



Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

VOEDERWAARDE VAN DDGS EN ENKELE ANDERE BIJPRODUCTEN VAN DE BIO-ETHANOLWINNING UIT GRANEN VOOR RUNDVEE, VARKENS EN PLUIMVEE

ILVO MEDEDELING nr 159

maart 2014



Johan De Boever
Sofie Tanghe
Leen Vandaele
Evelyne Delezie
Sam Millet
Luc Maertens

Saskia Leleu
Emma Teirlynck
Daniel De Brabander
Leo Fiems
Sam De Campeneere



Voederwaarde van DDGS en enkele andere bijproducten van de bio-ethanolwinning uit granen voor rundvee, varkens en pluimvee

ILVO MEDEDELING nr 159

maart 2014

ISSN 1784-3197

Wettelijk Depot: D/2014/10.970/159



Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Wetenschappelijke instelling – Landbouw en Visserij

Eenheid Dier

Scheldeweg 68, 9090 Gontrode, Melle

Tel. 09 272 26 00 - Fax 09 272 26 01

Dier@ilvo.vlaanderen.be

“Voederwaarde van DDGS en enkele andere bijproducten van de bio-ethanolwinning uit granen voor rundvee, varkens en pluimvee.”

Johan De Boever, Sofie Tanghe, Leen Vandaele, Evelyne Delezie, Sam Millet,
Luc Maertens, Saskia Leleu, Emma Teirlynck, Daniel De Brabander, Leo Fiems,
Sam De Campeneere



Dankwoord

Deze brochure is het resultaat van een vierjarig onderzoeksproject “Voederwaardering van DGS als bijproduct van de bio-ethanolwinning voor rundvee, varkens en pluimvee”, uitgevoerd op het ILVO in de periode oktober 2009 – december 2013 en gefinancierd door het IWT. Uiteraard bedanken we het IWT voor het vertrouwen dat ze in ILVO gesteld hebben en hun financiering die dit project mogelijk maakte. De leden van de gebruikersgroep hebben een aanzienlijke bijdrage gehad in de loop van het project en er was op die manier een nauwe samenwerking tussen het onderzoek en de betrokken sector. Ook hen wensen we hiervoor graag te bedanken, in het bijzonder de organisaties die gezorgd hebben voor de co-financiering: Fonds voor Landbouw en Visserij, Vanden Avenne, Syral Belgium, Biowanze S.A., Bemefa, Aveve Veevoeding, Aveve Biochem, Orffa Belgium N.V. en INVE Belgium N.V.. Dank ook aan CVB (Nederland) voor de inbreng en voor de uitwisseling van de stalen en proefgegevens, die dit project hebben versterkt.

Dit project was ook een unieke samenwerking binnen ILVO-Dier waar de onderzoekers van de verschillende onderzoeksgroepen intens hebben samengewerkt. Ook zij verdienen een woord van waardering net zoals de technici, de laboranten en de diervverzorgers die hielpen bij de uitvoering van het project. Tot slot verdienen 2 onderzoekers, die ondertussen ILVO verlaten hebben, een persoonlijke bedanking: Leo Fiems en Daniël De Brabander die een belangrijke rol hebben gespeeld in de coördinatie van het projectvoorstel en de begeleiding van het project.

In naam van alle betrokken onderzoekers, wil ik tenslotte éénieder bedanken die tot dit project heeft bijgedragen.

Sam De Campeneere

1.	Inleiding	6
2.	Voederwaarde DDGS	7
2.1.	<i>Samenstelling</i>	7
2.2.	<i>Voederwaarde voor rundvee</i>	10
2.2.1.	Verteerbaarheid en energiewaarde	10
2.2.2.	Eiwitwaarde	11
2.3.	<i>Voederwaarde voor vleesvarkens</i>	12
2.4.	<i>Voederwaarde voor leghennen</i>	14
2.5.	<i>Besluit</i>	14
3.	Voederproeven met DDGS	15
3.1.	<i>Voederproeven bij melkvee</i>	15
3.1.1.	Inleiding	15
3.1.2.	Methodiek.....	15
3.1.3.	Resultaten van de dosisproef	16
3.1.4.	Resultaten van de proef DDGS vs WDGS	17
3.1.5.	Resultaten van de proef TDDGS vs. MDDGS.....	18
3.1.6.	Besluit	20
3.2.	<i>Voederproef bij vleesvarkens</i>	20
3.2.1.	Dosisproef	20
3.2.2.	Besluit	21
3.3.	<i>Voederproeven bij pluimvee</i>	22
3.3.1.	Vleeskippen.....	22
3.3.2.	Leghennen	23
3.3.3.	Besluit	24
4.	Voederwaarde van distillers grains en gistconcentraten	25
4.1.	<i>Samenstelling</i>	25
4.2.	<i>Voederwaarde voor rundvee</i>	28
4.3.	<i>Voederwaarde voor varkens</i>	29
4.4.	<i>Besluit</i>	30
5.	Algemeen besluit	31
6.	Referenties	31
7.	Lijst met afkortingen	32

1. Inleiding

De Europese richtlijn 2003/30/EG schreef voor om vanaf 2005 bij transportbrandstoffen een toenemend percentage biobrandstoffen in te mengen. In navolging daarvan kende de federale regering in oktober 2007 aan drie Belgische bedrijven een quotum toe voor de productie van bio-ethanol voor een periode van zes jaar: Alco Bio Fuel (544 miljoen l/j), BioWanze (750 miljoen l/j) en Syral (192 miljoen l/j). De productie van bio-ethanol in België en Europa is vooral gebaseerd op de fermentatie van tarwe, in tegenstelling tot de VS, waar hoofdzakelijk maïs gebruikt wordt. Tijdens het productieproces komen aanzienlijke volumes bijproducten beschikbaar, die gevaloriseerd kunnen worden in de veevoeding. Zo produceert Alco Bio Fuel op jaarbasis 100.000 ton DDGS (dried distillers grains with solubles), Biowanze 250.000 ton gistconcentraat en Syral 30.000 ton gistconcentraat. In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de in België geproduceerde bijproducten met vermelding van de producent, het uitgangsmateriaal, de benaming door de producent en de verkoper, de vorm, de diersoort waarvoor het bestemd is en de verkopers. Een optimale valorisatie van deze bijproducten is belangrijk, enerzijds voor de producent van biobrandstoffen, omdat dit 25-30 % van het economisch rendement van de productie vertegenwoordigt, en anderzijds voor de veevoedersector als alternatieve eiwitbron voor de overzeese invoer van grondstoffen, meer bepaald sojaschroot.

In deze brochure worden de belangrijkste resultaten weergegeven van een vierjarig IWT-project (2009-2013) dat door ILVO-DIER werd uitgevoerd. Hierbij werd vooral gefocust op de variatie in voederwaarde van DDGS voor rundvee, varkens en pluimvee, te wijten aan het productieproces en de gebruikte granen (Hoofdstuk 2). Ook werd gezocht naar eenvoudige labomethoden om de voederwaarde van DDGS te schatten. Een andere doelstelling was te onderzoeken in welke mate DDGS kan ingepast worden in het rantsoen van de verschillende landbouwdieren en wat de effecten ervan zijn op de productieresultaten (Hoofdstuk 3). Tenslotte werd voor de andere bijproducten van de bio-ethanolproductie in België, vooral de gistconcentraten, de voederwaarde van telkens één partij onderzocht (Hoofdstuk 4). Meer details van dit IWT-project zijn terug te vinden in het eindverslag: http://pure.ilvo.vlaanderen.be/portal/files/2507702/Finaal_eindverslag_IWT_DDGS.pdf. Er wordt ook verwezen naar de brochure van het ADLO-project (2009-2011): Bijproducten van de bio-ethanol productie: Aanbod en waarde voor melkvee:

http://pure.ilvo.vlaanderen.be/portal/files/2507737/63_bijproducten_bio_ethanolproductie_melkvee_1.pdf



Foto: Site Alco Bio Fuel (Gent)

Tabel 1 Overzicht van de in België geproduceerde bijproducten van bio-ethanol uit granen

Producent	Uitgangsmateriaal	Benaming Producent	Benaming verkoper	Vorm	Geschikt voor	Vermarkt door
ABF	Tarwe + andere granen	DDGS	Protifeed	droog	rundvee varkens pluimvee	vd Avenne Izegem
		Wet cake	Protistar	vochtig	rundvee	Aveve
		Solubes	Protisyr	vloeibaar	varkens rundvee	Hedimix Duynie
		Combi	Protigold	vochtig	rundvee	Aveve
Syral	Restzetmeel + solubles + zemelen	Amyplus	Amyplus 016	droog	rundvee varkens	Syral
			Beukoplus	droog	pluimvee	Beuker
	Restzetmeel + solubles	Alcomix	Tarweferm of Alcomix	vloeibaar	rundvee varkens	Beuker
BioWanze	Tarwezetmeel + solubles + bietensiroop	ProtiWanze	ProtiWanze	vloeibaar	rundvee varkens	Beuker Hedimix

2. Voederwaarde DDGS

2.1. Samenstelling

De samenstelling en voederwaarde van 13 partijen DDGS werden onderzocht. De DDGS was afkomstig van 7 verschillende productie-eenheden: 4 partijen kwamen van Alco Bio Fuel (België), 2 van Südzucker (Duitsland), 2 van Tereos (Frankrijk), 2 van Abengoa (Nederland) en dan telkens 1 partij uit Hongarije, Spanje en Oostenrijk. Wat het uitgangsmateriaal betreft, werd onderscheid gemaakt tussen DDGS o.b.v. 100 % tarwe (TDDGS, 3 partijen), 100 % maïs (MDDGS, 3 partijen) en minimum 50% tarwe gemengd met andere granen (GDDGS, 7 partijen). Waar voor het bekomen van DDGS het integrale graan wordt gefermenteerd tot bio-ethanol, wordt bij Syral enkel het minderwaardig zetmeel gebruikt voor de fermentatie. Van het graan worden eerst de zemelen gescheiden. Vervolgens worden de gluten en het hoogwaardig zetmeel geëxtraheerd voor de productie van humane voedingsmiddelen. Het restproduct van de fermentatie, de solubles wordt achteraf gemengd met de zemelen en gedroogd tot Amyplus. Van dit specifieke droge bijproduct werd één partij onderzocht.



Foto: DDGS

In Tabellen 2, 3 en 4 wordt respectievelijk de samenstelling aan macronutriënten, aminozuren en mineralen op droge stof (DS) basis gegeven met per type DDGS het gemiddelde, de standaardafwijking (SD) en de range.

Tabel 2 Gehalte aan macronutriënten (g/kg DS) bij DDGS (n=13) en Amyplus

	TDDGS (n=3)		MDDGS (n=3)		GDDGS (n=7)		Amyplus n=1
	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	
Droge stof (g/kg)	918 ± 15	903 - 933	899 ± 25	879 - 927	913 ± 12	896 - 929	899
Ruw eiwit	327 ± 8	320 - 336	281 ± 4	277 - 284	341 ± 15	318 - 366	205
Ruw vet B	76 ± 5	72 - 82	145 ± 3	141 - 148	91 ± 7	81 - 99	60
Ruwe celstof	84 ± 16	67 - 99	81 ± 6	74 - 86	86 ± 10	74 - 103	86
Ruwe as	47 ± 8	38 - 53	49 ± 5	44 - 53	58 ± 4	52 - 63	63
Overige koolhydr.	466 ± 33	433 - 499	444 ± 10	434 - 453	424 ± 19	394 - 449	586
NDF ¹	302 ± 54	240 - 333	319 ± 29	287 - 343	324 ± 28	275 - 366	318
ADF ¹	145 ± 64	73 - 194	132 ± 11	122 - 144	158 ± 34	123 - 230	103
Lignine	64 ± 40	24 - 104	39 ± 5	33 - 44	70 ± 24	43 - 118	28
Hemicellulose	157 ± 16	139 - 167	187 ± 38	143 - 213	166 ± 31	106 - 205	215
Cellulose	81 ± 29	48 - 104	93 ± 6	89 - 100	88 ± 12	76 - 112	74
Zetmeel	65 ± 56	29 - 129	58 ± 22	43 - 83	22 ± 8	14 - 35	199
Suikers	53 ± 13	40 - 66	17 ± 6	13 - 25	45 ± 12	34 - 64	78
Glycerol	48 ± 9	39 - 57	81 ± 19	59 - 94	62 ± 14	46 - 80	nb ²
Melkzuur	20 ± 7	15 - 27	39 ± 13	24 - 50	24 ± 13	10 - 42	nb
NSP ¹	367 ± 49	312 - 406	331 ± 24	311 - 358	359 ± 13	343 - 382	394

¹NDF: neutraal detergent vezel; ADF: zuur detergent vezel; NSP: niet-zetmeel koolhydraten = 1000 – ruw eiwit – ruw vet – ruwe as – zetmeel – 0,96xsuikers – glycerol – melkzuur

²nb: niet bepaald

Tijdens het productieproces van granen tot bio-ethanol wordt het zetmeel nagenoeg volledig gefermenteerd, waardoor bij DDGS het gehalte van de andere bestanddelen gemiddeld met een factor 2,9 toeneemt t.o.v. het gehalte in het graan. DDGS bestaat globaal gezien dus uit één derde ruw eiwit (RE), één derde celwanden (NDF) en één derde diverse bestanddelen, waaronder ruw vet (RV), zetmeel, suikers, glycerol, melkzuur en ruwe as. De celwanden van DDGS bestaan voor meer dan de helft uit hemicellulose; het gehalte is dubbel zo hoog als dat van cellulose. De sterke aanrijking van lignine bij bepaalde partijen kan verklaard worden door een artefact ten gevolge van de vorming van Maillard producten (bindingen van eiwit met reducerende suikers). TDDGS en GDDGS bevatten meer RE en minder RV dan MDDGS. Amyplus bevat in vergelijking met DDGS relatief weinig RE en meer zetmeel; het ruwe celstofgehalte (RC) en RV-gehalte zijn ook iets lager.

Tabel 3 Aminozuur(AZ)samenstelling (g/kg DS) van DDGS (n=13) en Amyplus

	TDDGS (n=3)		MDDGS (n=3)		GDDGS (n=7)		Amyplus
	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	n=1
Lysine°	6,5 ± 1,2	5,2 - 7,6	6,8 ± 0,4	6,3 - 7,1	6,8 ± 0,6	5,9 - 7,6	6,6
Methionine°	4,7 ± 0,3	4,5 - 5,0	5,2 ± 0,2	5,0 - 5,4	5,1 ± 0,4	4,4 - 5,6	2,9
Threonine°	9,9 ± 0,5	9,4 - 10,4	10,0 ± 0,2	9,9 - 10,3	10,8 ± 0,9	9,3 - 12,0	6,1
Tryptofaan°	3,0 ± 0,4	2,6 - 3,3	2,0 ± 0,1	1,9 - 2,1	3,1 ± 0,2	2,7 - 3,5	2,7
Isoleucine°	12,1 ± 0,7	11,3 - 12,7	10,7 ± 0,5	10,3 - 11,3	12,2 ± 1,1	10,8 - 13,5	7,0
Arginine°	12,8 ± 2,0	10,6 - 14,3	11,3 ± 0,2	11,1 - 11,6	13,4 ± 1,0	12,0 - 14,6	11,8
Fenylalanine°	14,9 ± 0,2	14,7 - 15,0	13,4 ± 0,6	12,9 - 14,1	15,7 ± 1,2	13,2 - 16,7	7,8
Histidine°	6,5 ± 0,2	6,2 - 6,6	6,9 ± 0,2	6,7 - 7,1	6,9 ± 0,5	6,2 - 7,6	4,8
Leucine°	21,9 ± 0,8	21,4 - 22,8	32,2 ± 1,7	30,4 - 33,8	26,4 ± 2,6	22,6 - 30,0	12,3
Valine°	14,5 ± 0,5	14,0 - 15,0	13,5 ± 0,6	13,0 - 14,1	14,7 ± 1,1	13,0 - 16,1	9,6
Cysteïne	6,2 ± 0,6	5,5 - 6,8	4,8 ± 0,3	4,4 - 5,0	6,1 ± 0,5	5,0 - 6,7	4,0
Alanine	12,0 ± 0,8	11,2 - 12,8	19,9 ± 0,3	19,6 - 20,2	15,2 ± 1,7	13,1 - 17,5	8,9
Asparagine	16,7 ± 1,3	15,8 - 18,3	18,3 ± 0,5	17,7 - 18,8	17,9 ± 1,4	16,0 - 19,9	13,1
Glutamine	85,9 ± 3,2	82,9 - 89,3	48,9 ± 2,2	46,7 - 51,1	83,5 ± 6,7	69,3 - 89,0	39,6
Glycine	13,1 ± 0,2	13,0 - 13,4	10,6 ± 0,2	10,5 - 10,9	13,2 ± 1,0	11,4 - 14,1	9,8
Proline	29,6 ± 2,0	28,1 - 31,9	21,7 ± 1,6	20,2 - 23,3	30,7 ± 2,6	25,2 - 32,9	13,3
Serine	14,3 ± 0,7	13,5 - 14,7	12,7 ± 0,4	12,3 - 13,2	15,5 ± 1,3	13,1 - 16,8	7,6
Totale AZ	285 ± 2,5	283 - 288	249 ± 7,6	242 - 257	297 ± 22	253 - 315	168
Tot Ess. AZ°	107 ± 5,7	101 - 112	112 ± 3,5	109 - 116	115 ± 8,8	100 - 124	72

Door het productieproces vermindert het aandeel aan essentiële aminozuren (AZ) in totaal ruw eiwit met gemiddeld 9 %; voor lysine en histidine bedraagt deze reductie meer dan 20 %. In overeenstemming met het RE-gehalte, was het totaal AZ-gehalte lager bij MDDGS dan bij TDDGS en GDDGS. Het totaal gehalte aan essentiële AZ was evenwel niet verschillend tussen de drie DDGS-types. De AZ-samenstelling van GDDGS was vergelijkbaar met deze van TDDGS, met uitzondering van een hoger leucine- en alaninegehalte bij GDDGS. In vergelijking met TDDGS en/of GDDGS, bevatte MDDGS minder tryptofaan, arginine, fenylalanine, cysteïne, glutamine, glycine, proline en serine, en meer leucine en alanine. Vergeleken met DDGS is Amyplus relatief rijk aan lysine, tryptofaan, arginine en histidine, en arm aan fenylalanine.

Tabel 4 Gehalte aan mineralen (g/kg DS) en sporenelementen (mg/kg DS) van DDGS (n=13) en Amyplus

	TDDGS (n=3)		MDDGS (n=3)		GDDGS (n=7)		Amyplus n=1
	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	
Calcium	1,8 ± 0,6	1,4 - 2,5	0,4 ± 0,3	0,2 - 0,8	1,1 ± 0,4	0,7 - 2,0	1,5
Fosfor	8,2 ± 1,5	6,7 - 9,7	9,2 ± 0,6	8,6 - 9,7	9,3 ± 0,5	8,7 - 10,2	11,3
Magnesium	2,6 ± 0,3	2,4 - 3,0	3,6 ± 0,2	3,4 - 3,8	3,3 ± 0,2	2,9 - 3,7	3,3
Kalium	11,7 ± 1,5	10,4 - 13,3	12,3 ± 1,1	11,6 - 13,6	13,7 ± 1,2	12,6 - 15,4	13,9
Natrium	2,1 ± 2,0	0,1 - 4,2	3,7 ± 1,2	3,0 - 5,1	4,9 ± 2,0	3,3 - 8,5	5,4
Chloor	1,8 ± 0,5	1,2 - 2,1	1,6 ± 0,7	0,8 - 2,3	1,8 ± 0,3	1,4 - 2,2	1,6
Zwavel	4,0 ± 1,1	3,1 - 5,2	2,7 ± 0,2	2,5 - 2,9	4,5 ± 1,9	3,2 - 7,4	5,5
Ijzer	245 ± 220	102 - 499	145 ± 40	106 - 185	156 ± 46	90 - 201	123
Mangaan	75 ± 6,5	69 - 82	19 ± 1,7	17 - 20	66 ± 8,9	50 - 77	91
Zink	68 ± 18	55 - 89	61 ± 5,2	55 - 65	79 ± 9,7	61 - 90	68
Koper	11,5 ± 4,0	8,1 - 15,9	6,4 ± 2,6	4,3 - 9,3	11,2 ± 1,8	8,6 - 14,3	9,2
Molybdeen	1,3 ± 0,6	0,9 - 1,7	0,6 ± 0,4	0,3 - 0,9	1,2 ± 0,2	0,8 - 1,4	nb
Boor	15 ± 21	3,0 - 39,7	9,7 ± 3,0	7,1 - 13,0	5,7 ± 1,2	4,4 - 7,3	4,4

nb: niet bepaald

DDGS voorziet ruimschoots in de meeste mineralen en sporenelementen, behalve in calcium. Zwavel en natrium zijn meestal in hoge concentraties aanwezig door toevoeging van zuren en basen tijdens het fermentatieproces.

2.2. Voederwaarde voor rundvee

2.2.1. Verteerbaarheid en energiewaarde

De energiewaarde voor rundvee is gebaseerd op verteringsproeven met hamels (gecastreerde rammen), waarbij het protocol van het Centraal Veevoederbureau van Nederland (CVB, 1996) werd gevolgd. De verteerbaarheid van 13 partijen DDGS en de partij Amyplus werd in drie reeksen proeven met 5 à 6 hamels in de loop van 2010-2011 onderzocht. Om een normale pensfermentatie (qua structuur en eiwit) te verzekeren, werd de DDGS of Amyplus samen met gehakseld hooi verstrekt (steeds dezelfde partij). Dit gebeurde in een verhouding van 50/50 op DS-basis; bij 2 partijen MDDGS werd het aandeel hooi verhoogd tot 60 % om een negatief effect van vet op de celwandverteerbaarheid te vermijden. Van het rantsoen werd standaard 1 kg DS-equivalent per dier en per dag verstrekt en dit in twee gelijke voederbeurten.

De verteringscoëfficiënten van de DS, organische stof (OS), RE, RC, RV, overige koolhydraten (OK) en neutraal detergent vezel (NDF) werden berekend door verschil, waarbij de gemiddelde verteringscoëfficiënten van het hooi werden gebruikt. De netto-energiewaarde werd berekend volgens Van Es (1977), waarbij de bruto energie werd bepaald via bomcalorimetrie. De metaboliseerbare energie werd berekend op basis van de gemiddelde verteringscoëfficiënten van RE, RC, RV en OK. De netto energie werd uitgedrukt in VEM (voedereenheid melk; bij melkvee) en in VEV (voedereenheid vleesvee intensief; bij vleesvee).

Tabel 5 Verteringscoëfficiënten (VC; %) en energiewaarde (per kg DS) van DDGS (n=13) en Amyplus

	TDDGS (n=3)		MDDGS (n=3)		GDDGS (n=7)		Amyplus n=1
	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	
VC Organische stof	76 ± 1,5	75 - 77	79 ± 2,7	75 - 80	80 ± 2,1	78 - 84	77
VC Ruw eiwit	73 ± 5,9	66 - 76	73 ± 0,4	72 - 73	75 ± 2,7	70 - 79	73
VC Ruw vet	87 ± 3,5	83 - 90	89 ± 1,1	88 - 90	89 ± 1,7	86 - 91	82
VC Ruwe celstof	48 ± 8,0	39 - 55	56 ± 10,5	44 - 64	63 ± 7,3	50 - 72	48
VC Overige KH	82 ± 0,9	81 - 83	83 ± 3,9	79 - 87	85 ± 3,3	79 - 90	82
VC NDF	58 ± 6,9	50 - 63	67 ± 4,2	62 - 70	69 ± 5,6	60 - 79	62
Bruto energie (MJ)	20,7 ± 0,4	20,3 - 21,1	22,1 ± 0,1	22,0 - 22,1	21,0 ± 0,3	20,6 - 21,3	18,8
Met. energie (MJ)	12,5 ± 0,3	12,1 - 12,7	14,1 ± 0,3	13,8 - 14,3	13,2 ± 0,3	12,7 - 13,7	11,9
Netto energie (MJ)	7,4 ± 0,2	7,1 - 7,6	8,5 ± 0,2	8,2 - 8,6	7,9 ± 0,3	7,5 - 8,3	7,1
VEM	1069 ± 34	1031 - 1095	1230 ± 31	1194 - 1250	1142 ± 37	1090 - 1201	1034
VEVI	1115 ± 44	1065 - 1143	1307 ± 40	1261 - 1334	1207 ± 50	1137 - 1290	1096

Vergeleken met TDDGS had MDDGS een hogere netto energiewaarde, hetgeen vooral verklaard kan worden door het hoger RV-gehalte, maar ook door de beter verteerbare celwanden. De energiewaarde van de GDDGS lag tussen deze van de beide zuivere DDGS-types.

Schatting

De verteringscoëfficiënten van de afzonderlijke nutriënten noch deze van de OS zijn nauwkeurig te schatten. De energiewaarde daarentegen is vrij nauwkeurig te schatten op basis van relatief eenvoudig te bepalen parameters, nl. RV, NDF, zuur detergent vezel (ADF) en as.

2.2.2. Eiwitwaarde

De eiwitwaarde is gebaseerd op pens- en darmincubaties bij gecannuleerde Holstein koeien. Daartoe werden de afbraakcharacteristieken van OS, RE en NDF in de pens bepaald m.b.v. de nylonzakjesmethode, volgens het protocol van het Centraal Veevoederbureau van Nederland (CVB, 2003). De pensincubaties werden uitgevoerd bij 3 lacterende koeien, die gevoerd werden met een rantsoen op basis van gras- en maïskuil (50/50 op DS-basis), aangevuld met krachtvoeder volgens de behoeften. Verder werd van het eiwit, alsook van de aminozuren, de darmverteerbaarheid bepaald d.m.v. de mobiele zakjestechniek en dit bij 2 koeien, voorzien van een pens- en duodenumcannule. Daartoe werd eerst het pensbestendig eiwit geïsoleerd door incubatie gedurende 12 uur.

De eiwitwaarde, bestaande uit het darmverteerbaar eiwit (DVE) en de onbestendige eiwitbalans (OEB), werd berekend zowel volgens het oude systeem (Tamminga et al., 1994) als volgens de nieuwe versie (Tamminga et al., 2007).

Tabel 6 Eiwitwaarde¹ (g/kg DS) van DDGS (n=13) en Amyplus

	TDDGS (n=3)		MDDGS (n=3)		GDDGS (n=7)		Amyplus n=1
	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	
Oud systeem (Tamminga et al., 1994)							
%BRE	40,3 ± 7,1	32,9 - 47,2	55,4 ± 12,4	48,1 - 69,8	43,6 ± 5,2	35,1 - 51,0	24,3
%DVBE	91,6 ± 4,1	89,2 - 96,3	94,4 ± 0,8	93,5 - 94,9	91,5 ± 3,5	84,0 - 94,2	78,2
FOS	520 ± 21	501 - 542	441 ± 40	405 - 485	513 ± 34	467 - 565	613
DVE	166 ± 26	144 - 195	190 ± 33	168 - 228	185 ± 17	156 - 201	84
OEB	103 ± 28	76 - 132	43 ± 37	2 - 74	99 ± 14	78 - 117	58
DVLys	5,6 ± 0,7	4,9 - 6,4	6,3 ± 0,4	5,9 - 6,7	5,9 ± 0,4	5,2 - 6,4	5,0
DVMet	3,0 ± 0,4	2,7 - 3,5	3,9 ± 0,6	3,4 - 4,6	3,3 ± 0,4	2,7 - 3,6	1,8
Nieuw systeem (Tamminga et al., 2007)							
%BRE	55,6 ± 7,5	48,7 - 63,5	69,8 ± 6,5	63,9 - 76,8	59,3 ± 3,9	54,1 - 65,1	35,4
FOS	538 ± 39	500 - 578	478 ± 32	442 - 498	499 ± 19	466 - 529	649
DVE	198 ± 18	178 - 209	216 ± 13	208 - 231	216 ± 6	203 - 224	103
OEB	66 ± 27	43 - 95	14 ± 19	-3 - 35	66 ± 16	47 - 92	33
DVLys	6,1 ± 0,8	5,4 - 6,9	6,9 ± 0,2	6,8 - 7,1	6,3 ± 0,3	6,0 - 6,8	5,8
DVMet	3,5 ± 0,3	3,3 - 3,8	4,5 ± 0,3	4,1 - 4,8	3,8 ± 0,2	3,4 - 4,1	2,2

¹%BRE = bestendigheid van het ruw eiwit; %DVBE = darmverteerbaarheid van het pensbestendig eiwit; FOS = fermenteerbare organische stof; DVE = darmverteerbaar eiwit; OEB = onbestendige eiwitbalans; DVLys = darmverteerbaar lysine; DVMet = darmverteerbaar methionine

Vergeleken met TDDGS, had MDDGS een hoger DVE-gehalte en een lagere OEB-waarde. De hogere eiwitwaarde van MDDGS in vergelijking met de 2 andere DDGS-types, is vooral toe te schrijven aan de hogere eiwitbestendigheid (%BRE). Het DVE-gehalte van GDDGS was vergelijkbaar met dat van MDDGS, terwijl het OEB-gehalte vergelijkbaar was met dat van TDDGS. De DVE-waarde van Amyplus bedraagt slechts de helft van deze van TDDGS door het lager RE-gehalte, de lagere %BRE en %DVBE.

Schatting

Het ADF-gehalte is een goede schatter van de darmverteerbaarheid van het eiwit, terwijl RV en NDF samen een goede indicatie geven van het gehalte darmverteerbaar microbiel eiwit (DVME). Voor het schatten van de eiwitbestendigheid en het OEB-gehalte is het RE-gehalte en de oplosbaarheid in boraat-fosfaatbuffer een goede combinatie. De beschikbaarheid van de afzonderlijke aminozuren kan nauwkeurig geschat worden op basis van %BRE en %DVBE.

2.3.Voederwaarde voor vleesvarkens

De voederwaarde van de 13 partijen DDGS (dezelfde als in 2.2, met uitzondering van 1 partij) en de partij Amyplus werd bepaald in drie reeksen van verteringsproeven volgens het protocol van het CVB (2007). Elke proef werd uitgevoerd met 6 vleesvarkens (bargen: Rattlerow-Seghers hybride zeug × Piétrain beer) vanaf een leeftijd van 16 weken. In elke reeks was een controlegroep aanwezig, waaraan 100 % basisvoeder verstrekt werd. De testrantsoenen bestonden voor 70 % uit het basisvoeder en voor 30 % uit DDGS. Aan het basisvoeder werd 0,4 % chroomoxide toegevoegd als

inerte merker. Zowel het basisvoeder als de testrantsoenen werden verstrekt als pellets. De verteringscoëfficiënten van DDGS werden berekend uit het verschil in verteerbaarheid tussen het testvoeder en het basisvoeder. De netto energiewaarde voor varkens (NEv) werd berekend o.b.v. de gemiddelde schijnbaar fecale verteerbare gehalten van RE, RV en NSP, en de gehalten aan zetmeel (ZET), suikers (SUI), glycerol (GLY) en melkzuur (MZ) volgens de formules van het CVB (2011):

$$NEv \text{ (MJ/kg DS)} = 10,8 \times VRE + 36,1 \times VRV + 13,7 \times ZET + 12,4 \times SUI + 9,6 \times VNSP + 14,0 \times GLY + 11,5 \times MZ$$

In Tabel 7 worden de fecale verteringscoëfficiënten en de NEv gegeven, in Tabel 8 de ileale verteringscoëfficiënten van RE en de aminozuren.

Tabel 7 Schijnbaar fecale verteerbaarheid (VC; %) en netto energie varkens (NEv) van DDGS (n=13) en Amyplus

	TDDGS (n=3)		MDDGS (n=3)		GDDGS (n=7)		Amyplus n=1
	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	
VC Organische stof	72 ± 4	68 - 77	73 ± 0,1	73 - 74	73 ± 3	67 - 76	73
VC Ruw eiwit	76 ± 5	71 - 80	75 ± 1	74 - 77	78 ± 5	68 - 84	77
VC Ruw vet B	82 ± 5	78 - 87	89 ± 3	86 - 92	82 ± 4	74 - 86	74
VC NSP	51 ± 6	46 - 58	52 ± 1	50 - 52	55 ± 3	51 - 60	50
VC Ruwe as	48 ± 10	38 - 58	56 ± 4	52 - 60	58 ± 8	43 - 70	49
VC Fosfor	45 ± 13	30 - 54	46 ± 8	41 - 55	44 ± 9	31 - 53	42
VC Energie	72 ± 4	67 - 75	75 ± 0,4	75 - 75	73 ± 3	66 - 76	70
NEv (MJ/kg DS)	9,1 ± 0,8	8,3 - 10,0	11,2 ± 0,4	10,8 - 11,5	9,5 ± 0,5	8,6 - 10	8,9

Tabel 8 Schijnbaar ileale verteerbaarheid (DVC, %) van RE en aminozuren van DDGS (n=13) en Amyplus

	TDDGS (n=3)		MDDGS (n=3)		GDDGS (n=7)		Amyplus n=1
	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	gem ± SD	min - max	
DVC Ruw eiwit	74 ± 4	71 - 78	69 ± 6	63 - 74	76 ± 6	67 - 84	73
DVC Lysine	53 ± 5	47 - 56	50 ± 13	35 - 60	57 ± 8	44 - 69	69
DVC Methionine	80 ± 4	76 - 83	86 ± 4	82 - 91	84 ± 4	76 - 88	80
DVC Cysteïne	62 ± 6	55 - 67	60 ± 13	51 - 75	69 ± 7	59 - 82	72
DVC Threonine	73 ± 4	69 - 76	69 ± 6	64 - 77	76 ± 6	66 - 83	70
DVC Tryptofaan	78 ± 8	71 - 87	60 ± 9	54 - 70	78 ± 9	66 - 89	70
DVC Isoleucine	78 ± 3	75 - 79	77 ± 4	73 - 82	82 ± 5	75 - 88	80
DVC Arginine	84 ± 2	82 - 86	83 ± 4	81 - 87	87 ± 6	77 - 93	84
DVC Fenylalanine	88 ± 2	86 - 89	84 ± 3	82 - 87	89 ± 5	81 - 94	80
DVC Histidine	76 ± 4	72 - 80	73 ± 4	69 - 76	78 ± 7	65 - 85	67
DVC Leucine	83 ± 1	82 - 83	86 ± 2	84 - 88	87 ± 5	78 - 93	79
DVC Valine	77 ± 3	75 - 81	74 ± 4	71 - 78	80 ± 7	71 - 89	78
DVC Alanine	74 ± 3	71 - 77	82 ± 3	79 - 85	80 ± 7	71 - 88	71
DVC Asparagine	62 ± 6	56 - 67	60 ± 6	55 - 66	66 ± 8	55 - 74	63
DVC Glutamine	85 ± 1	84 - 86	82 ± 7	77 - 90	88 ± 3	84 - 92	85
DVC Glycine	68 ± 7	61 - 76	58 ± 10	48 - 68	70 ± 6	61 - 78	64
DVC Proline	84 ± 3	83 - 88	78 ± 4	74 - 82	86 ± 5	77 - 90	82
DVC Serine	79 ± 1	79 - 80	84 ± 10	73 - 92	83 ± 6	72 - 89	71

MDDGS heeft een hoger RV-gehalte en een hogere vetverteerbaarheid en bevat bijgevolg meer netto energie dan TDDGS. Het netto energiegehalte van GDDGS ligt tussen dat van TDDGS en dat van MDDGS. Wat de aminozuren betreft, heeft DDGS niet alleen een lager lysinegehalte in vergelijking met het uitgangsmateriaal, maar dit is ook nog eens slecht verteerbaar.

Schatting

De fecale en ileale verteringscoëfficiënten van de nutriënten kunnen niet nauwkeurig geschat worden met eenvoudige laboparameters. Wel kan de verteerbaarheid van de OS vrij goed geschat worden via het ADF-gehalte en de netto energiewaarde door een combinatie van RV en ADF.

2.4. Voederwaarde voor leghennen

De voederwaarde van 7 partijen DDGS en de partij Amyplus werd bepaald in 2 verteringsproeven met 14 en 12 Lohman Brown leghennen, die individueel gehuisvest waren. In elke proef werd een basisvoeder vergeleken met 4 testvoerders waarbij 85 % van het basisvoeder gemengd werd met 15 % DDGS of Amyplus. Aan het basisvoeder werd een NSP-enzyme toegevoegd, alsook 0,4 % chroomoxide als inerte merker. De metaboliseerbare energie werd berekend zonder en met correctie voor stikstofretentie, waarbij een energie-equivalent van 34,36 kJ/g stikstof werd aangenomen. In Tabel 9 worden de verteringscoëfficiënten van energie, RE en RV alsook de ME gegeven.

Tabel 9 Veteerbaarheid (VC) en metaboliseerbare energie voor leghennen van DDGS (n=7) en Amyplus

	TDDGS (n=2)		MDDGS n=1	GDDGS (n=4)		Amyplus n=1
	gem ± SD	min - max		gem ± SD	min - max	
VC Energie (%)	61,4 ± 11,4	53,4 - 69,5	68,3	64,9 ± 3,6	60,2 - 68,7	53,3
VC Ruw eiwit (%)	46,0 ± 0,3	45,8 - 46,2	47,6	49,9 ± 8,3	38,6 - 58,5	47,7
VC Ruw vet (%)	79,3 ± 7,2	74,2 - 84,4	85,4	82,8 ± 1,6	81,4 - 84,6	95,5
ME (MJ/kg DS)	12,9 ± 1,7	11,7 - 14,1	15,0	13,5 ± 0,6	12,7 - 14,2	10,0
ME _n (MJ/kg DS)	12,1 ± 1,78	10,9 - 13,4	14,3	12,6 ± 0,5	12,0 - 13,1	9,7

De partij MDDGS was beter verteerbaar en had een hogere energiewaarde dan TDDGS en GDDGS. In vergelijking met DDGS was de ME_n-waarde van Amyplus beduidend lager.

2.5. Besluit

Tijdens het productieproces van bio-ethanol wordt het zetmeel uit het graan door de toegevoegde gisten quasi volledig gefermenteerd, waardoor de andere nutriënten in het bijproduct DDGS aangerijkt worden met een factor 2,9. DDGS bestaat grofweg uit één derde eiwit, één derde celwanden en één derde vet, suikers en mineralen. MDDGS bevat meer vet en beter verteerbare celwanden dan TDDGS, waardoor zijn energiewaarde hoger is. MDDGS heeft ook een hogere eiwitwaarde voor rundvee, omdat het eiwit in de pens minder sterk wordt afgebroken dan dat van TDDGS en het pensbestendig eiwit iets beter verteerbaar is in de dunne darm. De fermentatie en verhitting bij het drogen tijdens het productieproces hebben wel een negatief effect op bepaalde aminozuren, in de eerste plaats lysine; dit is vooral nadelig voor varkens en pluimvee. DDGS is een rijke bron aan mineralen, vooral fosfor en sporenelementen. In vergelijking met DDGS heeft Amyplus een lagere energie- en eiwitwaarde.

3. Voederproeven met DDGS

3.1. Voederproeven bij melkvee

3.1.1. Inleiding

Onderzoek met maïs DDGS toonde aan dat probleemloos tot 20 % kan ingeschakeld worden in een melkveerantsoen. In Europa is ook heel wat DDGS op basis van tarwe (meer dan 50% van het graanmengsel) beschikbaar. In een eerste proef (dosisproef) werd nagegaan hoeveel tarwe DDGS in een voor Vlaanderen gangbaar winterrantsoen voor melkvee kan verstrekt worden.

Er zijn sterke indicaties dat tijdens het drogen van DDGS aminozuren (o.a. lysine) verloren gaan. Mogelijks zou dus niet-gedroogde DDGS of wet DGS (WDGS), kunnen resulteren in betere prestaties. In een tweede proef werden DDGS en WDGS (op basis van 80 % tarwe en 20 % maïs) vergeleken.

In vergelijking met tarwe DDGS bevat maïs DDGS duidelijk meer ruw vet. De eerste doelstelling van de derde proef was om zuivere maïs DDGS (MDDGS) van ABF (België) te vergelijken met zuivere tarwe DDGS (TDDGS) afkomstig van Tereos-Syral (Frankrijk). Omdat de import en het gebruik van sojaschroot door zijn grote ecologische voetafdruk steeds meer in een negatief daglicht is komen te staan, was een tweede doelstelling van de derde proef een rantsoen zonder sojaschroot uit te testen. Naast DDGS kwam de eiwitaanbreng uit onbehandeld en bestendig koolzaadschroot.

De voederproeven hadden dus niet alleen tot doel het effect van verschillende types DDGS op de melkproductie en -samenstelling na te gaan, maar ook in welke mate sojaschroot en/of evenwichtig krachtvoeder uitgespaard kan worden in een gangbaar melkveerantsoen.



3.1.2. Methodiek

De drie voederproeven werden opgezet als een 3x3 Latijns vierkant met telkens drie periodes en drie behandelingen. Tijdens de laatste en de voorlaatste week van elke periode werden de waarnemingen gedaan. In de aanloopfase vóór het begin van de eerste periode, werden de dieren aangepast aan het ruwvoederrantsoen om zo een maximale ruwvoederopname te realiseren. Op basis van deze ruwvoederopname, het lactatienummer, het gewicht, de melkproductie en de melksamenstelling, werd na de eerste proefweek de individuele krachtvoedergift definitief vastgelegd voor de rest van de proef. Naargelang de proef werden naast DDGS verschillende krachtvoerders en/of grondstoffen gebruikt (zie Tabel 10). Bij de dosisproef en de vergelijking DDGS-WDGS werd telkens gestreefd naar

105 % van de VEM- en DVE-normen en naar een OEB van ± 175 -200 g per dag, die dus gelijk waren voor de drie behandelingen. Bij de proef ter vergelijking van TDDGS en MDDGS werd gestreefd naar 100 % van de VEM- en DVE-normen en een OEB van ± 175 -200 g per dag. De vervanging van TDDGS door MDDGS (1 kg TDDGS door 0,87 MDDGS) gebeurde bij een gelijke DVE-waarde, wat resulteerde in een miniem verschil in VEM-waarde. De ruwvoerders werden samen (maar niet gemengd) *ad libitum* verstrekt, 's morgens en 's avonds. Indien nodig werd ureum aan het ruwvoeder toegevoegd, om het OEB-streefdoel te halen. De krachtvoerders werden verdeeld over de ochtend- en avondmelkbeurt. Om te corrigeren voor de dalende fase van de lactatie in de loop van de proef, daalde de krachtvoedergift wekelijks met 290 VEM en 25 g DVE (voor vaarzen: 145 VEM en 18 g DVE per week). Zowel de ruwvoerders – voordroogkuil (VDK) en maïskuil (MK) – als de krachtvoerders werden tijdens de proef regelmatig bemonsterd voor bepaling van de samenstelling en *in vitro* of *in situ* parameters om een betrouwbare schatting te kunnen maken van de energie- en eiwitwaarde (nieuw systeem, DVEn en OEBn). Bij iedere melkbeurt tijdens de gehele proef, werd de melkproductie individueel bepaald. In elke proefweek werden van alle koeien melkmonsters genomen van 4 beurten voor analyse van het vet-, eiwit- en ureumgehalte.

Tabel 10 Technische gegevens voor de drie voederproeven bij melkvee

	Dosisproef	DDGS vs WDGS	TDDGS vs MDDGS
Periode	19/11/10 tot 10/02/11	21/10/11 tot 29/12/11	14/02/13 tot 09/05/13
Aantal koeien	18	18	18
Ruwvoeder	VDK/MK (65/35 op DS)	VDK/MK (65/35 op DS)	VDK/MK (50/50 op DS)
Oorsprong DDGS	70 % tarwe, 20 % maïs en 10 % triticale	80 % tarwe en 20 % maïs	100 % tarwe of 100 % maïs
Krachtvoerders (KV)	Soja-/koolzaadschroot	Geformuleerd sojaschroot	Sojaschroot
	Geformuleerd sojaschroot	Evenwichtig KV	Geformuleerd sojaschroot
	Evenwichtig KV		Soja-vrij KV
Behandeling 1	Controle	Controle	Controle
Behandeling 2	2,25-2,75 kg DDGS	3,0-4,0 kg DDGS	1,76-3,50 kg TDDGS
Behandeling 3	3,50-4,50 kg DDGS	9,2-12,0 kg WDGS	1,53-3,05 kg MDDGS

3.1.3. Resultaten van de dosisproef

De rantsoensamenstelling van de drie behandelingen was vergelijkbaar, met ongeveer 150 g RE/kg DS, 986-989 VEM/kg DS en 87-89 g DVEn/kg DS. Het NDF-gehalte steeg bij een toenemend aandeel aan DDGS in het rantsoen, nl. van 344 g/kg DS voor de controle tot 359 en 367 g/kg DS voor de behandeling met respectievelijk 2,5 en 4,0 kg DDGS. Een grotere inmenging van DDGS in het rantsoen had ook een positief effect op het OEBn-gehalte (5-10 g/kg DS).

De koeien namen bij de drie behandelingen een gelijke hoeveelheid van ± 22 kg DS per dag op (Tabel 11). De totale netto energie-opname (in kVEM) was voor de drie behandelingen gelijk. De DVEn-opname van de behandeling met 4,0 kg DDGS was significant hoger dan van deze met 2,5 kg DDGS. De VEM- en DVEn-behoefte waren bij alle behandelingen ruimschoots gedekt.

Bij de behandeling met 4,0 kg DDGS produceerden de koeien 0,65 tot 0,75 kg meer melk dan bij de 2 andere behandelingen. Dit verschil was significant en ging gepaard met een significant lager vetgehalte en een significant hogere dagelijkse eiwitproductie. De hogere OEB bij 4,0 kg DDGS werd

ook weerspiegeld in een significant hoger melkureumgehalte. Toch wijst het melkureumgehalte bij alle behandelingen op een voldoende ruime OEB-voorziening.

Het inmengen van 2,1 kg DS uit DDGS bespaarde 0,5 kg DS uit soja-/koolzaadschroot, 0,5 kg DS uit geformuleerd sojaschroot en 1,4 kg DS uit krachtvoeder. Met 3,6 kg DS uit DDGS konden 1,5 kg DS uit soja- en koolzaadproducten en 2,3 kg DS uit krachtvoeder bespaard worden.

Tabel 11 Effect van de hoeveelheid DDGS op de voederopname en zoötechnische prestaties (gem ± SEM¹)

	Controle	2,5 kg DDGS	4,0 kg DDGS	p-waarde
Dagelijkse voederopname (kg)				
Totale DS-opname	22,0 ± 0,4	21,9 ± 0,4	22,1 ± 0,3	ns
Maïskuil	10,6 ± 0,2	10,7 ± 0,2	10,8 ± 0,3	ns
Voordroogkuil	4,5 ± 0,1	4,5 ± 0,1	4,6 ± 0,1	ns
Krachtvoerders	6,9 ± 0,3	6,7 ± 0,3	6,8 ± 0,3	ns
VEM (kVEM)	21,7 ± 0,4	21,6 ± 0,4	21,8 ± 0,3	ns
VEM (% van de behoefte)	112 ± 1	111 ± 1	112 ± 7	ns
DVEn ²	1,92 ± 0,04 ^{ab}	1,90 ± 0,04 ^a	1,95 ± 0,04 ^b	<0,05
DVEn (% van de behoefte)	112 ± 1	110 ± 1	112 ± 2	ns
OEB _n ² (g)	102 ± 10 ^a	141 ± 8 ^b	211 ± 9 ^c	<0,001
Melkproductie (kg/dag)	28,4 ± 0,6 ^a	28,5 ± 0,6 ^a	29,2 ± 0,6 ^b	<0,05
Vetgehalte (%)	4,36 ± 0,09 ^a	4,34 ± 0,08 ^{ab}	4,22 ± 0,08 ^b	<0,05
Eiwitgehalte (%)	3,51 ± 0,04	3,52 ± 0,04	3,50 ± 0,04	ns
Meetmelk (kg/dag)	29,9 ± 0,6	29,9 ± 0,6	30,1 ± 0,5	ns
Melkureumgehalte (mg/l)	270 ± 4 ^a	280 ± 5 ^b	293 ± 4 ^c	<0,05
Vetproductie (g/dag)	1235 ± 31	1232 ± 32	1225 ± 28	ns
Eiwitproductie (g/dag)	993 ± 18 ^a	1001 ± 20 ^{ab}	1015 ± 16 ^b	<0,05

¹SEM: standaardfout van het gemiddelde

²DVEn = darmverteerbaar eiwit volgens CVB 2007; OEB_n = onbestendige eiwitbalans volgens CVB 2007

^{abc} waarden op eenzelfde rij zonder of met een gelijk superscript zijn niet significant verschillend (ns: p>0,05)

3.1.4. Resultaten van de proef DDGS vs WDGS

De RE- en NDF-gehaltenes van het totale rantsoen waren duidelijk hoger voor DDGS en WDGS dan voor de controle: 152 g, 165 g en 164 g RE/kg DS en 315 g, 335 g en 333 g NDF/kg DS voor respectievelijk controle, DDGS en WDGS. Voor ruwe celstof (154-156 g/kg DS), VEM (1050-1057/kg DS) en DVEn (88-92 g/kg DS) konden geen noemenswaardige verschillen worden vastgesteld. De OEB/kg DS was zowel voor DDGS (13 g/kg DS) als WDGS (15 g/kg DS) hoger dan in het controlerantsoen (-1 g/kg DS).

De DS-opname was gelijk voor de controle en DDGS, maar lager voor de WDGS (Tabel 12). De krachtvoederopname was significant het hoogst voor de controle en het laagst voor WDGS. De dieren hebben de ruimte die op die manier vrijkwam in het rantsoen echter niet ingevuld door meer ruwvoeder op te nemen. Er konden geen significante verschillen waargenomen worden tussen de behandelingen wat betreft totale dagelijkse netto energie- (VEM) en eiwit-opname (DVEn). De OEB was significant het hoogst voor DDGS en het laagst voor de controle. De VEM en DVEn behoeftes waren bij alle drie de behandelingen ruimschoots gedekt.

Tabel 12 Effect van DDGS vs WDGS op de voederopname en de zoötechnische prestaties (gem ± SEM¹)

	Controle	DDGS	WDGS	p-waarde
Dagelijkse voederopname (kg)				
Totale DS-opname	21,6 ± 0,4	21,6 ± 0,4	21,2 ± 0,4	0,07
Maïskuil	10,2 ± 0,3	10,5 ± 0,2	10,3 ± 0,3	<0,05
Voordroogkuil	5,6 ± 0,2	5,8 ± 0,1	5,6 ± 0,2	<0,05
Krachtvoerders	5,8 ± 0,3 ^a	5,4 ± 0,3 ^b	5,3 ± 0,3 ^b	<0,001
Ruw eiwit	3,3 ± 0,1 ^a	3,6 ± 0,1 ^b	3,5 ± 0,1 ^c	<0,001
VEM (kVEM)	22,8 ± 0,5	22,7 ± 0,4	22,3 ± 0,5	ns
VEM (% van de behoefte)	121 ± 2	117 ± 2	118 ± 2	0,09
DVEn ²	1,98 ± 0,04 ^a	1,98 ± 0,04 ^a	1,87 ± 0,04 ^b	<0,001
DVEn (% van de behoefte)	116 ± 2 ^a	113 ± 2 ^b	109 ± 2 ^b	<0,001
OEBn ² (g)	-13 ± 11 ^a	268 ± 17 ^b	203 ± 15 ^c	<0,001
Melkproductie (kg dag ⁻¹)	29,8 ± 1,1	30,5 ± 1,0	29,8 ± 1,1	ns
Vetgehalte (%)	3,90 ± 0,12	3,97 ± 0,11	3,95 ± 0,13	ns
Eiwitgehalte (%)	3,39 ± 0,04	3,42 ± 0,04	3,40 ± 0,04	<0,05
Meetmelk (kg dag ⁻¹)	29,3 ± 0,9	30,2 ± 0,8	29,5 ± 1,0	0,06
Melkureumgehalte (mg L ⁻¹)	227 ± 4 ^a	273 ± 4 ^b	265 ± 5 ^b	<0,001
Vetproductie (g dag ⁻¹)	1142 ± 42	1187 ± 40	1157 ± 46	ns
Eiwitproductie (g dag ⁻¹)	1000 ± 29	1032 ± 28	1002 ± 31	<0,05

¹SEM: standaardfout van het gemiddelde

²DVEn = darmverteerbaar eiwit volgens CVB 2007; OEBn = onbestendige eiwitbalans volgens CVB 2007

^{abc} waarden op eenzelfde rij zonder of met een gelijk superscript zijn niet significant verschillend (ns: p>0,05)

De melkproductie was het hoogst bij de behandeling met DDGS (0,6 kg meer dan bij de controle en 0,7 kg meer dan bij WDGS), hoewel de verschillen niet significant waren. Ondanks de hogere melkproductie realiseerde de behandeling met DDGS ook een licht hoger vetgehalte. Zowel het eiwitgehalte als de hoeveelheid geproduceerde meetmelk werd significant beïnvloed door de behandeling, maar er was geen significant verschil tussen de behandelingen onderling. Het ureumgehalte was significant lager voor de controle dan voor beide DGS behandelingen. De vetproductie was niet verschillend tussen de behandelingen, maar de hogere eiwitproductie voor DDGS neigde naar significantie.

Rekening houdend met de dalende hoeveelheid DDGS of WDGS naarmate de periodes vorderden en met de verschillende productieniveaus, werd over de volledige proef gemiddeld 2,8 kg DS aan DDGS in het rantsoen ingemengd en 2,7 kg DS aan WDGS. Beide behandelingen spaarden ongeveer 0,6 kg bestendig sojaschroot uit en 2,5 kg evenwichtig krachtvoeder (beide op DS-basis).

3.1.5. Resultaten van de proef TDDGS vs. MDDGS

Het RE-gehalte van de drie rantsoenen was uniform (156-158 g/kg DS). Het rantsoen met MDDGS bevatte meer NDF (391 g/kg DS t.o.v. respectievelijk 370 g en 379 g/kg DS voor de controle en TDDGS) en zoals verwacht meer RV (34 g/kg DS t.o.v. respectievelijk 24 g en 27 g/kg DS voor de controle en TDDGS). Een dergelijk vetgehalte ligt echter nog ruim onder het drempelniveau van 5 à 6% RV in het rantsoen, waarbij een negatief effect op de verteerbaarheid kan verwacht worden. De netto energie van het rantsoen was wat hoger voor de controle (1020 VEM/kg DS) en MDDGS (1017 VEM/kg DS) dan voor TDDGS (1001 VEM/kg DS). De DVEn-waarde was gelijk voor TDDGS en MDDGS

(88 g/kg DS), maar iets lager dan voor de controle (91 g/kg DS). De OEBn (6-7 g/kg DS) was vergelijkbaar voor de drie rantsoenen.

De koeien namen tijdens de behandeling met TDDGS dagelijks bijna een kg DS meer op dan tijdens de twee andere behandelingen (Tabel 13). Daarnaast was de krachtvoederopname zowel bij TDDGS als bij MDDGS hoger dan bij de controle, wat onder andere te maken heeft met het gebruik van koolzaadschroot in deze behandelingen. Het verschil tussen MDDGS en TDDGS is dan weer te wijten aan de lagere energie- en eiwitdensiteit van TDDGS. Echter, door de hogere DS-opname bij TDDGS realiseerden de koeien tijdens die behandeling een gelijke VEM-opname. De DVE-opname was het hoogst bij TDDGS en het laagst bij MDDGS.

De melkproductie was significant hoger voor de DDGS-behandelingen (1,7 kg hoger voor TDDGS en 1,3 kg voor MDDGS) met een gelijk vetgehalte. Het eiwitgehalte was significant lager voor de controle t.o.v. TDDGS. Ook de vet- en eiwitgecorrigeerde melkproductie was significant hoger voor beide DDGS behandelingen. Daarnaast was de dagelijkse eiwitproductie significant hoger bij TDDGS dan bij de controle; de eiwitproductie bij MDDGS was intermediair.

Tabel 13 Effect van TDDGS vs MDDGS op de voederopname en zoötechnische prestaties (gem ± SEM¹)

	Controle	TDDGS	MDDGS	p-waarde
<i>Dagelijkse voederopname (kg)</i>				
Totale DS-opname	22,1 ± 0,6 ^a	23,0 ± 0,5 ^b	22,3 ± 0,5 ^a	<0,001
<i>Maïskuil</i>	7,8 ± 0,2	7,9 ± 0,2	7,8 ± 0,2	ns
<i>Voordroogkuil</i>	7,9 ± 0,3	7,9 ± 0,2	7,9 ± 0,2	ns
<i>Ruwvoeders</i>	15,7 ± 0,5	15,8 ± 0,4	15,7 ± 0,4	ns
<i>Krachtvoeders</i>	6,5 ± 0,2 ^a	7,3 ± 0,2 ^b	6,7 ± 0,2 ^c	<0,001
VEM (kVEM)	22,5 ± 0,6	23,0 ± 0,5	22,7 ± 0,5	<0,05
VEM (% van de behoefte)	109 ± 1	108 ± 1	108 ± 1	ns
DVE ²	2,01 ± 0,06 ^a	2,04 ± 0,06 ^a	1,96 ± 0,05 ^b	<0,001
DVE (% van de behoefte)	112 ± 1 ^a	107 ± 1 ^b	106 ± 1 ^b	<0,001
OEBn ² (g)	151 ± 5 ^a	137 ± 4 ^b	165 ± 4 ^c	<0,001
Melkproductie (kg dag ⁻¹)	31,5 ± 0,8 ^a	33,2 ± 1,0 ^b	32,8 ± 1,0 ^b	<0,001
Vetgehalte (%)	4,22 ± 0,07	4,14 ± 0,07	4,12 ± 0,08	ns
Eiwitgehalte (%)	3,27 ± 0,03 ^a	3,33 ± 0,03 ^b	3,29 ± 0,03 ^{ab}	<0,001
Lactose (%)	4,68 ± 0,02	4,70 ± 0,02	4,67 ± 0,02	ns
Meetmelk (kg dag ⁻¹)	32,22 ± 0,87 ^a	33,70 ± 0,96 ^b	33,11 ± 0,95 ^b	<0,001
Melkureum gehalte (mg L ⁻¹)	212 ± 6	214 ± 6	213 ± 5	ns
Vetproductie (g dag ⁻¹)	1329 ± 40	1369 ± 41	1342 ± 39	<0,05
Eiwitproductie (g dag ⁻¹)	1030 ± 29 ^a	1105 ± 34 ^b	1083 ± 36 ^{ab}	<0,001

¹SEM: standardfout van het gemiddelde

²DVEⁿ = darmverteerbaar eiwit volgens CVB 2007; OEBn = onbestendige eiwitbalans volgens CVB 2007

^{abc} waarden op eenzelfde rij zonder of met een gelijk superscript zijn niet significant verschillend (ns: p>0,05)

Bij de controle werd gemiddeld 1,8 kg DS aan sojaschrootproducten per koe verstrekt. Het gebruik van TDDGS en MDDGS werd aangevuld met 1,6 kg DS aan koolzaadproducten. Daarenboven werd met DDGS in het rantsoen nog 1,3 kg DS aan krachtvoeder uitgespaard.

3.1.6. Besluit

Uit de drie voederproeven bij melkvee bleek dat tot 4 kg DDGS in het rantsoen kan ingeschakeld worden met positieve effecten op de melk- en eiwitproductie en waarbij zowel krachtvoeder als sojaschroot uitgespaard wordt. Het droogproces blijkt geen negatieve invloed te hebben op de productieresultaten. De resultaten met maïs DDGS zijn vergelijkbaar met deze van tarwe DDGS.

3.2. Voederproef bij vleesvarkens

3.2.1. Dosisproef

Het effect van 5 percentages DDGS in het voeder (0 - 7,5 - 15 - 22,5 en 30 %) op de groeiprestaties en karkaskwaliteit van vleesvarkens (Rattlerow-Seghers Hybride zeug × Piétrain beer) werd nagegaan. Deze dosissen werden bekomen door een voeder met 0 % en een voeder met 30 % DDGS (van Alco Bio Fuel; o.b.v. 80 % tarwe en 20 % maïs) met elkaar te mengen. Per behandeling werd er in 3 groeifases gevoederd (25-43 kg, 43-72 kg en 72-110 kg). Verder werden er 3 hokken opgezet per behandeling, met in elk hok 3 baren en 3 gelten (90 vleesvarkens in totaal).



In Tabel 14 wordt de samenstelling en voederwaarde van de voeders gegeven. Bij het begin en het einde van iedere fase, werden de vleesvarkens gewogen en werd de voederopname bepaald. Hieruit werden de dagelijkse voederopname, de dagelijkse groei en voederconversie berekend, zowel voor elke fase apart als voor de volledige periode (Tabel 15). In het slachthuis werden de individuele karkasgegevens verzameld (Tabel 16).

Tabel 14 Berekende¹ nutriëntensamenstelling van de varkenvoerders met 0 of 30 % DDGS tijdens de 3 fases

(g/kg verse stof)	Fase 1		Fase 2		Fase 3	
	0 % DDGS	30 % DDGS	0 % DDGS	30 % DDGS	0 % DDGS	30 % DDGS
Droge stof	894	877	872	865	873	861
Ruw eiwit	180	177	165	162	165	162
Ruw vet B	48,0	47,8	43,7	41,3	40,0	39,9
Ruwe as	58,4	47,6	53,1	46,8	46,6	45,0
Ruwe celstof	45,0	30,1	39,2	31,8	42,0	33,8
NEv ² (MJ/kg VS)	9,6	9,3	9,4	9,1	9,2	8,9
schDVLys ²	9,5	9,6	8,0	8,1	7,0	7,1

¹ Geanalyseerde samenstelling van de DDGS partijen in combinatie met tabellarische waarden (CVB, 2007)

² NEv: netto energie varkens; schDVLys: schijnbaar darmverteerbaar lysinegehalte

De dagelijkse voederopname en de dagelijkse groei van de vleesvarkens in fase 1 (25-43 kg) was significant hoger voor de behandeling met 15 % DDGS in vergelijking met 30 % DDGS. Er werd geen effect van het voeder vastgesteld op de voederconversie van de varkens in fase 1. Bovendien kon in fase 2 (43-72 kg), fase 3 (72-110 kg) en over de volledige periode (25-110 kg) geen effect van het DDGS-gehalte waargenomen worden op de dagelijkse voederopname, de dagelijkse groei en de voederconversie. Hoewel niet significant verschillend, was de dagelijkse groei over de volledige periode (25-110 kg) voor de behandeling met 30 % DDGS het laagst. Bovendien bleek ook de voederconversie bij 30 % DDGS hoger te liggen.

Tabel 15 Zoötechnische prestaties van de vleesvarkens bij verschillende DDGS-gehaltenes in drie groeifasen

	Groeifase	Inmengpercentage DDGS (%)					p-waarde
		0	7,5	15	22,5	30	
Voederopname (kg/dier/dag)	25-43 kg	1,24 ^{ab}	1,20 ^{ab}	1,34 ^a	1,20 ^{ab}	1,11 ^b	0,04
	43-72 kg	1,76	1,75	1,81	1,78	1,67	ns
	72-110 kg	2,52	2,73	2,63	2,72	2,71	ns
	25-110 kg	1,92	1,99	2,06	2,01	1,93	ns
Groei (g/dier/dag)	25-43 kg	634 ^{ab}	629 ^{ab}	722 ^a	640 ^{ab}	574 ^b	0,03
	43-72 kg	714	720	738	721	669	ns
	72-110 kg	803	883	803	878	819	ns
	25-110 kg	728	756	763	763	702	ns
Voederconversie (g voeder/g groei)	25-43 kg	1,96	1,91	1,85	1,88	1,94	ns
	43-72 kg	2,47	2,43	2,45	2,47	2,49	ns
	72-110 kg	3,15	3,12	3,29	3,10	3,32	ns
	25-110 kg	2,64	2,64	2,71	2,63	2,75	ns

^{a,b} gemiddelden op een rij zonder of met eenzelfde superscript zijn niet significant verschillend (ns: p>0,05)

Er werd geen significant effect van het DDGS-gehalte op de karkasgegevens waargenomen.

Tabel 16 Karkasgegevens van de vleesvarkens bij slacht (110 kg) bij verschillende DDGS-gehaltenes

Karkasgegevens	Inmengpercentage DDGS (%)					p Voeder
	0	7,5	15	22,5	30	
Slachtrendement (%)	77,6	77,5	77,8	77,3	78,1	ns
Percentage vlees (%)	63,7	62,9	62,9	61,3	63,3	ns
Vleesdikte (mm)	64,5	66,0	66,6	64,4	63,3	ns
Spekdikte (mm)	11,4	12,5	12,6	14,2	11,9	ns
Hambreedte (mm)	210	213	212	212	208	ns
Hamhoek (°)	50,2	51,5	49,8	49,1	49,5	ns

Gemiddelden op een rij zonder superscript zijn niet significant verschillend (ns: p>0,05)

3.2.2. Besluit

Bij vleesvarkens kan tot 22,5 % DDGS opgenomen worden in het voeder zonder negatieve effecten op de groei, de voederconversie of de karkaskwaliteit.

3.3. Voederproeven bij pluimvee

3.3.1. Vleeskippen

Bij vleeskippen werd het effect van drie types DDGS (100 % tarwe (TDDGS), 100 % maïs (MDDGS) en 80 % tarwe en 20 % maïs (GDDGS)) aan twee inmengpercentages (7,5 % en 15 %) in het voeder op de zoötechnische prestaties nagegaan. De proef bestond uit 7 behandelingen met telkens 8 herhalingen van 30 vleeskippen (Ross 308 haantjes). Het voeder werd aangemaakt per fase: starter (dag 0-14), groeier (dag 15-26) en finisher (dag 27-37). Het controlevoeder (0 % DDGS) en de drie voeders met 15 % DDGS werden per fase isocalorisch (respectievelijk 13,0 – 13,7 en 14,0 MEn/kg) en isonitrogeen (respectievelijk 239, 230 en 217 g RE/kg DS) geformuleerd. In elke fase werden de drie voeders met 7,5 % DDGS bekomen door het mengen van de 0 % en de 15 % DDGS voeders. Per hok (= herhaling) werd de voederopname, het gewicht, de groei en de voederconversie bepaald, zowel per fase als over de volledige periode.



De zoötechnische resultaten worden weergegeven in Tabel 17. De behandelingen werden enerzijds onderling vergeleken (Tukey-test) en anderzijds werd elke behandeling vergeleken met de controlegroep (Dunett-test).

Tabel 17 Zoötechnische prestaties van vleeskuikens met 3 DDGS-types aan 2 inmengpercentages

	Fase	Controle	TDDGS		GDDGS		MDDGS		p-waarde
			7,5 %	15 %	7,5 %	15 %	7,5 %	15 %	
Gewicht (g)	d0	40,3	40,2	40,1	40,2	40,2	40,1	40,3	ns
	d14	428 ^{ab}	420 ^b	430 ^{ab}	452 ^{a*}	434 ^{ab}	448 ^a	440 ^{ab}	**
	d26	1208	1215	1252	1293 [*]	1259	1274	1273	ns
	d37	2340	2359	2371	2458 [*]	2418	2450	2437	ns
Groei (g/dier/dag)	d0-d14	27,7 ^{ab}	27,1 ^b	27,8 ^{ab}	29,4 ^{a*}	28,1 ^{ab}	29,1 ^a	28,6 ^{ab}	**
	d15-d26	65,0	66,3	68,5	70,1 [*]	68,8	69,0	69,2	ns
	d27-d37	103,0	103,9	101,7	105,9	105,4	107,0	105,9	ns
	d0-d37	62,2 ^b	62,7 ^{ab}	63,0 ^{ab}	65,3 ^{a*}	64,3 ^{ab}	65,1 ^{ab*}	64,8 ^{ab}	**
Voederopname (g/dier/dag)	d0-d14	35,9 ^b	36,0 ^b	37,0 ^{ab}	37,6 ^{ab*}	38,0 ^{a*}	36,9 ^{ab}	37,4 ^{ab}	*
	d15-d26	101,7	102,9	105,6	107,0	104,1	105,9	107,8	ns
	d27-d37	181,3	185,0	186,7	185,6	184,4	186,0	190,3	ns
	d0-d37	99,9 ^b	101,5 ^{ab}	103,2 ^{a*}	103,7 ^{a*}	101,4 ^{ab}	103,7 ^{a*}	104,5 ^{a*}	**
Voederconversie (g voeder/g groei)	d0-d14	1,30 ^{ab}	1,33 ^b	1,33 ^b	1,28 ^a	1,35 ^{b*}	1,27 ^a	1,31 ^{ab}	***
	d15-d26	1,57	1,56	1,54	1,53	1,51 [*]	1,54	1,56	ns
	d27-d37	1,76 ^a	1,78 ^{ab}	1,84 ^{b*}	1,75 ^a	1,75 ^a	1,73 ^a	1,80 ^{ab}	**
	d0-d37	1,61 ^{ab}	1,62 ^{ab}	1,64 ^b	1,59 ^a	1,58 ^a	1,58 ^a	1,61 ^{ab}	**

¹ Effect van het voeder: ns = niet significant (p>0,05), * = p<0,05, ** = p<0,01, *** = p<0,001

^{ab} Gemiddelden op een rij zonder of met eenzelfde superscript zijn niet significant verschillend (ns: p>0,05, Tukey); * Significant verschillend van de controlegroep (p<0,05; Dunnett)

Het inmengen van DDGS in het voeder van vleeskuikens had geen negatief effect op de groei. Er werd wel een betere groei vastgesteld bij MDDGS en GDDGS in vergelijking met TDDGS. Ondanks een lagere voederopname bij de controle en TDDGS, bleek de voederconversie significant hoger bij 15 % TDDGS. De voederconversies van de andere behandelingen waren onderling vergelijkbaar of beter dan de voederconversie van de controle.

Uit deze proef kan besloten worden dat bij vleeskuikens het inmengen van MDDGS of GDDGS in het voeder, de voorkeur krijgt op TDDGS, ongeacht het percentage.

3.3.2. Leghennen

Ook bij leghennen werd het effect van drie types DDGS (100 % tarwe (TDDGS), 100 % maïs (MDDGS) en 80 % tarwe en 20 % maïs (GDDGS)) aan twee inmengpercentages (7,5 % en 15 %) in het voeder op de zoötechnische prestaties nagegaan. De proef bestond uit 7 behandelingen. Het controlevoeder en de drie voeders met 15 % DDGS werden isocalorisch (13,4 MJ/kg DS) en isonitrogeen (190 g RE/kg DS) geformuleerd. De drie voeders met 7,5 % DDGS werden bekomen door het mengen van de 0 % en 15 % DDGS voeders. De proef bestond uit 6 periodes van 28 dagen waarbij de 7 behandelingen 6 keer herhaald werden. In elk hok zaten 16 Lohman Brown leghennen. Per hok werd het eigewicht, het legpercentage, de eimassa (= legpercentage × eigewicht), de voederopname en voederconversie (= voederopname/eimassa) bepaald. Eén keer per periode werden van 60 eieren per behandeling de volgende kwaliteitsparameters bepaald: schaaldoorbuiging, schaaldikte, dooierkleur en Haugh Units (= $100 \times \log (H - (1,7 \times W^{0,37})) + 7,6$, met H = hoogte van het eiwit in mm en W = gewicht van het ei in g). Na deze proef werden de 7 behandelingen opnieuw gevoederd aan 7 hokken (1 hok per behandeling) en na 4 weken werden 12 eieren per hok verzameld om de vetzuursamenstelling te bepalen.



Het inmengen van verschillende DDGS-types aan 7,5 % of 15 % in het voeder leek geen negatief effect te hebben op de zoötechnische prestaties van de leghennen. Er was immers geen significant effect van de behandelingen op de voederconversie, aangezien de behandelingen, die resulteerden in een grotere eimassa, ook een grotere voederopname hadden. Ook de eikwaliteit werd bij geen enkele behandeling negatief beïnvloed. Verder bleek dat het vetzuurprofiel van de eieren, voor de meeste vetzuren, een reflectie was van het vetzuurprofiel van het voeder.

De zoötechnische resultaten en de eikwaliteit worden weergegeven in Tabel 18. De behandelingen werden enerzijds onderling vergeleken (Tukey test) en anderzijds werd elke behandeling vergeleken met de controle (Dunnnett test).

Tabel 18 Zoötechnische parameters en eikwaliteit bij leghennen met 3 DDGS-types aan 2 inmengpercentages

	Controle	TDDGS		GDDGS		MDDGS		SN ¹
		7,5 %	15 %	7,5 %	15 %	7,5 %	15 %	
Eigewicht (g)	62,3 ^{bc}	63,2 ^{ab}	63,1 ^{ab}	61,8 ^c	63,3 ^{ab*}	62,5 ^{bc}	63,6 ^{a*}	***
Legpercentage (%)	93,3	94,1	94,2	93,8	93,8	94,9	93,5	ns
Eimassa (g)	58,1 ^b	59,4 ^a	59,4 ^a	58,0 ^b	59,0 ^a	59,4 ^a	59,1 ^a	*
Voederopname (g)	111,7 ^a	112,5 ^{ab}	113,9 ^{b*}	112,0 ^{ab}	112,7 ^{ab}	114,0 ^{b*}	113,9 ^{b*}	***
Voederconversie (g voeder/g groei)	1,92	1,90	1,92	1,93	1,90	1,93	1,92	ns
Doorbuiging (µm)	2,20 ^a	2,17 ^{ab}	2,15 ^{abc}	2,11 ^c	2,11 ^c	2,13 ^{bc}	2,15 ^{abc}	***
Schaaldikte (x0,01 mm)	36,0 ^{ab}	35,5 ^b	36,0 ^{ab}	36,5 ^{ab}	36,6 ^{ab}	36,4 ^{ab}	36,7 ^a	*
Haugh Units	82,9 ^{bc}	82,7 ^{bc}	85,1 ^a	82,9 ^{bc}	84,1 ^{ab}	83,9 ^{ab}	81,5 ^c	***
Dooierkleur ²	13,3	13,3	13,3	13,4	13,6	13,4	13,5	ns

¹Effect van het voeder: ns = niet significant ($p > 0,05$), * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$

²Dooierkleur werd gemeten met kleurenwaaier van Roche

^{abc} Gemiddelden op een rij zonder of met eenzelfde bovenschrift zijn niet significant verschillend ($p > 0,05$; Tukey); * Significant verschillend van de controlegroep ($p < 0,05$; Dunnnett)

3.3.3. Besluit

Bij vleeskuikens kan men tot 15 % DDGS in het voeder inmengen, met iets betere groeicijfers en een lagere voederconversie voor MDDGS en GDDGS in vergelijking met TDDGS. Ook bij leghennen kan men tot 15 % DDGS in het voeder inmengen zonder negatieve effecten op de zoötechnische prestaties of op de eikwaliteit, en dit ongeacht het DDGS-type.

4. Voederwaarde van distillers grains en gistconcentraten

4.1. Samenstelling

Bij Alco Bio Fuel (ABF, België) wordt na de fermentatie van het graan tot bio-ethanol de resterende brij gecentrifugeerd, waardoor de vaste fractie (distillers grains) gescheiden wordt van het weekwater. Deze laatste fractie wordt vervolgens verder ingedampt tot een vloeibare pasta (gistconcentraat). Deze afzonderlijke componenten worden respectievelijk *Wet cake* (Protistar) en *Protisyr* genoemd. Waar bij ABF het integrale graan wordt gefermenteerd tot bio-ethanol, wordt bij Syral enkel het minderwaardig zetmeel gebruikt voor de fermentatie en het bijproduct is een gistconcentraat, *Alcomix* (Tarweferm). Biowanze produceert ook een gistconcentraat, *Protiwanze*, als bijproduct van bio-ethanol. Zoals bij Syral worden voorafgaand aan de fermentatie, de zemelen van het graan gescheiden en vervolgens verbrand voor energieproductie. Verder werd nog een gistconcentraat van het Duitse Verbio, nl. *Grainpro*, en één van Cargill (Nederland), nl. *Sastapro*, onderzocht. In Tabellen 19, 20, 21 en 22 worden de gehalten aan respectievelijk macro-nutriënten, fermentatieproducten, aminozuren en mineralen op DS-basis gegeven.



Foto gistconcentraten

Tabel 19 Gehalte aan macronutriënten (g/kg DS) in Wet cake en 5 gistconcentraten

	Wet cake	Protisyr	Alcomix	Protiwanze	Grainpro	Sastapro
Droge stof (g/kg)	328	301	325	268	248	249
Ruw eiwit	359	315	293	284	495	238
Ruw vet B	102	95	73	62	61	64
Ruwe celstof	134	10	31	32	16	31
Ruwe as	27	75	108	41	67	97
Overige koolhydraten	380	505	494	581	361	570
NDF	540	70	89	124	43	154
ADF	227	58	41	41	30	70
Lignine	88	23	8	5	0	32
Hemicellulose	313	12	48	83	13	83
Cellulose	139	35	33	35	30	38
Zetmeel	19	30	18	22	16	11
Suikers	7	97	139	125	102	154
Glycerol	nb ²	123	64	168	36	85
NSP ¹	487	209	351	438	231	367

¹NSP = niet-zetmeel koolhydraten: 1000 – ruw eiwit – ruw vet – ruwe as – zetmeel – 0,96xsuikers – glycerol – melkzuur

²nb = niet bepaald

In vergelijking met Wet cake bevat Protisyr duidelijk minder celwandbestanddelen, maar meer suikers, ruwe as en zetmeel. De gistconcentraten zijn, zoals DDGS, eveneens eiwit- en vetrijke bijproducten, met bovendien relatief veel suikers, glycerol en as (mineralen), maar met weinig celstof. Van de 5 bestudeerde gistconcentraten valt Grainpro op met een zeer hoog RE-gehalte.

Tabel 20 Fermentatiekarakteristieken (g/kg DS) van Wet cake en 5 gistconcentraten

	Wet cake	Protisyr	Alcomix	Protiwanze	Grainpro	Sastapro
pH	4,48	4,66	3,68	4,13	3,45	3,90
Ammoniak	0,6	2,0	2,5	1,4	6,4	2,7
Ammoniakfractie	0,8	3,2	4,4	2,5	6,6	5,9
Melkzuur	8	28	18	26	27	65
Azijnzuur	3,6	2,2	2,7	1,4	1,6	5,4
Propionzuur	1,1	4,4	2,0	5,5	2,5	5,2
Boterzuur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Alcoholen	2,4	1,4	0,0	1,3	3,0	32,1

Zowel Wet cake als de gistconcentraten zijn vrij zuur (Tabel 20). Met uitzondering van Sastapro bevatten ze relatief geringe hoeveelheden melkzuur en zeer weinig vluchtige vetzuren en alcoholen. De vrij lage pH is niet zozeer te wijten aan de fermentatie van suikers tijdens de opslag, maar vooral door het aanzuren van het product met organische zuren o.a. met mierenzuur. Dit wordt gedaan om secundaire fermentatie te beperken en het product aldus langer te kunnen bewaren. De ammoniakfractie was laag bij de gistconcentraten en zeer laag bij Wet cake, wat wijst op geringe eiwitafbraak.

Tabel 21 Aminozuursamenstelling (g/kg DS) van Wet cake en 5 gistconcentraten

	Wet cake	Protisyr	Alcomix	Protiwanze	Grainpro	Sastapro
Lysine°	10,4	7,1	10,4	8,6	13,7	7,5
Methionine°	5,8	4,2	3,9	3,9	6,3	2,9
Threonine°	11,2	9,4	9,3	9,2	14,4	7,7
Tryptofaan°	3,5	2,9	2,3	3,3	4,5	2,5
Isoleucine°	13,8	10,6	9,4	10,3	16,2	7,7
Arginine°	17,3	10,3	14,6	12,1	20,7	9,8
Fenylalanine°	17,0	13,2	10,6	11,5	21,2	8,1
Histidine°	8,3	5,9	6,3	5,5	10,3	4,5
Leucine°	28,4	21,4	17,1	17,8	29,0	13,5
Valine°	16,5	12,3	12,3	12,3	18,3	10,3
Cysteine	6,7	4,6	6,0	4,9	10,4	4,0
Alanine	16,1	12,7	12,0	11,2	17,1	11,6
Asparagine	20,1	15,6	16,8	16,3	21,8	15,6
Glutamine	83,2	76,4	59,3	59,1	139,0	37,4
Glycine	14,2	12,1	13,2	10,7	19,1	10,3
Proline	29,7	26,6	19,9	20,1	49,2	12,7
Serine	16,4	13,7	12,3	12,0	22,6	9,1
Totale AZ	319	259	236	229	434	175
Tot. Ess. AZ°	132	97	96	94	155	74

°Essentiële aminozuren

In vergelijking met Wet cake bevatte het RE van Protisyr minder aminozuren (30,9 vs 36,9 %), waaronder voornamelijk essentiële aminozuren. Bij de gistconcentraten was er een grote variatie in het percentage totale aminozuren op RE met de laagste waarde voor Sastapro (73,5 %) en de hoogste voor Grainpro (87,6 %). Het percentage essentiële aminozuren daarentegen was met ruim 30% vrij constant. Het glutaminegehalte varieerde sterk. Alcomix valt op door hoge gehalten aan lysine en arginine, en Protiwanze door een hoog tryptofaangehalte.

Tabel 22 Gehalte aan mineralen (g/kg DS) en sporenelementen (mg/kg DS) in Wet cake en 5 gistconcentraten

	Wet cake	Protisyr	Alcomix	Protiwanze	Grainpro	Sastapro
Calcium	1,0	0,9	2,2	1,5	1,8	2,0
Fosfor	4,8	12,5	19,1	5,8	12,8	7,7
Magnesium	1,7	5,1	2,3	1,6	4,8	2,2
Kalium	4,6	2,1	16,2	12,8	19,3	15,6
Natrium	1,2	5,1	20,9	2,6	0,8	19,2
Chloor	1,8	2,3	4,9	3,0	1,7	5,6
Zwavel	3,2	2,8	15,7	2,5	16,9	13,2
Ijzer	217	125	100	73	237	111
Mangaan	65	60	64	43	111	66
Zink	92	75	55	52	116	53
Koper	4,4	7,9	8,1	6,4	12	8,1
Boor	2,6	9,1	7,5	2,7	4,3	2,2

In vergelijking met Wet cake bevat Protisyr meer fosfor, magnesium, koper en boor en minder kalium en ijzer. Tussen de gistconcentraten bestaan er vrij grote verschillen, waarbij Alcomix, Grainpro en Sastapro meer mineralen bevatten dan Protisyr en Protiwanze; Grainpro bevatte het meest sporenelementen. Bij Alcomix en Sastapro werden een zeer hoog natrium- en zwavelgehalte vastgesteld; ook Grainpro bevatte veel zwavel.

4.2.Voederwaarde voor rundvee

De verteerbaarheid van Wet cake en de 5 gistconcentraten werd bepaald met hamels. Wet cake werd samen verstrekt met maïskuil in een verhouding van 50/50 op DS-basis. De gistconcentraten werden vooraf in een verhouding van 40/60 met diezelfde maïskuil gemengd en in porties van 1 kg DS-equivalent ingevroren.

Tabel 23 Verteerbaarheid (VC; %) en energiewaarde (per kg DS) van Wet cake en 5 gistconcentraten

	Wet cake	Protisyr	Alcomix	Protiwanze	Grainpro	Sastapro
VC Organische stof	67	85	90	89	93	87
VC Ruw eiwit	78	73	81	78	84	78
VC Ruw vet	85	88	89	82	86	85
VC Ruwe celstof	48	46	77	63	100	71
VC Overige koolhydraten	58	93	96	96	106	91
VC NDF	60	53	81	69	100	85
Bruto energie (MJ)	22,0	20,8	18,9	20,6	20,3	19,6
Met. energie (MJ)	11,9	13,7	13,4	13,8	14,3	12,8
Netto energie lact. (MJ)	6,9	8,3	8,3	8,4	8,8	7,8
VEM	993	1198	1202	1214	1278	1123
VEVI	998	1285	1319	1308	1399	1202

Omdat de voederdeeltjes van de gistconcentraten kleiner zijn dan de poriën van de nylonzakjes, kan deze techniek niet gebruikt worden voor het bepalen van de afbraakarakteristieken in de pens. Er werd aangenomen dat ze geen grote (=D-fractie) noch onafbreekbare deeltjes (=U-fractie) bevatten en dus enkel uit kleine deeltjes (W-fractie) bestaan, waarvan een deel oplosbaar zijn. De eiwitoplosbaarheid van de gevriesdroogde gistconcentraten werd bepaald in water (W). De afbraaksnelheid van het eiwit in de kleine deeltjes (W-S) en de darmverteerbaarheid van het bestendig eiwit (%DVBE) werden geschat met vergelijkingen o.b.v. de *in vitro* RE-afbreekbaarheid in protease, in combinatie met chemische parameters, afgeleid van een dataset van eiwitrijke grondstoffen met gekende *in situ* parameters.

De *in vitro* eiwitparameters en de eiwitwaarden berekend volgens het nieuwe systeem (Tamminga et al., 2007) worden gegeven in Tabel 24.

Tabel 24 *In vitro* eiwitparameters en eiwitwaarden (g/kg DS) van Wet cake en 5 gistconcentraten

	Wet cake	Protisyr	Alcomix	Protiwanze	Grainpro	Sastapro
W ¹ (%)	5,3	24,1	32,8	17,2	34,9	28,1
%BRE	61,4	36,4	28,9	39,0	39,0	35,4
%DVBE	88,5	87,8	76,3	94,1	96,2	77,3
DVE	221	143	117	160	237	114
OEB	73	114	112	72	211	59

¹W = eiwitoplosbaarheid in water

4.3. Voederwaarde voor varkens

De voederwaarde van de gistconcentraten werd bepaald in een verteringsproef met 6 baren (Rattlerow-Seghers Hybride zeug × Piétrain beer). De dieren kregen een voeder, waarin 30 % (op DS-basis) van het basisvoeder vervangen werd door gistconcentraten. De NEv-waarde werd berekend

volgens de formules voor vochtrijke diervoeders (CVB, 2011) o.b.v. de gemiddelde schijnbaar fecale verteerbare gehalten van RE, RV en NSP, en de gehalten aan zetmeel (ZET), gluco-oligosacchariden (GOS), suikers (SUI), glycerol (GLY), melkzuur (MZ), azijnzuur (AZZ), propionzuur (PRZ), boterzuur (BZ) en alcoholen (ALC): $NEv \text{ (MJ/kg DS)} = 10,8 \times VRE + 36,1 \times VRV + 13,7 \times (ZET + GOS) + 12,4 \times SUI + 9,6 \times VNSP + 14,0 \times GLY + 11,5 \times MZ + 9,8 \times AZZ + 14,2 \times PRZ + 17,9 \times BZ + 21,73 \times ALC$

Tabel 24 Schijnbaar fecale verteerbaarheid (VC; %) en netto energie varkens (NEv) van 5 gistconcentraten

	Protisyr	Alcomix	Protiwanze	Grainpro	Sastapro
VC Organische stof	87	80	91	87	79
VC Ruw eiwit	76	72	86	84	64
VC Ruw vet	87	86	75	89	81
VC NSP	57	45	66	51	41
VC Ruwe as	66	66	84	56	83
VC Fosfor	57	60	78	46	60
VC Energie	86	79	89	85	77
NEv (MJ/kg DS)	10,8	9,0	10,7	9,8	9,6

Tabel 25 Schijnbaar ileale verteerbaarheid (DVC; %) van 5 gistconcentraten

	Protisyr	Alcomix	Protiwanze	Grainpro	Sastapro
DVC Ruw eiwit	78	81	75	84	63
DVC Lysine	61	86	72	94	66
DVC Methionine	77	85	84	86	75
DVC Cysteïne	60	67	57	75	50
DVC Threonine	64	77	68	85	58
DVC Tryptofaan	70	85	78	88	60
DVC Isoleucine	76	85	81	81	70
DVC Arginine	81	90	89	93	79
DVC Fenylalanine	80	92	86	91	71
DVC Histidine	76	86	78	88	74
DVC Leucine	80	86	83	85	70
DVC Valine	75	86	80	85	71
DVC Alanine	75	83	77	86	71
DVC Asparagine	58	73	67	80	54
DVC Glutamine	85	88	82	85	76
DVC Glycine	74	86	75	92	68
DVC Proline	85	90	84	90	79
DVC Serine	71	78	75	86	58

4.4. Besluit

De energie- en eiwitwaarde voor rundvee en varkens van de 5 onderzochte gistconcentraten, afkomstig van verschillende bio-ethanolproducenten, varieerden sterk. Daardoor worden best specifieke voederwaardecijfers per bedrijf gebruikt. Om de variatie in kwaliteit van deze vloeibare bijproducten binnen eenzelfde bedrijf in te schatten, is een analyse van de droge stof en het ruw eiwitgehalte en eventueel het ADF-gehalte aangewezen.

5. Algemeen besluit

Maïs-DDGS bevat meer vet en beter verteerbare celwanden dan tarwe-DDGS, waardoor zijn energiewaarde hoger is. Maïs-DDGS heeft ook een hogere eiwitwaarde voor rundvee, omdat het eiwit in de pens minder sterk wordt afgebroken dan dat van tarwe-DDGS en het pensbestendig eiwit iets beter verteerbaar is in de dunne darm. De fermentatie en verhitting bij het drogen tijdens het productieproces hebben wel een negatief effect op bepaalde aminozuren, in de eerste plaats lysine; dit is vooral nadelig voor varkens en pluimvee. DDGS is een rijke bron aan mineralen, vooral fosfor en sporenelementen. De energiewaarde voor rundvee en varkens blijkt vrij nauwkeurig te schatten o.b.v. het ruw vetgehalte gecombineerd met respectievelijk het hemicellulose- en ADF-gehalte. Voor een nauwkeurige schatting van de eiwitwaarde voor rundvee is naast kennis van RE, RV en ADF een eiwitoplosbaarheidstest aangewezen. De ileale verteerbaarheid bij varkens van de meeste aminozuren, inclusief lysine, kan vrij nauwkeurig geschat worden a.h.v. de ileale verteerbaarheid van het RE; laboparameters en in vitro testen bleken daarentegen weinig bruikbaar.

Uit voederproeven blijkt dat bij melkvee tot 4 kg DDGS in het rantsoen kan ingeschakeld worden met positieve effecten op de melk- en eiwitproductie en waarbij zowel krachtvoeder als sojaschroot uitgespaard wordt. Bij vleesvarkens kan tot 22,5 % DDGS opgenomen worden in het voeder zonder negatieve effecten op de groei of voederconversie noch op de karkaskwaliteit. Bij vleeskuikens kan men tot 15 % DDGS in het voeder gebruiken met wat betere groeicijfers en een lagere voederconversie voor maïs- en gemengde DDGS in vergelijking met tarwe-DDGS. Ook bij legkippen kan men tot 15 % DDGS in het voeder mengen zonder negatieve effecten op de zoötechnische prestaties noch op de eikwaliteit en dit ongeacht het graantype.

De energie- en eiwitwaarde voor rundvee en varkens van 5 gistconcentraten afkomstig van verschillende bio-ethanolproducenten varieerde sterk, zodat men best specifieke voederwaardecijfers per bedrijf gebruikt. Om de variatie in kwaliteit van deze vloeibare bijproducten binnen een zelfde productie-eenheid in te schatten is een analyse van droge stof en ruw eiwit en eventueel ADF aangewezen.

6. Referenties

CVB 1996. Protocol voor een faecale verteringsproef met hamels. Centraal Veevoederbureau, pp. 1-8. Product Board Animal Feed, The Netherlands.

CVB 2004. Protocol voor *in situ* pensincubatie: bepaling van afbraaksnelheid en uitwasbare fracties van eiwit, zetmeel, celwanden en organische restfractie. Centraal Veevoederbureau, pp. 1-14. Product Board Animal Feed, The Netherlands.

CVB 2011. The CVB Feed table. Den Haag, The Netherlands.

Tamminga S, Van Straalen WM, Subnel APJ, Meijer RGM, Steg A, Wever CJG & Blok MC 1994. The Dutch protein evaluation system: the DVE/OEB-system. *Livestock Production Science* **40** 139-155.

Tamminga S, Brandsma GG, Dijkstra J, Van Duinkerken G, Van Vuuren AM & Blok MC 2007. Protein evaluation in ruminants: The DVE/OEB 2007 system. CVB documentation report nr. 53, pp. 1-58. Product Board Animal Feed, The Netherlands.

Van Es AJH 1978. Feed evaluation for ruminants. I. The system in use from May 1977 onwards in The Netherlands. *Livestock Production Science* **5** 331-345.

7. Lijst met afkortingen

%BRE: pensbestendigheid van het eiwit
%DVBE: darmverteerbaarheid van het pensbestendig eiwit
ADF: zuur detergent vezel
ADL: zuur detergent lignine
ANOVA: analysis of variance
AZ: aminozuren
BE: bruto energie
DDGS: dried distillers grains with solubles
DS: droge stof
DVC: schijnbaar ileale verteerbaarheid
DVE: darmverteerbaar eiwit
DVEN: darmverteerbaar eiwit volgens nieuw systeem
DVME: darmverteerbaar microbieel eiwit
FOS: fermenteerbare organische stof
GC: gistconcentraat
GDDGS: gemengde DDGS (minimum 50% tarwe)
KV: krachtvoeder
MDDGS: maïs DDGS
ME: metaboliseerbare energie
MEn: metaboliseerbare energie gecorrigeerd voor stikstofretentie
MK: maïskuil
MZ: melkzuur
NDF: neutraal detergent vezel
NE: netto energie
NEv: netto energie varkens
NSP: niet-zetmeel koolhydraten
OEB: onbestendige eiwitbalans
OK: overige koolhydraten
OS: organische stof
RC: ruwe celstof
RE: ruw eiwit
RV B: ruw vet na voorhydrolyse
S: oplosbare fractie
schDVLys: schijnbaar ileaal verteerbaar lysinegehalte
SD: standaardafwijking
SEM: standaardfout van het gemiddelde
SN: significantieniveau
TDDGS: tarwe DDGS
VC: verteringscoëfficiënt
VDK: voordroogkuil
VEM: voedereenheid melk
VEVI: voedereenheid vleesvee intensief
WDGS: wet distillers grains with solubles

Contact:

Johan De Boever,
Wetenschappelijk onderzoeker
Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek ILVO
Eenheid Dier
Scheldeweg 68 - 9090 Melle
Tel. +32 (0)9 272 25 90
johan.deboever@ilvo.vlaanderen.be

Deze publicatie kan ook geraadpleegd worden op:
www.ilvo.vlaanderen.be

Vermenigvuldiging of overname van gegevens toegestaan mits duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheidsbeperking

Deze publicatie werd door ILVO met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid van de informatie in deze publicatie. De gebruiker van deze publicatie ziet af van elke klacht tegen ILVO of zijn ambtenaren, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

In geen geval zal ILVO of zijn ambtenaren aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
Burg. Van Gansberghelaan 96
9820 Merelbeke - België
T +32 (0)9 272 25 00
F +32 (0)9 272 25 01
ilvo@ilvo.vlaanderen.be
www.ilvo.vlaanderen.be

