8,0	2,2	7,1
<b>As</b>	1,2	4,8	1,5	5,5
<b>NSP</b>	12,0	36,5	13,5	45,6
<b>EW varkens</b>	1,23	1,14	1,11	0,79

De concentratie en de standaard ileale verteerbaarheid van de aminozuren worden bepaald door het uitgangspunt van DDGS en hierin vindt men ook een grote variatie. De grootste variatie vindt men voor lysine (Fastinger en Mahan, 2006; Stein et al., 2006c). De reden van deze variatie is dat lysine kan beschadigd worden door de warmtebehandeling in sommige stalen van DDGS, wat zorgt voor een lagere verteerbaarheid van lysine. Om het risico op gebruik van DDGS-bronnen met een lage verteerbaarheid van lysine vanwege de warmtebeschadiging te vermijden, kan men de lysine/RE ratio berekenen. Als de verhouding 2,80% of groter is, dan heeft het product een gemiddelde of meer dan gemiddelde kwaliteit. Maar als de ratio lager is dan 2,80%, dan is het product van verminderde kwaliteit. Omdat lysine het eerste limiterende aminozuur is in het voeder voor varkens, gebruikt men DDGS met een lysine/RE ratio van minder dan 2,80% best niet. Naast de grote variatie in lysine, bevat DDGS ook nog een laag lysinegehalte doordat het afkomstig is van uitgangspunten met een laag lysinegehalte. Hierdoor vult men voeders die DDGS bevatten best nog aan met zuiver lysine. Als vuistregel voegt men voor elke 10% DDGS in het voeder 0,10% zuiver lysine toe (Bogges et al., 2008; Stein en De Lange, 2007).

Bij vergelijking van tarwe en maïs DDGS ziet men dat tarwe DDGS meer vezels bevat dan maïs DDGS (Widyaratne et al., 2008a). Hierdoor is de verteerbaarheid van de nutriënten van tarwe DDGS lager dan maïs DDGS (Widyaratne en Zijlstra, 2008). Maïs DDGS heeft ook een hoger vetgehalte dan tarwe DDGS waardoor het maïs DDGS een hogere energiewaarde heeft. (Gibb et al., 2008; Widyaratne et al., 2008a; Zijlstra et al., 2007). Tarwe DDGS heeft een hoger eiwitgehalte, bevat meer Ca en P en heeft een hogere ADF inhoud dan maïs DDGS. De NDF inhoud zijn voor beide soorten DDGS ongeveer gelijk (Ortin en Yu, 2009; Zijlstra et al., 2007).

Het warmteproces bij de productie van bio-ethanol beïnvloedt de verteerbare energie inhoud negatief bij maïs DDGS (Cromwell et al., 1993; Fastinger et al., 2006). Dit fenomeen heeft vooral invloed op DDGS met een laag zetmeel gehalte en wordt geassocieerd met Maillard

reacties die zorgen voor een verminderde nutritionele waarde. Deze bevindingen worden in de studie van Cozannet et al. (2010) bevestigd voor tarwe DDGS.

Als men tarwe DDGS vergelijkt met sojaschroot, dan vindt men lagere gehalten aan ruw eiwit en metaboliseerbare energie (Thacker en Widyaratne, 2007). De inhoud van de zwavelhoudende aminozuren (% van het totale eiwit) in tarwe DDGS is wel hoger dan in sojaschroot.

#### **4.7.2 Het gebruik van DDGS voor vleesvarkens**

DDGS opnemen in de voeding voor vleesvarkens vormt een grote uitdaging voor de formulatie, door de variatie in nutriëntensamenstelling die veroorzaakt wordt door het proces waarmee zetmeel is onttrokken (Moreno et al., 2009; Shurson, 2002). Deze variatie in samenstelling van DDGS is verantwoordelijk voor een deel van de variatie in groeiprestaties van vleesvarkens die gevoederd worden met DDGS (Moreno et al., 2009).

Verschillende studies rapporteren maximale inmengingpercentages van 20% DDGS (Shurson en Spiels, 2002; Stein en De Lange, 2007) zonder nadelige effecten op de groeiprestaties. Volgens Stein en De Lange (2007) kan men zelfs tot 35% DDGS opnemen wanneer men over een zeer goede bron van DDGS beschikt. Ook in een studie van Widmer et al. (2008) kregen de vleesvarkens volgens een driefasensysteem een controlevoeder, voeder met 10% DDGS of 20% DDGS. Er was geen verschil in de dagelijkse groei, dagelijkse voederopname, groei/voeder ratio, eindgewicht en karkaskwaliteit tussen de verschillende groepen. Wel vond men in deze studie een verhoogde zachtheid van het vet bij 20% DDGS. Dit bevestigt de resultaten van Whitney et al. (2006) die vond dat men in de laatste fase van de afmestperiode de hoeveelheid DDGS tot 20% moet beperken om een verhoogde zachtheid van het vet te voorkomen.

Er zijn verschillende studies uitgevoerd met hogere gehalten aan DDGS. In de studies van Cook et al. (2005), De Decker et al. (2005) en Xu et al. (2007) rapporteerde men dat opname tot 30% DDGS kan voor vleesvarkens zonder negatieve gevolgen op de dierprestaties. Fu et al. (2004), Whitney et al. (2006b) en Linneen et al. (2007) vonden tegenstrijdige resultaten. In deze studies werd tot 30% DDGS opgenomen in het voeder voor vleesvarkens en rapporteerde men een daling in de prestaties wanneer de DDGS concentratie toenam in het dieet. Een mogelijke verklaring voor deze tegenstrijdige resultaten is dat men DDGS van verschillende kwaliteiten heeft gebruikt. De verteerbaarheid van aminozuren varieert tussen de verschillende bronnen van DDGS (Fastinger en Mahan, 2006; Stein et al., 2006b) en als men bronnen gebruikt men een lage verteerbaarheid van de aminozuren, kunnen de prestaties van de dieren gereduceerd worden. In de studie van Widmer et al. (2008) werd het voeder geformuleerd op basis van de standaard ileale verteerbaarheid van de aminozuren. Terwijl voeders in de experimenten met een slechte dierprestatie waren geformuleerd op basis van de concentratie aan totale aminozuren. Er werd ook zuiver lysine toegevoegd, waardoor de dieren slechts een klein beetje meer RE kregen dan in het controledieet. In de voeders met verminderde prestaties is er vaak meer RE aanwezig dan in het controlevoeder, en weet men niet of de verminderde dierprestaties het gevolg zijn van DDGS op te nemen in het voeder of doordat de extra RE meer energie vraagt voor deaminatie van de aminozuren.

Daarnaast vond men in 2 studies nog andere effecten van DDGS. Volgens Hastad et al. (2005) is er een verminderde smakelijkheid van het voeder wanneer er hogere concentraties

DDGS in het voeder aanwezig zijn. En volgens Whitney et al. (2006a) kan de darmgezondheid verbeteren en worden problemen met darmontstekingen gereduceerd door de aanwezigheid van DDGS in de voeding van varkens tot 60 kg.

## 4.8 Aardappeleiwit

### 4.8.1 Samenstelling

Aardappeleiwit is een hoogwaardige eiwitbron voor de veevoeding (Van Krimpen, 2001). Het is een bijproduct van de zetmeelproductie uit aardappelen. Na de zetmeelwinning uit aardappelen blijft er nog 'aardappelsap' over, hierin zijn eiwitten opgelost. Door thermische coagulatie van dit sap worden de eiwitten hieruit gewonnen. Hierbij wordt het sap opgewarmd waardoor het eiwit zal neerslaan, na centrifugatie en droging krijgt men aardappeleiwit (Friedman, 2006; Refstie en Tiekstra, 2003; Strolle et al., 1973).

Aardappeleiwit bevat gemiddeld 75-76% RE. De verteerbaarheid van het RE is zeer hoog, namelijk 92-95% (CVB, 2007; Denkavit, 2011). Aangezien aardappeleiwit een restproduct is van de zetmeelproductie, bevat het een laag zetmeelgehalte. In tabel 24 is de Weende analyse volgens het CVB (2007) weergegeven.

**Tabel 24: Weende analyse aardappeleiwit, RAS > 10 g/kg (g/kg) (CVB, 2007)**

	DS	RAS	RE	RVET	RVETH	RC	OK	OKh
<b>Gem.</b>	905	22	768	-	34	7	-	74
<b>Sdc</b>	8	5	19	-	-	5		

	ZETew	ZETam	ZETtot	SUI	NDF	ADF	ADL	NSP	RNSP
<b>Gem.</b>	7	5	-	9	17	-	-	67	50
<b>Sdc</b>	11	-	-	-	-	-	-		

Aardappeleiwit heeft een aminozuurprofiel van hoge kwaliteit, vooral door de hoge hoeveelheden lysine, methionine en cysteine (CVB, 2007; Jeroch et al., 1999). Deze aminozuren hebben daarnaast ook een hoge verteerbaarheid (CVB, 2007); dit is ook aangetoond door Lenis et al. (1992). De aminozuurgehalten en de verteerbaarheid van de aminozuren in aardappeleiwit zijn hoger dan in sojaschroot. Dit wijst er dus op dat aardappeleiwit een zeer hoogwaardige eiwitbron is.

In vergelijking met verse aardappelen is de concentratie van de meeste aminozuren hoger in aardappeleiwit. Dit kan verklaard worden doordat bij de productie van aardappeleiwit het niet-eiwit-N verwijderd wordt dat aanwezig is in verse aardappelen. (Pastuszewska et al., 2009).



Tabel 25: Aminozuren aardappeleiwit, RAS > 10 g/kg (g/kg)(CVB, 2007)

	Darmverteerbare AZ varken				
	g/16 gN			Gestand. g/kg	Schijnb. g/kg
	gem.	Sdc	g/kg		
<b>RE</b>			768	693	683
<b>LYS</b>	7,8	0,2	59,9	53,6	53,3
<b>MET</b>	2,3	0,1	17,7	16,1	16,0
<b>CYS</b>	1,5	0,2	11,5	8,8	8,6
<b>THR</b>	5,7	0,2	43,8	37,7	37,2
<b>TRP</b>	1,4	0,1	10,8	8,6	8,5
<b>ILE</b>	5,6	0,2	43,0	38,4	38,1
<b>ARG</b>	5,2	0,1	39,9	37,0	36,6
<b>PHE</b>	6,4	0,2	49,2	44,4	44,1
<b>HIS</b>	2,2	0,1	16,9	14,7	14,6
<b>LEU</b>	10,2	0,3	78,3	71,5	71,1
<b>TYR</b>	5,6	0,3	43,0	39,1	38,9
<b>VAL</b>	6,6	0,2	50,7	44,6	44,1
<b>ALA</b>	4,9	0,2	37,6	32,7	32,3
<b>ASP</b>	12,7	0,4	97,5	81,2	80,5
<b>GLU</b>	10,9	0,4	83,7	73,7	72,6
<b>GLY</b>	4,9	0,2	37,6	30,7	29,9
<b>PRO</b>	4,9	0,3	37,6	35,6	34,6
<b>SER</b>	5,3	0,2	40,7	35,2	34,6
<b>Som AZ</b>	<b>104,1</b>		<b>799,5</b>	<b>703,5</b>	<b>695,3</b>

#### 4.8.2 Antinutritionele factoren

In aardappeleiwit komen 2 belangrijke ANF voor, namelijk glycoalkaloïden en trypsine remmers.

De belangrijkste ANF zijn de glycoalkaloïden solanine en chacoquine (Jeroch et al., 1999; Refstie en Tiekstra, 2003). Dit zijn natuurlijke stoffen die aanwezig zijn in de schil van de aardappel. Het zijn secundaire metabolieten en afweermiddelen tegen pathogenen en insecten. Bij de zetmeelwinning uit aardappelen lossen deze glycoalkaloïden op in het 'aardappelsap'. Hierdoor worden ze vermoedelijk geconcentreerd en geabsorbeerd in het eiwit tijdens het productieproces van aardappeleiwit (Bergers, 1980; Friedman en Dao., 1992; Jeroch et al., 1999; Refstie en Tiekstra, 2003; Wojnowska et al., 1981). De hoeveelheid glycoalkaloïden in aardappeleiwit wordt vooral bepaald door de oorspronkelijke hoeveelheid in het uitgangproduct (Kerr et al., 1998; Nestares et al., 1993; Refstie and Tiekstra, 2003; Pastuszewska et al., 2009). Deze ANF veroorzaken een bittere smaak waardoor de smakelijkheid is gereduceerd bij voeders die aardappeleiwit bevatten en de voederopname nadelig wordt beïnvloed (Friedman, 2006; Tusche et al., 2011). Deze glycoalkaloïden zijn extreem warmtestabiel en kunnen dus door warmtebehandeling niet verwijderd worden (Friedman, 2006). Om deze nadelige invloeden te beperken is een industrieel proces ontwikkeld dat de glycoalkaloïden bijna volledig kan verwijderen tijdens het productieproces van aardappeleiwit (Refstie et al., 2000). Er zijn verschillende proeven

uitgevoerd met conventioneel aardappeleiwit en aardappeleiwit met een verlaagd gehalte aan glycoalkaloïden. Kerr et al. (1998) voerde een studie uit met een voeder dat conventioneel aardappeleiwit met 303 mg/100 g glycoalkaloïden bevatte, en een voeder met aardappeleiwit met een laag glycoalkaloïdgehalte (15,6 mg/100g). In deze studie vond men een gereduceerde voederopname bij het conventionele aardappeleiwit. Dit bevestigt de eerder gevonden resultaten van Friedmann (1992) die een gereduceerde voederopname waarnam bij aardappeleiwit met een hoog glycoalkaloïdgehalte.

Daarnaast bevat aardappeleiwit ook nog trypsine remmers (Kerr et al., 1998; Nestares et al., 1993; Refstie and Tiekstra, 2003). De juiste effecten van trypsine remmers in aardappeleiwit zijn niet goed gekend. In een experiment met ratten vond Lee et al. (1985) dat de negatieve effecten van TI in aardappeleiwit gelijkaardig zijn aan die in soja(schroot). TI zijn warmtegevoelig, de concentratie in aardappeleiwit is dan ook afhankelijk van de procescondities (Pastuszewska et al., 2009).

#### **4.8.2.1 Het gebruik van aardappeleiwit voor vleesvarkens**

Aardappeleiwit wordt voornamelijk gebruikt voor pasgespeende biggen. Het gebruik moet beperkt worden vanwege het negatief effect op de voederopname (Warnants, 2004). De hoeveelheid aardappeleiwit die in het voeder kan opgenomen worden hangt af van het gehalte aan glycoalkaloïden.

In de studie van Smith et al. (1994) vond men reeds een gereduceerde groei bij gespeende biggen wanneer het voeder 3,9% of meer aardappeleiwit bevatte. In deze proef verving aardappeleiwit bloed- en vismeel.

Er zijn verschillende studies die een maximaal inmengingpercentage van 5% adviseren (Borggreve en Cornelissen, 1983; Borggreve en Veen, 1978; Denkavit, 2011; Smits et al., 1991). Uit deze studies bleek dat 3-5% aardappeleiwit de groei verbetert.

Toevoeging van meer dan 5% aardappeleiwit zorgt voor een lagere voederopname en verminderde dierprestaties. De lagere voederopname is te wijten aan de bittere smaak van aardappeleiwit (Borggreve and Cornelissen, 1983; Borggreve en Veen, 1978; Smits et al., 1991). Ook Kerr et al. (1998) vond een lagere voederopname wanneer het voeder 5,1% conventioneel aardappeleiwit bevatte in vergelijking met de controlegroep die gedroogd bloedplasma kreeg.

Wanneer men aardappeleiwit met een laag gehalte glycoalkaloïden gebruikt in het voeder, vond Kerr et al. (1998) geen nadelige effecten op de voederopname wanneer het voeder 8% aardappeleiwit bevatte. Maar in een ander experiment van Kerr et al. (1998) vond men wel een negatief effect bij 8% aardappeleiwit met een laag gehalte aan glycoalkaloïden. Beide experimenten spreken elkaar dus tegen. Hieruit kan men besluiten dat de 8% een maximaal inmengingpercentage is, dit percentage is afhankelijk van de voederformulatie. Bij deze experimenten kan het gedroogd dierplasma van verschillende kwaliteit geweest zijn.

Over het gebruik van aardappeleiwit voor vleesvarkens werd in de literatuur niets terug gevonden.

## **5 De teelt van soja en de mogelijke alternatieven in Europa**

### **5.1 De teelt van eiwitrijke gewassen in Europa**

In de periode van 1978 tot 1992 gaf Europa ondersteuning voor de teelt van eiwitrijke gewassen via een gegarandeerde minimumprijs voor de teler en een subsidie voor de veevoederfabrikant. Hierdoor steeg het areaal in Europa sterk van 50.000 ha naar 1.500.000 ha. In 1993 werd de minimumprijs afgeschaft en vervangen door hectaresteen. Ook de subsidie voor de veevoederfabrikant werd afgeschaft waardoor de marktprijs een resultante werd van vraag en aanbod. Sinds 2000 is de subsidie voor eiwitrijke gewassen verder afgebouwd en is het areaal aan eiwitrijke gewassen in Europa sterk gedaald. De Europese eiwitvelden worden op 1.100.000 ha geteeld (Kamp et al., 2008).

Om telers in Europa terug warm te maken om erwten, veldbonen en lupinen te telen moet het financiële saldo van deze gewassen interessanter worden dan het saldo van graan. Want graan is het eerste gewas dat in aanmerking komt om te worden vervangen door peulvruchten omdat het saldo van graan in vergelijking met de meeste andere akkerbouwgewassen het laagste is. De teelt en mechanisatie van erwten, veldbonen en lupinen verloopt ongeveer op dezelfde wijze als graan. Het nadeel is dat deze gewassen zeer gevoelig zijn voor ziekten, plagen, bodemschimmels, onkruiden,... Dit zorgt ervoor dat het teeltrisico groter is dan bij granen.

De gewassen hebben ook een lagere opbrengst ten aanzien van granen. Ondanks dat de peulvruchten minder N-bemesting nodig hebben, zijn de teeltkosten hoger dan die van granen. Deze hoge teeltkosten worden niet volledig goed gemaakt door de hogere telersprijs.

Daarnaast speelt het soort graan dat geteeld wordt ook een rol bij de afweging. De afweging tussen tarwe en erwten is anders dan tussen gerst en erwten. Het saldo van gerst is over het algemeen lager dan van tarwe en in gebieden waar vooral gerst geteeld wordt zal waarschijnlijk de keuze voor erwten sneller gemaakt worden (Kamp et al., 2008).

Om de teelt van erwten, veldbonen en lupinen interessant te maken voor de landbouwers moet ofwel de opbrengst per hectare sterk verbeteren of de telersprijs sterk verhoogd worden of een combinatie van beiden.

Als men zou investeren in teeltonderzoek en veredeling, kan de gemiddelde opbrengst van erwten, veldbonen en lupinen toenemen. Men zou hierbij een toename van de opbrengst met 1-2% per jaar kunnen realiseren net zoals bij tarwe, koolzaad,... Hierdoor zou de opbrengst voor erwten over 10 jaar van 5 naar 6 ton per ha kunnen stijgen. Het saldoverschil tussen tarwe en erwten zou hierdoor verkleind worden. Maar dit zal nog steeds niet voldoende zijn om erwten en tarwe concurrerend te maken omdat de ontwikkeling van tarwe ook niet stil staat. Om erwten te laten concurreren met tarwe zou de opbrengst van erwten met meer dan 50% moeten stijgen. Dit geldt ook voor veldbonen aangezien de saldi van beide gewassen dicht bij elkaar liggen. Voor lupinen lijkt dit niet zo; er wordt dus ook niet verwacht dat men in onze gebieden veel lupinen zal telen.

Door een verhoging van de telersprijs zou de teelt aantrekkelijker kunnen gemaakt worden. Net zoals wat er in de jaren '80 met succes is toegepast (Kamp et al., 2008).

Daarnaast zijn er perspectieven in Centraal- en Oost-Europa voor de teelt van soja. De opbrengsten van soja doen in deze landen niet onder voor erwten. Door het hogere eiwitgehalte van soja is deze teelt aantrekkelijker in dit deel van Europa dan de erwenteelt. De teelt van gewassen in Centraal- en Oost-Europa is economisch interessanter dan in West-Europa. Maar op basis van berekeningen van het fossiel energieverbruik blijkt dat import uit deze regio's niet gunstiger is dan import uit Zuid-Amerika.

Maar om een gesloten kringloop te krijgen is het wel aantrekkelijker om soja en sojavervangers te telen in Europa en deze teelt te bevorderen. Het is ook duurzamer omwille van minder CO<sub>2</sub>-verbruik voor transport en minder kunstmestverbruik. Maar zonder financiële steun is dit momenteel economisch niet haalbaar (Kamp et al., 2008).

## **5.2 Teelt van Soja in Europa**

In Europa wordt soja voornamelijk geteeld in Italië, Roemenië en Oekraïne. Ook in Frankrijk, Hongarije en Oostenrijk wordt soja geteeld. De Europese sojateelt is slechts 1% van de wereldproductie. De gemiddelde opbrengsten liggen hier tussen 2 en 3,5 ton/ha (FAOSTAT, 2011; Kamp et al., 2008).

Het gewas groeit het best in warme, vochtige streken en vindt men dus oorspronkelijk in (sub)tropische gebieden. Onder Europese omstandigheden heeft het gewas een vrij lang groeiseizoen. Het moet voor half april gezaaid worden om op tijd te kunnen afrijpen. Het gewas is vorstgevoelig en vroeg zaaien geeft dus ook risico op vorstschade. De klimaatomstandigheden in Noordwest-Europa zijn dus minder geschikt voor een optimale sojateelt. Hiervoor zijn rassen met een korter groeiseizoen nodig, deze rassen brengen minder op dan latere typen.

In jaren met een warme en zonnige (na)zomer kan men opbrengsten realiseren tot 3,5 ton/ha. In minder gunstige jaren krijgt men slechts opbrengsten van 2 ton/ha. Het vochtgehalte bij de oogst is ook vaak te hoog voor bewaring waardoor de sojabonen nog moeten nagedroogd worden.

De opbrengsten van soja in Europa zijn aanzienlijk lager dan erwten en veldbonen. Om soja interessant te maken in Europa moet de telerprijs en/of de gewasopbrengst verhoogd worden. Daarnaast is er nood aan nieuwe rassen met een kort groeiseizoen die beter aangepast zijn aan de Europese teeltomstandigheden (Kamp et al., 2008; Krimpen et al., 2013).

In 2012 werden op het ILVO (in samenwerking met KHK-KUL) reeds veldproeven aangelegd met niet-GGO-soja. Aan de teelt van soja in Vlaanderen is er nog veel werk, maar dit was bij maïs veertig jaar geleden ook het geval (ILVO, 2012). Ook in 2013 worden terug soja-proeven aangelegd op het ILVO en eind dit jaar start een 4-jarig IWT project (Van Waes, 25 april 2013 – persoonlijke communicatie).

## **5.3 Teelt van erwten in Europa**

Erwten kunnen onder verschillende klimaatomstandigheden en op diverse grondsoorten geteeld worden. Er bestaan diverse soorten, in Europa wordt vooral de droge erwt (*Pisum Sativum*) geteeld.

In 2011 was het areaal aan erwten in Europa 2.115.523 ha (FAOSTAT, 2011). Wereldwijd is Europa de grootste producent na Canada. De teelt van droge erwten vindt in Europa vooral plaats in Frankrijk, Spanje, Duitsland en Groot-Brittannië. Deze 4 landen zijn samen goed voor 71% van het Europese erwtenareaal. De opbrengsten variëren echter wel sterk per land en per teeltgebied (van 1 ton/ha in Spanje tot 4,5 ton/ha in Frankrijk). In onze gebieden liggen de gemiddelde opbrengst tussen de 4,5 en 5 ton per ha.

Door veredeling is het opbrengstniveau en de oogstzekerheid verbeterd, maar dit is nog steeds minder dan bij granen. Het verschil in opbrengst met granen (7-9 ton) is echter nog vrij groot. Ondanks de iets hogere telerprijs voor erwten is dit niet voldoende om te concurreren met graangewassen. Het oogstrisico bij erwten is ook veel groter door schimmelziekten, onkruid, vogels,... Een teeltrotatie van 1 op 5 of 1 op 6 is noodzakelijk (Kamp et al., 2008).

## **5.4 Teelt van veldbonen in Europa**

Veldbonen worden in Europa vooral geteeld in Groot-Brittannië, Frankrijk, Spanje, Italië en Duitsland. Veldbonen kunnen onder diverse klimaatomstandigheden geteeld worden. Ze worden dus in verschillende landen geteeld zowel voor menselijke consumptie als voor veevoeder. Door de droogtegevoeligheid van veldbonen kunnen ze niet overal in Europa even gemakkelijk geteeld worden. In Noordwest-Europa zijn de teeltomstandigheden het gunstigst.

Na China is Europa de grootste producent van veldbonen ter wereld. De opbrengsten variëren sterk van 1,2 ton/ha in Spanje tot 3,9 ton/ in Frankrijk. In Nederland en België ligt de opbrengst hoger (5,5-6 ton/ha). Hierbij speelt de hoeveelheid neerslag in het groeiseizoen waarschijnlijk een belangrijke rol.

Maar het verschil in opbrengstniveau met granen is nog steeds vrij groot. De iets hogere telerprijs voor veldbonen is net zoals bij erwten niet voldoende om het gewas concurrerend te maken met granen. Het oogstrisico is ook groter dan bij granen. Diverse schimmelziekten, onkruid, insecten, droogte,... kunnen een tegenvallende opbrengst veroorzaken. Ze kunnen net zoals erwten ook slechts om de 5 à 6 jaar op hetzelfde perceel geteeld worden. Door veredeling zou men het opbrengstniveau en oogstzekerheid kunnen verbeteren (Kamp et al., 2008).

## **5.5 De teelt van lupinen in Europa**

In Europa zit de teelt van lupinen in de lift door de ontwikkeling van rassen met een laag gehalte aan alkaloiden. In 2011 werd in Europa ongeveer 150.000 ha lupinen verbouwd. De belangrijkste producenten zijn hierbij Duitsland (witte en gele lupinen), Polen (gele lupinen), Spanje (witte lupinen) en Frankrijk (witte lupinen). In Centraal- en Oost-Europa zijn er mogelijkheden om lupinen te telen (FAOSTAT, 2011; Kamp et al., 2008).

De teelt van lupinen kan niet concurreren met erwten en veldbonen, en zeker niet met granen. Door veredeling heeft men wel hogere opbrengsten bij de witte lupinen maar het gewas rijpt laat af en het zaad heeft hoge vochtgehalten bij de oogst. Nieuwe rassen zouden voor verbetering van het opbrengstniveau kunnen zorgen.

Op wereldschaal is Australië de grootste lupinenproducent (85% van de wereldproductie), het zijn voornamelijk blauwe lupinen. Het grootste gedeelte van de productie wordt naar Europa geëxporteerd voor veevoeder (Kamp et al., 2008).

## 5.6 De teelt van koolzaad in Europa

In Europa wordt voornamelijk winterkoolzaad geteeld. Enkel in streken met een zeer streng winterregime zoals Scandinavië wordt zomerkoolzaad geteeld. Het grootste deel van de Europese koolzaad wordt geteeld in Frankrijk en Duitsland met elk een areaal van 1,2 miljoen ha (Lamont en Lambrechts, 2005), daarnaast is Groot-Brittannië nog een belangrijke producent. Duitsland en Frankrijk hebben een groot areaal aan koolzaad doordat er in deze landen door de overheid fiscale voordelen zijn voor biobrandstoffen. Hierdoor werd de aandacht voor de teelt gestimuleerd en een aanzet gegeven tot opbrengstverbetering en kostenreductie. De laatste jaren is er in Oost-Europa meer belangstelling voor de teelt van koolzaad, voornamelijk in Wit-Rusland en Roemenië. Dit komt door de stijgende belangstelling voor biobrandstoffen (pure plantaardige olie of biodiesel) (Janssens et al., 2005; Lamont en Lambrechts, 2005; Lamont et al., 2005). Vandaag de dag wordt het grootste deel van de wereldproductie van koolzaadolie nog voor menselijke consumptie gebruikt. In Europa wordt koolzaadolie voornamelijk gebruikt als grondstof voor margarine, als bakolie en als spijsolie (Lamont en Lambrechts, 2005).

De gemiddelde opbrengst schommelt rond de 3,6 ton per hectare. In het teeltplan van akkerbouwers zou koolzaad voornamelijk moeten concurreren met graangewassen. Er is dus een groot verschil in opbrengstniveau. Daarnaast zijn er bij de teelt van koolzaad meer oogstrisico's door de opbrengstverliezen tijdens afrijping in het zwad. Dit risico is lager wanneer men rechtstreeks op de stam kan oogsten zoals bij graan (Janssens et al., 2005).

Europa zou graag meer biobrandstoffen gebruiken. Volgens de Europese richtlijn hadden de Europese landen een aandeel van 2% biobrandstoffen op het totaal aantal brandstoffen moeten halen in 2005 en 5,75% in 2010 (Bondt en Meeusen, 2008; Van der Voort, 2003). Europa streeft nu naar 10% biobrandstoffen in 2020 (Bondt en Meeusen, 2008).

Volgens Bondt en Meeusen (2008) heeft men 1,7 ton koolzaadschroot als bijproduct wanneer men een opbrengst heeft van ongeveer 3 ton per hectare. Wanneer men de olie veresterd tot biodiesel krijgt men per hectare ongeveer 1200 kg biodiesel en 120 kg glycerine, een tweede restproduct dat vooral in de chemische industrie wordt gebruikt.

Op basis van de richtlijnen voor 2005 werd in Nederland nagegaan welk areaal hiervoor zou nodig zijn. Op basis van een gemiddelde opbrengst van 3,3 ton per hectare en het gemiddelde verbruik van brandstoffen, zou er 109.000 ha koolzaad nodig zou zijn. Wanneer de opbrengst hoger zou zijn (4 ton per ha) zou men 80.000 ha nodig hebben. In Nederland zou er slechts 50-65% van het benodigde areaal beschikbaar kunnen zijn voor de teelt van koolzaad. Voor uitbreiding van de koolzaadteelt zal algemeen in Europa het saldo aantrekkelijker worden aangezien het moet concurreren met de graangewassen met een hoog saldo en zal de opbrengst moeten stijgen (Janssens, 2005).

## 6 Sojavervangers in veevoeder

De keuze voor een bepaalde grondstof in veevoeder is afhankelijk van de verhouding tussen de voederwaarde en de prijs. De grondstoffen die het meeste voederwaarde leveren voor de laagste kostprijs, worden opgenomen. Om sojaschroot te vervangen door alternatieve eiwitbronnen is het nodig dat deze alternatieven een gunstigere voederwaarde/prijs verhouding hebben dan sojaschroot en er moeten voldoende volumes van deze producten beschikbaar zijn op de markt. De laatste jaren levert sojaschroot het meeste voederwaarde voor de laagste prijs. Omdat de prijzen van erwten, veldbonen en lupinen niet concurrerend zijn met soja worden deze gewassen slechts op beperkte schaal geteeld. Consumptie van sojaschroot gebeurt voornamelijk voor voeders van vleesvarkens, leghennen en vleeskippen. Sojaschroot in rantsoenen voor vleesvarkens en pluimvee vervangen zal een grote invloed hebben op het totale sojaverbruik in Europa (Kamp et al., 2008).

In een Nederlands onderzoek van Kamp et al. (2008) werd de invloed van prijsverlaging van erwten, bonen en lupinen nagegaan op de vervanging van soja in veevoerders. Wanneer de prijs van erwten met 20% zou dalen, dan zou de behoefte aan sojaschroot in het Nederlandse veevoeder met 38-49% kunnen dalen. 20% prijsdaling bij veldbonen of lupinen zou voor een reductie van 21-40% aan sojaschroot kunnen zorgen. Indien de prijs met 50% zou dalen, zou dit een reductie van de sojabehoeftes met 52-75% voor erwten en 45% voor bonen en lupinen kunnen betekenen. Hoeveel soja men kan vervangen is dus afhankelijk van de mate van de prijsverlaging en het algemeen prijsniveau waarop dit gebeurt.

Erwten zijn een goed alternatief voor sojaschroot. Bij de juiste prijzen zouden er grote hoeveelheden erwten kunnen opgenomen worden, tot 50% in het voer. Dit komt omdat erwten niet alleen gebruikt worden als eiwitvervanger, maar omdat ze ook zetmeel en vezel uit andere grondstoffen kunnen vervangen.

Daarnaast is in dit onderzoek berekend hoeveel areaal men nodig heeft in Noordwest-Europa voor de productie van erwten en veldbonen op basis van het aantal dieren per diercategorie in die landen. Men ging er hierbij van uit dat de rantsoenen in de verschillende landen niet significant afwijken van de rantsoenen in Nederland.

In tabel 26 wordt het benodigde areaal aan erwten weergegeven bij 20% en 50% prijsverlaging. Er is een variatie bij de prijsverlaging variërend van een laag prijspeil tot een hoog prijspeil. Uit deze tabel kan men afleiden dat in Nederland voor de teelt van erwten tussen de 800.000 en 1,4 miljoen ha nodig zou zijn om een deel van soja in het mengvoeder te vervangen. Het totale akkerbouwareaal bedraagt in Nederland 1 miljoen ha, dit zou betekenen dat de gehele oppervlakte nodig is om dit te produceren.

Aangezien erwten en veldbonen door o.a. voetziekten niet vaker dan één keer per vijf jaar op hetzelfde perceel kunnen geteeld worden, is het maximale areaal aan erwten ongeveer 200.000 ha. Omdat erwten zullen moeten concurreren met graan om een plaats in het bouwplan, zou dit neerkomen op een totale vervanging van het graanareaal in Nederland door erwten. Een reële inschatting van het maximaal te verwachten areaal erwten bij stimulering van de teelt en verwerking is ongeveer 50.000 ha. Dit is ongeveer 4-6% van het benodigde areaal. Het is in Nederland dus niet mogelijk om voldoende erwten te verbouwen om de berekende volumes soja in het veevoeder te vervangen. De benodigde arealen zullen dus ergens anders in Europa moeten gezocht worden.

**Tabel 26: Benodigd areaal erwten (in 1000 ha) bij 20% en 50% prijsverlaging, in verhouding tot het aanwezige akkerbouw- en graanareaal van 2006 in verschillende Europese landen (Kamp et al., 2008)**

<b>Prijsverlaging</b>	<b>20%</b>	<b>50%</b>	<b>Akkerbouw areaal</b>	<b>1 op 5 erwten</b>	<b>Graan areaal</b>
<b>Belgie</b>	285-381	412-613	842	168	330
<b>Duitsland</b>	949-1217	1234-1915	11.866	2373	6702
<b>Denemarken</b>	267-354	324-1660	2476	495	1494
<b>Frankrijk</b>	788-1078	1324-1660	21.164	4233	9031
<b>Luxemburg</b>	2-3	3-5	60	12	29
<b>Nederland</b>	758-941	1040-1346	1054	211	219
<b>Groot-Brittannië</b>	255-387	533-629	5400	1080	2859
<b>Totaal NW-Europa</b>	<b>3305-4360</b>	<b>4869-6772</b>	<b>42862</b>	<b>8572</b>	<b>20.664</b>

België en Luxemburg zijn ook niet in staat de benodigde hoeveelheden te verbouwen. In theorie zouden Duitsland, Denemarken, Frankrijk en Engeland dit wel kunnen, maar er zou dan echter geen ruimte zijn om te exporteren naar andere landen. In Noordwest-Europa is er afhankelijk van de prijs en de prijsverlaging ongeveer 3,3-6,8 miljoen ha erwten nodig. In theorie zijn deze arealen beschikbaar, maar het is niet realistisch om deze oppervlakten in de praktijk te verwachten. Het totaal beschikbare akkerbouwareaal bij een 1 op 5 teelt, het huidige graanareaal en het areaal dat in de jaren '80-'90 beschikbaar was bij stimulering van de teelt zijn hiervoor aanwijzingen.

**Tabel 27: Benodigd areaal veldbonen (in 1000 ha) bij 20% en 50% prijsverlaging, in verhouding tot het aanwezige akkerbouw- en graanareaal van 2006 in verschillende Europese landen (Kamp et al., 2008)**

<b>Prijsverlaging</b>	<b>20%</b>	<b>50%</b>	<b>Akkerbouw Areaal</b>	<b>1 op 5 veldboon</b>	<b>Graanareaal</b>
<b>Belgie</b>	99-181	192-206	842	168	330
<b>Duitsland</b>	374-668	696-750	11.866	2373	6702
<b>Denemarken</b>	170-311	281-320	2476	495	1494
<b>Frankrijk</b>	230-385	526-538	21.164	4233	9031
<b>Luxemburg</b>	2-3	3	60	12	29
<b>Nederland</b>	165-283	380-384	1054	211	219
<b>Groot-Brittannië</b>	43-72	116-126	5400	1080	2859
<b>Totaal NW-Europa</b>	<b>1084-1903</b>	<b>2220-2300</b>	<b>42.862</b>	<b>8572</b>	<b>20.664</b>

In tabel 27 is hetzelfde weergegeven voor veldbonen. Wanneer men soja wil vervangen door veldbonen heeft men kleinere volumes en een minder groot areaal nodig.



In Nederland heeft men voor de teelt van veldbonen een areaal nodig tussen de 160.000 en 380.000 ha om een deel van de soja in veevoeder te vervangen. Dit is aanzienlijk minder dan het benodigde erwtenareaal in dezelfde situatie, maar dit is nog steeds een volledige vervanging van het totale graanareaal in Nederland door veldbonen.

Een reële inschatting van het maximaal te verwachten areaal veldbonen bij stimulering van de teelt en de verwerking, is ca. 20.000 ha. Dit is twee keer het areaal dat in de jaren '80 - '90 met veldbonen werd ingezaaid en ongeveer 5-10% van het benodigde areaal. Het is dus ook niet mogelijk om voldoende veldbonen in Nederland te verbouwen om de berekende volumes soja in veevoeder te vervangen.

De benodigde arealen zullen net zoals bij erwten elders in Europa gezocht moeten worden. In totaal is er in Noordwest-Europa, afhankelijk van prijspeil en prijsverlaging, zo'n 1 à 2 miljoen ha veldbonen nodig. In theorie zijn deze arealen beschikbaar, maar het is niet realistisch dergelijke oppervlaktes in de praktijk te verwachten. Het benodigde areaal veldbonen is dan bijvoorbeeld vier- tot achtmaal zo groot als het areaal in de jaren '80-'90.

De benodigde oppervlakte aan peulvruchten lijkt dus gemakkelijker bereikt te worden met veldbonen dan met erwten. Maar veldbonen zijn minder gemakkelijk te telen dan erwten. Niet alle omstandigheden in Europa zijn namelijk geschikt voor deze teelt vanwege de droogtegevoeligheid. Een uitbreiding van het Europese areaal veldbonen is daarom juist minder gemakkelijk te realiseren dan een uitbreiding van het areaal erwten.

De benodigde hoeveelheden erwten of veldbonen zijn dus niet beschikbaar in Nederland en ook niet in Noordwest-Europa. En deze arealen zijn ook niet te realiseren door stimulering van de teelt en prijsondersteuning. Men moet naar andere regio's kijken om te kijken of deze benodigde volumes te realiseren zijn.

Men zou erwten/veldbonen kunnen telen in Centraal- of Oost-Europa. Momenteel zijn de huidige arealen voor sojavervangers daar nog zeer klein. Deze landen hebben wel een groter areaal dan de landen in Noordwest-Europa. De teelt van sojavervangers in deze gebieden is nog niet volledig onderzocht. Maar uit ervaring weet men dat arealen onder invloed van financiële prikkels sterk kunnen wijzigen.

# **PRAKTIJKONDERZOEK**

# 1 Materiaal en methoden

## 1.1 Dieren

De proef werd uitgevoerd in het PVL in Bocholt. De proef startte in december 2012 en liep nog bij het afsluiten van deze masterproef. Het onderzoek werd uitgevoerd met dieren van de kruising Piétrain x Topigs 20. De dieren zijn ingedeeld in 4 testgroepen, namelijk tweefasenvoeding, driefasenvoeding, vijffasenvoeding en multifasengroep. Elke testgroep zal uiteindelijk bestaan uit 100 vleesvarkens of 10 hokken. De dieren werden telkens bij de start van de proef, rond 20 kg ontwormd met levamisole hydrochloride 80% kela.

De eerste ronde werd opgestart op 28 december 2012 en bestond uit 70 dieren. De volgende rondes werden opgezet op 15 januari 2013, 24 januari 2013 (voeder 4), 14 februari 2013, 26 februari 2013, 19 maart 2013 en 26 maart 2013. Deze rondes bestonden respectievelijk uit 20, 40, 60, 80, 20 en 70 dieren. Na 26 maart werden er nog hokken opgestart maar hierover zijn nog geen data bekend en zijn dus niet in rekening gebracht in de resultaten. Het aantal dieren dat per ronde werd gebruikt, hing af van de beschikbaarheid van de biggen. In de eerste drie rondes werden enkel hokken opgestart met de twee-, drie- en vijffasenvoeding. De multifasenvoeding werd maar voor het eerst opgestart op 24 januari 2013. Dit omdat er voordien problemen waren met de installatie voor het mengen van het mineralenrijk en mineralenarm voeder.

Tijdens de proef werden er zeven dieren uit de proef gehaald. In de ronde die op 28 december 2012 werd opgestart, werd op 16 januari 2013 één dood dier aangetroffen uit de driefasenvoeding. Tijdens de ronde die op 26 maart 2013 werd opgestart, stierven er zes dieren, namelijk twee uit de tweefasenvoeding, twee uit de driefasenvoeding en twee uit de vijffasenvoeding.

## 1.2 Huisvesting

De dieren werden per 10 (5 baren en 5 zeugen) gehuisvest in de vleesvarkensstal op het PVL in Bocholt. De vleesvarkensstal heeft 6 compartimenten met elk 12 hokken. De hokken hebben een afmeting van 2,65m op 3,50m. Elk compartiment bestaat uit 2 x 6 hokken met een centrale voedergang van 1,20m breed. Het vloeroppervlak is vooraan voorzien van een waterkanaal van 0,50m en achteraan van een mestkanaal van 1,60m breed. Tussen het water- en het mestkanaal is er een bolle vloer van 1,40 m.

Als mestkanaal is een rioolsysteem gebruikt, dit wil zeggen dat onder de roosters overall ondiepe kanalen zitten met een verbinding naar een diepere put, die gelegen is onder de centrale voedergang. De ondiepe kanalen hebben een diepte van 0,75m.

In de bolle vloer is er een warmtewisselaar voorzien, hierdoor kan de warmte van de vloer, via een leidingennetwerk, van het ene compartiment naar het andere geleid worden. Op deze manier kan de warmte die door de grotere dieren geproduceerd wordt naar de hokken van de kleinere dieren geleid worden. Hierdoor is het warmer in de hokken van de kleinere dieren en kunnen de grotere dieren afgekoeld worden door de vloer.

Voor de ventilatie wordt een combi-ventilatiesysteem gebruikt. Dit bestaat uit een ventilatie door het plafond boven de hokken. Boven de voedergang is er een extra luchtinlaat voorzien voor warme zomerdagen. Dit gebeurt door middel van kleppen die handmatig kunnen aangepast worden. De vuile lucht wordt naar de voedergang gezogen door een ventilator.

Per hok is er een voederbak en een trog, uitgerust met een nippel, voorzien. In de hokken van de vleesvarkens kan je de exacte hoeveelheid voeder waarnemen die de dieren hebben opgenomen.

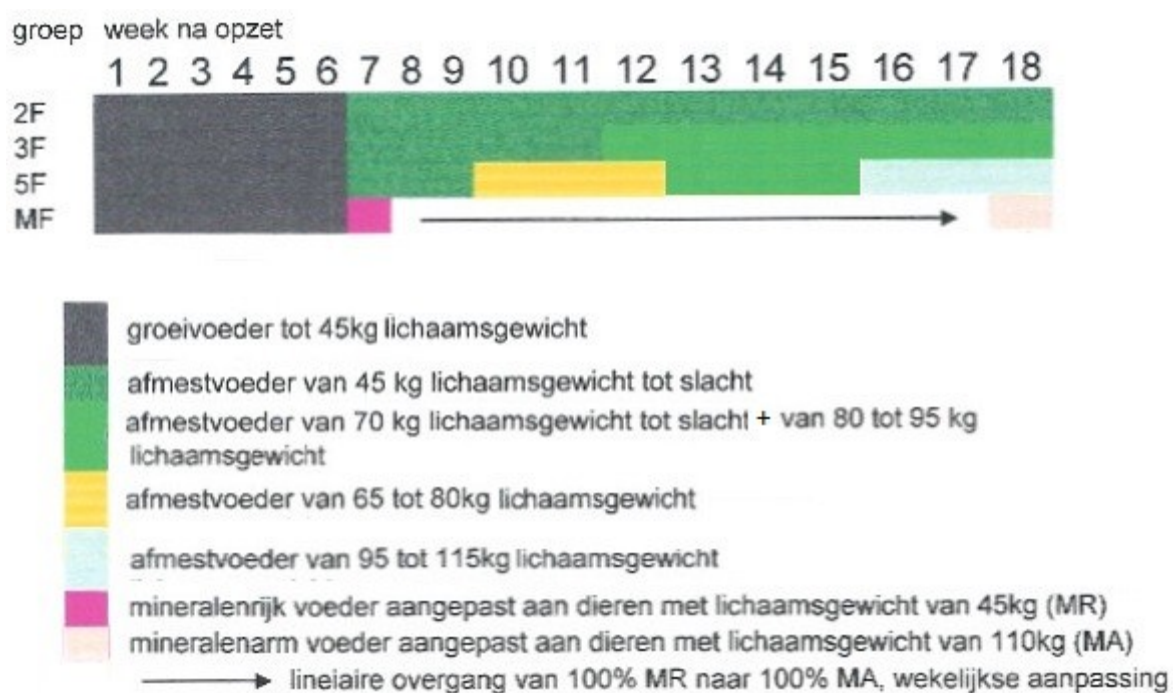
### **1.3 Voeding**

Het voeder wordt dagelijks vers verstrekt via een voorraadvoederbak om ad libitum voederopname na te streven. Water staat ook ad libitum ter beschikking van de dieren.

De rantsoenen werden geformuleerd door het ILVO. Deze werden geformuleerd volgens vier voederschema's, namelijk tweefasenvoeding, driefasenvoeding, vijffasenvoeding en multifasenvoeding. Voor de vier schema's is de eerste fase gelijk en krijgen alle dieren hetzelfde voeder van 20 tot 45 kg. Het tweefasenvoederschema, dat gebruikt wordt als controlevoeder, maakt in de afmestfase gebruik van slechts één voeder van 45 tot 110 kg. Bij de driefasenvoeding wordt de afmestfase opgesplitst in twee fasen van 45 tot 70 kg en van 70 tot 110 kg. Bij de vijffasenvoeding wordt de afmestfase opgesplitst in 45-65 kg, 65-80 kg, 80-95 kg en 95-110 kg. Bij de multifasenvoeding krijgen de vleesvarkens vanaf 45 kg een voeder dat elke week wordt aangepast. Hierbij wordt een mineralenrijk en een mineralenarm voeder gradueel gemengd. De dieren krijgen in week 1 van deze fase 90% mineralenrijk en 10% mineralenarm voeder, in week 2 van deze fase 80% mineralenrijk en 20% mineralenarm voeder, enz.

Het proefschema voor het voeder is weergegeven in figuur 8. Er zijn 7 verschillende voeders gebruikt voor de proef. In fase 1 krijgen alle dieren hetzelfde voeder (zie bijlage 1). In fase 2 van de twee-, drie- en vijffasenvoeding krijgen de dieren ook hetzelfde voeder dat geformuleerd is op basis van de behoeften van dieren van 45 kg (zie bijlage 2). Het voeder dat gebruikt wordt voor de derde fase van de driefasenvoeding wordt ook gebruikt voor de vierde fase van de vijffasenvoeding omdat de nutriëntenbehoefte in deze fase slechts weinig van elkaar verschillen (zie bijlage 3). Voor de derde (zie bijlage 4) en vijfde fase (zie bijlage 5) van de vijffasenvoeding werd telkens een apart voeder geformuleerd. Voor de multifasenvoeding van 45 tot 110 kg werd een mineralenrijk voeder (zie bijlage 6), op basis van de behoeften van dieren van 45 kg, en een mineralenarm voeder (zie bijlage 7), op basis van de behoeften van dieren van 110 kg, geformuleerd.

**Figuur 8: Proefschema - Verdeling van de verschillende voeders**



In tabel 28 is de Weende analyse en de aminozuursamenstelling van de verschillende voeders in de proef weergegeven.



De volledige samenstelling van de verschillende voeders kan men ook terug vinden in bijlage 1 tot 8. De eiwitbronnen die gebruikt zijn in de verschillende voeders en de hoeveelheid zuivere aminozuren zijn weergegeven in tabel 29. In de proef maakt men gebruik van erwten, koolzaadschroot, zonnebloemschroot, tarweglutenvoer en aardappeleiwit ter vervanging van soja. Enkel in het voeder voor de eerste fase is nog 4,65% sojaschroot gebruikt. In de volgende fasen is het sojaschroot volledig vervangen door alternatieve eiwitbronnen.

**Tabel 29: Percentage eiwitbronnen en zuivere aminozuren in de verschillende voeders**

<b>Voeder</b>	<b>Eiwitbronnen</b>	<b>Zuivere aminozuren</b>
<b>Fase 1 Twee-, drie-, vijf- en multifasenvoeding</b>	6% Erwten 6% Koolzaadschroot 6% Zonnebloemschroot 5% Tarweglutenvoer 2,5% Aardappeleiwit 4,65% Sojaschroot	0,212% L-Lysine 0,105% L-threonine 0,081% DI-methionine 0,043% L-tryptofaan
<b>Fase 2 Twee-, drie- en multifasenvoeding</b>	7% Erwten 7% Koolzaadschroot 6% Zonnebloemschroot 2,67% Tarweglutenvoer 2,13% Aardappeleiwit	0,199% L-Lysine 0,094% L-threonine 0,055% DI-methionine 0,033% L-tryptofaan
<b>Fase 3 Driefasenvoeding Fase 4 Vijffasenvoeding</b>	5% Erwten 5% Koolzaadschroot 5% Zonnebloemschroot 4,68% Tarweglutenvoer 1,28% Aardappeleiwit	0,176% L-Lysine 0,087% L-threonine 0,041% DI-methionine 0,027% L-tryptofaan
<b>Fase 3 Vijffasenvoeding</b>	7% Erwten 7% Koolzaadschroot 6% Zonnebloemschroot 3,42% Tarweglutenvoer 1,83% Aardappeleiwit	0,179% L-Lysine 0,083% L-threonine 0,052% DI-methionine 0,041% L-tryptofaan
<b>Fase 5 Vijffasenvoeding</b>	5% Erwten 5% Koolzaadschroot 5% Zonnebloemschroot 4,58% Tarweglutenvoer 0,53% Aardappeleiwit	0,163% L-Lysine 0,083% L-threonine 0,029% DI-methionine 0,024% L-tryptofaan
<b>Mineralenrijk voeder</b>	7% Erwten 7% Koolzaadschroot 6% Zonnebloemschroot 2,81% Tarweglutenvoer 2,88% Aardappeleiwit	0,212% L-Lysine 0,099% L-threonine 0,067% DI-methionine 0,036% L-tryptofaan
<b>Mineralenarm voeder</b>	5% Erwten 2,42% Koolzaadschroot 5% Zonnebloemschroot 5% Tarweglutenvoer	0,047% L-Lysine 0,026% L-threonine 0,016% DI-methionine 0,007% L-tryptofaan

## 1.4 Waarnemingen

### 1.4.1 Wegingen vleesvarkens

De dieren werden gewogen rond een tussengewicht van 45 kg, 65 kg, 80 kg, 95 kg en vlak voor het slachten. De wegingen werden niet uitgevoerd op vaste tijdstippen maar wanneer men vermoedde dat de dieren een bepaald tussengewicht bereikt hadden. De dieren werden individueel gewogen met de mobiele en digitale weegschaal 'Pig-scale' van Schippers (zie figuur 9). De weging gebeurt automatisch en de weegschaal weegt tot op 100 g nauwkeurig. Bij de weging betraden de dieren de weegschaal vooraan en konden ze deze achteraan verlaten na de weging. Hierbij werd elk dier ingelezen met een draagbare scanner en werd het gewicht via bluetooth geregistreerd. Deze data konden nadien geüpload worden naar een computer.



Figuur 9: Pig-Scale

### 1.4.2 Voederopname vleesvarkens

De voederopname van de vleesvarkens werd per hok bepaald. De hoeveelheid voeder die werd toegediend, werd bijgehouden en bij de overschakeling naar een ander voeder werd het restgewicht gewogen.

## 1.5 Statistische verwerking

De statistische analyse van de gegevens werd uitgevoerd in SAS. Eerst werd voor de verschillende parameters per voederschema het gemiddelde en de standaarddeviatie bepaald.



Voor de verwerking van de resultaten, moet men eerst nagaan of deze al dan niet normaal verdeeld zijn. Voor de gewichten en de voederopname werd er nagegaan of deze normaal verdeeld zijn met behulp van de Kolmogorov-Smirnov test. Wanneer de waarden volgens deze test niet normaal verdeeld zijn, werd er een controle uitgevoerd met de Shapiro-Wilkinson test. De groei en voederconversie werden niet getest op normale verdeling aangezien deze worden berekend uit de gewichten en de voederopname. Vervolgens werd de gelijkheid van varianties nagegaan, de voorwaarde voor het uitvoeren van de ANOVA-analyse, met de Levene test.

Vervolgens werd er een ANOVA-analyse uitgevoerd om de invloed van het voederschema op het gemiddeld gewicht na te gaan. Indien het voederschema een significante invloed had, werden de gemiddelde gewichten twee aan twee vergeleken met behulp van een Duncan test.

Omdat het begingewicht, voeder en het geslacht een invloed kunnen hebben op de verschillende parameters werd een GLM-procedure (General Linear Model) uitgevoerd. Bij de gewichten en de groei werd de invloed nagegaan van de onafhankelijke factoren begingewicht, voeder en geslacht. Tevens werd er nagegaan of er een correlatie bestond tussen het begingewicht en het voeder, het begingewicht en het geslacht, en het begingewicht, voeder en geslacht. Als hieruit bleek dat de correlatie tussen de verschillende factoren niet significant was, dan konden de correlaties worden weggelaten, en werd verder gewerkt met het eenvoudigere model uitgevoerd waarbij enkel met de hoofdeffecten (begingewicht, voeder en geslacht) rekening werd gehouden. Bij de voederopname en de voederconversie werd enkel de invloed van de onafhankelijke factoren begingewicht en voeder nagegaan. Deze parameters zijn hokgemiddelden waardoor de invloed van het geslacht niet kan getest worden. Net zoals bij het voorgaande werd eerst het uitgebreide model geanalyseerd waarbij de invloed van het voeder, het begingewicht en voeder x begingewicht werd nagegaan. Als hieruit bleek dat er geen significante correlatie was tussenvoeder en begingewicht, dan werd gebruik gemaakt van het eenvoudigere model waarbij enkel de invloed van het voeder en het begingewicht werd getest.

De berekeningen voor de kostprijs en de N-opname en N-uitstoot werden in Excel uitgevoerd.

## **2 Resultaten**

### **2.1 Inleiding**

Fasenvoeding staat volop in de belangstelling met het oog op goedkoper voederen. Rantsoenen voor oudere vleesvarkens hebben een lagere nutriënteninhoud waardoor goedkopere grondstoffen kunnen gebruikt worden en het aandeel aan dure supplementen zoals aminozuren gereduceerd kan worden.

De combinatie van eiwitrijke voedermiddelen samen met fasenvoeding, kan aanleiding geven tot een hoger gebruik van eigen geteelde eiwitrijke voedermiddelen en een lagere totale eiwit-input bij de productie van varkensvlees. Hierdoor kan de afhankelijkheid van de soja-import in Vlaanderen gevoelig gereduceerd worden.

Met deze praktijkstudie wil men aantonen dat de overschakeling van tweefasenvoeding naar drie- of meerfasenvoeding voor een reductie van de voederkosten, de mineralenuitstoot en de afhankelijkheid van de soja-import kan zorgen.

Als resultaat van deze praktijkstudie worden eerst enkele zoötechnische parameters besproken van de vleesvarkens zoals het gewicht, de gewichtsevolutie tijdens de proef, de voederopname en de voederconversie. Vervolgens wordt de rendabiliteit van de verschillende voederschema's berekend en wordt de invloed van de voederschema's op het milieu nagegaan door de N-opname en -uitstoot te berekenen. Tot slot wordt het effect op de soja-import onderzocht.

### **2.2 Zoötechnische parameters**

#### **2.2.1 Gewichtsevolutie**

In tabel 30 wordt voor elke voederstrategie het gemiddelde begingewicht bij de start van de proef en de gemiddelde tussengewichten rond 45, 65, 80 en 95 kg weergegeven. Het slachtgewicht wordt door een gebrek aan gegevens niet vermeld. In de verdere bespreking van de resultaten zal gewerkt worden met de gegevens tot 95 kg. Bij de beoordeling van de resultaten moet men wel rekening houden met het feit dat bij het afsluiten van deze masterproef nog niet alle vleesvarkens hun groei hadden voltooid. Hierdoor konden er voor de latere groeifasen minder herhalingen worden geanalyseerd.

Uit de resultaten blijkt dat het gemiddelde begingewicht van de dieren niet significant ( $P=0,4869$ ) verschillend is tussen de verschillende voederschema's. Tussen de vier behandelingen is er bij het begin van de proef dus geen verschil in gewicht.

Na de afloop van de eerste fase, bij de eerste tussenweging rond 45 kg, is er een significant effect van het voederschema op het gewicht ( $P=0,0125$ ). Het gewicht bij twee-, drie- en vijffasenvoeding is niet significant verschillend, net als het gewicht bij drie- en multifasenvoeding. Het gewicht van de dieren gevoed met twee- en vijffasenvoeding is daarentegen wel significant verschillend van dat bij de multifasenvoeding. De dieren die volgens de multifasenvoeding gevoederd zijn, hebben bij deze tussenweging het hoogste gewicht.

**Tabel 30: Gewichtsevolutie (kg) in de loop van de proef per voederstrategie (gemiddelde  $\pm$  standaardafwijking; n= aantal herhalingen)**

	<b>Tweefasen Voeding</b>	<b>Driefasen Voeding</b>	<b>Vijffasen Voeding</b>	<b>Multifasen voeding</b>	<b>Significantie (P-waarde)</b>
Begin Gewicht	23,3 $\pm$ 2,9 (n=80) A	23,4 $\pm$ 3,0 (n=90) A	24,0 $\pm$ 3,3 (n=89) A	23,7 $\pm$ 2,8 (n=110) A	0,4869
Tussengewicht rond 45 kg	47,5 $\pm$ 4,4 (n=76) B	47,9 $\pm$ 4,1 (n=87) AB	47,1 $\pm$ 4,7 (n=84) B	49,1 $\pm$ 4,9 (n=107) A	0,0125
Tussengewicht rond 65 kg	64,1 $\pm$ 5,3 (n=49) AB	64,1 $\pm$ 5,9 (n=50) AB	62,0 $\pm$ 5,4 (n=48) B	65,9 $\pm$ 5,5 (n=49) A	0,0088
Tussengewicht rond 80 kg	83,6 $\pm$ 7,1 (n=29) A	83,8 $\pm$ 6,7 (n=30) A	86,9 $\pm$ 8,2 (n=38) A	-	0,1200
Tussengewicht rond 95 kg	101,0 $\pm$ 9,8 (n=30) A	102,7 $\pm$ 7,4 (n=30) A	99,8 $\pm$ 6,4 (n=19) A	-	0,4693

A,B: Gemiddelden in een rij met eenzelfde letter zijn niet significant verschillend (ANOVA,  $P > 0,05$ )

Bij de tweede tussenweging rond 65 kg hebben de dieren die met de multifasenvoeding gevoerd worden terug het hoogste gewicht. Ook bij deze tussenweging zijn er significante verschillen ( $P=0,0088$ ) tussen de voederschema's. Het gewicht bij twee-, drie en multifasenvoeding verschilt niet significant van elkaar net zoals dat bij twee-, drie- en vijffasenvoeding. Tussen vijf- en multifasenvoeding is er een significant verschil voor het gewicht.

Doordat de hokken met multifasenvoeding later opgestart zijn, heeft men voorlopig nog geen resultaten van de gemiddelde gewichten rond 80 en 95 kg. Bij deze gewichten worden dus enkel de andere drie voederstrategieën met elkaar vergeleken. Bij de tussenweging op 80 kg hebben de dieren uit de vijffasengroep het hoogste gemiddelde gewicht. Toch is er tussen de voederschema's geen significant verschil in gewicht ( $P=0,1200$ ). Bij de tussenweging op 95 kg hebben de dieren uit de driefasengroep het hoogste gemiddelde gewicht, gevolgd door de tweefasen- en vijffasenvoeding. Ondanks de verschillen in het gemiddelde gewicht is er geen significant verschil ( $P=0,4693$ ) tussen de voederstrategieën.

In de GLM procedure wordt de invloed van het voeder, het geslacht en het begingewicht nagegaan. Enkel bij het gewicht rond 45 kg was er een significante correlatie ( $P=0,0032$ ) tussen het begingewicht en het voederschema. Het voederschema en het begingewicht hadden hier een significante invloed op het gewicht ( $P=0,0141$  en  $P < 0,0001$ ). Bij het tussengewicht rond 65, 80 en 95 kg vond men geen significante correlatie tussen de drie factoren en werd er gebruik gemaakt van het eenvoudige model. Hieruit bleek dat bij het tussengewicht rond 65 en 80 kg het voeder, het geslacht en het begingewicht een significante invloed hebben op het gewicht op dat moment. Bij het tussengewicht rond 95 kg hebben het geslacht en het begingewicht een significante invloed op het gewicht op dat moment. Het voeder heeft hier geen significante invloed.

## 2.2.2 Dagelijkse groei

In tabel 31 is de gemiddelde dagelijkse groei (g/dag) per groeiperiode en per voederstrategie weergegeven.

**Tabel 31: Gemiddelde dagelijkse groei (g/dag) voor de verschillende groeiperioden (gemiddelde  $\pm$  standaardafwijking; n= aantal herhalingen)**

	<b>Tweefasen Voeding</b>	<b>Driefasen voeding</b>	<b>Vijffasen Voeding</b>	<b>Multifasen Voeding</b>	<b>Significantie (P-waarde)</b>
Groei van 20-45 kg	689 $\pm$ 96 (n=76) A	711 $\pm$ 90 (n=87) A	684 $\pm$ 107 (n=84) A	696 $\pm$ 92 (n=107) A	0,2693
Groei van 45-65 kg	600 $\pm$ 182 (n=49) B	609 $\pm$ 184 (n=50) B	614 $\pm$ 172 (n=48) B	765 $\pm$ 127 (n=49) A	<0,0001
Groei van 65-80 kg	857 $\pm$ 119 (n=29) A	880 $\pm$ 135 (n=30) A	870 $\pm$ 148 (n=38) A	-	0,7964
Groei van 80-95 kg	610 $\pm$ 221 (n=29) A	535 $\pm$ 117 (n=30) AB	455 $\pm$ 118 (n=19) B	-	0,0076
Groei van 45-95 kg	704 $\pm$ 108 (n=29) A	684 $\pm$ 77 (n=30) A	662 $\pm$ 54 (n=19) A	-	0,2493
Totale groei	695 $\pm$ 75 (n=29) A	685 $\pm$ 59 (n=30) A	659 $\pm$ 44 (n=19) A	-	0,1516

A,B: Gemiddelden in een rij met eenzelfde letter zijn niet significant verschillend (ANOVA,  $P > 0,05$ )

In de periode van 20 tot 45 kg kregen de dieren allemaal hetzelfde voeder. Uit tabel 31 kan men afleiden dat er in deze periode geen significante verschillen ( $P=0,2693$ ) zijn voor de dagelijkse groei tussen de verschillende voederschema's. De gemiddelde dagelijkse groei was in deze periode het hoogst bij de driefasenvoeding, gevolgd door de multifasen-, twee- en vijffasenvoeding.

In de periode van 45 tot 65 kg zijn er significante verschillen ( $P < 0,0001$ ). De gemiddelde dagelijkse groei bij de twee-, drie- en vijffasenvoeding is niet significant verschillend. Deze is bij de multifasenvoeding echter wel significant verschillend van de groei bij de twee-, drie- en vijffasenvoeding. Bij de multifasenvoeding is de groei in deze periode een heel stuk hoger dan bij de andere voederschema's.

In de volgende perioden kan men enkel twee-, drie- en vijffasenvoeding vergelijken. In de periode van 65 tot 80 kg is er geen significant verschil in dagelijkse groei ( $P=0,7964$ ) tussen de voederschema's. De groei in deze periode is een stuk hoger dan in de voorgaande groeiperioden. In de periode van 65 tot 80 kg is de groei het hoogst voor de driefasenvoeding ondanks dat er geen significant verschil is.

In de periode van 80 tot 95 kg is er wel een significant verschil ( $P=0,0076$ ) in dagelijkse groei tussen de drie voederschema's. Er is geen significant verschil tussen de groei bij twee- en driefasenvoeding en bij drie- en vijffasenvoeding. Maar er is wel een significant verschil in groei tussen twee- en vijffasenvoeding. In deze fase is de groei opvallend lager dan in de

voorgaande perioden. Hierbij moet men rekening houden dat men voor deze groeifase slechts gebruik maakt van een beperkt aantal herhalingen (19 waarnemingen voor de vijfphasenvoeding, 29 waarnemingen voor de tweefasenvoeding en 30 waarnemingen voor de driefasenvoeding) die een stuk lager liggen dan in de eerste groeiperiode (76 tot 104 waarnemingen) en de tweede groeiperiode (48 tot 50 waarnemingen).

Als men de groei bekijkt voor de afmestfase van 45 tot 95 kg zijn er geen significante verschillen ( $P=0,02493$ ) tussen de voederschema's. Ondanks dat de groei niet significant verschillend is, is er een trend naar een hogere groei bij tweefasenvoeding, gevolgd door drie- en vijfphasenvoeding. Ook voor de totale groei zijn er geen significante verschillen ( $P=0,1516$ ) tussen de voederschema's. Bij vergelijking van de totale gemiddelde dagelijkse groei is deze het hoogst bij tweefasenvoeding, gevolgd door drie- en vijfphasenvoeding. Bij deze resultaten moet men opnieuw rekening houden met het feit dat er maar een beperkt aantal herhalingen in rekening kon worden gebracht omdat de experimenten nog niet afgerond waren op het moment van de analyse.

Volgens de uitgebreide GLM procedure is er geen significante correlatie tussen het begingewicht x geslacht, begingewicht x voeder en begingewicht x voeder x geslacht voor alle groeiperioden. Daarom werd gebruik gemaakt van het eenvoudige model om de invloed van het voederschema, het geslacht en het begingewicht op de groei in de verschillende groeiperioden na te gaan.

Bij de groei van 20 tot 45 kg hebben het voeder en het startgewicht een significante invloed. Het geslacht heeft hier geen significante invloed. In de periode van 45 tot 65 kg hebben het voeder, het geslacht en het begingewicht alle drie een significante invloed op de groei. In de periode van 65 tot 80 kg heeft het voeder geen significante invloed op de groei, maar het geslacht en het begingewicht hebben hier wel een significante invloed. In de periode van 80 tot 95 kg heeft enkel het voeder een significante invloed op de groei, de twee overige factoren hebben geen significante invloed. In de afmestfase van 45 tot 95 kg en bij de totale groei hebben het begingewicht en het geslacht een significante invloed. Het voeder heeft hier geen significante invloed.

### **2.2.3 Voederopname**

In tabel 32 wordt de gemiddelde dagelijkse voederopname (g/dag) voor de verschillende groeiperioden en per voederschema weergegeven.

Hieruit blijkt dat er voor de verschillende groeiperioden geen significante verschillen ( $P>0,05$  voor alle vergelijkingen) zijn tussen de verschillende voederschema's. Het voederschema heeft dus in geen enkele groeifase een invloed op de voederopname. In de eerste periode van 20 tot 45 kg is de voederopname het hoogst voor de multifasenvoeding, gevolgd door de vijf-, drie- en tweefasenvoeding. In de periode van 45 tot 65 kg periode is de voederopname het hoogste voor de multifasenvoeding, gevolgd door de twee-, drie- en vijfphasenvoeding. In de derde periode, van 65 tot 80 kg is de voederopname het hoogst bij de vijfphasenvoeding, gevolgd door de drie- en tweefasenvoeding. In de laatste periode van 80 tot 95 kg is de voederopname het hoogst voor de tweefasenvoeding, gevolgd door de drie- en vijfphasenvoeding. Voor de volledige afmestfase van 45 tot 95 kg is de voederopname het hoogst voor de tweefasenvoeding, gevolgd door de vijf- en driefasenvoeding. Tussen de

totale voederopname zijn er slechts kleine verschillen. Deze is het hoogst voor de tweefasenvoeding, gevolgd door de vijf- en de driefasenvoeding.

**Tabel 32: Gemiddelde dagelijkse voederopname (VO) (g/dag) voor de verschillende groeiperioden (gemiddelde  $\pm$  standaardafwijking; n= aantal herhalingen)**

	<b>Tweefasen Voeding</b>	<b>Driefasen voeding</b>	<b>Vijffasen voeding</b>	<b>Multifasen Voeding</b>	<b>Significantie (P-waarde)</b>
<b>VO 20-45 kg</b>	1399 $\pm$ 265 (n=8) A	1427 $\pm$ 197 (n=9) A	1431 $\pm$ 222 (n=9) A	1441 $\pm$ 97 (n=11) A	0,9741
<b>VO 45-65 kg</b>	1682 $\pm$ 217 (n=5) A	1599 $\pm$ 119 (n=5) A	1558 $\pm$ 151 (n=5) A	1798 $\pm$ 90 (n=5) A	0,1027
<b>VO 65-80 kg</b>	1895 $\pm$ 176 (n=3) A	1980 $\pm$ 184 (n=3) A	2230 $\pm$ 106 (n=3) A	-	0,0529
<b>VO 80-95 kg</b>	2459 $\pm$ 325 (n=3) A	2123 $\pm$ 79 (n=3) A	2075 $\pm$ 97 (n=2) A	-	0,1703
<b>VO 45-95 kg</b>	2072 $\pm$ 154 (n=3) A	1934 $\pm$ 92 (n=3) A	2013 $\pm$ 5 (n=2) A	-	0,3988
<b>Totale VO</b>	<b>1777 <math>\pm</math> 88</b> <b>(n=3)</b> <b>A</b>	<b>1712 <math>\pm</math> 56</b> <b>(n=3)</b> <b>A</b>	<b>1766 <math>\pm</math> 10</b> <b>(n=2)</b> <b>A</b>	-	<b>0,4987</b>

A,B: Gemiddelden in een rij met eenzelfde letter zijn niet significant verschillend (ANOVA,  $P > 0,05$ )

Volgens de uitgebreide GLM procedure is er geen significante correlatie tussen begingewicht x voeder. Het effect van het voeder is dus niet afhankelijk van het begingewicht. Daarom werd gebruik gemaakt van het eenvoudige model om de invloed van het voederschema en het begingewicht op de voederopname in de verschillende groeiperioden na te gaan. Wanneer men het effect van het voederschema en het begingewicht in het eenvoudige model nagaat op de voederopname blijkt dat deze een significante invloed hebben in alle groeifasen.

## 2.2.4 Voederconversie

In tabel 33 is de gemiddelde voederconversie voor de verschillende groeiperioden weergegeven.

Hieruit blijkt dat er enkel voor de voederconversie van 65 tot 80 kg significante verschillen ( $P=0,0062$ ) zijn tussen de voederschema's. Hierbij is er geen significant verschil voor de voederconversie bij twee- en driefasenvoeding. De voederconversie van de vijffasenvoeding verschilt significant van de twee- en driefasenvoeding.

Voor de overige groeiperioden, de afmestfase en de totale groei zijn er geen significante verschillen ( $P > 0,05$ ) tussen de verschillende voederschema's. In de periode van 20 tot 45 kg is de voederconversie het hoogst voor de vijffasenvoeding, gevolgd door de multi-, twee- en driefasenvoeding. In deze periode is de voederconversie lager dan in de volgende perioden. In de periode van 45 tot 65 kg is de voederconversie het hoogst voor de tweefasenvoeding,

gevolgd door de drie-, vijf- en multifasenvoeding. In de periode van 80-95 kg is de voederconversie ook het hoogst voor de vijffasenvoeding, gevolgd door de twee- en driefasenvoeding. Hier is de voederconversie opvallend hoog in vergelijking met voorgaande fasen. In deze groeiperioden heeft men slechts 3 waarnemingen voor de twee- en driefasenvoeding en 2 waarnemingen voor de vijffasenvoeding. Om een beter beeld van de voederconversie te krijgen in deze fase zou men meer resultaten moeten hebben. Na afloop van de proef zal men hier meer duidelijkheid over hebben. De slechte voederconversie in deze fase kan wel gelinkt worden aan de slechte groei in deze fase (zie tabel 31). In de afmestfase van 45 tot 95 kg is de voederconversie ook het hoogst voor de vijffasenvoeding, gevolgd door de twee- en driefasenvoeding. De totale voederconversie is het hoogst voor de vijffasenvoeding, gevolgd door de twee- en driefasenvoeding.

**Tabel 33: Gemiddelde voederconversie (VC) voor de verschillende groeiperioden (gemiddelde  $\pm$  standaardafwijking; n= aantal herhalingen)**

	<b>Tweefasen Voeding</b>	<b>Driefasen voeding</b>	<b>Vijffasen voeding</b>	<b>Multifasen Voeding</b>	<b>Significantie (P-waarde)</b>
<b>VC van 20-45 kg</b>	2,02 $\pm$ 0,31 (n=8) A	2,00 $\pm$ 0,22 (n=9) A	2,09 $\pm$ 0,26 (n=9) A	2,08 $\pm$ 0,15 (n= 11) A	0,8071
<b>VC van 45-65 kg</b>	2,95 $\pm$ 0,73 (n=5) A	2,81 $\pm$ 0,84 (n=5) A	2,68 $\pm$ 0,75 (n=5) A	2,38 $\pm$ 0,34 (n=5) A	0,6052
<b>VC van 65-80 kg</b>	2,21 $\pm$ 0,18 (n=3) B	2,25 $\pm$ 0,08 (n=3) B	2,56 $\pm$ 0,04 (n=4) A	-	0,0062
<b>VC van 80-95 kg</b>	4,28 $\pm$ 1,25 (n=3) A	3,99 $\pm$ 0,39 (n=3) A	4,56 $\pm$ 0,33 (n=2) A	-	0,7692
<b>VC van 45- 95 kg</b>	2,95 $\pm$ 0,22 (n=3) A	2,83 $\pm$ 0,08 (n=3) A	3,04 $\pm$ 0,03 (n=2) A	-	0,3450
<b>Totale VC</b>	<b>2,56 <math>\pm</math> 0,16</b> (n=3) <b>A</b>	<b>2,50 <math>\pm</math> 0,06</b> (n=3) <b>A</b>	<b>2,68 <math>\pm</math> 0,03</b> (n=2) <b>A</b>	-	<b>0,2753</b>

A,B: Gemiddelden in een rij met eenzelfde letter zijn niet significant verschillend (ANOVA,  $P > 0,05$ )

Volgens de uitgebreide GLM procedure is er geen significante correlatie ( $P > 0,05$ ) tussen begingewicht x voeder, deze 2 factoren beïnvloeden elkaar dus niet bij de voederconversie. Daarom werd gebruik gemaakt van het eenvoudige model om de invloed van het voederschema en het begingewicht op de voederconversie in de verschillende groeiperioden na te gaan.

In de periode van 20 tot 45 kg en van 80 tot 95 kg hebben het begingewicht en het voederschema geen significante invloed op de voederconversie. In de periode van 45 tot 60 kg heeft het startgewicht een significante invloed op de voederconversie, maar het voederschema niet. In de periode van 60 tot 85 kg ziet men het tegenovergestelde dan in de voorgaande periode. De voederconversie wordt significant beïnvloed door het voederschema, maar het begingewicht heeft hier geen significant effect.

## 2.3 Rendabiliteit

Één van de belangrijke redenen voor het toepassen van fasevoeding is het reduceren van de kostprijs. Hier wordt een schatting gemaakt van de kostprijs voor de verschillende voederschema's op basis van voederopname en de duur van de groeiperioden. Er kan hier geen berekening gemaakt worden van de totale kostprijs omdat deze parameters niet gekend zijn voor de periode van 95 kg tot slachtgewicht. De kostprijs wordt dus berekend tot 95 kg.

### 2.3.1 Tweefasenvoeding

Bij de tweefasenvoeding krijgen de dieren twee verschillende voeders: een voeder in de periode van 20 tot 45 kg met een kostprijs van 281,83 €/ton en een tweede voeder in de afmestperiode van 45 tot 110 kg met een kostprijs van 305,43 €/ton.

In onderstaande tabel is de berekening van de kostprijs voor de tweefasenvoeding per vleesvarken weergegeven. Hieruit blijkt dat voor het afmesten van een vleesvarken van 20 tot 45 kg via tweefasenvoeding de gemiddelde kostprijs 65,41 € is.

Bij de tweefasenvoeding was het begingewicht 23,3kg en het eindgewicht 101,0 kg. De dieren namen dus 77,7 kg toe. De kostprijs per kg gewichtstoename is hier 0,84 €.

Tabel 34: Berekening kostprijs tweefasenvoeding

	Periode 20-45 kg	Periode 45-65 kg	Periode 65-80 kg	Periode 80-95 kg
Gemiddelde duur (dagen)	35	29	22	31
Gemiddelde VO (g/dag)	1399	1682	1895	2459
Totale VO (kg)	49,0	48,8	41,7	76,2
Kostprijs voeder (€/kg)	0,28	0,31	0,31	0,31
Kostprijs per periode (€)	13,72	15,13	12,93	23,63
<b>Totale kostprijs (€)</b>	<b>65,41</b>			

### 2.3.2 Driefasenvoeding

Bij driefasenvoeding krijgen de dieren drie verschillende voeders: een voeder in de periode van 20 tot 40 kg met een kostprijs van 281,83 €/ton, een tweede voeder van 40 tot 70 kg met een kostprijs van 305,43 €/ton en een derde voeder van 70-110 kg met een kostprijs van 287,12 €/ton.

Bij de driefasenvoeding moet de periode van 65-80 kg opgesplitst worden in 2 deelperioden van 65-70 kg en 70-80 kg om een juiste inschatting van de kostprijs te kunnen maken. De periode van 65-80 kg duurt gemiddeld 22 dagen en de dieren groeien gemiddeld 880 g/dag. Het begingewicht van deze periode is 64,1 kg en het eindgewicht 83,8 kg. Van 64,1 kg naar een gewicht van 70 kg moeten de dieren gemiddeld 5,9 kg groeien. Dit komt overeen met



een duur van 7 dagen. In de periode van 65-80 kg krijgen de dieren 7 dagen het tweede voeder en 15 dagen het derde voeder.

In de groeiperiode van 20-45 kg krijgen de dieren het eerste voeder. In de groeiperiode van 45-65 kg het tweede voeder en in de groeiperiode van 80-95 kg het derde voeder.

In tabel 35 is de berekening van de kostprijs voor de driefasenvoeding per vleesvarken weergegeven. Hieruit blijkt dat voor het afmesten van een vleesvarken via driefasenvoeding de gemiddelde kostprijs 62,42 € is.

Bij de driefasenvoeding hebben de dieren een gemiddelde gewichtstoename van 79,3 kg. De gemiddelde kostprijs per kg gewichtstoename bedraagt hier 0,79 €.

**Tabel 35: Berekening kostprijs driefasenvoeding**

	Periode 20-45 kg	Periode 45-65 kg	Periode 65-80 kg		Periode 80-95 kg
			65-70 kg	70-80 kg	
<b>Gemiddelde duur (dagen)</b>	34	29	7	15	35
<b>Gemiddelde VO (g/dag)</b>	1427	1599	1980		2123
<b>Totale VO (kg)</b>	48,5	46,4	13,9	29,7	74,3
<b>Kostprijs voeder (€/kg)</b>	0,28	0,31	0,31	0,29	0,29
<b>Kostprijs per periode (€)</b>	13,58	14,38	4,30	8,61	21,55
<b>Totale kostprijs (€)</b>			<b>62,42</b>		

### 2.3.3 Vijffasenvoeding

Bij vijffasenvoeding krijgen de dieren vijf verschillende voeders: een eerste voeder in de periode van 20 tot 45 kg met een kostprijs van 281,83 €/ton, een tweede voeder van 45 tot 65 kg met een kostprijs van 305,43 €/ton, een derde voeder van 65-80 kg met een kostprijs van 294,52 €/ton, een vierde voeder van 80-95 kg met een kostprijs van 287,12 €/ton en een vijfde voeder van 95 tot 110 kg met een kostprijs van 280,11 €/ton.

In tabel 36 is de berekening van de kostprijs voor de vijffasenvoeding per vleesvarken weergegeven. Hieruit blijkt dat voor het afmesten van een vleesvarken via vijffasenvoeding de gemiddelde kostprijs 65,92 € is.

De gemiddelde gewichtstoename bij de vijffasenvoeding is 75,8 kg. Men heeft hier een gemiddelde kostprijs per kg gewichtstoename van 0,87 €.

**Tabel 36: berekening kostprijs vijfphasenvoeding**

	<b>Periode 20-45 kg</b>	<b>Periode 45-65 kg</b>	<b>Periode 65-80 kg</b>	<b>Periode 80-95 kg</b>
<b>Gemiddelde duur (dagen)</b>	34	27	29	34
<b>Gemiddelde VO (g/dag)</b>	1431	1558	2230	2075
<b>Totale VO (kg)</b>	48,7	42,1	64,7	70,6
<b>Kostprijs voeder (€/kg)</b>	0,28	0,31	0,29	0,29
<b>Kostprijs per periode (€)</b>	13,64	13,05	18,76	20,47
<b>Totale kostprijs (€)</b>	<b>65,92</b>			

### 2.3.4 Multifasenvoeding

Bij de multifasenvoeding krijgen de dieren drie verschillende voeders. In de periode van 20 tot 45 kg krijgen ze een voeder met een kostprijs van 281,833 €/ton. In de periode van 45 tot 110 kg krijgen de dieren twee voeders (een mineralenrijk en een mineralenarm) die gradueel gemengd worden. Het mineralenrijke voeder heeft een kostprijs van 269,94 €/ton en het mineralenarme voeder heeft een kostprijs van 266,74 €/ton.

Voor de multifasenvoeding is enkel de duur van de eerste en tweede periode gekend. Men kan dus enkel de kostprijs voor de eerste en tweede groeiperiode berekenen, deze is weergegeven in tabel 37. De kostprijs van het voeder in de tweede periode hangt af van de verhouding tussen het mineralenrijk en –arm voeder. In de eerste week van deze periode krijgen de dieren 90% MR en 10% MA wat neerkomt op een kostprijs van 269,59 €/ton. In de tweede week krijgen de dieren een voeder dat is samengesteld uit 80% MR en 20% MA voeder, dit heeft een kostprijs van 269,28 €/ton. In de derde week heeft het voeder een samenstelling van 70% MR en 30% MA en heeft het voeder een kostprijs van 268,96 €/ton.

**Tabel 37: Berekening kostprijs driefasenvoeding**

	<b>Periode 20-45 kg</b>	<b>Periode 45-65 kg</b>
<b>Gemiddelde duur (dagen)</b>	37	19
<b>Gemiddelde VO (g/dag)</b>	1441	1798
<b>Totale VO (kg)</b>	53,3	34,2
<b>Kostprijs voeder (€/kg)</b>	0,28	0,27
<b>Kostprijs €</b>	14,92	9,23

## 2.4 Stikstofuitscheiding

Een andere reden voor het toepassen van fasenvoeding is de reductie van de stikstofuitstoot. Hier wordt een schatting gemaakt van de N-opname. Men maakt hierbij gebruik van de voederopname en het ruw eiwitgehalte in het voeder. Op basis van het totale opgenomen RE-gehalte wordt dan een inschatting gemaakt van de N-opname ( $RE = N \times 6,25$ ).

Volgens Fremaut (2013) is er 2,04 kg N afzet in een vleesvarken bij 80 kg groei van 20 tot 100 kg. Per kg groei heeft men dus een N afzet van 25,5 g. Net zoals bij de kostprijsberekening kan hier ook maar een inschatting gemaakt worden tot 95 kg.

### 2.4.1 Tweefasenvoeding

In tabel 36 is de stikstofopname weergegeven bij tweefasenvoeding. Hieruit blijkt dat een vleesvarken dat met tweefasenvoeding gevoederd wordt, ongeveer 5,40 kg N opneemt tot een gewicht van 95 kg.

Als men rekent met een stikstofafzet in het dier van 25,5 g per kg groei en een groei van 77,66 kg bij de tweefasenvoeding, dan heeft men een totale N-afzet van 1,98 kg in het dier. De totale N-uitscheiding bedraagt hier 3,42 kg per dier.

Tabel 38 : Berekening stikstofuitscheiding bij tweefasenvoeding

	Periode 20-45 kg	Periode 45-65 kg	Periode 65-80 kg	Periode 80-95 kg	Totaal
<b>Gewichtsaanzet (kg)</b>	24,2	16,6	19,5	17,4	<b>77,7</b>
<b>Totale voederopname (kg)</b>	49,0	48,8	41,7	76,2	<b>215,7</b>
<b>RE-gehalte in het voeder (g/kg)</b>	166,72	153,36	153,36	153,36	
<b>Totaal opgenomen RE-gehalte (kg)</b>	8,17	7,48	6,40	11,69	<b>33,86</b>
<b>Totaal opgenomen N (kg)</b>	1,31	1,20	1,02	1,87	<b>5,40</b>
<b>N-afzet in het dier (kg)</b>					<b>1,98</b>
<b>N-uitscheiding (kg)</b>					<b>3,42</b>

### 2.4.2 Driefasenvoeding

Voor driefasenvoeding is de stikstofopname weergegeven in tabel 39. Hieruit blijkt dat een vleesvarken dat volgens driefasenvoeding gevoederd wordt, ongeveer 5,12 kg N opneemt tot een gewicht van 95 kg.

Bij driefasenvoeding wordt er 2,01 kg N afgezet in het dier bij een groei van 79,3 kg. Men heeft hierbij een N-uitscheiding van 3,11 kg.

Tabel 39: Berekening stikstofuitscheiding bij driefasenvoeding

	Periode 20-45 kg	Periode 45-65 kg	Periode 65-80 kg		Periode 80-95 kg	Totaal
			65-70 kg	70-80 kg		
<b>Gewichtsaanzet (kg)</b>	24,5	16,2	5,9	13,8	18,9	<b>79,3</b>
<b>Totale voederopname (kg)</b>	48,5	46,4	13,9	29,7	74,3	<b>213,45</b>
<b>RE-gehalte in het voeder (g/kg)</b>	166,72	153,36	153,36	140,90	140,90	
<b>Totaal opgenomen RE-gehalte (kg)</b>	8,09	7,12	2,13	4,18	10,47	<b>31,99</b>
<b>Totaal opgenomen N (kg)</b>	1,29	1,14	0,34	0,67	1,68	<b>5,12</b>
<b>N-afzet in het dier (kg)</b>						<b>2,01</b>
<b>N-uitscheiding (kg)</b>						<b>3,11</b>

### 2.4.3 Vijffasenvoeding

In tabel 40 is de stikstofopname weergegeven bij vijffasenvoeding. Een vleesvarken dat volgens de vijffasenvoeding gevoederd wordt, neemt ongeveer 5,45 kg N op tot een gewicht van 95 kg.

Bij de vijffasenvoeding wordt er 1,93 kg N afgezet in het dier bij een groei van 75,7 kg. Hier is er een uitscheiding van 3,52 kg N.

Tabel 40: Berekening stikstofuitscheiding bij vijffasenvoeding

	Periode 20-45 kg	Periode 45-65 kg	Periode 65-80 kg	Periode 80-95 kg	Totaal
<b>Gewichtsaanzet</b>	23,1	14,9	24,9	12,8	<b>75,7</b>
<b>Totale voederopname (kg)</b>	48,7	42,1	64,7	70,6	<b>226,1</b>
<b>RE-gehalte in het voeder (g/kg)</b>	166,72	153,36	146,23	140,90	
<b>Totaal opgenomen RE-gehalte (kg)</b>	8,12	6,46	9,46	9,95	<b>33,99</b>
<b>Totaal opgenomen N (kg)</b>	1,30	1,03	1,53	1,59	<b>5,45</b>
<b>N-afzet in het dier (kg)</b>					<b>1,93</b>
<b>N-uitscheiding (kg)</b>					<b>3,52</b>

### 2.4.4 Multifasenvoeding

Net zoals bij de kostprijsberekening beschikt men voor de berekening van de stikstofopname enkel over de gegevens van de eerste en de tweede groeiperiode. Aangezien de totale N-opname tot 95 kg niet gekend is, kan men hier de N-afzet in het dier en de N-uitscheiding niet berekenen. In tabel 41 wordt een inschatting gemaakt van de N-opname in de eerste twee groeiperioden.

Tabel 41: Berekening stikstofopname bij multifasenvoeding

	Periode	Periode			
	20-45 kg	45-65 kg	Week 1	Week 2	Week 3
Gewichtsaanzet	25,4				
Totale voederopname (kg)	52,9	12,6	12,6	9,7	
RE-gehalte in het voeder (g/kg)	166,72	155,17	151,69	148,23	
Totaal opgenomen RE-gehalte (kg)	8,82	1,96	1,91	1,44	
Totaal opgenomen N (kg)	1,41		0,85		

## 2.5 Soja

In dit praktijkonderzoek wordt er gebruik gemaakt van alternatieve eiwitbronnen voor sojaschroot om de afhankelijkheid van de soja-import te verminderen. Om na te gaan wat de invloed is van de voeders die gebruikt zijn in dit praktijkonderzoek op de hoeveelheid sojaschroot die men nodig heeft en dus moet importeren, is de hoeveelheid sojaschroot vergeleken met een gangbaar voeder. Om een beeld te hebben van een gangbaar voeder werd contact opgenomen met Ignace Denutte van ID Nutrition (22 mei 2013 – persoonlijke communicatie). In het praktijkonderzoek werd enkel nog gebruik gemaakt van sojaschroot in de eerste fase van 20 tot 45 kg. In deze periode bevatte het voeder 4,65% sojaschroot. In een gangbaar voeder zit in de fase van 20 tot 45 kg 17% sojaschroot. Indien men gebruik maakt van tweefasenvoeding dan bevat het voeder in de tweede fase 8% sojaschroot. Indien men gebruik maakt van driefasenvoeding bevat het voeder in de tweede fase 8% sojaschroot en in de derde fase 4-5% sojaschroot.

Voor de berekening van de hoeveelheid opgenomen sojaschroot wordt gebruik gemaakt voor beide voeders van de gemiddelde voederopname uit het praktijkonderzoek. De berekeningen zijn weergegeven in tabel 42.

Tabel 42: Vergelijking van de hoeveelheid sojaschroot in het praktijkvoeder en een gangbaar voeder

	Proefvoeder			Gangbaar voeder		
	Hoeveelheid sojaschroot (%)	Gemiddelde VO (kg)	Opname sojaschroot (kg)	Hoeveelheid sojaschroot (%)	Gemiddelde VO (kg)	Opname sojaschroot (kg)
<b>Tweefasen voeding</b>						
Fase 1	4,65	49,0	2,28	17	49,0	8,33
Fase 2 (tot 95 kg)	0	166,7	0	8	166,7	13,34
<b>Totaal</b>			<b>2,28</b>			<b>21,67</b>
<b>Driefasen Voeding</b>						
Fase 1	4,65	48,5	2,26	17	48,5	8,25
Fase 2	0	60,3	0	8	60,3	4,82
Fase 3 (tot 95 kg)	0	104,0	0	4,5	104,0	4,68
<b>Totaal</b>			<b>2,26</b>			<b>17,75</b>

Uit tabel 42 blijkt dat men in het praktijkonderzoek bij de tweefasenvoeding 2,28 kg sojaschroot per dier gebruikt. In het gangbaar voeder wordt bij tweefasenvoeding gemiddeld 21,67 kg sojaschroot gebruikt per dier, dat is tot 9,5 keer meer dan in het proefvoeder. Bij de driefasenvoeding gebruikt men 2,26 kg sojaschroot per dier in het praktijkonderzoek. En 17,82 kg sojaschroot per dier bij het gangbare voeder, dat is bijna 8 keer meer dan in het proefvoeder.

## **3 Discussie**

### **3.1 Zoötechnische parameters**

Bij bespreking van deze parameters moet eerst en vooral het volgende worden opgemerkt: Bij het uitvoeren van deze proef, zijn de dieren gewogen wanneer men vermoedde dat ze ongeveer een bepaald gewicht hadden bereikt en niet na een vast aantal dagen. Hierdoor is de gemiddelde duur van de verschillende groeifasen niet volledig gelijk voor de verschillende hokken van een bepaald voederschema. Strikt genomen zou de data voor de verschillende hokken niet mogen samen genomen worden in de analyse. Om een interpretatie van de data mogelijk te maken is dit echter toch gebeurd.

#### **3.1.1 Gewicht**

Bij de eerste tussenweging rond 45 kg valt onmiddellijk het significante verschil in gewicht op tussen de verschillende voederschema's. Nochtans zou men hier geen significant verschil verwachten aangezien de dieren in deze fase allemaal hetzelfde voeder hebben gekregen. Bij deze tussenweging hebben de dieren die volgens multifasenvoeding gevoerd worden gemiddeld een hoger gewicht dan de drie andere voederschema's. Dit zou kunnen verklaard worden door de proefopzet. Bij de opstart van de proef waren er problemen met de installatie voor het mengen van het mineralenarm en -rijk voeder. Hierdoor werden er bij de eerste rondes geen hokken met multifasenvoeding opgestart. Toen uiteindelijk op 24 januari de eerste hokken met multifasenvoeding werden opgezet, gebeurde dit zonder dat er tegelijk ook hokken met een ander voederschema werden opgezet. Het ander moment waarop de behandeling met multifasenvoeding werd getest, en de daarmee gepaard gaande mogelijke lichte variaties in voedersamenstelling en klimatologische omstandigheden, zouden een mogelijke verklaring kunnen zijn voor het onverwachte effect van voeder bij de eerste tussenweging. Een andere verklaring kan gevonden worden in het hoger gemiddeld begingewicht (ongeveer 25 kg) van biggen die de multifasenvoeding kregen in vergelijking met biggen die opgezet werden in de andere rondes. Ondanks de hogere begingewichten bij deze ronde is het begingewicht bij de verschillende voederschema's niet significant verschillend. Maar uit de literatuur en de praktijk weet men dat biggen met een lager begingewicht het minder goed doen in de volgende fasen dan zwaardere biggen (Driessen & Van Thielen, 2012). Het hogere tussengewicht rond 45 kg zou dus verklaard kunnen worden doordat de zwaardere biggen sneller groeien. In de literatuur werd ook een studie teruggevonden met een significant verschil in gewicht in de eerste fase. In deze studie van Pomar et al. (2007) werden drie- en multifasenvoeding vergeleken. Hierbij hadden de dieren van de multifasenvoeding gedurende de gehele proef de neiging om meer gewicht aan te zetten en waren ze dus zwaarder dan bij de driefasenvoeding.

Bij de tussenweging rond 65 kg hebben de dieren uit de multifasenvoeding terug een hoger egewicht. Een mogelijke verklaring hiervoor zou dezelfde kunnen zijn als bij de tussenweging rond 45 kg. In de literatuur werd dit resultaat ook gevonden in de studie van Pomar et al. (2007). Tijdens het verloop van de proef werd vastgesteld dat de multifase dieren de neiging hadden om meer gewicht aan te zetten dan bij de driefasenvoeding. In de praktijkstudie van deze masterproef zijn ook tussen de gewichten bij deze tussenweging significante verschillen. De dieren van de twee-, drie- en vijffasenvoeding krijgen in de fase van 45 tot 65

kg allemaal hetzelfde voeder. Enkel de dieren van de multifasenvoeding krijgen een ander voeder. Tussen de twee-, drie- en vijffasenvoeding zijn er bij de tussenweging rond 65 kg geen significante verschillen in gewicht zoals te verwachten. De multifasenvoeding verschilt hier niet significant van de twee- en driefasenvoeding, maar verschilt wel significant van de vijffasenvoeding. De verschillen kunnen hier verklaard worden door de invloed van het voederschema, geslacht en begingewicht.

Bij de tussenweging rond 80 kg zijn er geen significante verschillen tussen de twee-, drie- en vijffasenvoeding. Nochtans krijgen de dieren van 65 tot 80 kg bij de drie voederschema's een verschillend voeder en hebben het voederschema, begingewicht en geslacht een significante invloed. Bij de tussenweging rond 95 kg zijn er ook geen significante verschillen tussen de gewichten.

In de fase van 80 tot 95 kg krijgen de dieren in de drie- en vijffasenvoeding hetzelfde voeder, bij de tweefasenvoeding maakt men gebruik van een ander voeder. Bij deze tussenweging heeft het voederschema geen significante invloed, wat de verklaring kan zijn waarom er hier geen significante verschillen zijn tussen de voederschema's.

### **3.1.2 Dagelijkse groei**

Voor de gemiddelde dagelijkse groei van 20 tot 45 kg is er geen significant verschil tussen de voederschema's. In deze fase krijgen alle dieren hetzelfde voeder en was dit resultaat te verwachten doordat het voederschema in deze periode geen significante invloed ( $P > 0,05$ ) heeft op de groei. In deze fase is de groei bij de driefasenvoeding het hoogst, gevolgd door de multifasenvoeding. Pomar et al. (2007) vonden het tegenovergestelde. In hun studie was de groei van de multifasenvoeding het hoogst gedurende de gehele proef.

In de fase van 45 tot 65 kg krijgen de dieren van de twee, drie en vijffasenvoeding hetzelfde voeder, de dieren uit de multifasenvoeding krijgen een ander voeder. In deze fase is er een significant verschil tussen de twee-, drie- en vijffasenvoeding en de multifasenvoeding wat kan verklaard worden door het gebruik van verschillende voeders aangezien het voederschema een significante invloed heeft. In deze fase is de groei het hoogst bij de multifasenvoeding. Dit is in overeenstemming met de resultaten van Pomar et al. (2007), zoals reeds eerder gemeld.

In de fase van 65 tot 80 kg zou men een significant verschil verwachten in groei door het gebruik van verschillende voeders. Maar dit is niet het geval aangezien het voederschema geen significante invloed heeft.

In de fase van 80 tot 95 kg krijgen de dieren van de drie- en vijffasenvoeding hetzelfde voeder, tussen deze groepen is er geen significant verschil in groei. Tussen de twee- en vijffasenvoeding is er een significant verschil in groei, maar tussen de twee- en driefasenvoeding niet, nochtans zou men dit ook verwachten aangezien de dieren van de drie- en vijffasenvoeding hetzelfde voeder krijgen en het voederschema een significante invloed heeft op de groei in deze fase.

De totale gemiddelde groei van 20 tot 95 kg schommelde in deze proef van 659 tot 695 g/dag. Dit is iets hoger dan de gemiddelde dagelijkse groei op de Belgische vleesvarkensbedrijven. Hierbij schommelde de dagelijkse groei van 2009 tot 2011 van 627



tot 642 g/dag (Vrints & Deuninck, 2013). Deze cijfers zijn wel voor een groeiperiode van 20 tot 110 kg.

### 3.1.3 Voederopname

Voor de voederopname is er in geen enkele fase een significante verschil tussen de voederschema's. Dit kan verklaard worden doordat het voeder en het begingewicht geen significante invloed hebben. Zoals men uit de literatuur weet, stijgt de voederopname tot de dieren ongeveer 70 kg wegen (Fremaut et al., 2003). Bij de resultaten van deze studiemerken we dat er een stijging is van de voederopname over de verschillende groeiperioden. In de groeiperiode van 20 tot 45 kg en 45 tot 65 kg is de gemiddelde dagelijkse voederopname het hoogst voor de multifasenvoeding. Dit is in overeenstemming met wat er in de literatuur werd teruggevonden. In de studie van Pomar et al. (2007) namen de multifase dieren 3,7% meer voeder op in de eerste fase dan bij het driefasensysteem. De duur van de eerste fase was hier 28 dagen. In de praktijkstudie van deze masterproef was de totale voederopname in de eerste fase bij de driefasenvoeding 49,2 kg en bij de multifasenvoeding 52,9 kg. De voederopname bij multifasenvoeding is in de eerste fase in deze proef zelfs 7,6% hoger dan bij de driefasenvoeding. Wel moet men er rekening mee houden dat deze periode bij de multifasenvoeding 2 dagen langer duurde dan bij de driefasenvoeding, wat een verklaring kan zijn voor de hogere voederopname.

De totale gemiddelde voederopname van 20 tot 95 kg schommelde in deze proef van 1712 tot 1777 g/dag. Dit is iets lager dan de gemiddelden op de Belgische vleesvarkensbedrijven, waarvoor de gemiddelde voederopname van 2009 tot 2011 varieerde tussen 1844 tot 1883 g/dag (Vrints & Deuninck, 2013). Hierbij gaat het wel om een groeiperiode van 20 tot 110 kg. Deze verschillende resultaten kunnen worden verklaard door de voedersamenstelling. Uit de literatuur weten we dat het gebruik van alternatieve eiwitbronnen beperkingen heeft door de aanwezigheid van antinutritionele factoren.

Voor erwten weten we uit verschillende studies dat men tot 30% kan inmengen zonder nadelige effecten op de groeiprestaties (Beaulieu et al., 2010a; Castell et al., 1988; Davies, 1984; Edwards et al., 1987). In een studie van Matre et al. (1990) raadde men maximum 10-20% erwten aan zonder nadelige invloed op de groei en voederconversie. Hogere gehalten zouden eventueel ook zelfs mogelijk zijn, al dan niet in combinatie met methionine supplementatie (Beaulieu et al., 2010b; Bell & Keith, 1990; Kehoe et al., 1991; Ogle & Hakansson, 1988; Stein et al., 2006b; Thaler en Stein, 2003; Wachenheim & Mattson, 2002). In deze praktijkstudie werd echter maar maximaal 7% erwten gebruikt. Dit is een stuk lager dan de maximale inmengingspercentages die men in de literatuur aanraadt. Hierdoor zijn er geen nadelige effecten op de zoötechnische prestaties van de dieren te verwachten.

Voor koolzaadschroot maakt men een onderscheid tussen inmengingspercentages voor dubbelnulrassen en niet-dubbelnulrassen. Hierbij speelt het glucosinolaatgehalte een rol. Bij een glucosinolaatgehalte van meer dan 3 mmol/kg voeder raadt men maximum 7-10% koolzaadschroot aan, anders heeft dit nadelige effecten op de voederopname en voederconversie (Corino et al., 1998; Kennely et al., 1978; Nürnberg et al., 1994; Verstraete, z.j.; Wetschereck, 1990 en 1992). Bij een laag glucosinolaatgehalte kan men tot 30% gebruiken voor jonge varkens en voor zwaardere vleesvarkens kan men het zelf als enige eiwitbron gebruiken zonder nadelige invloed op de prestaties (King, 2000; Lamont et al., 2005; Siljander-Rasie et al., 1996). Net zoals voor erwten werd er in dit praktijkonderzoek

gebruik gemaakt van maximum 7% koolzaadschroot waardoor opnieuw geen nadelige invloed op de zoötechnische prestaties verwacht wordt.

Voor zonnebloemenschroot kan men 25-50% inmengen zonder nadelige effecten (Baird, 1981; Gargallo en Zimmerman, 1991; Seerley et al., 1974). In deze praktijkstudie werd maximum 6% zonnebloemenschroot gebruikt en verwacht men net zoals bij de voorgaande grondstoffen geen nadelige effecten. Voor aardappeleiwit is het maximale inmengingspercentage 5-8% (Borggreve en Veen, 1978; Borggreve en Cornelissen, 1983; Kerr et al., 1998; Smits et al., 1991) Bij hogere gehalten heeft men nadelige effecten op de groei en voederopname. In deze praktijkstudie werd maximaal 2,88% aardappeleiwit gebruikt. Het maximale inmengingspercentage werd hierdoor niet overschreden waardoor deze eiwitbron ook niet voor problemen kan zorgen. De gebruikte eiwitbronnen in deze studie worden elk in zo een laag percentage gebruikt dat ze weinig of geen nadelige gevolgen kunnen hebben op de voederopname en op de andere zoötechnische parameters.

### **3.1.4 Voederconversie**

Voor de voederconversie zijn er geen significante verschillen tussen de voederschema's in de groeiperiode van 20 tot 45 kg, 45 tot 65 kg en 80 tot 95 kg. In de groeiperiode van 65 tot 80 kg is de VC bij twee- en driefasenvoeding significant verschillend van de VC bij vijfphasenvoeding. Opvallend is de hoge voederconversie ( $3,99 \pm 0,39$  tot  $4,56 \pm 0,33$ ) in de fase van 80 tot 95 kg. In deze fase groeien de dieren dus zeer inefficiënt. Dit is in overeenstemming met de resultaten voor de slechte dagelijkse groei in deze fase. Van der Peet-Schwering en Plagge, 1995 vonden een slechtere voederconversie voor multifasenvoeding dan voor tweefasenvoeding, de oorzaak hiervan werd echter niet gevonden. In de praktijkstudie van deze masterproef is dit het geval in de eerste fase, maar het verschil is klein en niet significant. De VC in deze fase is bij multifasenvoeding 2,08 en bij driefasenvoeding 2,02. In de tweede groeiperiode van 45 tot 65 kg vindt men het tegenovergestelde. De VC is hier bij multifasenvoeding 2,38 en bij de tweefasenvoeding 2,95. Voor de volgende fasen zijn de resultaten nog niet gekend voor de multifasenvoeding.

In deze proef schommelt de totale voederconversie van 2,50 tot 2,68. Deze waarden zijn lager dan de gemiddelde voederconversie op de Belgische vleesvarkensbedrijven die van 2009 tot 2011 schommelde tussen 2,91 en 2,94 (Vrints & Deuninck, 2013). In deze proef is de voederconversie dus beter dan de gemiddelden op de Belgische vleesvarkensbedrijven. Volgens Driessen & Van Thielen (2012) zou een betere voederconversie gepaard gaan met een hogere dagelijkse groei, wat in deze proef ook het geval is. De gemiddelden voor dagelijkse groei in deze proef zijn hoger dan de gemiddelden op de Belgische vleesvarkensbedrijven.

### **3.1.5 Algemeen**

Uit de huidige studie kan men algemeen besluiten dat de dieren in de verschillende voederschema's goed scoren op vlak van zoötechnische parameters. De gemiddelde groei, voederopname en voederconversie zijn voor de groeiperioden redelijk gelijklopend, zonder echt grote verschillen. Dit wijst er op dat meerfasenvoeding kan toegepast worden zonder nadelige invloeden op de zoötechnische prestaties.

## 3.2 Rendabiliteit

De berekening van de kostprijs is slechts een voorlopige inschatting aangezien men nog geen gegevens heeft over de laatste groeiperiode van 95 kg tot slachtgewicht. De kostprijs van de voeders is hier dus berekend van 20 tot 95 kg.

In de praktijk is het voeder dat in de eerste fase gebruikt wordt normaal het duurste voeder. En bij de volgende fasen daalt de kostprijs van de voeder. Aangezien vanaf een gewicht van 70 kg nog 60% van het totale voeder wordt opgenomen, heeft de prijs van het voeder vanaf dan een sterke invloed heeft op de totale voederkostprijs (Fremaut, 1997). Wanneer gekeken wordt naar de kostprijs van de verschillende voeders in deze proef valt onmiddellijk op dat dit hier niet het geval is. Bij de tweefasenvoeding is het voeder voor de eerste fase het goedkoopste en voor de tweede fase het duurste. Bij de driefasenvoeding is het voeder voor de tweede fase het duurste en is de derde fase goedkoper maar wel nog steeds duurder dan de eerste. Bij de vijfphasenvoeding is de volgorde als volgt: de tweede fase is de duurste, gevolgd door de derde, vierde, eerste en laatste fase.

In de eerste fase maakt men reeds gebruik van alternatieve eiwitbronnen, maar bevat het voeder ook nog 4,65% sojaschroot. In de volgende fasen bevatten de voeders enkel nog alternatieve eiwitbronnen wat een verklaring kan zijn voor de hogere kostprijs. Erwten, koolzaadschroot, zonnebloemschroot en tarweglutenvoer kosten nochtans minder per ton dan sojaschroot. Het aardappeleiwit daarentegen is meer dan tweemaal zo duur als sojaschroot. Uit de literatuurstudie weet men dat sojaschroot een gemiddeld RE-gehalte heeft van 43%. Erwten bevatten 21% RE, koolzaad- en zonnebloemschroot 38% RE en aardappeleiwit bevat 76% RE (CVB, 2007). Aardappeleiwit heeft een hoger RE-gehalte dan sojaschroot en zou dus een perfecte vervanger kunnen zijn. Deze grondstof is echter zeer duur waardoor het slechts in zeer beperkte hoeveelheden sojaschroot kan vervangen. De overige gebruikte grondstoffen hebben een lager RE-gehalte dan sojaschroot. Hierdoor moet men van deze grondstoffen meer gebruiken om tot hetzelfde RE-gehalte te komen, wat kan zorgen voor een hogere kostprijs. Om deze grondstoffen aantrekkelijker te maken voor toepassing in de praktijk moeten deze dus goedkoper worden. Uit de literatuur weten we dat daarvoor de teelt van erwten, koolzaad- en zonnebloemschroot verbeterd moet worden (Kamp et al., 2008).

Voor de tweefasenvoeding heeft men een voederkostprijs van 0,84 €/kg gewichtstoename of een totale voederkostprijs van 65,41 € per dier. Bij de driefasenvoeding heeft men een voederkostprijs van 0,79 €/kg gewichtstoename of een totale voederkostprijs van 62,42 €. En bij de vijfphasenvoeding heeft men een voederkostprijs van 0,87 €/kg gewichtstoename of een totale voederkostprijs van 65,92 €. Uit deze kostprijsberekening blijkt dat de vijfphasenvoeding het duurste is en de driefasenvoeding het goedkoopste. Maar bij deze kostprijsberekening is men uitgegaan van de gemiddelde duur van de verschillende groeiperioden. Doordat de dieren niet op vaste tijdstippen gewogen zijn, is de duur van de verschillende groeiperioden verschillend. Hierdoor kan men dus geen juiste vergelijking van de kostprijs maken. Zo is de duur van de groeiperiode van 65-80 kg bij vijfphasenvoeding 28,50 dagen en bij de twee- en driefasenvoeding slechts 22 dagen. Dit heeft invloed op de kostprijsberekening en zorgt voor de hogere kostprijs van de vijfphasenvoeding. Bij de andere groeiperioden is de duur niet zo sterk verschillend.

Indien men dezelfde berekeningen voor de vijffasenvoeding zou herhalen maar met een duur van slechts 22 dagen voor de periode van 65 tot 80 kg, is de kostprijs een heel stuk lager en zou de veronderstelling, dat voederen via meerfasenvoeding goedkoper wordt naarmate men meer fasen heeft, kloppen.

Ondanks dat men geen correcte vergelijking kan maken van de kostprijs blijkt uit deze berekeningen dat de driefasenvoeding goedkoper is dan de tweefasenvoeding. De vijffasenvoeding is hier duurder, maar indien de duur van de groeiperioden gelijk zou zijn, zou het goedkoper worden. De hypothese die men wou nagaan dat meerfasenvoeding goedkoper is, kan men hier dus bevestigen.

### **3.3 Stikstofuitscheiding**

Net zoals de kostprijsberekening zijn de berekening voor de N-uitscheiding een voorlopige inschatting aangezien de gegevens voorlopig maar gekend zijn tot 95 kg.

Uit deze berekeningen blijkt dat de N-uitscheiding per dier voor tweefasenvoeding gemiddeld 3,42 kg is, voor driefasenvoeding is dit 3,11 kg en voor de vijffasenvoeding 3,52 kg. Net zoals bij de kostprijsberekening is de N-uitscheiding bij de vijffasenvoeding het hoogst, de verklaring hiervoor kan men ook vinden in het feit dat de groeiperiode van 65 tot 80 kg langer duurt. Hierdoor nemen de dieren in deze fase meer voeder en dus meer N op in vergelijking met de andere voederschema's.

Indien men dezelfde berekeningen voor de vijffasenvoeding zou herhalen maar met een duur van slechts 22 dagen voor de periode van 65 tot 80 kg, zou de totale voederopname slechts 49,06 kg zijn in plaats van 64,7 kg. Hierdoor zou de N-uitscheiding 3,27 kg zijn in plaats van 3,52 kg. Dit is nog steeds hoger dan de driefasenvoeding, maar wel al een stuk lager dan de tweefasenvoeding. Voor een juiste vergelijking moet de duur van de groeiperioden voor alle voederschema's gelijk zijn.

De N-uitscheiding bij de tweefasenvoeding is 10% hoger dan bij de driefasenvoeding. Het gemiddelde RE-gehalte daalt bij overgang van 15,6% naar 14,9%. De resultaten voor de N-uitscheiding in deze praktijkstudie zijn iets hoger dan de resultaten van Fremaut et al. (2003). In die studie werd een reductie van de N-uitstoot met 6% vastgesteld bij de overgang van twee- naar driefasenvoeding. In deze studie daalde het RE-gehalte ook met 0,7%. De N-uitscheiding bij de vijffasenvoeding is 13,5% hoger dan bij de driefasenvoeding en 3% hoger dan bij de tweefasenvoeding. In de literatuur werden geen vergelijkende studies teruggevonden voor twee-, drie- en vijffasenvoeding.

Voor de multifasenvoeding beschikt men enkel over resultaten voor de N-opname van de eerste twee groeiperioden en is vergelijking van de totale N-uitscheiding dus moeilijk. Wanneer men de N-opname vergelijkt kan men wel al een beeld krijgen van de verwachte N-uitstoot als men de N-opname voor de vier voederschema's vergelijkt in de eerste groeiperiode zien we dat de N-opname het hoogst is voor de multifasenvoeding, gevolgd door de vijf-, twee en driefasenvoeding. Dat de N-opname hoger is voor de multifasenvoeding in deze fase kan verklaard worden door het feit dat de dieren op het einde van deze periode een hoger eindgewicht hebben en dus meer groeien en hierdoor meer voeder opnemen. In de tweede groeiperiode is de groei opvallend lager voor de multifasenvoeding dan de overige voederschema's. Bij de multifasenvoeding is de N-

opname 0,85 kg in deze periode. Bij twee- drie- en vijffasen is de opname respectievelijk 1,20; 1,14 en 1,03. De lage opname bij de multifasenvoeding kan verklaard worden doordat de dieren in een kortere periode meer groeien dan bij de andere voederschema's. Door de kortere duur van de groeiperiode nemen de dieren minder voeder op en dus ook minder N. Over de totale N-uitstoot kan men geen uitspraken doen, maar door de lage N-opname in de tweede groeiperiode kan er hier een lagere N-uitstoot verwachten dan in de andere voederschema's. Dit ligt in de lijn van de verwachtingen, namelijk dat de N-uitstoot lager is bij multifasenvoeding. In de literatuur vond men namelijk ook dat multifasenvoeding de N-uitstoot reduceert. In de studie van Pomar et al. (2007) reduceerde de N-excretie met 12% bij de overschakeling van drie- naar multifasenvoeding. Ook verwacht men een reductie van het opgenomen RE bij het gebruik van multifasenvoeding.

### **3.4 Soja**

Een belangrijk aspect van deze thesis was de reductie van de afhankelijkheid van de soja-import. Europa is namelijk slechts voor 25-30% zelfvoorzienend in eiwitbronnen voor de veevoeding en importeert jaarlijks ongeveer 39 miljoen ton soja (European Commission, 2010; Kamp et al., 2008; Van Berkum et al., 2006; Vahl, 2009; Vilt, 2012; Wervel, z.j.; Watté, z.j.). Door het gebruik van alternatieve eiwitbronnen kan de soja-import beperkt worden. Uit de vergelijking van het voeder uit de praktijkstudie en een gangbaar voeder bij twee- en driefasenvoeding, blijkt dat de benodigde hoeveelheid sojaschroot sterk kan verminderd worden door het gebruik van alternatieve eiwitbronnen. Bij tweefasenvoeding gebruikt men in het gangbare voeder tot 9,5 keer meer sojaschroot per dier dan in het praktijkvoeder en bij de tweefasenvoeding tot 8 keer meer. Hieruit blijkt dat er mogelijkheden zijn om alternatieve eiwitbronnen te gebruiken in de varkensvoeding. Maar uit de literatuur weten we dat de teelt van alternatieve eiwitbronnen zoals erwten momenteel nog niet concurrerend genoeg is met de huidige teelten zoals granen, doordat ze een onvoldoende hoge opbrengst hebben (Kamp et al., 2008). Hierdoor zijn deze alternatieven momenteel nog niet voldoende beschikbaar om ze op grote schaal toe te passen. Om deze teelten op grote schaal te kunnen toepassen zal er meer veredeling moeten gebeuren voor deze gewassen en zou Europa deze teelten moeten stimuleren (Kamp et al., 2008). De mogelijkheden zijn er dus, maar er is nog een lange weg te gaan.

## 4 Algemeen besluit

Bij de besluitvorming van dit onderzoek, dient er rekening gehouden te worden met 2 belangrijke beperkingen die zich stellen bij de praktijkproef. Aangezien de proef momenteel nog loopt, is het moeilijk om een algemeen besluit te trekken. De resultaten zijn bij het afsluiten van deze masterproef slechts bekend tot 95 kg. Hiermee moet men rekening houden bij de interpretatie van de resultaten. Een tweede belangrijke opmerking is het feit dat de wegingen niet op vaste tijdstippen zijn uitgevoerd. Deze zijn uitgevoerd op het moment dat men vermoedde dat de dieren een bepaald gewicht bereikt hadden. Hierdoor is de duur van de verschillende groeiperioden niet gelijk voor de verschillende testgroepen. De vergelijking van de parameters is hierdoor niet volledig correct, maar men krijgt uit de resultaten wel een algemeen beeld van de proef.

Voor de verschillende zoötechnische parameters namelijk gewicht, groei, voederopname en voederconversie zijn de resultaten bij de verschillende voederschema's redelijk gelijklopend zonder sterk opvallende verschillen. Uit de proef blijkt dus dat zowel twee-, drie-, vijf- als multifasenvoeding kan toegepast worden zonder nadelig invloeden op de zoötechnische prestaties.

Bij de berekening van de voederkostprijs voor de verschillende voederschema's valt de hogere kostprijs op van de voeders die gebruikt worden vanaf de tweede fase. In de praktijk daalt normaal de kostprijs van voeders in de opeenvolgende fasen. De alternatieve eiwitbronnen zijn mee verantwoordelijk voor deze hogere kostprijs. Uit de berekening van de voederkostprijs tot 95 kg in deze proef blijkt dat het voeder voor de driefasenvoeding het goedkoopst is, gevolgd door twee- en vijffasenvoeding. De hogere kostprijs van de vijffasenvoeding wordt vooral veroorzaakt door de ongelijke duur van de groeiperioden bij de metingen. Hierdoor is de voederopname en dus ook de kostprijs in de verschillende groeiperioden verschillend. Voor de totale voederkostprijs van de multifasenvoeding heeft men voorlopig nog onvoldoende gegevens. Algemeen kan men hier besluiten dat er bij het gebruik van meefasenvoeding een tendens is naar een daling van de voederkostprijs. Voor een juiste conclusie moet men wachten op het eindresultaat van de proef.

De stikstofuitstoot is in deze proef het hoogst voor de vijffasenvoeding, gevolgd door de twee- en driefasenvoeding. De verklaring voor de hoge stikstofuitstoot kan net zoals bij de berekening van de voederkostprijs verklaard worden door het feit dat de duur van de groeiperioden niet gelijk is. In deze proef was de N-uitscheiding, tot een gewicht van 95 kg, bij de tweefasenvoeding 10% hoger dan bij de driefasenvoeding, hierbij daalde het gemiddelde RE-gehalte van 15,6% naar 14,9%. Bij de vijffasenvoeding is de N-uitstoot 13,5% hoger dan bij de driefasenvoeding en 3% hoger dan bij de tweefasenvoeding. Voor de totale gemiddelde N-uitscheiding van de multifasenvoeding heeft men voorlopig nog onvoldoende gegevens. Bij het toepassen van meefasenvoeding is er in deze proef een tendens naar een daling van de N-uitscheiding.

Uit de voorlopige resultaten van deze studie worden dus een aantal bevindingen bevestigd zoals een daling van de voederkostprijs en N-excretie bij de overgang van twee- naar driefasenvoeding. De resultaten van de vijffasenvoeding spreken de verwachte verdere daling van de kostprijs en N-excretie tegen, maar dit kan verklaard worden door de uitvoering van de proef. Voor de volledige resultaten is het afwachten tot het einde van de proef

Tot slot was het laatste belangrijke aspect van deze masterproef dat werd onderzocht de invloed op de hoeveelheid sojaschroot die men gebruikt in de voeding voor vleesvarkens. Uit de vergelijking van het proefvoeder en een gangbaar voeder bleek dat er bij het toepassen van tweefasenvoeding voor het gangbaar voeder tot 9,5 keer meer sojaschroot werd opgenomen dan in het proefvoeder. Bij driefasenvoeding werd bij het gangbaar voeder tot 8 keer meer sojaschroot opgenomen dan bij het proefvoeder. Het gebruik van alternatieve eiwitbronnen heeft dus een positief effect op het verbruik van sojaschroot. Het kan de hoeveelheid sojaschroot die moet geïmporteerd worden doen dalen, wanneer er voldoende alternatieve eiwitbronnen voorradig zijn.

## Referentielijst

- Abbey, B.A., Neale, R.J. & Norton, G. (1979). Nutritional effects of field bean (*Vicia faba* L.) protease inhibitors fed to rats. *British Journal of Nutrition*, 41, 31-38.
- AFZ, Ajinomoto Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, INRA & ITCF (2000). AmiPig, Ileal standardised digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs.
- Aherne, F.X., Lewis, A.J., Hardin, R.T. (1977). An evaluation of faba beans (*Vicia faba*) as a protein supplement for swine. *Canadian Journal of Animal Science*, 57, 321-328.
- Allen, J.G. (1998). Toxins and lupinosis. *Lupins as crop plants. Biology, production and utilizatio*, p.411–435.
- Alonso, R., Orue, E. & Marzo, F. (1998). Effects of extrusion and conventional processing methods on protein and antinutritional factor contents in pea seeds. *Food Chemistry*, 63, 505–512.
- Anderson, R.L. & Wolf, W.J. (1995). Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing. *Journal of Nutrition*, 125, 581–588.
- Aumaitre, A., Bourdon, D., Peiniau, J. & Freire, J.B., (1989). Effect of graded levels of raw and processed rapeseed on feed digestibility and nutrient utilization in young pigs. *Animal Feed Science and. Technology*, 24, 275–287.
- Bagger, C.L., Bjerregaard, C., Sorensen, H., Sorensen, J.C. & Sorensen, S. (1998). Biorefining lupin seeds to obtain high value protein concentrates and isolates. Proc. of the 3th European Conference on Grain Legumes. november 1998, Valladolid, p. 48-49.
- Baird, D.M. (1981). Sunflowers: swine applications. *Feed Management*, 32(6), 32.
- Bailey, M., Miller, B.G., Telford, E., Stokes, C.R. & Bourne, F.J. (1993). Specific immunological-unresponsiveness following active primary responses to proteins in the weaning diet of piglet. *International Archives of Allergy and Immunology*, 101, 266–271.
- Balkema-Boomstra A. (2004), Nieuwe eiwitgewassen voor de voeding van varkens in de biologische houderij. Nota 311. Plant Research International B.V., Wageningen, Nederland
- Barneveld, R.J., Batterham, E.S. & Norton, B.W. (1994). The effect of heat on amino acids for growing pigs. *British journal of nutrition*, Volume 72, p. 243-256
- Barneveld, J. (2008) Using pulses, canola meal and other strategies to enhance the cost-competitiveness of swine diets and resulting production efficiency. *Advances in Pork production*. Volume 19, p. 247-255
- Beaulieu, A.D., Petracek, R., Johnston, L. & Leterme, P. (2010a). Do peas and canola meal have synergistic effects when included in diets for growing pigs? *2010 Annual research report*
- Beaulieu, A.D., Rajendram, J.E. & Gonyou, H.W. (2010b). Does palability affect the intake of peas in pigs? *2010 Annual research report*



- Belitz, H.D. & Weder, J.K.P. (1990). Protein inhibitors of hydrolases in plant foodstuffs. *Food Reviews International*, 6, 151–211.
- Bell, J.M. & Keith, M.O. (1990). Combinations of canola meal and field peas for use in rations for market pigs. *Tenth Project Report*. p. 91-100, Canola Council of Canada, Winnipeg, Canada.
- Bell, J.M., Keith, M.O. & Hutcheson, D.S. (1991). Nutritional evaluation of very low glucosinolate canola meal. *Canadian Journal of Animal Science*, 71, 497–506.
- Bell, J. M. (1993). Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. *Canadian Journal of Animal Science*, 3, 679–697.
- Benno, Y., Endo, K., Shiragami, N., Sayama, K. & Mitsuoka, T. (1987). Effects of raffinose intake on the human fecal microflora. *Bifidobact. Microflora*, 6, 59–63.
- Bergers, W.W.A. (1980). A rapid quantitative assay for solanidine glycoalkaloids in potatoes and industrial potato protein. *Potato Research*, 23, 105–110.
- Bernardi, R., Finiguerra, M.G., Rossi, A.A. & Palmieri, S. (2003). Isolation and biochemical characterisation of a basic myrosinase from rape *Crambe abyssinica* seeds, highly specific for epi-progoitrin. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 2737–2744.
- Birk, Y. (1961). Purification and some properties of a highly active inhibitor of trypsin and  $\alpha$ -chymotrypsin from soybeans. *Biochimica et Biophysica Acta*, 54, 378–381.
- Black, J.L. & Davies, G.T. (1991). Ideal protein: Its variable composition. In: *Manipulating Pig Production III*. p 111. Australasian Pig Science Association, Attwood, Victoria, Australia.
- Blair, R. (2007). Nutrition and feeding of organic pigs. Cabi Series, CABI, Wallingford, UK
- Bogges M., Stein H.H. & DeRouchery J. (2008). Alternative feed ingredients in swine diets.
- Boisen, S. & Moughan, P.J. (1996). Different expressions of dietary protein and AA digestibility in pig feeds and their application in protein evaluation: A theoretical approach. *Acta Agriculturae Scandinavica Section Animal Science*, 46, 165–172.
- Bondt N. & Meeusen M.J.G. (2008), bijproducten biobrandstoffen, rapport 3.08.01, LEI Den Haag
- Borggreve, G.J. & Veen, W.A.G. (1978). De waarde van aardappeliwit in het voer van jonge biggen. CLO-institute for Animal Nutrition, “De Schothorst,” Lelystad, The Netherlands. *Trial Report nr. 104*. p. 7.
- Borggreve, G.J. & Cornelissen, J.P. (1983). De vervanging van melkpoeder in babybiggenvoer door aardappeliwit of aardappeliwit plus pruteen bij gelijktijdige verlaging van het percentage sojaschroot. CLO institute for Animal Nutrition, “De Schothorst,” Lelystad, The Netherlands. *Trial Report nr. 170*. p 6.
- Bourdon, D. & Aumaitre, A. (1990). Low glucosinolates rapeseed and rapeseed meal: effect of technological treatments on chemical composition, digestible energy content and feeding value for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 30, 175–191.

- Bowman, D. E. (1944). Fractions derived from soy beans and navy beans which retard tryptic digestion of casein. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 57, 139–140.
- Brévault, N., Mansuy, E., Crépon, K., Bouvarel, I., Lessire, M. & Rouillère, H. (2003). Utilisation de différentes variétés de féveroles dans l'alimentation du poulet biologique. *5ème Journées Techniques Avicoles*, ITAVI, Paris, p. 221–224.
- Buraczewska, L., Pastuszewska, B., Smulikowska, S. & Wasilewko, J. (1993). Response of pigs, rats and chickens to dietary level of alkaloids of different lupin species. *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC), Wageningen, p. 371–376.
- Burel, C., Boujard, T., Escaffre, A.M., Kaushik, S.J., Boeuf, G., Mol, K.A., Van der Geyten, S. & Kuhn, E.R. (2000). Dietary low glucosinolate rapeseed meal affect thyroid status and nutrient utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *British Journal of Nutrition*, 83, 653–664.
- Caine W.R., Verstegen M.W.A, Sauer W.C., Tamminga S. & Schulze H. (1998). Effect of protease treatment of soybean meal on content of total soluble matter and crude protein and level of soybean trypsin inhibitors. *Animal feed science technology*, 71, 177-183
- Canibe, N., & Eggum, B.O. (1997). Digestibility of dried and toasted peas in pigs. 2. Ileal and total tract digestibilities of amino acids, protein and other nutrients. *Animal Feed Science and Technolgy*, 64, 311– 325.
- Carellós, D.C., Lima, J.A.F., Fialho, E.T., Freitas, R.T.F., Silva, H.O., Branco, P.A.C., Souza, Z.A. & Vieira Neto, J. (2005). Evaluation of sunflower meal on growth and carcass traits of finishing pigs. *Ciencia e Agrotecnologia*, 29, 208-215
- Castell, A.G., Neden, L.R. & Mount, K. (1988). Potential of field pea (*Pisum sativum*) screenings as feed for market pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 68, 577-579.
- Castell, A.G. & Ciplef, R.L. (1993). Evaluation of pea screenings and canola meal as a supplementary protein source in barley-based diets fed to growing-finishing pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 73, 129-139.
- Campbell, R.G., Taverner, M.R. & Curic, D.M. (1988). Effects of sex and energy intake between 48 kg and 90 kg live weight on protein deposition rates in growing pigs. *Animal Production*, 46, 123–130.
- Casey, R., Domoney, C. & Ellis, N. (1986). Legume storage proteins and their genes. *Oxford surveys of plant molecular and cell biology*, Volume 3. Oxford University Press, Oxford, p. 1–95.
- Champ, M.M.J. (2002). Non-nutrient bioactive substances of pulses. *British Journal of Nutrition*, 88, 307–319
- Chiba, L.I. (2001). Protein supplement. In: *Swine Nutrition, 2nd ed.* CRC Press LLC, New York, p. 803–837.

- Cheng, D.L., Hosimoto, K. & Uda, Y. (2004). In vitro digestion of sinigrin and glucotropeolin by single strain of *Bifidobacterium* and identification of digestive products. *Food and Chemical Toxicology*, 42, 351–357.
- Cho, J.H., Min, B.J., Chen, Y.J., Yoo, J.S., Wang, Q., Kim, J.D. & Kim, I.H. (2007). Evaluation of FSP (fermented soy protein) to replace soybean meal in weaned pigs: Growth performance, blood urea nitrogen and total protein concentrations in serum and nutrient digestibility. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 20, 1874–1879.
- Chung, T.K. & Baker, D.H. (1992). Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. *Journal of Animal Science*, 70, 3102–3111.
- Clandinin, D.R., Renner, R. & Robblee, A.R. (1959). Rapeseed oil meal studies. 1. Effects of variety of rapeseed, growing environment and processing temperatures on the nutritive value and chemical composition of rapeseed oil meal. *Poultry Science*, 38, 1367-1372.
- Cline T.R. & Smith D. (1998) Phase feeding in the grow-finish period, Swine day September 1998, Purdue university
- Cook, D., Paton, N. & Gibson, M. (2005). Effect of dietary level of distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance, mortality, and carcass characteristics of grow-finish barrows and gilts. *Journal of Animal Science*, 83, 335.
- Coon, C.N., Leske, K.L., Akavanichan, O. & Cheng, T.K. (1990). Effect of oligosaccharide-free soybean meal on true metabolizable energy and fiber digestion in adult roosters. *Poultry Science*, 69, 787–793.
- Coppoolse, J., van Vuuren, A.W., Huisman, J., Janssen, W.M.M.A., Jongbloed, A.W., Lenis, N.P. & Simons, P.C.M. (1990). *De uitscheiding van stikstof, fosfor en kalium door landbouwhuisdieren. Nu en Morgen*. Lelystad.
- Corino C., Baldi A. & Contempo V. (1991) Influence of low-glucosinolate rapeseed meal on performance and thyroid hormone status of heavy pigs, *Animal Feed Science and Technology*, 35, 321–331.
- Cornelis, S. (2007). Lupinen als eiwitbron in de varkensvoeding [afstudeerwerk] Hogeschool Gent, Departement Biowetenschappen en Landschapsarchitectuur.
- Cozannet, P., Primot, Y., Gady, C., Métayer, J.P., Lessire, F., Skiba, F. & Noblet, J. (2010). Energy value of wheat distillers grains with solubles for growing pigs and adult sows. *Journal of Animal Science*, 88, 2382-2392
- Crépon, K., Margret, P., Peyronnet, C., Carrouée, B., Arese, P. & Duc, G. (2010). Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. *Field crops research*, 115, 329-339
- Cromwell, G.L., Herckelman, K.L. & Stahly, T.S. (1993). Physical, chemical and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *Journal of Animal Science*, 71, 679–686.
- Cromwell, G.L. (2000). Utilization of soy products in swine diets. In: Drackley, J.K. (Ed.), Soy in *Animal Nutrition*. Fed. Anim. Sci. Soc., Savoy, IL, USA, p.258–282.

Csaky, I. & Fekete, S. (2004). Soybean: feed quality and safety. Part 2: pathology of soybean feeding in animals. A review. *Acta Veterinaria Hungarica*, 52, 315–326.

CVB (2007). *Veevoedertabel 2007: Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen*. Den Haag, Nederland, Centraal Veevoederbureau

Cuadrado, C., Ayet, G., Burbano, C., Muzquiz, M., Camacho, L., Cavieres, E., Lovon, M., Osagie, A. & Price, K.R. (1995). Occurrence of saponins and sapogenols in Andean crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67, 169–172.

Dämmgen, U., Brade, W., Schuls, Z., Klausung, H.K., Hutchings, N.J, Haenel, H.D. & Rösemann, C. (2011). The effect of feed composition and feeding strategies on excretion rates in German pig production, *Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research*, 4, 327-342

Davies, R.L. (1984). Field peas as a feed for growing and finishing pigs. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*.

Dean, D.W. (2005) Amino acid requirements and low crude protein, amino acid supplemented diets for swine and poultry [Ph.D. Thesis]. Louisiana State University, Department of animal science

De Brabander, D. (2011). *Restproducten bio-ethanol goed alternatief voor soja*. Geraadpleegd op 5 april 2013 via [http://www.vilt.be/Restproducten\\_bio\\_ethanol\\_goed\\_alternatief\\_voor\\_soja\\_Daniel\\_De\\_Brabander\\_ILVO\\_eenheid\\_Dier](http://www.vilt.be/Restproducten_bio_ethanol_goed_alternatief_voor_soja_Daniel_De_Brabander_ILVO_eenheid_Dier)

De Brabander, D., Decaestecker, E., De Campeneere, S., De Boever, J. & Teirlynck, E. (2011). *Bijproducten van de bio-ethanolproductie: Aanbod en waarde voor melkvee*. [Brochure]. Brussel: Vlaamse overheid, Beleidsdomein Lanbouw en Visserij

DeDecker, J.M., Ellis, M., Wolter, B.F., Spencer, J., Webel, D.M., Bertelsen, C.R. & Peterson, B.A. (2005). Effects of dietary level of distiller's dried grains with solubles and fat on the growth performance of growing pigs. *Journal of Animal Science*, 83, 79.

Degussa (2006). Amino Dat 3.0. The amino acid composition of feedstuffs. 5th rev. ed., Degussa AG, Feed Additives, Hanau, Germany

De Lange, C.F.M, Piwarski, B. & Gillis, D. (1994). Phase and split-sex feeding of growing-finishing pigs, *Prarie swine centre inc. annual research report*

Delic, L., Bokorov, T., Sreckovic, A. & Nikotic, N. (1964). Biological value of sunflower oil meal as a protein feed for fanning pigs, *Nutritional Abstract And Review*, 34, 596

Denkavit (2011). Productinformatie aardappelleiwit. Geraadpleegd op 22 april 2013 via [http://www.denkavit.nl/ecms\\_pages.php?id=32](http://www.denkavit.nl/ecms_pages.php?id=32)

Denutte, I. (Zaakvoerder ID Nutrition). (Samenstelling gangbaar voeder). Persoonlijke communicatie [e-mail] op 22 mei 2013

De Sutter, J. & Rovers, M. (2011). Verlagen van eiwit voor gezondere varkens. *Varkensbedrijf*, nr 6, p. 26-27

Dewitte, K., Latré, J., De Meerleer, M. & Verschraegen, M. (2005). *Optimalisatie van de teelttechniek van het eiwitgewas lupinen en inpasbaarheid in de dierlijke en menselijke voeding*. jaarrapport PWO-onderzoek, Hogeschool Gent, Departement Biotechnologische Wetenschappen, Landschapsbeheer en Landbouw, p. 108

Dewitte, K (Nutritionist Dumoulin). (Twee- en driefasenvoeding in België). Persoonlijke communicatie [e-mail] op 12 maart 2013

Dey, P.M. (1985). D-Galactose containing oligosaccharides. *Biochemistry of Storage Carbohydrates in Green Plants*. Academic Press, London, p. 53–129.

DLG (1999). Kleiner Helfer für die Berechnung von Futterrationen. Wiederkäuer und Schweine. *DLG-Verlag 10*,. Frankfurt am Main, Germany.

Doppenberg, J. (2010) De gebruiksmogelijkheden en voederwaarde van maïs DDGS. Geraadpleegd op 25 maart 2013 via <http://www.webkey7.nl/groan/index.php?pageID=22>

Dourmad, J.Y., Guingand, N., Latimier, P. & Seve, B. (1999). Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production: France. *Livestock Production Science*, 58, 199–211.

Dreau, D., Lalles, J.P., Philouzerome, V., Toullec, R. & Salmon, H. (1994). Local and systemic immune-responses to soybean protein ingestion in early-weaned pigs. *Journal of Animal Science*, 72, 2090–2098.

Dreau, D. & Lalles, J.P. (1999). Contribution to the study of gut hypersensitivity reactions to soybean proteins in preruminant calves and early-weaned piglets. *Livestock Production Science*, 60, 209–218.

Driessen, B. & Van Thielen, J. (2012). Kengetallen bij vleesvarkens

Duc, G., Marget, P., Esnault, R., Le Guen, J. & Bastianelli, D. (1999). Genetic variability for feeding value of faba bean seeds (*Vicia faba*): comparative chemical composition of isogenics involving zero-tannin and zero-vicine genes. *Journal of Agricultural Science*, 133, 185–196.

Edwards, S.A., Rogers-Lewis, D.S. & Fairbairn, C.B. (1987). The effects of pea variety and inclusion rate in the diet on the performance of finishing pigs. *Journal of Agricultural Science*, 108, 383-388.

Europese comissie (2003). Verordening EC 1829/2003. Geraadpleegd op 26 februari 2013 via [http://ec.europa.eu/food/dyna/gm\\_register/index\\_en.cfm](http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm)

European comission for agriculture and rural development (2010). *Situation and prospects for EU agriculture and rural areas* [brochure]

Fastinger, N.D., Latshaw, J.D. & Mahan, D.C. (2006). Amino acid availability and true metabolizable energy content of corn dried grains with solubles in adult cecectomized roosters. *Poultry Science*, 85, 1212–1216.

- Fastinger, N.D. & Mahan, D.C. (2006). Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs. *Journal of Animal Science*, 84, 1722-1728.
- Feddes, J.J.R., Ouellette, C.A. & Leonard J.J. (2000). A system for providing protein for pigs in intermediately sized grower/finisher barns. *Canadian Agricultural Engineering*, 42, 209-213
- Feng, J., Liu, X., Xu, Z.R., Lu, Y.P. & Liu, Y.Y. (2007). The effect of *Aspergillus oryzae* fermented soybean meal on growth performance, digestibility of dietary components and activities of intestinal enzymes in weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 134, 295–303.
- Ferguson, N.S., Gous, R.M. & Iji, P.A. (2003). Determining the source of anti-nutritional factor(s) found in two species of lupin (*L. albus* and *L. angustifolius*) fed to growing pigs. *Livestock Production Science*, 84, 83–91.
- Ferket, P.R., Van Heugten, E., Van Kempen, T.A.T.G. & Angel, R. (2002). Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. *Journal of Animal Science*, 80, 168–182.
- Fishbein, L., Kaplan, M. & Gough, M. (1988). Fructooligosaccharides: a review. *Veterinary and Human Toxicology*, 30, 104–107.
- Flis, M., Sobotka, W., Purwin, C. & Zdunczyk, Z. (1999). Nutritional value of diets containing field bean (*Vicia faba* L.) seeds with high or low proanthocyanidin levels for pig. *Journal of Animal Feed Science*, 8, 171–180.
- Fredrikson, M.M., Larsson Alminger, N.G., Carlsson & Sandberg, A.S. (2001). Phytate content and phytate degradation by endogenous phytase in pea (*Pisum sativum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 1139-1144.
- Fremaut, D. & De Schrijver, R. (1991). Het droge stof- en stikstofgehalte in de mengmest van vleesvarkens: invloed van de leeftijd en de eiwitopname. *Landbouwtijdschrift*, 44, 963-971.
- Fremaut, D. (1997). Fasenvoeding in de varkenshouderij: wat staat op het menu vandaag?
- Fremaut, D., Van Daele, A., Tylleman, A. & Vettenburg, N. (2003). *Meerfasenvoeding voor varkens* [brochure]. Brussel: Vlaamse overheid, Beleidsdomein Lanbouw en Visserij
- Fremaut, D. (2012) *Varkensvoeding*, [cursus], Hogeschool Gent, Departement Toegepaste Bio-ingenieurswetenschappen
- Fremaut, D. (Docent Hogeschool Gent) (Fasevoeding) Persoonlijke communicatie [interview] op 22 april 2013
- Frias, J., Song, Y.S., Martinez-Villaluenga, C., González de Meja, E. & Vidal-Valverde, C. (2008). Immunoreactivity and amino acid content of fermented soybean products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56, 99–105.
- Friedman, M. (1992). Composition and safety evaluation of potato berries, potato and tomato seeds, potatoes, and potato alkaloids. In: *Food Safety Evaluation*. p. 429–462. American Chemical Society, Washington, DC.

- Friedman, M. & Dao, L. (1992). Distribution of glycoalkaloids in potato plants and commercial potato products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 40, 409–413.
- Friedman, M., 2006. Potato glycoalkaloids and metabolites: roles in the plant and in the diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 8655–8681
- Fu, S. X., Johnston, M., Fent, R.W., Kendall, D.C., Usry, J.L., Boyd, R.D. & Allee, G.L. (2004). Effect of corn distiller's dried grains with solubles (DDGS) on growth, carcass characteristics, and fecal volume in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 82, 80.
- Fuller, M.F., McWilliam, R., Wang, T.C. & Giles, L.R. (1989). The optimum dietary amino acid pattern for pigs. 2. Requirements for maintenance and for tissue protein accretion. *British Journal of Nutrition*, 61, 255–267.
- Gargallo, J. & Zimmerman, D.R. (1981). Effects on sunflower hulls on large intestine function in finishing swine. *Journal of Animal Science*, 53, 1286.
- Garry, B.P., Pierce, K.M. & O'Doherty, J.V. (2007). The effect of phase-feeding on the growth performance, carcass characteristics and nitrogen balance of growing and finishing pigs. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 46, 93-104
- Gatel, F. & Grosjean, F. (1990). Composition and nutritive value of peas for pigs: a review of European results. *Livestock Production Science*, 26, 155–175.
- Gatel, F. (1994). Protein quality of legume seeds for non-ruminant animals: a literature review. *Animal Feed Science and Technology*, 45, 317–348.
- Gdala, J., Jansman, A.J.M., van Leeuwen, P., Huisman, J. & Verstegen, M.W.A. (1996). Lupins (*L. luteus*, *L. albus*, *L. angustifolius*) as a protein source for young pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 62, 239–249.
- Gdala, J., (1998). Composition, properties, and nutritive value of dietary fibre of legume seeds. A review. *Journal of Animal Feed Science*, 7, 131–149.
- Gibb, D.J., Hao, X. & McAllister, T.A. (2008). Effect of dried distillers' grains from wheat on diet digestibility and the performance of feedlot cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 659-665
- Godfrey, N.W., Mercy, A.R., Emms, Y. & Payne, H.G. (1985). Tolerance of growing pigs to lupin alkaloids. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 25, 791–795.
- Goeminne, S. (productmanager varkensvoerders bij Quartes) (Twee- en driefasenvoeding in België). Persoonlijke communicatie [e-mail] op 22 maart
- Grala W., Jansman, A.J.M, Van Leeuwen, P., Huisman, J., Van Kempen, G.J.M & Verstegen, M.W.A. (1993). Nutritional value of faba beans (*Vicia faba* L.) fed to Young pigs. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 2, 169-179.
- Grala, W., Verstegen, M.W.A., Jansman, A.J.M., Huisman, J. & van Leeuwen, P. (1999). Apparent protein digestibility and recovery of endogenous nitrogen at the terminal ileum of pigs fed diets containing various soyabean products, peas or rapeseed hulls. *Animal Feed Science and Technology*, 80, 231–245.

- Grosjean, F., Bourdon, D., Theillaud-Ricca, V., Castaing, J. & Beague, E. (1989). Comparison of winter and spring peas in loose or pelleted feeds for bacon pigs. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 21, 59-68.
- Grosjean, F., Bastianelli, D., Bourdillon, A., Cerneau, P., Jondreville, C. & Peyronnet, C. (1998). Feeding value of pea (*Pisum sativum* L.). 2. Nutritional value in the pig. *Journal of Animal Science*, 67, 621–625.
- Grosjean, F., Jondreville, C., Williatte-Hazouard, I., Skiba, F., Carrouée, B. & Gatel, F. (2000). Ileal digestibility of protein and amino acids of feed peas with different trypsin inhibitor activity in pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 80, 643–652.
- Grosjean, F., Cerneau, P., Bourdillon, A., Bastianelli, D., Peyronnet, C. & Duc, G. (2001). Valeur alimentaire, pour le porc, de féveroles presque isogéniques contenant ou non des tanins et à forte ou faible teneur en vicine et convicine. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 33, 205-210.
- Gu, X. & Li, D. (2004). Effect of dietary crude protein level on villous morphology, immune status and histochemistry parameters of digestive tract in weaning piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 114, 113–126.
- Guéguen, J. (1983). Legume seed protein extraction, processing, and end product characteristics. *Plant Foods for Human Nutrition*, 32, 267–303.
- Guen, M.P.I., Huisman, J., Gueguen, J., Beelen, G., Verstegen, M.W.A. & Le Guen, M.P. (1995). Effects of a concentrate of pea antinutritional factors on pea protein digestibility in piglets. *Livestock Production Science*, 44, 157-167.
- Guzik, A.C. (2002). Tryptophan requirements and the effects of supplemental tryptophan on growth performance, plasma, metabolites and meat quality in nursery, growing and finishing pigs [Ph.D. Thesis]. Louisiana State University, Department of animal science
- Hahn, J.D. & Baker, D.H. (1995). Optimum ratio to lysine of threonine, tryptophan and sulfur amino acids for finishing swine. *Journal of Animal Science*, 73, 482–489.
- Harrington, T., Gannon, N., Chang, A. & Johnson, R. (2003). The use of sunflower meal in livestock diets. 14<sup>th</sup> Biennial sunflower conference 2003, Australia.
- Hastad, C. W., Nelssen, J.L., Goodband, R.D., Tokach, M.D., Dritz, S.S., DeRouchey, J.M. & Frantz, N.Z. (2005). Effect of dried distillers grains with solubles on feed preference in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 83, 73.
- Heinrichs, P. (1994). *Einfluss einer eiweissreduzierten fütterung von mastschweinen auf die stickstoffbilanzen sowie die mast- und schlachtleistungen*. Dissertation, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Universität Kiel.
- Helander, E., Nasi, M. & Partanen, K. (1996). Effects of supplementary *Aspergillus niger* phytase on the availability of plant phosphorus, other minerals, and nutrients in growing pigs fed on high pea-diets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 76, 66–79.



- Helsper, J.P.F.G, Balkema-Boomstra, A., Ribôt, S.A., Groot, M.J. & Van Loo, E.N. (2006). Novel protein crops as pig feed in organic farming. *Report 112*, Wageningen, Plant research international B.V., p29
- Heng, L., Vincken, J.P., van Koningsveld, G., Legger, A., Gruppen, H., van Boekel, T., Roozen, J. & Voragen, F. (2006). Bitterness of saponins and their content in dry peas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 1225–1231.
- Henry, Y. (1995). Effects of dietary tryptophan deficiency in finishing pigs, according to age or weight at slaughter or live weight gain. *Livestock Production Science*, 41, 63-76.
- Henry, Y., Sève, B., Colléaux, Y., Ganier, P., Saligaut, C. & Jégo, P. (1992). Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. *Journal of Animal Science*, 70, 1873-1887.
- Henry, Y., Sève, B., Mounier, A. & Ganier, P. (1996). Growth performance and brain neurotransmitters in pigs as affected by tryptophan, protein, and sex. *Journal of Animal Science*, 74, 2700-2710.
- Hill, R. (1991). Rapeseed meal in the diet of ruminants. *Nutrition Abstracts and Reviews*, 61, 139–155.
- Hong, K.J., Lee, C.H. & Kim, S.W. (2004). *Aspergillus oryzae* GB-107 fermentation improves nutritional quality of food soybeans and feed soybean meals. *Journal of Medicinal Food*, 7, 430–434.
- Huisman, J. & Le Guen, M.P. (1991). Effects of pea ANFs and pea carbohydrates on ileal protein digestibility of piglets. In: Verstegen, M.W.A., Huisman, J., de Hartog, L.A. (Eds.), *Proceedings of the 5th International Symposium on Digestive Physiology in Pigs*. PUDOC, Wageningen, The Netherlands, pp. 60–66.
- ILVO, 2012, Veldproeven inlandse eiwitproductie krijgen bezoek van Kris Peeters. Geraadpleegd op 21 april 2013 via <http://www.ilvo.vlaanderen.be/NL/Mediatheek/Allemedia/tabid/6294/articleType/ArticleView/articleId/669/language/nl-NL/Veldproeven-inlandse-eiwitproductie-krijgen-bezoek-van-Kris-Peeters.aspx#.UXhnusotHgd>
- Janssens, B., Prins, H., Van der Voort, M., Smit, B., Annevelink, B. & Meeusen, M., (2005). Beschikbaarheid koolzaad voor biodiesel, *Rapport 6.05.07*, LEI Den Haag
- Jansman, A.J.M., Huisman, J. & van der Poel, A.F.B. (1993). Ileal and faecal digestibility in piglets of field beans (*Vicia faba* L.) varying in tannin content. *Animal Feed Science and Technology*, 42, 83–96.
- Jansman, A.J.M., Verstegen, M.W.A., Huisman, J. & Van de Berg, J.W.O. (1995). Effects of hulls of faba beans (*Vicia Faba* L.) with a low or high content of condensed tannins on the apparent ileal and fecal digestibility of nutrients and the excretion of endogenous protein in ileal digesta and feces of pigs. *Journal of Animal Science*, 73, 118-127.
- Jeroch, H., Drochner, W. & Simon, O. (1999). Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere: Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung. Ulmer, Stuttgart. 544.

- Jezierny, D., Mosenthin, R., Eklund, M. & Rademacher, M. (2007). Determination of standardized ileal digestibilities of crude protein and amino acids in legume seeds for growing pigs. In: *Proceedings of the 16th International Science Symposium on Nutrition of Domestic Animals*, Radenci, p. 198–203.
- Jezierny, D. (2009). In vivo and in vitro studies with growing pigs on standardised ileal amino acid digestibilities in grain legumes. [Ph.D. Thesis]. University of Hohenheim, Stuttgart, Cuvillier Verlag Göttingen, Germany.
- Jezierny D., Mosenthin R., Sauer N., Roth S., Piepho H.P., Rademacher M. & Eklund M. (2011). Chemical composition and standardised ileal digestibilities of crude protein and amino acids in grain legumes for growing pigs. *Livestock Sciences*, 138, 229-243.
- Jha, R., Johnston, S.L. & Leterme, P. (2009). The effect of different feed ingredients on fermentation metabolites and nitrogen excretion in pigs, *Prairie Swine Research Centre Annual Report 2009*
- Johnsson, I.D., Obst, J.M. & Davies, R. (1982). Observations on the use of lupin feeding or exogenous hormones to improve the reproductive performance of stud and commercial ewes in the southeast of South Australia. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 30, 23–30.
- Jondreville, C., Van Den Broecke, J., Gatel, F. & Van Cauwenberghe, S. (1995). Ileal digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs. *Eurolysine and ITCF*, Paris.
- Kamp, J., Van Berkum, S., Van Laar, H., Sukkel, W., Timmer, R. & Van der Voort, M. (2008) Perspectieven van sojavervaning in voer: Op zoek naar Europese alternatieven voor soja
- Kantar, F. (1994) Anti-nutritional factors in vicia faba.
- Kasprowicz, M. & Frankiewicz, A. (2004). Apparent and standardized ileal digestibility of protein and amino acids of several field bean and pea varieties in growing pigs. *Journal of Animal Feed Science*, 13, 463–473.
- Kemm, E.H., Minnaar, J.P., Ras, M.N. & Davie, S.J. (1987). Lupin seed meal (*Lupinus albus* cv Buttercup) as a source of protein for early weaned piglets. *South African Journal of Animal Science*, 17, 37–42.
- Kemme, P.A., Lenis, N.P. & Van der Peet-Schwering, C.M.C. (1994). Effect van voermethode en lagere mineralengehalten in hetvoer op de mineralenuitscheiding en technische resultaten bij vleesvarkens. Fase 2: Voeren naar de geschatte behoefte aan aminozuren met multifasenvoeding. *Rapport ID-DL0 (IVVO) no. 267*, Lelystad.
- Kehoe, C., Baidoo, S.K., Jaikaran, S. & Aherne, F.X. (1991). Field peas (*Pisum sativa*): an effective protein supplement for pigs. *The 70th Annual Feeders' Day Report*, p. 59-60, Univ. Alberta, Edmonton, Canada.
- Kennelly, J.J., Aherne, F.X. & Lewis, A.J. (1978). The effects of levels of isolation, or varietal differences in high fibre hull fraction of low glucosinolate rapeseed meals on rat or pig performance. *Canadian Journal of Animal Science*, 58, 743–752.

- Kerr, C.A., Goodband, R.D., Smith, J.W., Musser, R.E., Bergström, J.R., Nessmith, W.B., Tokack, M.D. & Nelssen J.L. (1998). Evaluation of potato proteins on the growth performance of early-weaned pigs, *Journal of Animal Science*, 76, 3024-3033.
- Khattab, R.Y. & Arntfield, S.D. (2009). Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments, *Food science and technology*, 42, 1113-1118.
- Kiers, J.L., Meijer, J.C., Nout, M.J.R., Rombouts, F.M., Nabuurs, M.J.A. & Van der Meulen, J. (2003). Effect of fermented soya beans on diarrhea and feed efficiency in weaned piglets. *Journal of Applied Microbiology*, 95, 545–552.
- Kiers, J.L., Nout, R.M.J. & Rombouts, F.M. (2000a). In vitro digestibility of processed and fermented soya bean, cowpea and maize. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1325–1331.
- Kiers, J.L., Van Laeken, A.E.A., Rombouts, F.M. & Nout, M.J.R. (2000b). In vitro digestibility of Bacillus fermented soya bean. *International Journal of Food Microbiology*, 60, 163–169.
- Kim, J.C., Pluske, J.R. & Mullan, B.P. (2007a). Lupins as a protein source in pig diets. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 2, p. 1-12, CABI, Wallingford.
- Kim, Y.G., Lohakare, J.D., Yun, J.H., Heo, S. & Chae, B.J. (2007b). Effect of feeding levels of microbial fermented soy protein on the growth performance, nutrient digestibility and intestinal morphology in weaned piglets. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 20, 399–404.
- King, R. (2000). Canola meal in pig diets. *Final Report Project DAV174-1543*. Pig research and development corporation: Canberra, ACT.
- Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E. & Bremer, V.R. (2008). Board-invited review: use of distillers by-products in the beef cattle feed industry. *Journal of Animal Science*, 86, 1223-1231.
- Köhler, T. (2012). Droge grondstoffen in internationaal perspectief
- Kornegay, E.T. & Verstegen, M.W.A. (2001). Swine nutrition and environmental pollution and odor control. In: “*Swine Nutrition*”, 2nd Edition. (Eds.A.J. Lewis and L.L Southern), CRC Press, London, p. 609–630
- Kracht, W., Nürnberg, K., Schumann, W. (1993). Fütterung von rapsverarbeitungsprodukten und rapssaat an mastschweine und broiler. *Fat Science and Technology, Sonderausgabe 2*, 562–567.
- Kroonen, B.M.A & Hermans, J. (z.j.) Gele erwt. Geraadpleegd op 9 maart 2013 via <http://www.innovatiefplatteland.nl/files/Gele-Erwt.pdf>
- Kunitz, M. (1945). Crystallization of a trypsin inhibitor from soybean. *Science* 101, 668–669.
- Lallès, J.P. & Jansman, A.J.M. (1998). Recent progress in the understanding of the mode of action and effects of antinutritional factors from legume seeds in non-ruminant farm animals.

In: *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Rapeseed*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC), Wageningen, p. 219–232.

Lammers, P. (2011) Feeding pigs. Oregon pork producers conference.

Lamont, J.L., Lambrechts, Y., Baert, J., Tsang-Tsey, C., Campens, V., Cloet, B., De Boever, J., Demeyere, A., De Schrijver, J., Desimpelaere, P., De Temmerman, L., Fernagut, B., Holmstock, K., Lysens, L., Van Laecke, K. & Windey, S. (2005). Koolzaad, van zaad tot olie [brochure]. Brussel: Vlaamse overheid, Beleidsdomein Lanbouw en Visserij.

Lamont J.L., Lambrechts, Y., 2005, Koolzaad, het nieuwe goud? [brochure]. Brussel: Vlaamse overheid, Beleidsdomein Lanbouw en Visserij.

Landblom, D.G. & Poland, W.W. (1997). Seasonal growth performance of barrows and gilts fed either soybean meal or trapper field pea with two levels of lysine. *46<sup>th</sup> Annual Livestock Research Roundup*. Dickinson Research Extension Center, Dickinson, ND.

Lee, S.S., Liener, I.E. & Desborough, S. (1985). Comparative effects of feeding a protease inhibitor enriched potato protein concentrate and soy flour to rats. *Plant Foods for Human Nutrition*, 35, 9–19.

Le Guen, M., Huisman, P.J. & Verstegen, M.W.A. (1995). Partition of the amino acids in ileal digesta from piglets fed pea protein diets. *Livestock Production Science*, 44, 169–178.

Lewis, A.J., Peo, E.R., Moser, B.D. & Crenshaw, T.D. (1979). Additions of lysine, tryptophan, methionine and isoleucine to all-corn diets for finishing pigs. *Nutrition Reports International*, 19, 533-540.

Liba (2011). Wereldhandel soja, Geraadpleegd op 12 februari 2013 via <http://www.liba.be/liba/uploads/iliba/Wereldhandel%20Soja.pdf>

Lien, K.A., Sauer, W.C. & Fenton, M. (1997). Mucin output in ileal digesta of pigs fed a protein-free diet. *Z. Ernahrungswiss*, 36, 182-190.

Lemenager, R., Applegate, T., Claeys, M., Donkin, S., Johnson, T. & Suttan A. (2006). The value of distillers grains as a livestock feed. *Purdue Extension ID-330*. University of Purdue Indiana.

Lenis, N. P., Van Diepen, J.T.M & Coppoolse, J. (1992). Ileal amino acid digestibility and nutritive value of potato protein and maize. *Report IVVO-DLO No. 232*, p. 20, Research Institute for Livestock Feeding and Nutrition (IVVO-DLO), Lelystad, The Netherlands.

Leterme, P., Beckers, Y. & Thewis, A. (1988). Inter- and intravarietal variability of the trypsin inhibitors content of peas and their influence on apparent digestibility of crude proteins by growing pigs. In: *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*, p. 121- 124.

Letourneau Montminy, M.P., Boucher, C., Pomar, C., Dubeau, F. & Dussault J.P. (2005). Impact de la méthode de formulation et du nombre de phases d'alimentation sur le coût d'alimentation et les rejets d'azote et de phosphore chez le porc charcutier. *Journées de la Recherche Porcine*, Volume 37, p. 25-32.

- Li, D.F., Nelssen, J.L., Reddy, P.G., Blecha, F., Hancock, J.D., Allee, G.L., Goodband, R.D. & Klemm, R.D. (1990). Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig. *Journal of Animal Science*, 68, 1790-1799.
- Li, D.F., Nelssen, J.L., Reddy, P.G., Blecha, F., Klemm, R. & Goodband, R.D. (1991a). Interrelationship between hypersensitivity to soybean proteins and growth performance in early-weaned pigs. *Journal of Animal Science*, 69, 4062-4069.
- Li, D.F., Nelssen, J.L., Reddy, P.G., Blecha, F., Klemm, R.D., Giesting, D.W., Hancock, J.D., Allee, G.L. & Goodband, R.D. (1991b). Measuring suitability of soybean products for early-weaned pigs with immunological criteria. *Journal of Animal Science*, 69, 3299-3307.
- Liener, I.E. (1994). Implications of antinutritional components in soybean foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34, 31-67.
- Liener, I.E. (2000). Non-nutritive factors and bioactive compounds in soy. In: *Soy in Animal Nutrition*. p. 13-45
- Linneen, S. K., Tokach, M.D., DeRouchey, J.M., Dritz, S.S., Goodband, R.D., Nelssen, J.L., Gottlob, R.O. & Main, R.G. (2007). Effects of dried distillers grain with solubles on grow-finish pig performance. *Journal of Animal Science*, 85, 96.
- Liu, X., Feng, J., Liu, Y. & Lu, Y. (2007). Effects of *Aspergillus oryzae* fermented soybean meal on growth and immune function in broilers. *Chinese Journal of Animal Science*, 43, 25-27.
- Mabon, N., Mandiki, S.N.M., Derycke, G., Bister, J.L., Wathelet, J.P., Paquay, R. & Marlier, M. (2000). Chemical changes and influence of rapeseed antinutritional factor on lamb physiology and performance. Part 3. Antinutritional factor in plasma and organ. *Animal Feed Science and Technology*, 85, 111-120.
- Madsen, A. & Mortenson, H.P. (1985). peas for bacon pigs. In: *Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsog*.
- Maeckelberghe, H. & Vannevel, R. (2003). Stikstof in het Vlaamse oppervlaktewater: een probleemanalyse
- Makkar, H.P.S., K. Becker, H.J. Abel & E. Pawelzik, 1997. Nutrient contents, rumen protein degradability and antinutritional factors in some colour- and white flowering cultivars of *Vicia faba* beans. *J. Sci. Food Agric.*, 75, 511-520.
- Mandiki, S.N.M., Mabon, N., Derycke, G., Bister, J.L., Wathelet, J.P., Paquay, R., Marlier, M. (1999). Chemical changes and influences of rapeseed antinutritional factors on lamb physiology and performance. Part 2. Plasmatic substances and activity of the thyroid. *Animal Feed Science and Technology*, 81, 93-103.
- Mariscal-Landín, G., Lebreton, Y. & Sève, B. (2002). Apparent and standardized true ileal digestibility of amino acids from faba bean, lupin and pea, provided as whole seeds, dehulled or extruded in pig diets. *Animal Feed Science and Technology*, 97, 183-198.

Mariscal Landin, G., Reis de Souza, T.C., Parra, J.E., Aguilera, B.A., Mar, B.B. (2008). Ileal digestibility of protein and amino acids from canola meal in weaned piglets and growing pigs, *Livestock Science*, 116, 53-62

Marquardt, R.R. (1989). Dietary effects of tannins, vicine and convicine. In: *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds*. Proceedings of the first International Workshop on "Antinutritional Factors (ANF) in Legume Seeds", Wageningen, The Netherlands, Center for Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC), Wageningen, p. 141–155.

Martin, A., Cabrera, A. & Lopez Medina, J. (1991). Antinutritional factors in faba bean. Tannin content in *Vicia faba*: possibilities for plant breeding, *Options méditerranéennes*, 10, 105-110

Matre, T., Skjerve S. & Homb, T. (1990). Ground peas in the rations for growing-finishing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 63, 243-254.

Mavromichalis, I. (2012). In the spotlight: Less known protein sources for pigs. Geraadpleegd op 12 april 2013 via <http://www.pigprogress.net/Home/General/2012/4/In-the-spotlight-Less-known-protein-sources-for-pigs-PP008648W/>

Mavromichalis, I., 2013, Rapeseed meal in pig, poultry feeds, Geraadpleegd op 12 april 2013 via <http://www.wattagnet.com/156807.html>

Mawson, R., Heaney, R.K., Zdunczyk, Z. & Kozłowska, H. (1994). Rapeseed meal glucosinolates and their antinutritional effects. Part 3. Animal growth and performance. *Die Nahrung*, 38, 167–177.

Mayer, J., Buegger, F., Jensen, E.S., Schloter M. & Hess, J. (2003). Residual nitrogen contribution from grain legumes to succeeding wheat and rape and related microbial process. *Plant Soil*, 255, 541-554.

McKinnon, P.J. & Bowland P. (1977). Comparison of low glucosinolate-low eruc acid rapeseed meal (cv. Tower), commercial rapeseed meal and soybean meal as sources of protein for starting, growing and finishing pigs and young rats, *Canadian Journal of Animal Science*, 57, 663-678.

McNiven, M.A. & Castell, A.G. (1995) Replacement of soybean meal with lupinseed (*Lupinus albus*) in pig starter diets. *Animal Feed Science and Technology*, 52, 333-338.

Melcion, J.P. & Van der Peel, A.F.B. (1993). Process technology and antinutritional factors: Principles, adequacy and process optimization. In: *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*. Proc. 2nd Int. Workshop on Antinutritional Factors (ANFs) in Legume Seeds. Wageningen, p. 419-434.

Millet S., Aluwé M., De Paepe M., De Brabander D. & Van Oeckel M. (2008). Optimale eiwit/aminozureniveaus voor vleesvarkens

Min, B.J., Hong, J.W., Kwon, O.S., Lee, W.B., Kim, I.H., Cho, W.T. & Kim, J.H. (2004). The effect of feeding processed soy protein on the growth performance and apparent ileal digestibility in weanling pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 17, 1271–1276.

- Miranowski, J.A. (2008). Biofuel Incentives and Energy Title of the 2007 Farm Bill. Prepared for the American Enterprise Institute Project, Agricultural Policy for the 2007 Farm Bill and Beyond.
- Mithen, R.F., Dekker, M., Verkerk, R., Rabot, S. & Johnson, I.T. (2000). The nutritional significance, biosynthesis and bioavailability of glucosinolates in human foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 967–984.
- Moreno, R., Miller, P.S., Burkey, T.E., Anderson, M. & Perkins, J. (2009). Feeding value of diets for growing-finishing pigs with varying concentrations of corn distillers dried grain with solubles (DDGS). *Nebraska swine report*
- Moughan, P.J. (1991). Towards an improved utilization of amino acids by the growing pig. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. p. 45–64. Butterworth Heineman, Oxford.
- Moughan, P.J. (1995). Modelling protein metabolism in the pig ± critical evaluation of a simple reference model. In: *Modelling Growth in the Pig. EAAP Publ. No. 78*. Wageningen Press, Wageningen, The Netherlands, p. 103-112.
- Mubarak, A.E. (2005). Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes. *Food Chemistry*, 89, 489–495
- Muduuli, D.S., Marquardt, R.R. & Guenter, W. (1982). Effect of dietary vicine and vitamin E supplementation on the productive performance of growing and laying chickens. *British Journal of Nutrition*, 47, 53–60.
- Mullan, B.P., Pluske, J.R., Allen, J. & Harris D.J. (2000) Evaluation of Western Australian canola meal for growing pigs. *Australian Journal of Agricultural Research*, 51, 547-553
- Nantier, G. (2012). Eigen soja telen? Yes we can! *Veeteeltvlees*, 3, p. 6-8
- Nederlandse sojacoalitie (2006). Soja doorgelicht- De schaduwzijde van een wonderboon
- Nederlandse sojacoalitie (2009). Sojabarometer 2009
- Nederlandse sojacoalitie (2012). Sojabarometer 2012
- Nell, F.J., Sibrits, F.K., Ras, M.N. & Hayes, J.P. (1993) Nutritional value, for pigs and rats, of sunflower oilcake meal processed to contain different concentrations of protein. *South African Journal of Animal Science*, 23, 5-6
- Nestares, T., Lopez-Jurado, M., Sanz, A. & Lopez-Frias, M. (1993). Nutritional assessment of two vegetable protein concentrates in growing rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 1282–1286.
- Niemi, J.K., Sevon-Aimonen, M.J., Pietola, K. & Stalder, K.J. (2010). The value of precision feeding technologies for grow-finish swine, *Livestock Science*, 129, 13-23.
- NRC. (1998). *Nutrient Requirements of Swine*, 10th rev ed., p. 110–142, Washington DC.
- Nürnberg, K., Kracht, W. & Nürnberg G. (1994). Effect of feeding rapeseed oilmeal on carcass and fat quality of pigs. *Züchtungskunde*, 66, 230–241.

- Nyachoti, C.M., de Lange, C.F.M. & Schulze, H. (1997). Estimating endogenous amino acid flows at the terminal ileum and true ileal amino acid digestibilities in feedstuffs for growing pigs using the homoarginine method. *Journal of Animal Science*, 75, 3206–3213.
- Nyachoti, C.M., House, J.D., Slominski, B.A. and Seddon, I.R. (2005). Energy and Nutrition Digestibilities in Wheat Dried Distillers Grains with Soluble Fed to Growing Pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 2581-2586.
- Nyachoti, C.M., Arntfield, S.D., Guenter, W., Cenkowski, S. & Opapeju, F.O. (2006). Effect of micronized pea and enzyme supplementation on nutrient utilization and manure output in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 84, 2150–2156
- O’Connell, M.K., Lynch, P.B. & O’Doherty, J.V. (2005). A comparison between feeding a single diet or phase feeding a series of diets, with either the same or reduced crude protein content, to growing finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 81, 297–303.
- O’Doherty, J.V. & Keady, U. (2000). The nutritive value of extruded and raw peas for growing and finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 70, 265–274.
- O’Doherty, J.V. & McKeon, M.P. (2001). A note on the nutritive value of extruded and raw beans for growing and finishing pig. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 40, 97-104
- Ogle, R.B. & Hakansson, J. (1998). Nordic Research with Peas for Pigs. *Pig News and Information*.
- Olaboro, G., Marquardt, R.R. & Campbell, L.D. (1981). Isolation of the egg weight depressing factor in faba beans (*Vicia faba* L. var. minor). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32, 1074–1080.
- Olguin, M.C., Hisano, N., D’Ottavio, A. E., Zingale, M.I., Revelant, G.C., & Calderari, S.A. (2003). Nutritional and antinutritional aspects of an Argentinian soy flour assessed on weanling rats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 441–449.
- Opalka, M., Dusza, L., Kozirowski, M., Staszkiwicz, J., Lipinski, K. & Tywoczuk, J. (2001). Effect of long-term feeding with graded levels of low glucosinolate rapeseed meal on endocrine status of gilts and their piglets. *Livestock Production Science*, 69, 233–243.
- Opapeju, F., Golian, A., Nyachoti, C. & Campbell, L.D. (2006). Amino acid digestibility in dry-expressed soybean meal fed to pigs and poultry. *Journal of Animal Science*, 84, 1130-1137.
- Ortin, W.G.N & Yu, P. (2009). Nutrient Variation and Availability of Wheat DDGS, Corn DDGS and Blend DDGS from Bioethanol Plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 1754-1761.
- Osman, M.A., Reid, P.M., & Weber, C.W. (2002). Thermal inactivation of tepary bean (*Phaseolus acutifolius*), soybean and lima bean protease inhibitors: Effect of acidic and basic pH. *Food Chemistry*, 78, 419–423.
- Owusu-Asiedu, A., Baidoo, S.K. & Nyachoti, C.M. (2002). Effect of heat processing on nutrient digestibility in pea and supplementing amylase and xylanase to raw, extruded or



micronized pea-based diets on performance of early-weaned pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 82, 367–374.

Park, B., Lopetinsky, K., Bjorklund, R., Buss., T., Eppich, S., Laflamme, P., Miller, N., Olson., M. & Piquette, K. (1999). Pulse crops in Alberta. *Alberta Agriculture, Food & Rural Development*.

Parsons, C.M., Potter, L.M. & Brown Jr., R.D. (1983). Effect of dietary carbohydrate and of intestinal microflora on excretion of endogenous amino acids by poultry, *Poultry Science*, 62, 483-489.

Partanen, K., Alaviuhkola, T., Siljander-Rasi, H. & Suomi, K. (2003) Faba beans in diets for growing-finishing pigs. *Agricultural and food science in finland*, Vol 12, 35-47.

Pastuszewska, B., Tusnio, A., Taciak, M. & Mazurczyk, W. (2009). Variability in the composition of potato protein concentrate produced in different starch factories. A preliminary survey. *Animal Feed Science and technology*, 154, 260-264.

Perez, J.M.; Bourdon, D.; Baudet, J.J. & Evrard, J. (1986). Prediction of the energy value of sunflower meal from their cell wall contents. *Journées de la Recherche Porcine*, 18, 35-46.

Pfeiffer, A.M. (1991). Untersuchungen über den einfluss proteinreduzierter rationen auf die stickstoff- und wasserbilanzen sowie die mastleistungen an wachsenden schweinen. Dissertation, Institut für Tierernährung und Tierphysiologie, Universität Kiel.

Peak, S. (2005). TSAA requirements for nursery and growing pigs. *Advances in Pork Production*, 16, 101-107.

Petersen, U. & Schulz, E. (1978). Suitability of field beans (*Vicia faba*), sweet lupins (*lupinus luteus*) and rapeseed oilmeal (*Brassica napus napus*) as protein feeds for fattening pigs. *Landwirtschaftliche forschung*, 31, 269-289.

Petterson, D.S. (1998). Composition and food uses of lupins. In: *Lupins as crop plants: biology, production and utilization*. CAB International, Wallingford, p. 353–384.

Petterson, D.S. (2000). The use of lupins in feeding systems—review. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 13, 861–882.

Plitzner, C., Etle, T., Handl, S., Schmidt, P., Windisch, W. (2007). Effects of different dietary threonine levels on growth and slaughter performance in finishing pigs. *Czech Journal of Animal Science*, 52, 447-455

Pomar, C., Pomar J., Babot, D. (2007). Effet d'une alimentation multiphase quotidienne sur les performances zootechniques, la composition corporelle et les rejets d'azote et de phosphore du porc charcutier. *Journées de la Recherche Porcine*, 39, 23-30.

Pomar, C., Hauschild, L., Zhang, G.H., Pomar, J. & Lovatto, P.A. (2009). Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 226-237

Pomar, C., Hauschild, L., Zhang, G.H., Pomar J. & Lovatto, P.A. (2011). Precision feeding can significantly reduce feeding cost and nutrient excretion in growing animals

Pomar, C. & Pomar, J. (2012). Sustainable precision livestock farming: a vision for the future of the Canadian swine industry

Prins U., 2007, *Peulvruchten voor krachtvoer: krachtvoereiwit voor melkkoeien, melkgeiten, kippen en varkens*, Louis Bolk instituut.

Qiao, S.Y., Li, D.F., Jiang, J.Y., Zhou, H.J., Li, J.S. & Thacker, P.A. (2003). Effects of moist extruded full-fat soybeans on gut morphology and mucosal cell turnover time of weanling pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 16, 63–69.

Qin, G., Elst, E.R., Bosch, M.W., Van der Poel, A.F.B. (1996). Thermal processing of whole soy beans: Studies on the inactivation of antinutritional factors and the effects on ileal digestibility in piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 57, 313-324.

Racz, V.J. & Bell, J.M. (1999). Feeding peas to swine. Geraadpleegd op 6 maart 2012 via <http://www.agriculture.gov.sk.ca/Default.aspx?DN=80e71845-25e2-4ecc-9af0-2eccb51184c0>

Rademacher, M. (2000). How can diets be modified to minimize the impact of pig production on the environment. *Amino News Special Issue*, vol. 1, Number 1.

Rakic, S., Petrovic, S., Kukic, J., Jadranin, M., Tesevic, V. & Povrenovic, D. (2007). Influence of thermal treatment on phenolic compounds and antioxidant properties of oak acorns from Serbia. *Food Chemistry*, 104, 830–834.

Rasz, V.J. (1997). Feed pea nutrient composition. Canadian peas feed industry guide. Edited by Dave Hickling voor the Canadian Special Crops Association en de Western Canada Pulse Growers Association, 2<sup>nd</sup> edition. Canadian International Grains Institute.

Reddy, N.R., Pierson, M.D., Sathe, S.K. & Salunkhe, D.K. (1985). Dry bean tannins: a review of nutritional implications. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 62, 541–549.

Refstie, S., Korsøen, Ø.J., Storebakken, T., Baevefjord, G. & Roem, A.J. (2000). Differing nutritional responses to dietary defatted soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 190, 49– 63.

Refstie S., Tiekstra H.A.J. (2003). Potato proteinconcentrate with low content of solanidine glycoalkaloids in diets for atlantic salmon (*Salmo salar*), *Aquaculture*, 216, 283-298.

Rehman, Z. & Shah, W.H. (2005). Thermal heat processing effects on antinutrients, protein and starch digestibility of food legumes. *Food Chemistry*, 91, 327–331

Roth-Maier, D.A., Paulicks, B.R. (2002). Blue and yellow lupin seed (*L. angustifolius* and *L. luteus*) in: *the feeding of Pigs*, 10th Int. Lupin Conference, Wild and Cultivated Lupins from the Tropics to the Poles, Laugarvatn, Iceland.

Roth-Maier, D.A., Paulicks, B.R. (2004). Nutritive value and use of blue and yellow lupin (*Lupinus angustifolius* L. and *Lupinus luteus* L.) in the feeding of pigs. In: *Rapsextraktionsschrot und Körnerleguminosen in der Geflügel- und Schweinefütterung*. UFOP-Schriften 24, p. 73–94.

Roth-Mailer, D.A., Böhmer, B.M. & Roth, F.X. (2004). Effects of feeding canola meal and sweet lupin (*L. luteus* and *L.angustifolus*) in amino acid balanced diets on growth

performance and carcass characteristics of growing and finishing pigs. *Animal Resources*, 53, 21–34.

Rovers, M. (2008). Juiste balans van aminozuren voor beste technisch resultaat. *Varkensbedrijf*, nr 10, p. 22-23

Royer, E., Crepon, K., Granier, R., Peyronnet, C. & Vilarino, M. (2009). Incidence du type de féverole et du taux d'incorporation sur les performances de post-sevrage et d'engraissement. *Journées de la recherche Porcine en France*, ITP, Paris.

Rueve, K. (2005). Wheat Based Ethanol Production. Paper presented at the Northern Plains Ethanol Workshop, Saskatoon, Canada.

Ruiz, R.G., Price, K.R., Rose, M.E., Arthur, A.E., Petterson, D.S. & Fenwick, G.R. (1995). The effect of cultivar and environment on saponin content of Australian sweet lupin seed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69, 347–351.

Saini, H.S. (1989). Activity and thermal inactivation of protease inhibitors in grain legumes. In: *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*: Proceedings of the 1st International Workshop on Antinutritional Factors in Legume Seeds, Wageningen, The Netherlands, p. 249–253.

Salgado, P., Martins, J.M., Carvalho, F., Abreu, M., Freire, J.P.B., Toullec, R., Lallès, J.P. & Bento, O. (2002). Component digestibility of lupin (*lupinus agustifolius*) and pea (*Pisum sativum*) seeds and effects on the small intestine and body organs in anastomosed and intact growing pigs, *Animal feed science and technology*, 98, 187-201.

Sauer, W.C., Cichon, R. & Misir, R. (1982) Amino acid availability and protein quality of canola and rapeseed meal for pigs and rats. *Journal of Animal Science*, 54, 292101.

Sauer, W.C. & Ozimek, L. (1986). Digestibility of amino acids in swine: results and their practical application: A review. *Livestock Production Science*, 15, 367-388.

Schoeneberger, H., Gross, R., Cremer, H.D. & Elmadfa, I. (1983). The protein quality of lupins (*Lupinus mutabilis*) alone and in combination with other protein sources. *Qual. Plant. Plant Foods for Human Nutrition*, 32, 133–143.

Schöne, F. (1995). Fütterungsempfehlungen für Raps und Rapsprodukte, *Lohmann Inf*, 3, 11–14.

Seerley, R.W., Burdick D., Russom, W.C., Lowrey, R.S., McCampbell, H.C. & Amos, H.E. (1974). Sunflower meal as a replacement for soybean meal in growing swine and rat diets. *Journal of Animal Science*, 38, 947-953.

Selle, P.H., Walker A.R. & Bryden, W.L. (2003). Total and phytate-phosphorous contents and phytase activity of Australian-sourced feed ingredients for pigs and poultry. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43, 474-479.

Sève, B. & Henry, Y. (1996). Protein utilization in non ruminants. In: *Protein Metabolism and Nutrition*. EAAP Publ. No. 81. Proc. of the 7th International Symposium, Portugal, p. 59-82

- Sharda, D.P., Mahan, D.C. & Wilson, R.F. (1976). Limiting amino acids in low-protein corn-soybean meal diets for growing-finishing swine. *Journal of Animal Science*, 42, 1175-1181.
- Shelton, J.L., Heman, M.D., Strobe, R.M., Brashear, G.L., Ellis, M., McKeith, F.K., Bidner, T.D. & Southern, L.L. (2001). Effect of different protein sources in growth and carcass traits in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 79, 2428-2435.
- Shinbasaki, M., Suzuki, S., Tajima, S., Niemoto, H. & Kuroume, T. (1980). Allergenicity of major component proteins of soybean. *International Archives of Allergy and Immunology*, Vol.61, p.441-448.
- Shurson, J. & Spiehs, M. (2002). *Feeding Recommendations and Example Diets Containing Minnesota-South Dakota Produced DDGS for Swine*. Dept of Animal Science, University of Minnesota.
- Siljander-Rasi, H., Valaja, J., Alaviuhkola, T., Rantamäki, P. & Tupasela, T. (1996). Replacing soya bean meal with heat-treated, low-glucosinolate rapeseed meal does not affect the performance of growing-finishing pigs, *Animal Feed Science Technology*, 60, 1-12
- Silva, C. A., Pinheiro, J. W., Fonseca, N.A.N., Cabrera, L., Novo, V.C.C., Silva, M.A.A., Canteri, R.C. & Hoshi, E.H. (2002). Sunflower meal as feed to swine during the growing and finishing phase: digestibility, performance and carcass quality. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 982-990
- Smith, J.W., Richert, B.T., Hoodband, R.D., Nelssen, J.L., Tokach, M.D., Kats, L.J., Owen K.Q. & Dritz S.S. (1994). Evaluation of potato protein in starter pig diets, swine day 1994
- Smits, C.H.M., Veeling, J., Veldman, A. & Borggreve, G.J. (1991). Het gebruik van melk eiwitten en alternatieven voor melk eiwit in biggenvoeders. CLO-institute for Animal Nutrition, "De Schothorst", Lelystad, The Netherlands. *Trial Report No. 298*. p 12.
- Smits, C.H.M. & Annison, G. (1996). Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition towards a physiologically valid approach to their determination. *World's Poultry Science Journal*, 52, 204–221.
- Sohn, K.S., Maxwell, C.V., Buchanan, D.S. & Southern, L.L. (1994). Improved soybean protein sources for weanling pigs: I. Effects on performance and total tract amino acid digestibility. *Journal of Animal Science*, 72, 622-630.
- Song, Y.S., Pérez, V.G., Pettigrew, J.E., Martinez-Villaluenga, C. & Gonzales de Mejia, E. (2010). Fermentation of soybean meal and its inclusion in diets for newly weaned pigs reduced diarrhea and measures of immunoreactivity in the plasma, *Animal Feed Science and Technology*, 159, 41-49.
- Sosulski, F.W. & Cadden, A.M. (1982). Composition and physiological properties of several sources of dietary fibre. *Journal of Food Science*, 47, 1472–1477
- Spiehs, M.J., Whitney, M.H. & Shurson, G.C. (2002). Nutrient database for distillers dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*, 80, 2639–2645

Stein, H.H., Benzoni, G., Bohlke R.A. & Peters, D.N. (2004). Assessment of the feeding value of South Dakota grown field peas (*Pisum sativum* L.) for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 82, 2568–2578.

Stein, H.H. (2006). Field peas in diets fed to swine

Stein, H.H., Boersma, M.G. & Pedersen, C. (2006a). Apparent and true total tract digestibility of phosphorus in field peas (*Pisum sativum* L.) by growing pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 86, 523-525.

Stein, H.H., Everts, A.K.R., Sweeter, K.K., Peters, D.N., Maddock, R.J., Wulf, D.M. & Pedersen, C. (2006b). Influence of dietary field peas on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *Journal of Animal Science*, 84, 3110-3117.

Stein, H.H., Pedersen, C., Gibson, M.L. & Boersma, M.G. (2006c). Amino acid and energy digestibility in ten samples of dried distillers grain with solubles by growing pigs. *Journal of Animal Science*, 84, 853-860.

Stein, H.H. & Bohlke, R.A. (2007). The effects of thermal treatment of field peas (*Pisum sativum* L.) on nutrient and energy digestibility by growing pigs, *Journal of Animal Science*, 85, 1424-1431.

Stein, H.H. & De Lange, K. (2007). Alternative feed ingredients for pigs, London swine conference

Stein, H.H., Fuller, M.F., Moughan, P.J., Sève, B., Mosenthin, R., Jansman, A.J.M, Fernandez, J.A. & De Lange, C.F.M. (2007). Definition of apparent, true and standardized ileal digestibility of amino acids in pigs. *Livestock Science*, 109, 282-285.

Stock, R.A., Lewis, J.M., Klopfenstein, T. & Milton, C.T. (2000). Review of New Information on the Use of Wet and Dry Milling By-products in Feedlot Diets. *Journal of Animal Science*, 78.

Strolle, E., Cording, J. & Aceto, N. (1973). Recovering potato proteins coagulated by steam injection heating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 21, 974–977.

Subcommittee on Swine Nutrition, Committee on Animal Nutrition & National Research Council (1998). *Nutrient Requirements of Swine: 10th Revised Edition*

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

Sun, P., Li, D.F., Dong, B., Qiao, S.Y. & Ma, X. (2008a). Effects of soybean glycinin on performance and immune function in early weaned pigs. *Archives of Animal Nutrition*, 62, 313–321.

Sun, P., Li, D.F., Li, Z.J., Dong, B. & Wang, F.L. (2008b). Effects of glycinin on IgE-mediated increase of mast cell numbers and histamine release in the small intestine. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 19, 627–633.

- Tanii, H., Takayasu, T., Higashi, T., Leng, S. & Saojoh, K. (2004). Allylnitrile: generation from cruciferous vegetables and behavioral effect on mice of repeated exposure. *Food and Chemical Toxicology*, 42, 453–458.
- Taverner, M.R. (1975) Sweet lupin seed meal as a protein source for growing pigs, *Animal Production*, 20, 413-419.
- Thacker, P.A. (1990). Fababeans. In: *Nontraditional feed sources for use in swine production*. p.175-184, Butterworths, London.
- Thacker, A.P. & Widyaratne, G. (2007). Nutritional Value of Diets Containing Graded Levels of Wheat Distillers Grains with Soluble Fed to Broiler Chicks. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 1386-1390.
- Thaler, B. & Stein., H. (2003). Using South Dakota grown field peas in swine diets.
- Tjardes, K. & Wright, C. (2002). *Feeding corn distiller's co-products to beef cattle*. Extension Extra. Cooperative Extension Service. South Dakota State University.
- TMV (1994). Technical Model Pig Nutrition, Proefstation Voor de Varkenshouderij. Rosmalen, The Netherlands.
- Tokach, M., Dritz, S., Goodband, B. & Nelssen, J. (1999). Phase Feeding of Finishing Pigs. In: *Proceedings of Teagasc Pig Farmers Conference, Ireland*, p. 51–55.
- Tripathi, M.K., Mishra, A.S., Misra, A.K., Mondal, D. & Karim, S.A. (2001). Effect of substitution of groundnut with high glucosinolate mustard (*Brassica juncea*) meal on nutrient utilisation, growth, vital organ weight and blood composition of lambs. *Small Ruminant Research*, 39, 261–267.
- Tripathi, M.K. & Mishra, A.S. (2007). Glucosinolates in animal nutrition, A review, *Animal Feed Science and Technology*, 132, 1-27.
- Tusche, K., Wuertz, S., Susenbeth, A. & Schulz, C. (2011). Feeding fish according to organic aquaculture guidelines EC 710/2009: influence of potato protein concentrates containing various glycoalkaloid levels on health status and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 319, 122–131.
- Udensi, E.A., Ekwu, F.C. & Isinguzo, J.N. (2007). Antinutrient factors of vegetable cowpea (*Sesquipedalis*) seeds during thermal processing. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6, 194–197.
- UFOP (2004a). Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Ackerbohnen in der Nutztierfütterung. UFOP-Praxisinformation. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V., Berlin, Germany, (in German).
- UFOP (2004b), Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Lupinen in der Nutztierfütterung. UFOP-Praxisinformation. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V., Berlin, Germany, (in German).
- Vahl, H. (2009). Alternatieven voor Zuid-Amerikaanse soja in veevoer.

- Valdebouze, P., Bergeron, E., Gaborit, T. & Delort-Laval, J. (1980). Content and distribution of trypsin inhibitors and haemagglutinins in some legume seeds. *Canadian Journal of Plant Science*, 60, 695–701.
- Van Bameveld, R.Y. (1993). Effect of heating protein on the digestibility, availability and utilization of lysine by growing pigs [Ph.D. Thesis]. Department of Agriculture, University of Queensland, Australia, 221 p.
- Van Barneveld, R.J., Baker, J., Szarvas, S.R. & Choct, M. (1995). Effect of lupin kernels on the ileal and faecal digestibility of energy by pigs. In: *Manipulating Pig Production V*. Canberra, p. 30.
- Van Berkum, S., Roza, P. & Pronk, B. (2006). Sojahanandel- en ketenrelaties: Sojaketens in Brazilië, Argentinië en Nederland, *rapport 5.06.08*, LEI Den Haag.
- Van der Peet-Schwering, C.M.C & Plagge, J.G. (1995). Effect van multifasenvoeding op de technische resultaten en het waterverbruik van borgen en zeugen, *proefverslag P1.140*.
- Van der Peet-Schwering, C.M.C., Verdpe, N. & Beelen, G.M. (1996). Effect of feeding and housing on the ammonia emission of growing and finishing pig facilities. *Research Institute for Pig Husbandry*, vol. 5, 3, 27-28.
- Van der Poel, A.F.B., Gravendeel, S., Van Kleef, D.J., Jansman, A.J.M. & Kemp, B. (1992). Tannin-containing faba beans (*Vicia faba* L.): effects of methods of processing on ileal digestibility of protein and starch for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 36, 205–214.
- Van Krimpen, M.M. (2001). Knelpunten in de voeding van biologische varkens
- Van Leijssen, A. (2010). Teelthandleiding veldbonen. Geraadpleegd op 20 februari 2013 via <http://edepot.wur.nl/182660>
- Van Lunen, T.A. & Cole, D.J.A. (2001). Energy-amino acid interactions in modern pig genotypes. In: *Recent Developments in Pig Nutrition 3*. Nottingham University Press., Nottingham, UK.
- Van Reybrouck, G. (verkoopsleider varkensvoeding). (twee- en driefasenvoeding in België). Persoonlijke communicatie [telefoongesprek] op 21/03/2013
- Van Waes, J. (Wetenschappelijk directeur ILVO, eenheid plant, teelt en omgeving). (aanleg sojaproeven in België). Persoonlijke communicatie [e-mail] 25 april 2013
- Verstraete, W. (z.j.) Gebruik van de koolzaadkoek in de varkensvoeding
- Vidal-Valverde, C., Frias, J., Estrella, I., Gorospe, M. J., Ruiz, R. & Bacon, J. (1994). Effect of processing on some antinutritional factors of lentils. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 42, 2291–2295.
- Vilt (2012). Tussenbalans van het actieplan Alternatieve eiwitbronnen, Lust Vlaams vee wat anders dan soja? Geraadpleegd op 16 maart 2013 via [http://www.vilt.be/Tussenbalans\\_van\\_het\\_Actieplan\\_Alternatieve\\_Eiwitbronnen\\_Lust\\_Vlaams\\_vee\\_wat\\_anders\\_dan\\_soja](http://www.vilt.be/Tussenbalans_van_het_Actieplan_Alternatieve_Eiwitbronnen_Lust_Vlaams_vee_wat_anders_dan_soja)

- Vrints, G. & Deuninck, J. (2013), *Technische en economische resultaten van de varkenshouderij op basis van het Landbouwmonitoringsnetwerk*. [Brochure]. Brussel, Vlaamse Overheid, Beleidsdomein landbouw en visserij
- Wachenheim, C.J. & Mattson, J.W. (2002). Value of feed peas to swine diets, *Agribusiness and applied economics report no. 491*
- Wang, P.X. & Ueberschär, K.H. (1990). The estimation of vicine, convicine and condensed tannins in 22 varieties of fababeans (*Vicia faba* L.). *Animal Feed Science and Technology*, 31, 157-165.
- Wang, N.F., Chen, Q., Le, G.W., Shi, Y.H. & Sun, J. (2007). Effect of lactic acid fermented soyabean meal on the growth performance, intestinal microflora and morphology of weaned piglets. *Journal of Animal Feed Science*, 16, 75–85.
- Warnants, N. (2004). Alternatieve plantaardige eiwitbronnen voor varkens
- Warnants, N., Van Oeckel, M.J., De Paepe, M. & De Brabander, D. (2005), Amino-zurenbehoeften van big tot vleesvarken
- Watté; J. (z.j.). De eiwittransitie: eigen eiwitteelt in Europa. Geraadpleegd op 10 februari 2013 via <http://www.wervel.be/downloads/eiwittransitie.pdf>
- Wellock, I.J., Emmans, G.C. & Kyriazakis, I. (2004). Modeling the effects of stressors on the performance of populations of pigs. *Journal of Animal Science*, 82, 2442-2450.
- Wervel (z.j.). Soja weet wat je eet!
- Wetscherek, W., Lettner, F. & Huber, H. (1990). Rapeseed oilmeal and field beans - protein sources for fattening pigs, *Der Förderungsdienst*, 38, 97–101.
- Wetscherek, W., Zollitsch, W. & Lettner, F. (1992). Rapeseed oilmeal in supplementary feed for pig fattening with maize cob silage, *Bodenkultur*, 43, 363–370.
- Whitney, M.H., Shurson, G.C. & Guedes, R.C. (2006a). Effect of including distillers dried grains with solubles in the diet, with or without antimicrobial regimen, on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *Journal of Animal Science*, 84, 1870-1879.
- Whitney, M.H., Shurson, G.C., Johnson, L.J., Wulf, D.M. & Shanks, B.C. (2006b). Growth performance and carcass characteristics of grower-finisher pigs fed high-quality corn distillers dried grain with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *Journal of Animal Science*, 84, 3356-3363.
- Whittemore, C.T., Green, D.M. & Knap, P.W. (2001). Technical review of the energy and protein requirements of growing pigs: protein, *Journal of Animal Science*, 73, 363-373.
- Widmer, M.R., McGinnis, L.M., Wulf, D.M. & Stein H.H. (2008). Effects of feeding distillers dried grains with solubles, high-protein distillers dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality and the palatability of pork, *Journal of Animal Science*, 86, 1819-1831.



- Widyaratne, G.P., Patience, J.F. & Zijlstra, R.T. (2008a). Wheat DDGS and Xylanase in Swine Diets. *Canadian Journal of Animal Science*, 89, 91-95.
- Widyaratne, G.P. & Zijlstra, R.T. (2008). Erratum. Nutritional value of wheat and corn distiller's dried grain with solubles: digestibility and digestible contents of energy, amino acids and phosphorus, nutrient excretion and growth performance of grower-finisher pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 88, 515–516.
- Wijzer bij het milieubeleidsplan* [brochure]. (2006) Brussel: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie.
- Williams, B.A., Verstegen, M.W.A. & Tamminga, S. (2001). Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. *Nutrition Research Reviews*, 14, 207–227.
- Wink, M. (1988). Plant breeding: importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivores. *Theoretical and Applied Genetics*, 75, 225–233.
- Wink, M., Meißner, C. & Witte, L. (1995). Patterns of quinolizidine alkaloids in 56 species of the genus *Lupinus*. *Phytochemistry*, 38, 139–153.
- WNF (z.j.). Dossier Genetisch gemodificeerde soja. Geraadpleegd op 21 februari 2013 via [http://www.wnf.nl/nl/wat\\_wnf\\_doet/dossiers/genetisch\\_gemodificeerde\\_soja/](http://www.wnf.nl/nl/wat_wnf_doet/dossiers/genetisch_gemodificeerde_soja/)
- Wojnowska, I., Poznanski, S. & Bednarski, W. (1981). Processing of potato protein concentrates and their properties. *Journal of Food Science*, 47, 167–172.
- Woodworth, J.C., Tokach, M.D., Goodband, R.D., Nelssen, J.L., O'Quinn, P.R., Knabe, D.A. & Said, N.W. (2001). Apparent ileal digestibility of amino acids and the digestible and metabolizable energy of dry extruded-expelled soybean meal and its effect on growth performance of pigs. *Journal of Animal Science*, 79, 1280-1287.
- Xu, G., Baidoo, S.K., Johnston, L.J., Cannon, J.E. & Shurson, G.C. (2007). Effects of adding increasing levels of corn dried distillers grains with solubles (DDGS) to corn-soybean meal diets on growth performance and pork quality of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 85, 76.
- Zdunczyk, Z., Juskiewics, J., Frejnagel, S. & Gulewicz, K. (1998). Influence of alkaloids and oligosaccharides from white lupin seeds on utilization of diets by rats and absorption of nutrients in the small intestine, *Animal Feed Science and Technology*, 72, 143-154.
- Zhao, Y., Qin, G., Sun, Z., Zhang, X., Bao, N., Wang, T., Zhang, B., Zhu, D. & Sun, L. (2008). Disappearance of immunoreactive glycinin and beta-conglycinin in the digestive tract of piglets. *Archives of Animal Nutrition*, 62, 322–330.
- Zijlstra, R.T. & Beltranena, E. (2007). *Latest Development in Alternative Feedstuffs for Pigs*. University of Alberta.
- Zijlstra, R.T., Lopetinsky, K. & Beltranena, E. (2008) The nutritional value of zero-tannin faba bean for grower-finisher pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 88, 293-302

Zijlstra, R. T. & Beltranena, E. (2008). Variability of quality in biofuel coproducts. Chapter 15 in *Recent Advances in Animal Nutrition 2008*. Nottingham University Press, Nottingham, UK.

Zijlstra, R.T., Widyaratne, G. & Beltranena, E. (2007). *Characterization of Wheat DDGS and Feeding to Swine*. A Paper Delivered at the 2007 Western Nutrition Conference

## **Bijlagen**

Bijlage 1: Voeder voor fase 1 van de twee-, drie-, vijf- en multifasenvoeding

Bijlage 2: Voeder voor fase 2 van de twee-, drie- en vijffasenvoeding

Bijlage 3: Voeder voor fase 3 van de driefasenvoeding en fase 4 van de vijffasenvoeding

Bijlage 4: Voeder voor fase 3 van de vijffasenvoeding

Bijlage 5: Voeder voor fase 5 van de vijffasenvoeding

Bijlage 6: Mineralenrijk voeder voor de multifasenvoeding

Bijlage 7: Mineralenarm voeder voor de multifasenvoeding

# Bijlage 1: Voeder voor fase 1 van de twee-, drie-, vijf- en multifasenvoeding

BESTMIX™ Sam M		Kostenformulier 14/08/2012 - 12:18			
Product	demoproject	Versie	4	(Productnummer 76)	
Fabriek	Melle	Diergroep	vleesvarkens		
Omschrijving	20-40 kg				
Prijzlijst	prijzlijst juni 2012				
Ingrediënt	Prijs(EUR/Ton)	perc.	Gewicht (Kg)	Prijs	
Erwten demo	286,00	6,000	60,000	17,160 EUR	
demoproject koolzaadschroot	183,00	6,000	60,000	10,980 EUR	
demoproject zonnepitschroot	161,00	6,000	60,000	9,660 EUR	
demoproject Tarweglutenvoer	199,00	5,000	50,000	9,950 EUR	
demoproject_sojaschroot	412,00	4,655	46,551	19,179 EUR	
demoproject aardappeleiwit	1.000,00	2,500	25,000	25,000 EUR	
vleesvarkens kern porstimin	770,41	2,000	20,000	15,408 EUR	
37010 Bietpulp SUI < 100	209,00	1,000	10,000	2,090 EUR	
44800 Vet dierlijk	800,00	1,211	12,110	9,688 EUR	
k4 voederkrijt	95,00	0,768	7,680	0,730 EUR	
k5 voederfosfaat	450,00	0,420	4,200	1,890 EUR	
sa1 L-Lysine HCL	2.200,00	0,212	2,118	4,660 EUR	
sa3 L-threonine	2.500,00	0,105	1,050	2,625 EUR	
sa2 DL-methionine	4.000,00	0,081	0,812	3,246 EUR	
sa4 L-tryptofaan	13.500,00	0,043	0,431	5,822 EUR	
k6 keukenzout	22,93	0,018	0,181	0,004 EUR	
16400 Gerst	210,00	10,800	108,000	22,680 EUR	
11200 Mais	231,00	23,190	231,900	53,569 EUR	
20100 Tarwe	225,00	29,997	299,967	67,493 EUR	
	<b>281,83</b>	<b>100,000</b>	<b>1.000,000</b>	<b>281,833 EUR</b>	

## Analyse

Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid	Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid
<b>Weende</b>				96	IP	2,861	g/kg
1	DS	879,722	g/kg	Ca/P	Ca/P	1,411	
97	Vocht	120,278	g/kg	Ca/vP	Ca/vP	3,256	
2	RAS	47,422	g/kg	21	Cu	5,752	mg/kg
5	RC	45,000	g/kg	18	Fe	110,169	mg/kg
3	RE_(excl_NH3)	166,717	g/kg	13	Mg	1,903	g/kg
4	RVET	40,526	g/kg	20	Zn	30,107	mg/kg
112	OK	549,624	g/kg		<b>Totale Amino-zuren</b>		
<b>Uitgebreide Analyse</b>				37	LYS	10,995	g/kg
95	ZETam	396,821	g/kg	40	M+C	6,848	g/kg
7	SUI	35,596	g/kg	38	MET	3,671	g/kg
lact	lactose		g/kg	41	THR	7,768	g/kg
110	NSP	188,448	g/kg	42	TRP	2,305	g/kg
9	ADF	65,578	g/kg	43	ILE	6,405	g/kg
8	NDF	150,060	g/kg	47	LEU	12,648	g/kg
10	ADL	12,602	g/kg	49	VAL	7,956	g/kg
<b>Mineralen</b>				44	ARG	9,612	g/kg
15	Na	1,500	g/kg	46	HIS	4,060	g/kg
14	K	6,619	g/kg	45	PHE	7,742	g/kg
16	Cl	3,445	g/kg	52	GLU	31,426	g/kg
152	EB	145,602	meq/kg		<b>Verteerbare Amino-zuren</b>		
153	KAV	41,513	meq/kg	lys:RE	lys:RE	0,066	
11	Ca	7,003	g/kg	dvlys:RE	dvlys:RE	0,057	
12	P	4,962	g/kg	dvmet+cys:d	dvmet+cys:dvlys	0,590	
33	vP	2,150	g/kg	vlys			
				dvmet:dvme	dvmet:dvmet+cy	0,579	

## Bijlage 2: Voeder voor fase 2 van de twee-, drie- en vijffasenvoeding

BESTMIX™ Sam M		Kostenformulier 14/08/2012 - 12:15			
Product	demoproject 40_70	Versie	4	(Productnummer 76)	
Fabriek	Melle	Diergroep	vleesvarkens		
Omschrijving	demoproject_40_70				
Prijzlijst	prijzlijst augustus 2012				
Ingrediënt		Prijs(EUR/Ton)	perc.	Gewicht (Kg)	Prijs
16400	Gerst	245,00	30,000	300,000	73,500 EUR
20100	Tarwe	264,00	30,000	300,002	79,200 EUR
11200	Mais	276,00	10,000	100,000	27,600 EUR
	Erwten demo	293,00	7,000	70,000	20,510 EUR
	demoproject koolzaadschroot	329,00	7,000	70,000	23,030 EUR
	demoproject zonnepitschroot	161,00	6,000	60,000	9,660 EUR
	demoproject Tarweglutenvoer	220,00	2,673	26,727	5,880 EUR
	demoproject aardappelwit	1.000,00	2,125	21,248	21,248 EUR
	vleesvarkenskern porstimin	1.000,00	2,000	20,000	20,000 EUR
44800	Vet dierlijk	800,00	1,035	10,350	8,280 EUR
	k4 voederkrijt	95,00	0,587	5,870	0,558 EUR
37100	Melasse, biet-	165,00	0,702	7,018	1,158 EUR
	k5 voederfosfaat	450,00	0,299	2,990	1,346 EUR
	k6 keukenzout	22,93	0,198	1,979	0,045 EUR
	sa1 L-Lysine HCL	2.200,00	0,199	1,991	4,380 EUR
	sa3 L-threonine	2.500,00	0,094	0,940	2,351 EUR
	sa2 Di-methionine	4.000,00	0,055	0,555	2,219 EUR
	sa4 L-tryptofaan	13.500,00	0,033	0,331	4,469 EUR
		<b>305,43</b>	<b>100,000</b>	<b>1.000,000</b>	<b>305,434 EUR</b>

### Analyse

Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid	Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid
<b>Weende</b>				Ca/P	Ca/P	1,277	
1	DS	877,309	g/kg	Ca/vP	Ca/vP	3,000	
97	Vocht	122,691	g/kg	21	Cu	5,565	mg/kg
2	RAS	45,134	g/kg	18	Fe	106,911	mg/kg
5	RC	47,233	g/kg	13	Mg	1,822	g/kg
3	RE_(excl_NH3)	153,361	g/kg	20	Zn	29,114	mg/kg
4	RVET	34,997	g/kg	<b>Totale Aminozen</b>			
112	OK	579,697	g/kg	37	LYS	9,956	g/kg
<b>Uitgebreide Analyse</b>				40	M+C	6,249	g/kg
95	ZETam	411,289	g/kg	38	MET	3,195	g/kg
7	SUI	35,287	g/kg	41	THR	7,041	g/kg
lact	lactose		g/kg	42	TRP	2,069	g/kg
110	NSP	193,146	g/kg	43	ILE	5,700	g/kg
9	ADF	67,542	g/kg	47	LEU	10,932	g/kg
8	NDF	154,235	g/kg	49	VAL	7,272	g/kg
10	ADL	14,391	g/kg	44	ARG	8,503	g/kg
<b>Mineralen</b>				46	HIS	3,575	g/kg
15	Na	2,147	g/kg	45	PHE	7,017	g/kg
14	K	6,232	g/kg	52	GLU	30,508	g/kg
16	Cl	4,619	g/kg	<b>Verteerbare Aminozen</b>			
152	EB	130,770	meq/kg	lys:RE	lys:RE	0,065	
153	KAV	30,837	meq/kg	dvlys:RE	dvlys:RE	0,055	
11	Ca	6,000	g/kg	dvmet+cys:d	dvmet+cys:dvlys	0,590	
12	P	4,700	g/kg	vllys			
33	vP	2,000	g/kg	dvmet:dvme	dvmet:dvmet+cy	0,552	
96	IP	2,842	g/kg	t+cys	s		
				dvthr:dvlys	dvthr:dvlys	0,650	



## Bijlage 3: Voeder voor fase 3 van de driefasenvoeding en fase 4 van de vijffasenvoeding

BESTMIX™ Sam M		Kostenformulier 14/08/2012 - 12:34			
Product	demoproject 70_110	Versie	4	(Productnummer 76)	
Fabriek	Melle	Diergroep	vleesvarkens		
Omschrijving					
Prijslijst	prijslijst augustus 2012				
Ingrediënt	Prijs(EUR/Ton)	perc.	Gewicht (Kg)	Prijs	
16400 Gerst	245,00	30,001	300,007	73,502 EUR	
20100 Tarwe	264,00	29,890	298,900	78,910 EUR	
11200 Mais	276,00	10,000	100,000	27,600 EUR	
Erwten demo	293,00	5,000	50,000	14,650 EUR	
demoproject zonnepitschroot	161,00	5,000	50,000	8,050 EUR	
demoproject koolzaadschroot	329,00	5,000	50,000	16,450 EUR	
37010 Bietpulp SUI < 100	223,00	5,000	50,000	11,150 EUR	
37100 Melasse, biet-	165,00	1,101	11,007	1,816 EUR	
vleesvarkenskern porstimin	1.000,00	2,000	20,000	20,000 EUR	
demoproject aardappelwit	1.000,00	1,276	12,757	12,757 EUR	
k4 voederkrijt	95,00	0,446	4,460	0,424 EUR	
sa1 L-Lysine HCL	2.200,00	0,176	1,760	3,872 EUR	
sa3 L-threonine	2.500,00	0,087	0,874	2,186 EUR	
sa2 DI-methionine	4.000,00	0,041	0,406	1,625 EUR	
sa4 L-tryptofaan	13.500,00	0,027	0,274	3,697 EUR	
k5 voederfosfaat	450,00	0,018	0,180	0,081 EUR	
k6 keukenzout	22,93	0,261	2,612	0,060 EUR	
demoproject_sojaschroot	564,00	0,000	0,001	0,001 EUR	
demoproject Tarweglutenvoer	220,00	4,676	46,762	10,288 EUR	
	<b>287,12</b>	<b>100,000</b>	<b>1.000,000</b>	<b>287,117 EUR</b>	

### Analyse

Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid	Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid
<b>Weende</b>				96	IP	2,660	g/kg
1	DS	875,712	g/kg	Ca/P	Ca/P	1,275	
97	Vocht	124,288	g/kg	Ca/vP	Ca/vP	3,188	
2	RAS	43,462	g/kg	21	Cu	5,332	mg/kg
5	RC	52,694	g/kg	18	Fe	120,756	mg/kg
3	RE_(excl_NH3)	140,902	g/kg	13	Mg	1,844	g/kg
4	RVET	23,607	g/kg	20	Zn	27,917	mg/kg
112	OK	587,561	g/kg	<b>Totale Aminozen</b>			
<b>Uitgebreide Analyse</b>				37	LYS	8,867	g/kg
95	ZETam	406,659	g/kg	40	M+C	5,587	g/kg
7	SUI	38,926	g/kg	38	MET	2,780	g/kg
lact	lactose		g/kg	41	THR	6,384	g/kg
110	NSP	218,959	g/kg	42	TRP	1,849	g/kg
9	ADF	71,486	g/kg	43	ILE	5,064	g/kg
8	NDF	166,795	g/kg	47	LEU	9,816	g/kg
10	ADL	13,684	g/kg	49	VAL	6,592	g/kg
<b>Mineralen</b>				44	ARG	7,580	g/kg
15	Na	2,500	g/kg	46	HIS	3,298	g/kg
14	K	6,156	g/kg	45	PHE	6,306	g/kg
16	Cl	5,027	g/kg	52	GLU	28,641	g/kg
152	EB	132,481	meq/kg	<b>Verteerbare Aminozen</b>			
153	KAV	36,670	meq/kg	lys:RE	lys:RE	0,063	
11	Ca	5,100	g/kg	dvlyS:RE	dvlyS:RE	0,053	
12	P	4,000	g/kg	dvmct+cys:d	dvmct+cys:dvlys	0,590	
33	vP	1,600	g/kg	vllys			
				dvmct:dvme	dvmct:dvmct+cy	0,537	

## Bijlage 4: Voeder voor fase 3 van de vijffasenvoeding

BESTMIX™ Sam M		Kostenformulier 14/08/2012 - 11:45			
<b>Product</b>	demoproject 65_80	<b>Versie</b>	4	(Productnummer 76)	
<b>Fabriek</b>	Melle	<b>Diergroep</b>	vleesvarkens		
<b>Omschrijving</b>	demoproject_65_80				
<b>Prijslijst</b>	prijslijst augustus 2012				
Ingrediënt	Prijs(EUR/Ton)	perc.	Gewicht (Kg)	Prijs	
16400 Gerst	245,00	28,120	281,200	68,894 EUR	
20100 Tarwe	260,00	10,000	100,000	26,000 EUR	
11200 Mais	255,00	29,582	295,818	75,434 EUR	
Erwten demo	293,00	7,000	70,000	20,510 EUR	
demoproject koolzaadschroot	329,00	7,000	70,000	23,030 EUR	
demoproject zonnepitschroot	161,00	6,000	60,000	9,660 EUR	
demoproject Tarweglutenvoer	220,00	3,419	34,191	7,522 EUR	
37100 Melasse, biet-	165,00	3,000	30,000	4,950 EUR	
demoproject aardappeleiwit	1.000,00	1,831	18,312	18,312 EUR	
vleesvarkenskern porstimin	1.000,00	2,000	20,000	20,000 EUR	
sa2 DI-methionine	4.000,00	0,052	0,523	2,093 EUR	
44800 Vet dierlijk	800,00	0,546	5,460	4,368 EUR	
k4 voederkrijt	95,00	0,539	5,390	0,512 EUR	
k5 voederfosfaat	450,00	0,352	3,520	1,584 EUR	
k6 keukenzout	22,93	0,256	2,556	0,059 EUR	
sa1 L-Lysine HCL	2.200,00	0,179	1,788	3,933 EUR	
sa3 L-threonine	2.500,00	0,083	0,828	2,071 EUR	
sa4 L-tryptofaan	13.500,00	0,041	0,414	5,587 EUR	
	<b>294,52</b>	<b>100,000</b>	<b>1.000,000</b>	<b>294,518 EUR</b>	

### Analyse

Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid	Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid
<b>Weende</b>				Ca/P	Ca/P	1,277	
1	DS	874,184	g/kg	Ca/vP	Ca/vP	3,000	
97	Vocht	125,816	g/kg	21	Cu	5,267	mg/kg
2	RAS	46,315	g/kg	18	Fe	104,121	mg/kg
5	RC	46,406	g/kg	13	Mg	1,822	g/kg
3	RE_(excl_NH3)	146,233	g/kg	20	Zn	28,622	mg/kg
4	RVET	34,997	g/kg	<b>Totale Aminozen</b>			
112	OK	579,383	g/kg	37	LYS	9,442	g/kg
<b>Uitgebreide Analyse</b>				40	M+C	5,956	g/kg
95	ZETam	410,613	g/kg	38	MET	3,083	g/kg
7	SUI	42,248	g/kg	41	THR	6,723	g/kg
lact	lactose		g/kg	42	TRP	1,960	g/kg
110	NSP	189,985	g/kg	43	ILE	5,372	g/kg
9	ADF	65,388	g/kg	47	LEU	11,155	g/kg
8	NDF	148,206	g/kg	49	VAL	6,926	g/kg
10	ADL	13,468	g/kg	44	ARG	8,075	g/kg
<b>Mineralen</b>				46	HIS	3,488	g/kg
15	Na	2,500	g/kg	45	PHE	6,602	g/kg
14	K	6,871	g/kg	52	GLU	27,484	g/kg
16	Cl	5,345	g/kg	<b>Verteerbare Aminozen</b>			
152	EB	142,156	meq/kg	lys:RE	lys:RE	0,065	
153	KAV	30,770	meq/kg	dvlyS:RE	dvlyS:RE	0,055	
11	Ca	6,000	g/kg	dvmet+cys:d	dvmet+cys:dvlys	0,590	
12	P	4,700	g/kg	vlys			
33	vP	2,000	g/kg	dvmet:dvme	dvmet:dvmet+cy	0,564	
96	IP	2,790	g/kg	t+cys	s		
				dvthr:dvlys	dvthr:dvlys	0,650	

## Bijlage 5: Voeder voor fase 5 van de vijffasenvoeding

**BESTMIX™**

Sam M

**Kostenformulier**

14/08/2012 - 12:33

Product	demoproject 95_110	Versie	4	(Productnummer)	76
Fabriek	Melle	Diergroep	vleesvarkens		
Omschrijving					
Prijslijst	prijslijst augustus 2012				
Ingrediënt	Prijs(EUR/Ton)	perc.	Gewicht (Kg)	Prijs	
16400 Gerst	245,00	30,000	300,000	73,500 EUR	
20100 Tarwe	264,00	29,998	299,982	79,195 EUR	
11200 Mais	276,00	10,050	100,500	27,738 EUR	
Erwten demo	293,00	5,000	50,000	14,650 EUR	
demoproject zonnepitschroot	161,00	5,000	50,000	8,050 EUR	
demoproject koolzaadschroot	329,00	5,000	50,000	16,450 EUR	
37010 Bietpulp SUI < 100	223,00	5,000	50,000	11,150 EUR	
37100 Melasse, biet-	165,00	2,089	20,886	3,446 EUR	
vleesvarkenskern porstimin	1.000,00	2,000	20,000	20,000 EUR	
demoproject aardappeleiwit	1.000,00	0,525	5,248	5,248 EUR	
k4 voederkrijt	95,00	0,429	4,290	0,408 EUR	
sa1 L-Lysine HCL	2.200,00	0,163	1,631	3,589 EUR	
sa3 L-threonine	2.500,00	0,083	0,826	2,064 EUR	
sa2 DI-methionine	4.000,00	0,029	0,290	1,160 EUR	
sa4 L-tryptofaan	13.500,00	0,024	0,241	3,259 EUR	
k5 voederfosfaat	450,00	0,027	0,270	0,122 EUR	
demoproject_sojaschroot	564,00	0,000	0,001	0,001 EUR	
demoproject Tarweglutenvoer	220,00	4,584	45,835	10,084 EUR	
	<b>280,11</b>	<b>100,000</b>	<b>1.000,000</b>	<b>280,111 EUR</b>	

### Analyse

Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid	Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid
<b>Weende</b>							
1	DS	873,717	g/kg	Ca/P	Ca/P	1,275	
97	Vocht	126,283	g/kg	Ca/vP	Ca/vP	3,187	
2	RAS	41,327	g/kg	21	Cu	5,245	mg/kg
5	RC	52,665	g/kg	18	Fe	121,212	mg/kg
3	RE_(excl_NH3)	135,850	g/kg	13	Mg	1,842	g/kg
4	RVET	23,297	g/kg	20	Zn	27,780	mg/kg
112	OK	594,220	g/kg	<b>Totale Aminozuren</b>			
<b>Uitgebreide Analyse</b>							
95	ZETam	407,348	g/kg	37	LYS	8,319	g/kg
7	SUI	43,064	g/kg	40	M+C	5,258	g/kg
lact	lactose		g/kg	38	MET	2,535	g/kg
110	NSP	219,713	g/kg	41	THR	6,012	g/kg
9	ADF	71,459	g/kg	42	TRP	1,738	g/kg
8	NDF	166,584	g/kg	43	ILE	4,757	g/kg
10	ADL	13,676	g/kg	47	LEU	9,245	g/kg
<b>Mineralen</b>							
15	Na	1,582	g/kg	49	VAL	6,220	g/kg
14	K	6,463	g/kg	44	ARG	7,280	g/kg
16	Cl	3,668	g/kg	46	HIS	3,172	g/kg
152	EB	138,646	meq/kg	45	PHE	5,941	g/kg
153	KAV	42,466	meq/kg	52	GLU	28,377	g/kg
11	Ca	5,099	g/kg	<b>Verteerbare Aminozuren</b>			
12	P	4,000	g/kg	lys:RE	lys:RE	0,061	
33	vP	1,600	g/kg	dvlys:RE	dvlys:RE	0,052	
96	IP	2,652	g/kg	dvmet+cys:d	dvmet+cys:dvlys	0,590	
				vlys			
				dvmet:dvme	dvmet:dvmet+cy	0,519	
				t+cys	s		
				dvthr:dvlys	dvthr:dvlys	0,650	



## Bijlage 6: Mineralenrijk voeder voor de multifasenvoeding

**BESTMIX™**

Sam M

**Kostenformulier**

14/08/2012 - 12:09

Product	demoproject_40kg	Versie	4	(Productnummer 76)	
Fabriek	Melle	Diergroep	vleesvarkens		
Omschrijving	demoproject_40_70				
Prijslijst	prijslijst juni 2012				
Ingrediënt	Prijs(EUR/Ton)	perc.	Gewicht (Kg)	Prijs	
16400 Gerst	210,00	30,003	300,028	63,006 EUR	
20100 Tarwe	225,00	29,730	297,300	66,893 EUR	
11200 Mais	231,00	10,000	100,000	23,100 EUR	
Erwten demo	286,00	7,000	70,000	20,020 EUR	
demoproject Tarweglutenvoer	199,00	2,806	28,058	5,584 EUR	
demoproject zonnepitschroot	161,00	6,000	60,000	9,660 EUR	
demoproject koolzaadschroot	183,00	7,000	70,000	12,810 EUR	
demoproject aardappeleiwit	1.000,00	2,875	28,746	28,746 EUR	
vleesvarkenskeren porstimin	770,41	2,000	20,000	15,408 EUR	
44800 Vet dierlijk	800,00	1,001	10,010	8,008 EUR	
k4 voederkrijt	95,00	0,600	6,000	0,570 EUR	
sa2 DI-methionine	4.000,00	0,067	0,672	2,690 EUR	
k5 voederfosfaat	450,00	0,289	2,890	1,301 EUR	
k6 keukenzout	22,93	0,282	2,822	0,065 EUR	
sa1 L-Lysine HCL	2.200,00	0,212	2,121	4,666 EUR	
sa3 L-threonine	2.500,00	0,099	0,989	2,473 EUR	
sa4 L-tryptofaan	13.500,00	0,036	0,364	4,914 EUR	
demoproject_sojaschroot	412,00	0,000	0,000	0,000 EUR	
	<b>269,91</b>	<b>100,000</b>	<b>1.000,000</b>	<b>269,912 EUR</b>	

### Analyse

Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid	Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid
<b>Weende</b>				Ca/P	Ca/P	1,276	
1	DS	878,706	g/kg	Ca/vP	Ca/vP	3,000	
97	Vocht	121,294	g/kg	21	Cu	5,675	mg/kg
2	RAS	45,711	g/kg	18	Fe	106,896	mg/kg
5	RC	47,264	g/kg	13	Mg	1,825	g/kg
3	RE_(excl_NH3)	158,619	g/kg	20	Zn	29,266	mg/kg
4	RVET	34,996	g/kg	<b>Totale Aminozen</b>			
112	OK	573,874	g/kg	37	LYS	10,504	g/kg
<b>Uitgebreide Analyse</b>				40	M+C	6,577	g/kg
95	ZETam	410,088	g/kg	38	MET	3,441	g/kg
7	SUI	32,376	g/kg	41	THR	7,412	g/kg
lact	lactose		g/kg	42	TRP	2,180	g/kg
110	NSP	192,790	g/kg	43	ILE	6,009	g/kg
9	ADF	67,559	g/kg	47	LEU	11,505	g/kg
8	NDF	154,414	g/kg	49	VAL	7,644	g/kg
10	ADL	14,397	g/kg	44	ARG	8,801	g/kg
<b>Mineralen</b>				46	HIS	3,699	g/kg
15	Na	2,423	g/kg	45	PHE	7,378	g/kg
14	K	6,029	g/kg	52	GLU	30,844	g/kg
16	Cl	5,009	g/kg	<b>Verteerbare Aminozen</b>			
152	EB	126,610	meq/kg	lys:RE	lys:RE	0,066	
153	KAV	25,093	meq/kg	dvlys:RE	dvlys:RE	0,057	
11	Ca	5,998	g/kg	dvmet+cys:d	dvmet+cys:dvlys	0,590	
12	P	4,699	g/kg	vlys			
33	vP	1,999	g/kg	dvmet:dvme	dvmet:dvmet+cy	0,566	
96	IP	2,850	g/kg	t+cys	s		
				dvthr:dvlys	dvthr:dvlys	0,650	

## Bijlage 7: Mineralenarm voeder voor de multifasenvoeding

**BESTMIX™**

Sam M

**Kostenformulier**

14/08/2012 - 12:36

Product	demoproject_120	Versie	4	(Productnummer)	76
Fabriek	Melle	Diergroep	vleesvarkens		
Omschrijving					
Prijslijst	prijslijst augustus 2012				
Ingrediënt	Prijs(EUR/Ton)	perc.	Gewicht (Kg)	Prijs	
16400 Gerst	245,00	30,000	300,000	73,500 EUR	
20100 Tarwe	264,00	30,001	300,011	79,203 EUR	
11200 Mais	276,00	11,630	116,300	32,099 EUR	
Erwten demo	293,00	5,000	50,000	14,650 EUR	
demoproject zonnepitschroot	161,00	5,000	50,000	8,050 EUR	
demoproject koolzaadschroot	329,00	2,423	24,233	7,973 EUR	
37010 Bietpulp SUI < 100	223,00	5,000	50,000	11,150 EUR	
demoproject Tarweglutenvoer	220,00	5,000	50,000	11,000 EUR	
37100 Melasse, biet-	165,00	3,000	30,000	4,950 EUR	
vleesvarkenskeren porstimin	1.000,00	2,000	20,000	20,000 EUR	
demoproject aardappeleiwit	1.000,00	0,000	0,000	0,000 EUR	
k4 voederkrijt	95,00	0,539	5,390	0,512 EUR	
sa1 L-Lysine HCL	2.200,00	0,047	0,473	1,042 EUR	
sa3 L-threonine	2.500,00	0,026	0,259	0,648 EUR	
sa2 DI-methionine	4.000,00	0,016	0,165	0,660 EUR	
k5 voederfosfaat	450,00	0,080	0,800	0,360 EUR	
sa4 L-tryptofaan	13.500,00	0,007	0,066	0,895 EUR	
demoproject_sojaschroot	564,00	0,000	0,001	0,001 EUR	
k6 keukenzout	22,93	0,230	2,301	0,053 EUR	
	<b>266,74</b>	<b>100,000</b>	<b>1.000,000</b>	<b>266,744 EUR</b>	

### Analyse

Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid	Code	Omschrijving	Waarde	Eenheid
<b>Weende</b>				96	IP	2,488	g/kg
1	DS	871,604	g/kg	Ca/P	Ca/P	1,417	
97	Vocht	128,396	g/kg	Ca/vP	Ca/vP	3,438	
2	RAS	44,303	g/kg	21	Cu	5,097	mg/kg
5	RC	50,173	g/kg	18	Fe	110,166	mg/kg
3	RE_(excl_NH3)	123,980	g/kg	13	Mg	1,764	g/kg
4	RVET	22,308	g/kg	20	Zn	26,692	mg/kg
112	OK	602,751	g/kg		<b>Totale Aminozenuren</b>		
<b>Uitgebreide Analyse</b>				37	LYS	6,671	g/kg
95	ZETam	417,485	g/kg	40	M+C	4,663	g/kg
7	SUI	45,189	g/kg	38	MET	2,179	g/kg
lact	lactose		g/kg	41	THR	4,905	g/kg
110	NSP	215,189	g/kg	42	TRP	1,412	g/kg
9	ADF	67,258	g/kg	43	ILE	4,261	g/kg
8	NDF	161,774	g/kg	47	LEU	8,420	g/kg
10	ADL	12,614	g/kg	49	VAL	5,601	g/kg
<b>Mineralen</b>				44	ARG	6,627	g/kg
15	Na	2,500	g/kg	46	HIS	2,891	g/kg
14	K	6,541	g/kg	45	PHE	5,408	g/kg
16	Cl	4,959	g/kg	52	GLU	27,118	g/kg
152	EB	144,323	meq/kg		<b>Verteerbare Aminozenuren</b>		
153	KAV	46,367	meq/kg	lys:RE	lys:RE	0,054	
11	Ca	5,501	g/kg	dvlys:RE	dvlys:RE	0,044	
12	P	3,882	g/kg	dvmet+cys:d	dvmet+cys:dvlys	0,663	
33	vP	1,600	g/kg	vlys			
				dvmet:dvme	dvmet:dvmet+cy	0,500	