

Effecten van voeding op darmgezondheid van leghennen

bioKennis
voor biologische agroketens

T. Veldkamp
M. van Krimpen



WAGENINGEN UR

For quality of life

Rapport 548

Effecten van voeding op darmgezondheid van legghennen

Januari 2012

Colofon

Uitgever

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

Redactie

Communication Services

Copyright

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

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

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

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

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



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

Abstract

Intestinal health is of vital importance for health and welfare of laying hens and nutrition may have a significant contribution. Insoluble non-starch polysaccharides (NSP) and feed additives such as herbs, phytogetic material, probiotics and prebiotics, organic acids and enzymes may have a beneficial effect on intestinal health.

Keywords

Nutrition, intestinal health, laying hens

Auteurs

T. Veldkamp, M. van Krimpen

Titel

Effecten van voeding op darmgezondheid van leghennen

Rapport 548

Samenvatting

Darmgezondheid is essentieel voor een goede gezondheid en welzijn van leghennen en voedingsmaatregelen kunnen hieraan een belangrijke bijdrage leveren. Niet-wateroplosbare vezels en diverse voederadditieven zoals kruidenpreparaten, fytoogene stoffen, probiotica en prebiotica, organische zuren en enzymen kunnen de darmgezondheid positief beïnvloeden.

Trefwoorden

Leghennen, voeding, darmgezondheid



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Rapport 548

Effecten van voeding op darmgezondheid van leghennen

Effects of nutrition on intestinal health of laying hens

T. Veldkamp
M. van Krimpen

Januari 2012

Voorwoord

Voor een goede gezondheid en welzijn van leghennen is een goede darmgezondheid van essentieel belang. De darmgezondheid wordt onder andere beïnvloed door de voersamenstelling, de deeltjesgrootte van de ingrediënten in het rantsoen en verschijningsvorm van het voer. In de praktijk wordt geëxperimenteerd met het bijmengen of apart voeren van enkelvoudige grondstoffen en ook wordt op enkele praktijkbedrijven ruwvoer aan de dieren verstrekt om de voerkosten te reduceren, om pikkerij van de dieren te voorkomen of beperken, of om een betere strooiselkwaliteit te krijgen. In dit rapport wordt een overzicht gegeven van het maagdarmkanaal en wordt de werking ervan beschreven. De focus in dit rapport ligt op het effect van voeding op de darmgezondheid van leghennen.

Het project is onderdeel van een groter project "Ruwvoer, darmgezondheid en verenpikken". Dit project wordt samen met het Louis Bolk Instituut uitgevoerd binnen het kennisnetwerk Bioconnect. De beschreven kennis in dit rapport is zowel te gebruiken voor de biologische als voor de gangbare leghennenhouderij.

In Nederland vindt het meeste onderzoek voor biologische landbouw en voeding plaats in voornamelijk door het ministerie van EL&I gefinancierde onderzoeksprogramma's. Aansturing hiervan gebeurt door Bioconnect, het kennisnetwerk voor de Biologische Landbouw en Voeding in Nederland (www.bioconnect.nl). Hoofduitvoerders van het onderzoek zijn de instituten van Wageningen UR en het Louis Bolk Instituut. Zij werken in de cluster Biologische Landbouw (EL&I gefinancierde onderzoeksprogramma's) nauw samen. Dit rapport is binnen deze context tot stand gekomen. De resultaten van de onderzoeksprogramma's vindt u op de website www.biokennis.nl. Vragen en/of opmerkingen over het onderzoek aan biologische landbouw en voeding kunt u mailen naar: info@biokennis.nl

Mede namens de auteurs,

Dr. T. Veldkamp
Projectleider

Samenvatting

De deskstudie “Voeding – darmgezondheid bij leghennen” is uitgevoerd als onderdeel van een groter project “Ruwvoer, darmgezondheid en verenpikken”. Dit project wordt samen met het Louis Bolk Instituut uitgevoerd binnen het kennisnetwerk Bioconnect.

Voor een goede gezondheid en welzijn van leghennen is een goede darmgezondheid van essentieel belang. Darmgezondheid kan onder andere worden beïnvloed door voersamenstelling, deeltjesgrootte van de ingrediënten in het rantsoen en verschijningsvorm van het voer. Op dit moment wordt in de praktijk geëxperimenteerd met het bijmengen of apart voeren van enkelvoudige grondstoffen en ook wordt op praktijkbedrijven ruwvoer aan de dieren verstrekt om de voerkosten te reduceren, pikkerij van de dieren te voorkomen of te beperken of een betere strooiselkwaliteit te verkrijgen.

Pluimvee heeft een uniek maagdarmkanaal door de aanwezigheid van een krop, kliermaag en spiermaag met elk hun specifieke flora en pH. Aan biologische voeders worden specifieke eisen gesteld wat leidt tot een beperkte keuze aan eiwitrijke grondstoffen. Indien wordt gezocht naar vervangende eiwitbronnen dient men rekening te houden met de mogelijke aanwezigheid van anti-nutritionele factoren. Uit deze deskstudie komt duidelijk naar voren dat vezels positieve effecten hebben op het maagdarmkanaal van pluimvee. Ze stimuleren de ontwikkeling van de spiermaag, ze verlengen de verblijfstijd van het voedsel in de krop en magen, ze zorgen voor een betere aanzuring van het maagdarmkanaal, waardoor een betere bescherming tegen schadelijke bacteriën ontstaat, ze bevorderen de voeropnamecapaciteit van opfokhennen en ze kunnen preventief werken tegen verenpikgedrag. Voorwaarde is wel dat niet-wateroplosbare vezels worden toegevoegd aan het voer. Een belangrijke strategie om het optreden van leververvetting aan het begin van de legperiode te voorkomen is het verstrekken van verdund vezelrijk voer tijdens de opfokperiode. Dit zorgt ervoor dat jonge leghennen in staat zijn om hun voeropnamecapaciteit af te stemmen op de gestegen voerbehoefte als gevolg van het in productie komen. In potentie kunnen toevoegmiddelen zoals kruidenpreparaten, fyto gene stoffen, probiotica en prebiotica, organische zuren en enzymen bijdragen aan het verbeteren van de darmgezondheid van opfok- en leghennen. Het aanbod van deze producten voor de biologische sector is echter zeer beperkt. Ook is er weinig onderzoek met deze middelen uitgevoerd bij opfok- of leghennen.

Summary

The literature study “Nutrition – intestinal health” has been conducted as part of the project “Roughage, intestinal health and feather pecking”. This project was a cooperation between Louis Bolk Institute and Wageningen UR Livestock Research within the knowledge framework “Bioconnect”. Intestinal health is required for optimal health and welfare of laying hens. Intestinal health can be affected by diet composition, particle size of feed ingredients and physical appearance of the diet. Currently, farmers are experiencing with adding or separately feeding of raw materials and providing of roughage to the birds to reduce feed costs, to avoid feather pecking or to improve litter quality. Poultry has a unique gastro intestinal tract due to the presence of a crop, proventriculus, and gizzard with each having their own specific flora and pH. Organic feed has its own specific requirements and restrictions which results in a limited choice of protein-rich ingredients. When searching for alternative protein sources it is important to take care of the presence of anti-nutritional factors. The present literature study demonstrates that insoluble NSP (non-starch polysaccharides) can have a beneficial effect on the development of the gastro intestinal tract. The development of the gizzard will be stimulated, time of feed in the crop and gizzard will be prolonged, acidification of the gastro intestinal tract will be improved, the capacity for feed intake will be improved in rearing hens and feather pecking may be reduced. One of the important tools to avoid fatty liver syndrome during early lay is to provide diluted high-fibre diets (insoluble NSP) during the rearing period. These diets may improve feed intake capacity of the laying hen and enabling the laying hen to fulfil the increased feed intake requirement at start of egg production period. A potential beneficial effect on gastro intestinal health has also been observed for feed additives such as herbs, phytogetic materials, probiotics and prebiotics, organic acids and enzymes. The supply of these products for the organic poultry sector, however, is limited. Research with these products in organic rearing and laying hen production is scarce.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting Summary

1	Inleiding	1
2	Maagdarmkanaal en spijsvertering.....	2
	2.1 Krop.....	2
	2.2 Klier- en spiermaag	2
	2.3 Darmen.....	2
	2.4 Cloaca	3
	2.5 Lever	3
	2.6 Spijsvertering	3
3	Darmgezondheid	5
4	Mengvoeder	6
	4.1 Energie en eiwit.....	6
	4.2 Essentiële aminozuren	7
	4.3 Anti-nutritionele factoren (ANF's).....	8
	4.4 Niet-Zetmeel Koolhydraten (NSPs).....	9
	4.5 Deeltjesgrootte	10
5	Ruwvoer en enkelvoudige grondstoffen	13
	5.1 Ruwvoer	13
	5.1.1 Grasmeel	14
	5.1.2 Luzerne (alfalfa)	14
	5.2 Enkelvoudige grondstoffen	14
	5.2.1 Mais	15
	5.2.2 Sorghum en gierst.....	15
	5.2.3 Tarwe	15
	5.2.4 Rogge en triticale	15
	5.2.5 Gerst en haver	16
	5.2.6 Graanbijproducten, zemelen.....	16
	5.2.7 Soja en sojaschroot	16
	5.2.8 Raapzaad, zonnebloempitten	16
	5.2.9 Gras brok, luzerne, alfalfa.....	17
6	Voederadditieven	19
	6.1 Plantaardige producten	19
	6.1.1 Kruidenpreparaten	19
	6.1.2 Fytogene stoffen	19
	6.2 Probiotica	20
	6.3 Prebiotica	20
	6.4 Organische zuren.....	20
	6.5 Enzymen	21
7	Leververvetting	22
8	Conclusies	23
	Referenties	24

1 Inleiding

Voedingsmaatregelen kunnen bijdragen aan het verbeteren van de darmgezondheid van biologisch gehouden opfok- en leghennen. Zo zijn er aanwijzingen dat het verstrekken van ruwvoer kan bijdragen aan het oplossen van verschillende aan darmgezondheid gerelateerde aandoeningen. Zo wordt het optreden van verenpikken in verband gebracht met problemen die terug te voeren zijn op darmgezondheid. Van ruwvoer (= product dat voor minimaal de helft van het droge stof gewicht uit ruwe celstof bestaat) is bekend dat het onder proefomstandigheden verenpikken vermindert en de darmgezondheid bevordert. In deze deskstudie is het effect bestudeerd van verschillende voedingsmaatregelen op de darmgezondheid van biologische leghennen. De resultaten zijn echter ook van toepassing op de gangbare leghensector. De onderzoeksvraag was: hoe kan met voedingsmaatregelen de darmgezondheid van leghennen worden bevorderd?

In hoofdstuk 2 worden de verschillende segmenten in het maagdarmkanaal beschreven en wordt ingegaan op de vertering van voedingsstoffen. In hoofdstuk 3 wordt algemeen ingegaan op factoren die van invloed zijn op de darmgezondheid. In de volgende hoofdstukken worden de effecten van voeding op darmgezondheid beschreven waarbij een onderscheid wordt gemaakt in mengvoerders, ruwvoerders en enkelvoudige grondstoffen en voederadditieven in respectievelijk de hoofdstukken 4, 5 en 6. Het rapport eindigt met de belangrijkste conclusies.

2 Maagdarmkanaal en spijsvertering

Pluimvee heeft een karakteristiek maagdarmkanaal, dat zich onderscheidt van varkens door de aanwezigheid van een krop, twee magen (klier- en spiermaag) en twee caeca (blinde darmen).

2.1 Krop

De krop is een onderdeel van het spijsverteringsstelsel en dient voornamelijk als opslagplaats en het inweken van het voedsel voordat het voedsel wordt getransporteerd naar de klier- en spiermaag (Duke, 1986). De krop is een zakvormige uitstulping in de slokdarm en evenals de slokdarm gespierd. In de krop worden op het epitheel voornamelijk melkzuurbacteriën gevonden en daarnaast zijn er ook enterococci, coliforme bacteriën en gisten. In de krop is een geringe activiteit van amylase waardoor er een geringe vertering van koolhydraten plaatsvindt in de krop. Eiwitvertering vindt in de krop niet plaats.

Lepkovsky (1960) vond dat vleeskuikens die getraind waren om snel te eten, grotere hoeveelheden voer per tijdseenheid in de krop hadden dan ongetrainde vleeskuikens. De opslagcapaciteit in de krop nam dus toe met een grotere voeropname per tijdseenheid. De hoeveelheid voedsel in de krop is nauw gerelateerd aan de hoeveelheid voedsel in de spiermaag. Met andere woorden: zodra de spiermaag voedsel vraagt, wordt voedsel vanuit de krop naar de spiermaag getransporteerd. Er is altijd voer in de spiermaag wanneer er voer in de krop aanwezig is wat suggereert dat het voer direct wordt getransporteerd vanuit de krop naar de spiermaag zodra de spiermaag leeg is. Mongin (1976) vond een constant droge stofgehalte van het voedsel in de spiermaag op verschillende momenten van de dag terwijl het droge stofgehalte van het voedsel in de krop significant verschilde op verschillende momenten van de dag.

2.2 Klier- en spiermaag

De kliermaag is een klein langgerekt orgaan. Er kan weinig voedsel in opgeslagen worden. De belangrijkste functie van de kliermaag is dan ook de productie pepsine en HCl (zoutzuur). Het zoutzuur veroorzaakt een lage zuurgraad (pH 2,5) in de klier- en spiermaag. Dit activeert pepsine, maar heeft ook tot gevolg dat kalkachtige stoffen (grit) oplossen. Dit is van belang voor leghennen want het rantsoen voor leghennen bevat een hoog calciumgehalte. Ook de eiwitvertering start reeds in de kliermaag. De lage pH in de kliermaag inactieveert ook ziekteverwekkende bacteriën die via het voer of drinkwater binnenkomen.

De spiermaag is samengesteld uit twee dikke spierschijven, die zeer hecht aan elkaar verbonden zijn. Inwendig is de spiermaag bedekt met een harde hoornlaag. De zeer sterke spierschijven zorgen door samentrekking voor een persende en wrijvende beweging van de voedselmasse. Maagkiesel of grit fungeren daarbij als molensteen, zodat het voedsel wordt fijn gemalen. Door de lage pH wordt de bacteriepopulatie sterk verkleind. Hoewel de kliermaag voor de spiermaag zit, is dit geen probleem. De inhoud van beide magen wordt namelijk intensief gemixt, voordat deze doorgelaten wordt naar de dunne darm. Deze menging wordt reflux genoemd (Duke, 1986).

2.3 Darmen

Het fijn gemaakte voedsel komt uit de magen in het darmstelsel. Het darmstelsel bestaat uit de volgende delen: de dunne darm (jejunum en ileum), waarvan het eerste deel ook wel de twaalfvingerige darm (duodenum) wordt genoemd, de beide blinde darmen (caeca) en de endeldarm (colon). De condities in de twaalfvingerige darm zijn niet geschikt voor een goede ontwikkeling van de microflora vanwege de aanwezigheid van een aantal enzymen, hoge concentraties aan galzouten en reflux tussen jejunum (voorste deel van de dunne darm) naar de spiermaag. In het darmstelsel wordt het voedsel verteerd en worden de voedingsstoffen geabsorbeerd. Het voedsel wordt voortbewogen door zogenaamde darmperistaltiek. Dit is een samentrekking van de spieren in de darmwand, die het voedsel naar achteren duwt. Een nauwelijks zichtbare verwijding gaat aan de vernauwing vooraf. De vertering in de darm is een chemische omzetting van het voedsel. Complexe onoplosbare verbindingen worden met behulp van enzymen omgezet in minder complexe oplosbare stoffen. Enzymen zijn stoffen, die in klieren gevormd worden en die o.a. in de spijsverteringssappen voorkomen. Zij bewerkstelligen chemische reacties zoals het omzetten van zetmeel in suikers. In de speekselklieren en kliermaag worden de eerste enzymen gevormd en met het voedsel gemengd. Ook in de dunne darm bevinden zich tal van klieren, waar zeer verschillende enzymen gevormd worden. Belangrijke enzymen worden verder gevormd in de alvleesklier (pancreas) en in de lever. De

alveesklier produceert sappen die bicarbonaat bevatten en verschillende enzymen zoals amylase, trypsine, chymotrypsine en lipase. Deze enzymen zorgen voor de vertering van respectievelijk koolhydraten, eiwitten en vetten. Deze enzymen uit de lever komen met de gal in de darmholte. Naast enzymen spelen ook micro-organismen in het darmkanaal een rol bij de voedselvertering. Bij kuikens koloniseren anaerobe bacteriën in de blinde darm al drie tot zes uur na uitkomst uit het ei. De eerste twee tot vier dagen na uitkomst komen streptococconen en enterobacteriën voor in de dunne darm en de blinde darm. Na zeven dagen overheersen de lactobacilli in de dunne darm en de blinde darm. Een volledige ontwikkeling van de microflora in de blinde darm duurt ongeveer 30 dagen (Shane en Tucker, 2006). Vertering van ruwe celstof vindt met name plaats in de blinde darmen. Vergeleken met rundvee en varkens is de hoeveelheid ruwe celstof die pluimvee verteert echter minimaal.

2.4 Cloaca

De darm eindigt via de dikke darm in de cloaca. De feces van pluimvee is een grauwgrijze, vaste massa, meestal bedekt met een witte urinelaag. Eenmaal of enkele malen per dag ontdoet het dier zich bovendien van de blindedarmfeces. Deze is minder vast en in de regel lichtbruin tot donkerbruin van kleur. De blindedarmfeces is niet bedekt met een witte urinelaag. Vanaf de cloaca tot aan de blinde darm (caeca) via het colon vindt terugstroming oftewel reflux plaats. Zo kunnen de niet-eiwit stikstofcomponenten (urinezuur) gefermenteerd worden en worden omgezet in bacterieel eiwit. Verdere reflux naar de dunne darm zorgt ervoor dat dit eiwit alsnog gedeeltelijk kan worden benut door het dier.

2.5 Lever

De lever is een orgaan dat zich bevindt op de buikwand vóór in de buik. De lever bestaat uit twee kwabben met ertussen de galblaas. De galblaas heeft twee afvoergangen die naar de darm lopen en komen uit op het einde van de twaalfvingerige darm. Door een prikkeling, afkomstig vanuit de darm, wordt de gal in de darm geperst. In de lever komen de bloedvaten, afkomstig van de darmwand samen. Alle door de darm opgenomen voedingsstoffen passeren de lever voordat deze in het lichaam verspreid worden. De lever heeft verschillende functies waaronder het afscheiden van gal, het spijsverteringssap dat vetten helpt verteren en dat de darmactiviteit stimuleert. De gal uit deze cellen vloeit via een netwerk van afvoergangen naar de twaalfvingerige darm. Eerst komt de gal echter bijeen in de galblaas, een hol orgaan dat zich aan de onderzijde van de lever bevindt. Het bloed dat de voedingsstoffen vervoert die in de darmen zijn opgenomen, stroomt de lever binnen via de poortader. In de lever worden deze voedingsstoffen opgesplitst in stoffen waarvan het lichaam op verschillende manieren gebruik kan maken. De lever is ook verantwoordelijk voor het verwijderen van allerlei giftige stoffen uit het bloed. De levercellen (hepatocyten) zijn de cellen waarin alle activiteiten van de lever plaatsvinden, zoals:

- eiwitsynthese (aanmaak van eiwit)
- vorming van gal en stollingsfactoren
- vrijmaken van energie uit voedingsstoffen
- omzetten van voedingsstoffen voor opslag
- afbreken of inactiveren van gifstoffen en geneesmiddelen

2.6 Spijsvertering

Het door het pluimvee opgenomen voedsel bevat nutriënten, niet-nutriënten en micro-organismen. Het maagdarmkanaal is hierdoor een belangrijke plaats voor blootstelling aan pathogenen (ziekteverwekkers). De darminhoud bestaat normaal gesproken uit voedselbestanddelen, microbiële populaties, endogene nutriënten en afscheidingsproducten van de darm maar ook vanuit de lever, galblaas en de alveesklier. Het maagdarmkanaal laat selectief voedingsstoffen door de darmwand in de bloedbaan waardoor deze stoffen als bouwstof kunnen dienen in de darm of verderop in het lichaam. Aan de ene kant zorgt het darmslijm (mucosa) ervoor dat efficiënt transport plaatsvindt van water en nutriënten. Aan de andere kant voorkomt deze slijmlaag de opname van schadelijke micro-organismen en toxinen geproduceerd door de micro-organismen in de darm of opgenomen via het voer (Korver, 2006). Het darmslijm fungeert dus eigenlijk als een selectieve barrière tussen het lichaamsweefsel en de darminhoud. Deze barrière is samengesteld uit fysische, chemische, immunologische en microbiële componenten. Een grote verscheidenheid aan factoren heeft invloed op deze componenten zoals voer, omgevings- en managementcondities (Hughes, 2005).

De voedselvertering in het lichaam vindt plaats door een samenspel van mechanische, fysische en chemische processen. De chemische processen vinden plaats door enzymwerking. De enzymen die bij pluimvee verantwoordelijk zijn voor de voedselvertering kunnen worden onderscheiden in: koolhydraatsplitsende, eiwitsplitsende en vetsplitsende enzymen.

Koolhydraatsplitsende enzymen

Het belangrijkste enzym is amylase. Amylase komt voor in speeksel en in sappen uit de alveesklier, de lever en de darmwand. Dit enzym zet koolhydraten (zetmeel) om in verschillende soorten suikerverbindingen, die op hun beurt door verschillende enzymen worden omgezet in voor de darmwand opneembare suikers, waarvan de belangrijkste glucose is.

Eiwitsplitsende enzymen

Eiwitsplitsende enzymen kunnen onderscheiden worden in proteasen en peptidasen. Tot de proteasen behoren het pepsine dat door de kliermaag en het trypsine dat door de alveesklier wordt gevormd. Het pepsine wordt vooral geactiveerd door zoutzuur, dat eveneens in de maag afgescheiden wordt. De proteasen zetten eiwitten om in polypeptiden; dit zijn ketens van aminozuren. De peptidasen worden eveneens in de alveesklier gevormd, maar vooral ook in de dunne darm. Zij zetten de kleine peptiden en polypeptiden om in aminozuren, die door de darmwand kunnen worden opgenomen en als bouwstof voor lichaamseiwit fungeren.

Vetsplitsende enzymen

Door de galzouten worden de vetten geëmulgeerd, dat wil zeggen dat de vetten in zeer kleine partikeltjes worden verdeeld. Het belangrijkste vetsplitsende enzym is lipase. Lipase wordt door de alveesklier gevormd. Doordat het vet geëmulgeerd is, is het contactoppervlak sterk vergroot. Het lipase zet het vet om in verbindingen, die de darmwand kunnen passeren. Na het passeren worden deze verbindingen weer tot vet samengevoegd en vervoerd. Ze worden dan 'verbrand' of als energiereserve opgeslagen in vetdepots in het lichaam.

3 Darmgezondheid

De functies van de darm zijn te onderscheiden in:

1. Vertering van voerbesteddelen en absorptie van nutriënten
2. Barrièrefunctie (fysisch en via microflora)
3. Immuunsysteem

Een goede darmgezondheid betekent het optimaliseren van de drie genoemde functies onder een range aan condities waaraan het dier kan worden blootgesteld. Een optimale darmgezondheid is de basis voor een goede gezondheid van het dier. Een verminderde darmgezondheid leidt tot slechtere productieprestaties. Volgens Ferket (2009) zijn er diverse zaken die kunnen leiden tot een verminderde darmgezondheid. Hierbij is het allereerst van belang om te achterhalen of de oorzaak van het probleem infectieus of niet-infectieus is. Ten tweede is het van belang te weten hoe de darmontwikkeling fysiologisch wordt gestuurd. Meer dan 70 procent van de immuun cellen in het lichaam is geassocieerd met de darm. De ontwikkeling van het maagdarmkanaal is dus essentieel voor een goed immuunsysteem en een goede weerstand op latere leeftijd. Darmontwikkeling op jonge leeftijd wordt beïnvloed door stress, voeropname en verschijningsvorm van het voer, toxinen en anti-nutritionele factoren in het voer. Ten derde is de darmflora uitermate belangrijk. Het aantal bacteriecellen in het maagdarmkanaal is tienmaal het aantal eigen lichaamscellen. De invloed van de voersamenstelling en -vorm op de flora bepalen de diversiteit van de darmflora. De diversiteit van de darmflora is één van de belangrijkste factoren voor een stabiel ecosysteem in de darm. Bij jonge dieren is het aantal bacteriën en de diversiteit ervan minder dan bij volwassen dieren en dit maakt hen extra gevoelig voor verstoringen. Er zijn bacteriën die groeien bij een pH van 1,0 en er zijn bacteriën die het best gedijen onder meer alkalische condities. Dit geeft aan dat bacteriën onder zeer variabele condities goed kunnen koloniseren. De kolonisatie van pathogene bacteriën in de darm wordt bepaald door de mucosale verdedigingsbarrière, de darmflora en de voeding. Bacteriën zijn levende organismen en hebben dus voeding nodig voor vermeerdering en groei en onttrekken hiervoor onverteerde voedingsstoffen of voedingsstoffen die langzaam worden geabsorbeerd door het dier. De verschillende darmbacteriën hebben verschillende voorkeuren voor substraat en een verschillende behoefte voor groei en vermeerdering hetgeen betekent dat de chemische samenstelling en de structuur van de voedingsstoffen in de darm in grote mate de diversiteit van de darmflora in het maagdarmkanaal bepaalt (Savory, 1992; Wagner en Thomas, 1987). In de hoofdstukken 4, 5 en 6 wordt een overzicht gegeven van recent uitgevoerd onderzoek naar de relatie tussen voeding en darmgezondheid bij leghennen.

4 Mengvoeder

4.1 Energie en eiwit

Het maagdarmkanaal is het grootste orgaan in het lichaam van pluimvee en is verantwoordelijk voor 23 tot 38 procent van de behoefte aan energie en eiwit. Het maagdarmkanaal groeit relatief gezien in de eerste twee weken vier keer zo snel als het hele dier.

Verondersteld wordt dat de energie- en eiwitbehoefte voor biologisch gehouden leghennen kan verschillen van gangbaar gehouden leghennen, maar studies hiernaar zijn schaars. Van Knegsel en Van Krimpen (2008) hebben een deskstudie uitgevoerd naar mogelijke verschillen. De energie- en eiwitbehoefte wordt bepaald door de behoefte aan nutriënten voor onderhoud en door de behoefte aan nutriënten voor productie. De onderhoudsbehoefte van biologische leghennen is groter dan conventioneel gehouden leghennen vanwege een aantal factoren:

1. bewegingsvrijheid van biologische leghennen is groter en de dieren zijn actiever.
2. de omgevingstemperatuur is gemiddeld lager en er is een grotere variatie in omgevingstemperatuur omdat de dieren regelmatig van binnen naar buiten gaan en andersom. Ook het verenkleed is vaak slechter bij biologische leghennen waardoor meer warmteverlies optreedt.
3. in vergelijking met een batterijsysteem is de ziektedruk groter en er zijn aanwijzingen dat ook de activiteit van het immuunsysteem van biologisch gehouden leghennen anders is.

Voor wat betreft productie is bekend dat leghennen in de biologische sector minder eieren produceren in vergelijking met leghennen in de gangbare pluimveehouderij. Door een grote variatie in omgevingstemperatuur is de ad libitum energieopname variabel en onvoorspelbaar. Tegelijk met de variabele energieopname varieert ook de aminozuuropname. Een onbalans in aminozuurgift heeft een negatief effect op de gezondheid en productie. Rodenburg et al. (2008) vonden dat wanneer 100% biologisch werd gevoerd de groei van vleeskuikens minder was dan bij een 80% of 95% biologisch rantsoen. De onderzoekers schreven dit verschil toe aan een tekort in methionine in het 100% biologische voer. Een onbalans in aminozuurgift is ook gerelateerd aan welzijnsproblemen, zo vergroot een tekort aan essentiële aminozuren het risico op verenpikgedrag bij leghennen (Van Krimpen et al., 2005). Verder doet een onbalans in aminozuurgift een beroep op het metabolisme van de kip. Een overschot aan eiwit moet gedeamineerd (afgebroken) worden en uitgescheiden als urinezuur. Dit proces kost metabole energie en resulteert in een verhoging van de warmteproductie en energiebehoefte. Een overmaat aan ruw eiwit kan verder leiden tot een hoge eiwitfermentatie in het eindstuk van de darm waardoor het aantal ongewenste bacteriën in de darm kan toenemen wat leidt tot een vermindering van de darmgezondheid. De concentratie aan anti-nutritionele factoren in wat minder gebruikelijke eiwitbronnen zoals erwten kan ook een effect hebben op de vertering van voedingsstoffen en de opname van nutriënten door de leghen.

Van Knegsel en Van Krimpen (2009) concludeerden dat een biologische leghen een hogere energiebehoefte heeft voor onderhoud dan een leghen in de gangbare houderij. Er zijn geen aanwijzingen dat de eiwitbehoefte verschillend is voor biologisch gehouden pluimvee in vergelijking met gangbaar gehouden pluimvee. Dit zou resulteren in een hogere energie-eiwitverhouding in het rantsoen van biologisch pluimvee. Op basis van de onderzochte literatuur was het moeilijk om de hogere energiebehoefte en dus de hogere energie-eiwitverhouding in het rantsoen getalsmatig te onderbouwen. Hiervoor wordt op dit moment aanvullend onderzoek uitgevoerd.

Frikha et al. (2009) hebben een onderzoek uitgevoerd met Hy-Line Brown opfokhennen van 1 tot 120 dagen leeftijd waarin het effect van het energiegehalte in het voer op productieresultaten en ontwikkeling van het maagdarmkanaal werd bestudeerd. Aan de dieren werden drie fasen voeders verstrekt met per fase drie verschillende energiegehalten. Alle voeders hadden een vergelijkbare energie/nutriënten verhouding. De energiegehalten van het voer (Laag, Middel, Hoog) in de verschillende fasen waren respectievelijk: 11,44, 12,05 en 12,66 MJ/kg van 1 tot 45 dagen, 11,11, 11,71 en 12,32 MJ/kg van 46 tot 85 dagen en 10,96, 11,55, 12,13 MJ/kg van 86 tot 120 dagen leeftijd. Een hoger energiegehalte leidde in de periode tot 45 dagen leeftijd tot een hogere groei en een lagere voederconversie. Op 45 dagen leeftijd hadden de opfokhennen bij de behandeling Hoog een lagere relatief gewicht (gewicht ten opzichte van het lichaamsgewicht) van het maagdarmkanaal ($P < 0,001$), spiermaag ($P < 0,001$) en de krop ($P < 0,05$) dan opfokhennen bij de behandeling Middel en Laag (Tabel 1). Het relatieve gewicht van het duodenum, jejunum, ileum en caeca werd niet beïnvloed door het energieniveau.

Tabel 1 Effect van energiegehalte (ME_n) in het voer op het relatieve gewicht (g/kg lichaamsgewicht) van het maagdarmkanaal, krop en spiermaag op 45 dagen leeftijd.

Behandeling	Relatief gewicht (g/kg lichaamsgewicht)		
	Maagdarmkanaal ¹	Krop	Spiermaag
ME _n			
Laag	144,1 ^a	6,2 ^{ab}	36,7 ^a
Middel	138,9 ^a	6,3 ^a	35,5 ^a
Hoog	129,2 ^b	5,8 ^b	28,9 ^b
S.E.M. ²	2,24	0,12	1,08

^{a,b} Gemiddelden in kolommen met een verschillend superscript zijn significant verschillend (P<0,05).

¹ Gewicht van het maagdarmkanaal (van krop tot cloaca) inclusief darminhoud, lever en alvleesklier.

² standaardafwijking van het gemiddelde (16 herhalingen van 2 opfokhennen).

De opfokhennen die voeders verstrekt kregen met een hoog energiegehalte hadden tot 85 dagen leeftijd een hogere groei en een lagere voederconversie dan bij middel of laag energiegehalte. Op 120 dagen leeftijd hadden de opfokhennen bij de behandeling met een hoog energiegehalte een lagere voederconversie. Het energiegehalte in het voer had in de periode van 85 tot 120 dagen leeftijd geen effect meer op groei. Op 120 dagen leeftijd is een hoger relatief gewicht gevonden voor de spiermaag (P<0,01) in opfokhennen bij de behandeling met een laag energiegehalte in vergelijking met de behandelingen met een hoog en middel energiegehalte (Tabel 2).

Tabel 2 Effect van energiegehalte (ME_n) in het voer op het relatieve gewicht (g/kg lichaamsgewicht) van het maagdarmkanaal, krop en spiermaag op 120 dagen leeftijd.

Behandeling	Relatief gewicht (g/kg lichaamsgewicht)		
	Maagdarmkanaal ¹	Krop	Spiermaag
ME _n			
Laag	125,5	3,3	23,3 ^a
Middel	121,7	3,2	21,1 ^b
Hoog	119,0	3,1	20,9 ^b
S.E.M. ²	2,61	0,09	0,53

^{a,b} Gemiddelden in kolommen met een verschillend superscript zijn significant verschillend (P<0,05).

¹ Gewicht van het maagdarmkanaal (van krop tot cloaca) inclusief darminhoud, lever en alvleesklier.

² standaardafwijking van het gemiddelde (16 herhalingen van 2 opfokhennen).

De behandeling met een hoog energiegehalte in het voer leidde tot een lager relatief gewicht van de spiermaag op 45 en 120 dagen leeftijd. Hoog energetische voeders bevatten minder celstof en meer vet dan laag energetische voeders. Uit meerdere onderzoeken is gebleken dat celstof in het voer het relatief gewicht van alle segmenten van het maagdarmkanaal verhoogt met uitzondering van de twaalfvingerige darm (Summers en Leeson, 1986; González-Alvarado et al., 2007, 2008). Een beter ontwikkelde spiermaag is gunstig voor leghennen en dan met name bij de start van de leg omdat de nutriëntenbehoefte van de leghen dan groot is. Met een goed ontwikkelde spiermaag is de leghen in staat om voldoende nutriënten op te nemen en aan deze behoefte te voldoen.

4.2 Essentiële aminozuren

Het optimaliseren van biologische voeders en rantsoenen is lastig als gevolg van beperkingen in het gebruik van eiwitbronnen. Vrije aminozuren mogen niet worden gebruikt en ook het gebruik van chemisch geëxtraheerde grondstoffen (sojaschroot, raapzaadschroot) is niet toegestaan. Alternatieve eiwitbronnen zoals bijvoorbeeld eiwit van vlinderbloemigen hebben naast een lager aminozuurgehalte ook een meer ongunstig aminozuurprofiel dan (genetisch gemodificeerde) sojaproducten (Sundrum et al., 2005). Hierdoor is het noodzakelijk om een goede inschatting te maken van de voederwaarde (samenstelling en verteerbaarheid) van de alternatieve eiwitbronnen. Vaak worden ze echter in kleine partijen aangeboden, met bovendien nog forse variaties in voederwaarde tussen de partijen. Dit maakt het correct inschatten van de voederwaarde erg lastig.

In de biologische voeders is het dus niet toegestaan om vrije aminozuren te gebruiken in de voerformulering waardoor het lastig is om aan de behoefte aan zwavelhoudende aminozuren (met name methionine) te voldoen zonder overmatig eiwit aan de dieren te verstrekken. Het verstrekken van voldoende methionine aan pluimvee via plantaardig eiwit, zoals sojabonen of zonnebloemzaad, kan resulteren in voedersamenstellingen met een overmaat aan eiwit. Het dier moet deze overmaat

aan eiwit afbreken en de overtollige aminozuren uitscheiden. Dit gaat gepaard met een hoge wateropname waardoor de mest natter wordt, de strooiselkwaliteit verslechtert en bevuilding van eieren toeneemt. Nat strooisel is een ideale voedingsbodem voor microbiële groei en dit kan vervolgens resulteren in een hogere infectiedruk (slechtere (darm)gezondheid). In een onderzoek met vleeskuikens vonden Fanatico et al. (2009) dat een overmaat aan eiwit een schadelijk effect kan hebben op de nieren, afhankelijk van de hoogte van de overmaat. Een overmaat aan eiwit, en dan met name vismeel, kan het ontstaan van necrotische enteritis bevorderen (Dahiya en Drew, 2007). Een hogere concentratie aan methionine in de dunne darm kan een overgroei veroorzaken van *Clostridium perfringens* en resulteren in klinische necrotische enteritis (Drew et al., 2004). Met name dierlijk eiwit (voor zover toegelaten) is een kwalitatief hoogwaardig eiwit en kan het best worden verstrekt aan jonge dieren. Plantaardig eiwit kan worden verstrekt wanneer de dieren ouder worden (Sundrum, 2005). In de periode van 22 tot en met 34 weken is de aminozuurgift uitermate belangrijk want in deze periode start de ei productie terwijl de leghennen nog groeien. Het aminozuurprofiel (verhouding tussen de verschillende aminozuren) is ook belangrijk. In Tabel 3 wordt het ideale aminozuurprofiel voor leghennen weergegeven en hieruit blijkt dat er enige variatie is tussen de geadviseerde aminozuurprofielen voor leghennen (Van Cauwenberghe en Burnham, 2001).

Tabel 3 Ideaal aminozuurprofiel voor leghennen (relatief t.o.v. lysine = 100)

Aminozuur	NRC (1994) ¹	CVB (1996) ²	Coon en Zang (1999) ²	Leeson en Summers (2005) ³
Lysine	100	100	100	100
Arginine	101	-	130	103
Isoleucine	94	74	86	79
Methionine	43	45	49	51
Methionine + Cysteine	84	84	81	88
Threonine	68	64	73	80
Tryptofaan	23	18	20	21
Valine	101	81	102	89

- Niet gegeven.

¹ Gebaseerd op totaal aminozuur behoefte.

² Gebaseerd op verteerbaar aminozuur behoefte.

³ Gebaseerd op totaal aminozuur behoefte voor leghennen in de periode van 32 tot 45 weken leeftijd.

4.3 Anti-nutritionele factoren (ANF's)

In de biologische veehouderij is het gebruik van genetisch gemodificeerd soja verboden. Het is wel toegestaan om niet-genetisch gemodificeerde sojabonen, sojaschilfers en sojaolie in biologisch voer te verwerken. Vanwege de klimaatomstandigheden in West Europa kan soja moeilijk regionaal geteeld worden. Voorbeelden van alternatieve eiwitbronnen, die wel in onze regio groeien, zijn erwten, veldbonen, lijnzaad, raapzaad en lupinen. Een beperkende factor in het gebruik van deze eiwitbronnen is de concentratie anti-nutritionele factoren in deze grondstoffen (Sundrum et al., 2005). Factoren in deze eiwitbronnen met een negatief effect op de darmgezondheid, groei en productie van landbouwhuisdieren zijn tanninen, lectinen en protease-remmers. Tanninen vormen met eiwitten en koolhydraten onverteerbare complexen en blokkeren de werking van verteringsenzymen. Lectinen zijn eiwitten die, na hechting aan glycoproteïnen op de darmwand, de absorptiecapaciteit van villi in de dunne darm beperken. Protease-remmers verminderen de activiteit van trypsine en chymotrypsine en hiermee verminderen ze de eiwitverteerbaarheid. Er zijn echter verschillende behandelmethoden om de concentratie anti-nutritionele factoren te verlagen, zoals het van hun schil ontdoen van zaden of een hitte- of stoombehandeling. Er is gesuggereerd dat biologische diervoeders een hogere mycotoxine-concentratie kunnen hebben dan conventionele diervoeders, wat een risico zou vormen voor de diergezondheid op biologische bedrijven (Kijlstra et al., 2003). Onderzoek is echter nodig om deze hypothese te bevestigen.

4.4 Niet-Zetmeel Koolhydraten (NSPs)

Alle granen die worden gebruikt in pluimveevoeders bevatten niet-zetmeel koolhydraten (NSP) zoals β -glucanen en arabinoxylanen (Iji, 1999). Oplosbare NSP's hebben de eigenschap dat zij niet gevoelig zijn voor diereigen enzymen en dat zij de darminhoud meer visceus kunnen maken, wat kan resulteren in natte mest (Choct en Annison, 1992a,b). Een hoge viscositeit resulteert in verteringsstoornissen en een verslechterde darmgezondheid. Oplosbaar NSP vertraagt de passagesnelheid van het voedsel en het leidt tot een slechtere vertering. Een langere verblijftijd van het voedsel in de darm en een verminderde verteerbaarheid van het voedsel, dat vervolgens dient als substraat voor bacteriën, bevordert de kolonisatie en activiteit van bacteriën. Dit kan leiden tot bijvoorbeeld necrotische enteritis (Annett et al., 2002). Hoge NSP gehalten komen onder andere voor in gerst, tarwe, rogge en haver. Streptococci in het maagdarmkanaal worden met name gestimuleerd door rogge. Een toename van streptococci, enterococci en coliformen hebben een negatieve impact op productieresultaten en gezondheid. Er zijn echter voldoende exogene enzymproducten zoals xylanases en glucanases als diervoederadditief beschikbaar op de markt waarmee deze NSPs kunnen worden gehydrolyseerd en hun nadelige werking kan worden verminderd.

Niet-oplosbare NSP werd traditioneel beschouwd als een voedingsstof zonder nutritionele waarde in pluimveevoeders. Echter, recente bevindingen hebben aangetoond dat dit niet klopt omdat NSP verschillende rollen vervult in het verbeteren van de darmgezondheid, het verbeteren van de nutriëntentverteerbaarheid en beïnvloeding van het gedrag van dieren (Hartini et al., 2002; Hetland et al., 2003). Uit verschillende experimenten van Hetland et al. (2005) blijkt dat er een interactie bestaat tussen opname van niet oplosbare NSP uit het strooisel en het niet-oplosbaar NSP gehalte in het voer. Bij hennen die op tarwe gebaseerde voeders kregen (lager in niet-oplosbaar NSP) werden meer houtkrullen opgenomen dan bij hennen die op haver gebaseerde voeders kregen. Verondersteld wordt dat eenmagige dieren een 'celstof behoefte' hebben om de ontwikkeling van het maagdarmkanaal te stimuleren via harde vaste (niet oplosbare NSP) voerdeeltjes (Hetland et al., 2004).

In een onderzoek met Japanse kwartels toonde Starck (1999) aan dat kwartels die een voer kregen met een hoog ruwe celstof gehalte een tweemaal grotere spiermaag hadden ontwikkeld dan kwartels die standaardvoer kregen. De ontwikkeling van de spiermaag is omkeerbaar want de grootte van de spiermaag nam af zodra het ruwe celstofgehalte in het voer werd verminderd. In een experiment van Van Krimpen et al. (2009) werden aan leghennen voeders verstrekt met verschillende NSP gehalten. Aan een standaardvoer werd 10% haverdoppen toegevoegd waardoor het NSP gehalte in het opfokvoer met 60 g/kg toenam van 124 tot 184 g/kg. In het legvoer resulteerde dezelfde inmenging van haverdoppen in een toename van 72 (standaard NSP) tot 115 (hoog NSP) g NSP/kg. De niet-oplosbare NSP gehalten waren in het opfokvoer dus hoger dan in het legvoer. Tijdens de opfokperiode had het NSP gehalte geen invloed op de productieresultaten. Het gewicht van de hennen was in de legperiode bij hoog NSP gehalte zelfs hoger dan bij standaard NSP gehalte. Hartini et al. (2003) vonden geen nadelige effecten op productieresultaten wanneer tarwe in de voeders werd vervangen door grondstoffen met een hoog gehalte aan niet oplosbare NSP bronnen zoals gerst, rijstehullen of haver ingemengd op een isocalorische basis en een gelijkblijvend eiwitgehalte. In enkele experimenten met voeders aangevuld met grondstoffen met een hoog niet oplosbaar NSP gehalte werd de verteerbaarheid zelfs verbeterd waarschijnlijk door een betere ontwikkeling van de spiermaag en meer reflux in het voorste deel van de darm (Hetland et al. (2004). In het experiment van Van Krimpen et al. (2009) leidde toevoeging van NSP rijke grondstoffen ook tot een grotere spiermaag (24,4 vs. 14,3 g/kg per hen) en een significante afname van de inhoud van de kliermaag (0,3 vs. 1,1 g/kg per hen). Niet oplosbare vezels in het voer hebben een positief effect op de nutriëntentverteerbaarheid en activiteit van de spiermaag (Hetland en Svihus, 2001; Hetland et al., 2003). Hetland en Svihus (2001) en Hetland et al. (2003) toonden een duidelijk verband aan tussen enzymactiviteit, gewicht van het maagdarmkanaal en productieresultaten. Inmenging van haverdoppen in een tarwe gebaseerd vleeskuikenvoeder leidde tot een grotere spiermaag en een verbetering van de zetmeelverteerbaarheid van 97 naar 99%. Zetmeel is de meest belangrijke energiebron in vleeskuikenvoeder. Waarschijnlijk werd de betere zetmeelverteerbaarheid veroorzaakt door een toename van het zetmeel afbrekend enzym amylase. Omdat galzouten de darm binnenkomen door de twaalfvingerige darm geven de concentraties galzouten in de spiermaag een goede indicatie van de reflux tussen de spiermaag en de twaalfvingerige darm. De reflux tussen spiermaag en twaalfvingerige darm neemt toe wanneer niet oplosbaar NSP wordt toegevoegd aan het rantsoen. De ervaring leert dat voeders met hogere celstofgehalten een positief effect hebben op leghennen in niet-kooi systemen (Pottgüter, 2008). Dit wordt ook onderschreven door van Krimpen

(2008) en Hartini et al. (2003). Pottgüter (2008) rapporteert dat het bij opfokhennen in de periode van 9 tot 16 weken van belang is om voldoende celstof op te nemen in het voer. Wanneer de ontwikkeling van de hennen tijdens de startfase goed is, zou in de fase van 9 tot 16 weken een verdund voer gegeven moeten worden om de opfokhennen langzaam te laten groeien en ontwikkelen tot productieve leghennen. Met verdunning wordt een voeder bedoeld met lagere eiwit- en aminozuurgehalten en niet zozeer het energiegehalte. Van Krimpen et al. (2008) verdunden wel alle nutriënten behalve NSP. Hiervoor zouden dus grondstoffen met een hoger ruw celstofgehalte opgenomen kunnen worden in de voersamenstelling. Een hoger ruwe celstofgehalte in opfokvoer (> 5,5%) kan de jonge opfokhennen ook helpen om alvast te wennen aan grotere voervolumes. Grondstoffen met een hoog ruwe celstofgehalte zoals bijvoorbeeld graanbijproducten reduceren de energiedichtheid van het voer waardoor de opfokhennen worden gedwongen meer tijd te besteden aan eten. Het trainen van opfokhennen voor een grote voeropnamecapaciteit is de sleutel tot een adequate voeropname bij de start van de legperiode. Ondervoeding in deze periode kan later leiden tot problemen zoals slechte productieprestaties en gezondheidsproblemen zoals bijvoorbeeld het vette lever syndroom. Scheideler et al. (1998) verstrekten opfokvoerders in de periode van 4 tot 17 weken leeftijd waar 11% haver, 11% vlaszaad, of een combinatie van 7,5% haver en 7,5% vlaszaad was ingemengd en onderzochten de groei tijdens de opfok, nutriënten benutting, morfologie van de darm en productieprestaties tijdens de leg in de periode van 18 tot 38 weken leeftijd. Het voeder met vlaszaad reduceerde de groei tijdens de opfok en de voederconversie was slechter. Enzymtoevoeging (pectinase en xylanase) aan voeders met vlaszaad verbeterde de nutriëntenbenutting en het verlaagde de viscositeit van de darminhoud. Het voeder met haver verbeterde de groei en voederconversie vergeleken met voeders met vlaszaad en voeders met de combinatie van vlaszaad en haver. Het ruwe celstof van beide grondstoffen vergrootte de spiermaag en de viscositeit van de darminhoud vergeleken met de controle (mais/soja). De productieprestaties in de legperiode werden echter niet beïnvloed door verhoogde ruwe celstofgehalten in het opfokvoer. Samengevat kan worden gesteld dat vezels een positief effect kunnen hebben op het maagdarmkanaal van pluimvee. Ze stimuleren de ontwikkeling van de spiermaag, ze verlengen de verblijfstijd van het voedsel in de krop en magen, ze zorgen voor een betere aanzuring van het maagdarmkanaal, waardoor een betere bescherming tegen schadelijke bacteriën ontstaat, ze bevorderen de voeropnamecapaciteit van opfokhennen en ze kunnen preventief werken tegen verenpikgedrag. Voorwaarde is wel dat niet-wateroplosbare vezels worden toegevoegd aan het voer.

4.5 Deeltjesgrootte

De microflora kan ook worden beïnvloed door de vorm van het voer (hele/gemalen granen, meel of gepelleteerd voer), het soort graan en de deeltjesgrootte. Pelleteren, dat onder andere ook zorgt voor verkleining van de deeltjesgrootte, veroorzaakt een toename van coliforme populaties en enterococci in het ileum en een reductie van *Clostridium perfringens* en lactobacilli in de blinde en dikke darm (Engberg et al. 2002). Gabriel et al. (2003b) vergeleken een voeder met hele tarwe met een voeder met gemalen tarwe bij vleeskuikens en vonden dat het voeder met hele tarwe leidde tot een daling van het aantal coliforme populaties in het ileum. Een duidelijke verklaring hiervoor wordt niet gegeven. Ervaringen in de praktijk (Bijleveld, 2011) wijzen uit dat bij meelvoerders zoveel mogelijk deeltjes in de midden fractie (1-3 mm) moeten zitten. Dit is de ideale deeltjesgrootte voor een legkip. Voerdeeltjes kleiner dan 1 mm of groter dan 3 mm dienen voorkomen te worden. Hoe uniformer het voer en hoe hoger het aandeel voerdeeltjes in de midden fractie des te minder zal het voer ontmengen in de silo en in de stal waardoor selectieve voeropname wordt voorkomen. Selectieve voeropname kan er in resulteren dat niet alle dieren in een koppel de hoeveelheid voer en de voersamenstelling krijgen die aansluit bij de behoefte van de leghen. Dit kan nadelige effecten hebben op de productie en vitaliteit van het koppel. Voeders met een grote midden fractie kunnen worden geproduceerd door de grondstoffen te verkleinen op pletwalsen met meerdere rollenparen met een speciale rifting. Bij dit procedé worden alle grondstoffen uit de voersamenstelling in de juiste verhouding gezamenlijk bewerkt tot de juiste deeltjesgrootte. Daarna wordt het voer afgezeefd. Via dit procedé komt ongeveer 60-70 % van de deeltjes in de midden fractie. In verschillende experimenten is aangetoond dat opname van grover voer leidde tot een betere ontwikkeling van de spiermaag (Williams et al., 1997; Ferket, 2000). Zowel in vleeskuikens als in leghennen waaraan hele tarwe werd gevoerd waren de spiermagen beter ontwikkeld dan wanneer gepelleteerd voer werd verstrekt (Forbes en Covasa, 1995; Preston et al., 2000; Svihus en Hetland, 2001; Hetland et al., 2002; Plavnik et al., 2002). Frikha et al. (2009a) onderzochten het effect van een meelvoeder en gepelleteerd voeder bij opfokhennen op de productieprestaties en ontwikkeling van het maagdarmkanaal. In de periode van 1

tot 45 dagen leeftijd hadden de opfokhennen bij gepelleteerd voer een hogere voeropname en groei ($P < 0,001$) dan opfokhennen die een meelvoeder verstrekt kregen. Het verschil in groei bleef tot het einde van het experiment op 120 dagen leeftijd ($P < 0,01$). Op 45 dagen leeftijd leidde het gepelleteerde voer tot een lager relatief gewicht en lengte van de verschillende maag-darm segmenten met uitzondering van de lengte van de twaalfvingerige darm. Op 120 dagen leeftijd was het relatieve gewicht van de spiermaag en de krop hoger bij meelvoeder dan bij gepelleteerd voeder. Nir et al. (1994) vonden een grotere spiermaag en een lagere pH in de spiermaag bij zeven dagen oude kuikens die voer met medium of grove delen kregen in vergelijking met kuikens die voer kregen dat bestond uit fijne deeltjes. Een grote, goed ontwikkelde spiermaag verbetert de darm mobiliteit (Ferket, 2000) en vergroot de afscheiding van enzymen uit de alvleesklier en verbetert de reflux tussen maag en twaalfvingerige darm (Duke, 1992; Li en Owyang, 1993). Grovere delen verlagen de passagesnelheid van het voedsel door de maag (Nir et al., 1994) waardoor de voedselbestanddelen langer worden blootgesteld aan verteringsenzymen en de energiebenutting en de verteerbaarheid nutriënten verbetert (Carre, 2000). Een lagere pH in de spiermaag vergroot de pepsine activiteit (Gabriel et al., 2003a), geeft een betere bescherming tegen zuurgevoelige bacteriën en verbetert de eiwitvertering. Een vergelijking tussen het effect van voeders gebaseerd op mais, haver of gerst op de groei en ontwikkeling van opfokhennen is gemaakt door Ernst et al. (1994). Vijf voeders werden gebruikt, elk voer bevatte ongeveer 225 g ruw eiwit/kg en 3000 kcal ME/kg. Het controlevoer bevatte alleen mais en in de experimentele voeders was 200 of 400 g mais/kg vervangen door haver en gerst. De helft van alle groepen kreeg tot 15 weken leeftijd grit verstrekt en de andere helft niet. De groei en voederconversie werden niet beïnvloed door de voeders. De dieren die haver gevoerd kregen hadden een beter ontwikkeld maagdarmkanaal en een hoger spiermaaggewicht dan de dieren die maisvoerders verstrekt kregen en de hennen op het voer met 200 g haver/kg legden het eerste ei 8 dagen eerder dan de groep met maisvoeder. In een onderzoek van Safaa et al. (2009) werden aan Lohmann Brown leghennen in de periode van 20 tot 48 weken leeftijd voeders verstrekt die voor 50% uit mais of uit tarwe bestonden. Zowel de mais als de tarwe zijn op drie verschillende manieren gemalen in de hamermolen zodat deeltjesgroottes ontstonden van 6, 8 of 10 mm. De voeropname werd significant ($P < 0,05$) beïnvloed door deeltjesgrootte. De voeropname was bij een deeltjesgrootte van 10 mm groter dan bij een deeltjesgrootte van 8 of 6 mm. De productieresultaten en eikwaliteit waren verder niet verschillend. Ook het soort graan had geen effect. Hetland et al. (2005) hebben twee verschillende basisvoerders (55% tarwe of 55% haver) gevoerd aan leghennen vanaf 16 weken leeftijd. De hennen waren gehuisvest in kooien zonder houtkrullen of op strooiselvloeren met houtkrullen. Beide voeders werden verstrekt als compleet gemalen voer (gemalen tarwe GT of gemalen haver GH) of er werd 40% hele granen opgenomen in de pellets (40% hele tarwe HT of 40% hele haver HH). In het complete voer werden de granen gemalen door een 3 mm zeef. Op 36 weken leeftijd is de lege spiermaag gewogen en de inhoud van spiermaag.

Tabel 4 Relatief gewicht van de lege spiermaag en spiermaag inhoud op 36 weken leeftijd bij leghennen die gepelleteerd voer kregen dat uit hele of gemalen tarwe of haver bestond, gehuisvest in kooien en op strooiselvloer.

Voer	Kooihuisvesting				Strooiselvloer				Gepoolde Standaardafwijking
	GT	HT	GH	HH	GT	HT	GH	HH	
Lege spiermaag (g/kg levend gewicht)	11,7	11,6	13,3	16,0	18,4	17,9	15,6	16,8	2,43
Spiermaag inhoud (g/kg levend gewicht)	4,3	5,4	5,5	6,1	6,5	7,1	6,5	6,1	1,29

Er is een tendens ($P < 0,066$) gevonden voor een hoger gewicht van de spiermaag in de groepen waarbij hele granen werden ingemengd in het voer (Tabel 4). Leghennen op strooisel gehuisvest hadden een tot 60% hoger ($P < 0,05$) gewicht van de spiermaag en spiermaaginhoud dan leghennen op kooien. Bij de leghennen die voeders kregen gebaseerd op tarwe was dit verschil groter dan bij leghennen die voeders kregen gebaseerd op haver. Er is een significante interactie gevonden tussen huisvestingssysteem en voersoort ($P < 0,05$). Blijkbaar hadden de hennen bij tarwevoerders een grotere behoefte om houtkrullen op te nemen dan de hennen bij havervevoerders. In een vervolgonderzoek is dit ook aangetoond. De hennen bij tarwevoerders namen ongeveer tweemaal zoveel houtkrullen op dan hennen bij havervevoerders (respectievelijk 0,5 vs. 0,3 g/hen). Naast houtkrullen werd in dit experiment ook papier verstrekt. De hennen bij tarwevoerders namen ongeveer zesmaal zoveel papier op dan hennen bij havervevoerders (respectievelijk 1,5 vs. 0,2 g/hen). Daarnaast is ook gekeken naar het effect van gemalen (0,5 mm zeef) of hele haverdoppen op de dagelijkse voeropname, spiermaaginhoud

exclusief veren en veren in de spiermaag (Tabel 5). Het controlevoer was gebaseerd op rijst (NSP = 8 g/kg) en daarnaast is een vergelijking gemaakt met een commercieel voer dat was gebaseerd op 60% tarwe.

Tabel 5 Voeropname, spiermaaginhoud en veren in de spiermaag

	Dag	Controlevoer	Fijngemalen haverdoppen	Ongemalen haverdoppen	Commercieel voer	Standaardafwijking
Voeropname/dag (g)	3	135	134	137	131	26,1
	7	113	110	102	132	
	14	84	124	109	119	
Spiermaaginhoud (g droge stof)	3	0,53	0,69	2,64	1,48	1,4
	7	0,67	1,55	3,58	3,31	
	14	0,39	1,42	4,45	4,63	
Veren in Spiermaag (g)	3	0,52	0,10	0,02	0,04	0,6
	7	0,79	1,00	0,02	0,06	
	14	0,11	0,28	0,02	0,00	

Voor de start van de proef werden nagenoeg geen veren aangetroffen in de spiermaag van de leghennen (0,00 tot 0,02 g). Leghennen die het voeder kregen met ongemalen haverdoppen of het commerciële voer hadden minder veren in de spiermaag dan leghennen op het controlevoer en het voer met fijngemalen haverdoppen. Leghennen op voeders met ongemalen haverdoppen en het commerciële voer hadden een grotere maaginhoud dan leghennen op voeders met fijngemalen haverdoppen en controlevoer. De maaginhoud van hennen op voeders met ongemalen haverdoppen bestond voornamelijk uit haverdoppen. Uit deze resultaten kan worden geconcludeerd dat grove niet-oplosbare vezels resulteren in een grotere spiermaaginhoud en dat de hennen bij voldoende niet-oplosbare vezels in het voer geen compensatie voor structuurvoeding zoeken in de opname van veren.

5 Ruwvoer en enkelvoudige grondstoffen

Een voedermiddel wordt als ruwvoer beschouwd als het minimaal voor de helft van het droge stof gewicht uit vezels (non starch polysaccharides) bestaat. Als ruwvoerders kunnen bijvoorbeeld worden aangemerkt: snijmaïs, luzerne en grasproducten zoals kuilgras, gras brok en hooi. Als enkelvoudige grondstoffen (voedermiddelen die niet aan de definitie van ruwvoer voldoen) kunnen bijvoorbeeld worden aangemerkt: corn cob mix (CCM), maïs, triticale, haver, tarwe, bonen, lupinen, koolzaad, rijstwafels en brood.

5.1 Ruwvoeder

In een onderzoek van Bestman en Wagenaar (2009) waarin de relatie tussen bedrijfsfactoren en diergezondheid werd geïnventariseerd middels een vragenlijst, bedrijfsbezoeken en fysieke beoordeling van kippen bleek dat 24% van de biologische leghenbedrijven naast mengvoerders ook ruwvoer verstrekt aan de dieren (snijmaïs, luzerne en grasproducten).

In de praktijk lijkt ruwvoer een gunstig effect te hebben op vertering en darmgezondheid (Groot et al., 2009). Horsted en Hermansen (2007) hebben een onderzoek uitgevoerd met biologische leghennen die een legvoeder kregen of een voeder dat alleen bestond uit tarwe. De hennen kregen bij beide voeders de mogelijkheid om in de uitloop hun rantsoen aan te vullen met ruwvoerders via een rotatieprogramma. De volgende ruwvoerders werden in het rotatieprogramma aangeboden: gras-klaver weide, een mengsel van erwten-wikke-haver, lupinen, quinoa (ganzevoetzaden). De hennen namen bij het tarwevoer (deficiënt in nutriënten) meer ruwvoer op dan bij het complete voer. Gemiddeld werd 125 g compleetvoer per hen per dag opgenomen. Van het tarwevoer werd per hen per dag 94 g opgenomen. In het begin was de opname van tarwevoer lager omdat hun spijsverteringsorganen nog niet waren ingesteld op vertering van de grove voerdelen. De hennen bij het tarwevoer namen grotere hoeveelheden ruwvoer op om hun nutritionele behoefte te dekken (Tabel 6).

Table 6 Hoeveelheid ruwvoer (g luchtdroog gewicht) in de krop van leghennen die zijn geslacht in de avond van de dag waarop toegang hadden tot een bepaald type ruwvoeder (Horsted en Hermansen, 2007)

	Compleetvoeder	Tarwevoeder
Erwten-wikke-haver	8,0	11,1
Gras-klaver	9,6	19,6
Lupinen	9,9	17,7
Quinoa	12,7	32,4

De conclusie van dit onderzoek was dat hoogproductieve leghennen goed in staat zijn om ruwvoer te zoeken in de uitloop. De hennen die tarwevoer verstrekt kregen, konden tweederde van hun lysine- en methioninebehoefte dekken via ruwvoer. Er is wel een adaptatieperiode nodig om de spijsverteringsorganen te laten wennen aan de grotere hoeveelheid grove delen. De gezondheid van de dieren was niet verschillend tussen de verschillende behandelingen.

Steenfeldt et al. (2007) hebben een experiment uitgevoerd waarin het effect van verschillende voersilages of peen als voedingssupplement op de productieprestaties, nutriëntenverteerbaarheid, morfologie van de darm, dammicroflora en verenpikgedrag bij leghennen werd onderzocht. In de periode van 20 tot 54 weken leeftijd werd naast een basisvoer de volgende ruwvoerders verstrekt: maïssilage, gerst-erwten silage of peen (gewassen en ongekookt). De consumptie van ruwvoer was hoog (33, 35 en 48% van de totale voeropname op productbasis voor respectievelijk maïssilage, gerst-erwten silage en peen). Leghennen die voeders verstrekt kregen met silage hadden een relatief hoger gewicht van de spiermaag dan leghennen die voeders verstrekt kregen met peen. Op 53 weken leeftijd was de pH in de spiermaag bij leghennen die voeders verstrekt kregen met silage 0,7 tot 0,9 eenheden lager dan de controle en peen gevoerde groepen. Hennen die silages gevoerd kregen hadden hogere concentraties melkzuur (15,6 vs. 3,2 $\mu\text{mol/g}$) in de spiermaag dan de controlegroep en de peen gevoerde groep. Het soort ruwvoer had weinig effect op de samenstelling van de microflora in de darm van de hennen.

5.1.1 Grasmeel

Grasmeel is vaak een samengesteld product van o.a. klaver, grassen en kruiden. Het product varieert daardoor aanzienlijk in structuur en chemische samenstelling. Ook het oogststadium en de snede kan de chemische samenstelling (stikstof, suikers, ruwe celstof) aanzienlijk beïnvloeden. Het ruw eiwitgehalte van een goede kwaliteit grasmeel is ongeveer 170 g/kg en daarnaast is grasmeel van een eerste snede een goede bron voor ruw eiwit, caroteen, xanthophyl, riboflavine en mineralen. Zhavoronkova en D'yakonova (1983) vergeleken drie voeders variërend in hoeveelheid grasmeel (30, 100 of 150 g/kg) bij leghennen. Het ruw eiwitgehalte van de voeders was respectievelijk 137, 134 en 133 g/kg. De productieprestaties en het gewicht van de hennen was vergelijkbaar bij de drie voeders. Het voer met 100 en 150 g grasmeel/kg resulteerde in hogere waarden voor hemoglobine in het bloed, rode bloedlichaampjes, hematocriet en lysozyme wat kan duiden op een verbeterde algehele gezondheid.

5.1.2 Luzerne (alfalfa)

Het ruw eiwitgehalte in gedroogde luzerne varieert van 120 tot 220 g/kg en het ruwe celstofgehalte varieert van 250 tot 300 g/kg. Luzerne bevat een relatief hoog lysinegehalte en heeft een goed aminozuurprofiel. Luzerne bevat saponinen en tanninen wat de smaak wat bitter maakt en hiermee de voeropname kan beïnvloeden. Tanninen kunnen bovendien de eiwitverteerbaarheid negatief beïnvloeden. Daarentegen kan luzerne ook stoffen bevatten die werken als trypsine remmer. Kuchta et al. (1992) verstrekten voeders aan leghennen die varieerden in het aandeel gedroogd luzerne meel (50, 80, 110 en 140 g/kg) Het luzernemeel was eiwitrijk en vezel-arm. De eiwitverteerbaarheid, voeropname en voerconversie waren hoger in hennen die voer kregen met luzernemeel. De onderzoekers suggereren dat niet meer dan 110 g luzerne/kg moet worden ingemengd in het voer omdat anders het energiegehalte te laag wordt en de voederconversie teveel verslechtert. In een vergelijkbare studie voegden Halaj et al. (1998) 0, 35 of 70 g luzernemeel/kg toe aan leghennenvoer. Er werd een positief effect gevonden van luzernemeel op eigewicht (61,7, 62,2 en 64,8 g, respectievelijk) en eimassa (51,9, 55,7 en 59,1 g, respectievelijk). De voeropname van de hennen die voeders kregen met luzernemeel was hoger dan van hennen die voeders kregen zonder luzernemeel. Zowel 35 als 70 g luzernemeel/kg leidde tot een betere eidooierkleuring dan het voer zonder luzernemeel. Dit effect werd waargenomen na verstrekking van luzernemeel gedurende 7 tot 10 dagen. Op basis van deze bevindingen wordt door de onderzoekers een hoeveelheid van 35 g/kg luzernemeel in leghenvoeders aanbevolen.

5.2 Enkelvoudige grondstoffen

In een onderzoek van Bestman en Wagenaar (2009) waarin de relatie tussen bedrijfsfactoren en diergezondheid werd geïnventariseerd middels een vragenlijst, bedrijfsbezoeken en fysieke beoordeling van kippen bleek dat 31% van de biologische leghebbedrijven enkelvoudige grondstoffen verstrekt aan de dieren (corn cob mix, mais, triticale, haver, tarwe, bonen, lupinen, koolzaad, rijstwafels en brood). Op 67% van de bedrijven werd strooigraan (het soort graan wordt niet vermeld maar is waarschijnlijk tarwe) verstrekt.

In een onderzoek met opfokhennen is het effect onderzocht van 50% inmenging van enkelvoudige tarwe vergeleken met 50% inmenging van mais in het rantsoen op productieprestaties en ontwikkeling van het maagdarmkanaal in de periode van 1 tot 120 dagen leeftijd (Frikha et al. 2009b). Overall was de groei van opfokhennen hoger ($P < 0,05$) bij de op mais gebaseerde voeders en de voederconversie was niet verschillend tussen de op mais en tarwe gebaseerde mengvoeders. Op 45 dagen leeftijd was het relatieve gewicht van de spiermaag van opfokhennen met op mais gebaseerde voeders hoger ($P < 0,01$) dan op tarwe gebaseerde voeders (Tabel 7). De pH in de spiermaag was niet verschillend tussen de voeders met tarwe en mais.

Tabel 7 Invloed van mais of tarwe in het voer op de ontwikkeling van het maagdarmkanaal bij opfokhennen op 45 dagen leeftijd

Behandeling	Relatief gewicht Maagdarmkanaal ¹	Krop	Spiermaag
Mais	138,3	6,2	37,4 ^a
Tarwe	136,8	5,9	31,7 ^b
S.E.M. ²	2,28	0,13	1,08

^{a,b} Gemiddelden in kolommen met een verschillend superscript zijn significant verschillend ($P < 0,05$).

¹ Gewicht van het maagdarmkanaal (van krop tot cloaca) inclusief darminhoud, lever en alvleesklier.

² standaardafwijking van het gemiddelde (16 herhalingen van 2 opfokhennen).

In een onderzoek van Safaa et al. (2009) werden aan Lohmann Brown leghennen in de periode van 20 tot 48 weken leeftijd voeders verstrekt die voor 50% uit enkelvoudige mais of tarwe bestonden. De productieprestaties en eikwaliteit waren niet verschillend tussen beide voeders.

Hierna volgen enkele nutritionele eigenschappen van enkelvoudige grondstoffen.

5.2.1 Mais

Mais is een standaard grondstof in pluimveevoer en mais heeft het hoogste energiegehalte van alle algemeen gebruikte graan variëteiten. Dit is direct gerelateerd aan een laag ruwe celstofgehalte van ongeveer 2-3% (afhankelijk van de kwaliteit en herkomst) en aan een relatief laag gehalte aan oplosbaar NSP. Het eiwitgehalte in mais is ongeveer 85 g/kg en het aminozuurprofiel is niet optimaal omdat lysine, threonine, isoleucine en tryptofaan beperkend zijn.

5.2.2 Sorghum en gierst

Sorghum en gierst worden vaak in pluimveevoeders gemengd in Noord en Zuid Amerika waar deze ook worden geteeld. De voedingswaarde en ruwe celstofgehalte zijn vergelijkbaar met die in mais. Het ruw eiwitgehalte in sorghum varieert tussen 70 en 130 g/kg en is sterk afhankelijk van de teeltcondities.

5.2.3 Tarwe

Tarwe is sinds lange tijd het meest belangrijk graan in pluimveevoeders in Noordwest Europa. Het energiegehalte is iets lager dan in mais, het ruw eiwitgehalte (lysine en tryptofaan) is iets hoger dan in mais, het ruwe celstofgehalte is vergelijkbaar met dat in mais en het gehalte aan oplosbaar NSP is soms wat hoger dan in mais, afhankelijk van herkomst en oogstjaar.

5.2.4 Rogge en tritcale

Rogge en tritcale (een kruising tussen tarwe en rogge) hebben een iets hoger ruw celstofgehalte dan tarwe, het energiegehalte is iets lager en het gehalte aan oplosbaar NSP is aanmerkelijk hoger. Het gebruik van deze twee granen in pluimveevoeders is beperkt tot de gebieden waar deze granen worden geteeld en NSP enzymen dienen toegevoegd te worden wanneer deze grondstoffen een belangrijk deel van de voedersamenstelling vormen. Het eiwitgehalte in tritcale varieert tussen 95 en 132 g/kg en is vergelijkbaar met het gehalte in tarwe.

5.2.5 Gerst en haver

Zowel gerst als haver hebben hogere ruwe celstofgehalten dan de hiervoor genoemde granen. Gerst heeft ongeveer 4,5 tot 7,0% en haver ongeveer 10% ruwe celstof. Het energiegehalte is laag en beide granen hebben een aanzienlijk aandeel niet-oplosbaar NSP. Wanneer deze granen aan pluimveevoeders worden toegevoegd is het aan te bevelen NSP enzymen toe te voegen. Het eiwitgehalte in gerst is hoger dan in mais en kan variëren tussen 90 en 160 g/kg en het aminozuurprofiel is beter dan in mais en vergelijkbaar met haver en tarwe. Wel moet rekening worden gehouden met een laag gehalte aan linolzuur wat het eigewicht negatief kan beïnvloeden. Het eiwitgehalte in haver varieert tussen 110 en 170 g/kg en het aminozuurprofiel is vergelijkbaar met die in tarwe en is limiterend voor lysine, methionine en threonine. Afhankelijk van beschikbaarheid en kosten zijn gerst en haver geschikt om het ruwe celstof in de voersamenstelling te verhogen. Vanwege het lagere energiegehalte zijn ze met name geschikt in voeders voor opfokhennen.

5.2.6 Graanbijproducten, zemelen

Alle graanbijproducten hebben hoge ruwe celstofgehalten, waarbij - afhankelijk van de wijze van malen van de granen – het ruwe celstofgehalte uiteen kan lopen van ongeveer 10 tot meer dan 20%. Gehalten aan ruwe celstof, inclusief gehalten van andere nutriënten, kunnen aanzienlijk fluctueren en chemische analyse wordt aanbevolen alvorens deze bijproducten op te nemen in de voersamenstelling. Het energiegehalte is aanzienlijk lager dan van de hele granen omdat met name zetmeel er uit is gehaald tijdens het malen. Hierdoor kunnen deze grondstoffen goed worden gebruikt wanneer laag-energie voeders gemaakt moeten worden.

5.2.7 Soja en sojaschroot

Hitte behandelde sojabonen en de ontvette bijproducten zijn de meest belangrijke eiwitbronnen in veevoeders. Deze eiwitbronnen hebben vele voordelen vergeleken met andere oliezaden. Sojaschroot wordt over de hele wereld gebruikt in veevoeders. Op regionaal niveau gebruikt men ook wel volvet sojabonen. Sojaschroot heeft een aantal gunstige eigenschappen voor inmenging in pluimveevoer: een hoog eiwitgehalte, een ruw celstofgehalte van 3 tot 7% afhankelijk van de kwaliteit en een hoger energiegehalte dan andere schroten van oliezaden. Het eiwit en ruwe celstofgehalte in sojaschroot fluctueert in tegengestelde richting afhankelijk van kwaliteit; hoe hoger het eiwitgehalte, hoe lager het ruwe celstofgehalte en omgekeerd. In voeders voor biologische leghennen mag geen sojaschroot worden ingemengd. Sojaschilfers zijn wel toegestaan.

5.2.8 Raapzaad, zonnebloempitten

Na soja zijn raapzaad (en canola) en zonnebloemen de meest geteelde oliehoudende zaden in de wereld en hiermee dus ook hun bijproducten raapzaadschroot en zonnebloemzaadschroot. Ook zijn schilfers van raapzaad en zonnebloem als grondstof beschikbaar. Schilfers bevatten nog iets meer olie dan schroot. Het ruwe celstofgehalte in deze producten is aanzienlijk hoger (7 tot meer dan 20%) dan in sojaschroot. In voeders voor biologische leghennen mag geen raapzaadschroot worden ingemengd. Raapzaadschilfers zijn wel toegestaan.

5.2.9 Gras brok, luzerne, alfalfa

Deze grondstoffen worden wel gebruikt in leghennenvoeder vanwege hun gehalte aan carotenoïden die de dooierkleur kunnen verbeteren. Het ruwe celstofgehalte varieert van 15 tot 30% en ook de andere nutriënten kunnen aanzienlijk fluctueren. In bewerkte vorm worden deze grondstoffen ook wel over het strooisel gestrooid om het gedrag van leghennen positief te beïnvloeden.

In tabel 8 wordt een overzicht gegeven van de nutriëntengehalten in de verschillende grondstoffen (Jeroch en Dänicke, 2008).

Tabel 8 Nutriëntengehalten in grondstoffen (bij 88% droge stof)

Grondstof	Ruw eiwit %	Ruwe celstof %	Zetmeel %	Energie ME MJ/kg
Tarwe	12,1	2,6	58,3	12,78
Rogge	9,9	2,4	55,6	12,24
Triticale	12,8	2,5	56,3	12,59
Gerst	10,9	5,0	52,7	11,43
Haver	10,6	10,2	39,8	10,25
Mais	9,1	2,3	62,0	13,35
Sorghum	10,1	2,1	62,0	13,03
Tarwezemelen	14,1	11,8	13,1	6,17
Sojaschroot 48	46,8	4,3	4,0	9,90
Raapzaadschroot	34,0	11,5	5,7	8,70
Voedererwten	22,1	5,9	42,1	11,03

In tabel 9 wordt een overzicht gegeven van het ruwe celstofgehalte en verschillende NSP fracties in de verschillende grondstoffen (AWT, 2005)

Tabel 9 Gehalte aan ruwe celstof en verschillende NSP fracties in grondstoffen in g/kg droge stof

Grondstof	Ruwe celstof	β -glucanen	Pentosanen	Totaal NSP
Tarwe	20-34	2-15	55-95	75-106
Rogge	22-32	5-30	75-91	107-128
Triticale	30	2-20	54-69	74-103
Gerst	42-93	15-107	57-70	135-172
Haver	80-123	30-66	55-69	120-296
Mais	19-30	1-2	40-43	55-117
Tarwezemelen	106-136	*	150-250	220-337
Sojaschroot	34-99	*	30-45	180-227
Raapzaadschroot	109-159	*	*	187
Voedererwten	56-72	*	*	156

* data niet beschikbaar.

In Tabel 10 zijn voorbeelden van leghenvoeders met verschillende grondstoffen en verschillende ruwe celstofgehalten en geoptimaliseerd naar constante nutriëntengehalten (Pottgüter, 2008).

Tabel 10 Leghenvoeders met verschillende grondstoffen (%) en verschillende ruwe celstofgehalten en geoptimaliseerd naar constante nutriëntengehalten

Voer	1	2	3	4	5	6
Mais	60,8	-	-	-	-	57,3
Tarwe	-	64,3	36,4	38,0	44,1	-
Gerst	-	-	24,2	19,9	13,6	-
Sojaschroot 48	24,1	12,5	13,5	8,4	4,6	23,1
Soja volvet	1,0	8,6	9,8	9,3	8,5	-
Zonnebloemzaadschroot 38 %RE	-	-	-	-	12,0	-
Raapzaadschroot	-	-	-	7,6	-	2,9
Celstof concentraat 65% RC	-	-	-	-	-	1,0
Mineralen, vet, supplementen	14,1	14,6	16,1	16,8	17,2	15,7
Nutriënten:						
Zetmeel	38,9	38,3	34,3	33,2	33,3	36,7
Ruw vet	5,3	5,5	7,5	8,0	8,0	8,0
Ruwe celstof voer	2,8	2,9	3,5	3,9	4,2	3,8

Nutriëntengehalten in alle voeders: ME 11,4 MJ/kg;; 17% ruw eiwit; 0,34% vert. methionine; 0,60% vert. lysine; 3,8% calcium; 0,33% beschikbaar fosfor; 0,17% natrium; 1,8% linolzuur.

Uit praktijkervaringen met leghennen is gebleken dat voersamenstellingen met een ruwe celstof gehalte (niet-oplosbaar NSP) van meer dan 3,5 tot 4,0% een gunstig effect hebben op de darmgezondheid en strooiselkwaliteit (Pottgüter, 2008). Pottgüter (2008) rapporteert verder dat een hoog ruwe celstofgehalte in opfokvoer (> 5,5%) resulteert in een hogere voeropname in de legperiode en ontwikkeling van het maagdarmkanaal.

6 Voederadditieven

In het stalboekje “Natuurlijk gezond” (Groot et al., 2009) worden natuurproducten en hun effect op darmgezondheid beschreven. Prebiotica, koolhydraten uit cichoreiwortel, aardperen of gistcelwanden zorgen dat gunstige darmbacteriën zich beter thuis voelen dan ongunstige. Glucanen uit celwanden van gisten en schimmels binden mycotoxinen. Probiotica (gunstige micro-organismen) bezetten de aanhechtingsplekken op de darmwand zodat er voor ongunstige bacteriën geen plaats meer is. Kruiden (-combinaties) kunnen de maagdarmp functie bevorderen (kalmoes, duizendblad, venkel, anijs) of prebiotisch werken (oregano, tijm, knoflook, hop). Voor meer gedetailleerde toepassingen, samenstelling en leveranciers van deze producten wordt verwezen naar Groot et al. (2009).

6.1 Plantaardige producten

Het laatste decennium is er grote belangstelling voor plantaardige grondstoffen, plantextracten en fytogene stoffen als ingrediënten in veevoeders. Er wordt naarstig gezocht naar grondstoffen die een gunstig effect hebben op de gezondheid en productieresultaten. Het verbod op het gebruik van dierlijke eiwitten heeft er tevens toe geleid dat er een grotere belangstelling is voor plantaardige grondstoffen. Onderzoek naar mogelijk gunstige effecten van plantaardige producten op darmgezondheid en productieresultaten is bij pluimvee bijna uitsluitend uitgevoerd met vleeskuikens. Onderzoek naar positieve effecten van plantaardige producten op darmgezondheid bij leghennen wordt daarom sterk aanbevolen.

6.1.1 Kruidenpreparaten

Kruiden, specerijen en hun extracten zijn niet alleen een ingrediënt als alternatief voor antimicrobiële groeibevorderaars maar daarnaast hebben zij andere belangrijke eigenschappen. Deze ingrediënten kunnen de voeropname en excretie van verteringssappen bevorderen (Wenk, 2003). Groot et al. (2009) vermelden in het stalboekje pluimvee “Natuurlijk gezond” het volgende ten aanzien van kruiden. Kruidenpreparaten of fyto-producten zijn vaak gemaakt van delen van kruidenplanten, maar ze kunnen ook gemaakt worden van bomen, algen, wieren, korstmossen, gisten en paddenstoelen. Het kruid kan als zodanig (gedroogd en gemalen) worden gebruikt en men neemt dan het meest werkzame deel zoals bijvoorbeeld zaad, bloem of wortel. Ook kan er op diverse manieren een extract worden bereid, waarbij door een hogere concentratie van bepaalde stoffen het effect wordt versterkt. Etherische olie bestaat uit de geïsoleerde vluchtige (geurende) bestanddelen. Bijvoorbeeld oregano-(etherische)olie wordt gebruikt als veevoederadditief. Kruiden in het voer worden vaak ingezet om de smakelijkheid van het voer te vergroten. Daarnaast beïnvloeden kruiden de gezondheid. Spijsverteringsfuncties en stofwisseling worden vaak verbeterd. Sommige kruidenmengsels hebben in onderzoek laten zien dat ook het respiratie- en/of het immuunsysteem wordt beïnvloed. Met één kruidproduct kunnen dan ook meerdere doelen worden bereikt. Een voorbeeld is knoflook. Dit heeft een antibiotische werking waarbij lactobacillen vrijwel niet, maar schadelijke darmbacteriën wel worden aangepakt en het verhoogt de productie van spijsverteringssappen. Daarnaast worden ook positieve effecten gevonden op het respiratiesysteem. Ook brandnetel, lijnzaad, kamille en paardebloem hebben verschillende aangrijpingspunten.

6.1.2 Fytogene stoffen

Fytogene stoffen zijn stoffen die vanuit een plantextract zijn opgezuiverd tot een hoog percentage (totdat eventueel bijna 100% van het preparaat uit deze stof bestaat). Voorbeelden hiervan zijn allicine uit knoflook, inuline uit cichorei, lignine uit stro of hout, carvacrol uit oregano. Interessante fytogene stoffen zijn beta-glucanen, die worden gewonnen uit binnenkanten van gistcelwanden en uit paddenstoelen. Er is weinig onderzoek wetenschappelijk gerapporteerd ten aanzien van de werking van allicine op gezondheid. In vitro onderzoek heeft aangetoond dat allicine er tevens voor kan zorgen dat de groei van *Salmonella typhimurium* tot staan wordt gebracht (Feldberg et al., 1988). Afbraakproducten van knoflook hadden onder andere ook een verzachtend effect op een experimentele longinfectie bij varkens (Becker et al., 2010).

6.2 Probiotica

Probiotica zijn levende micro-organismen (bijv. melkzuurbacteriën, enterococconen of gistcellen) die in de juiste hoeveelheid toegevoegd een gezondheid bevorderend effect hebben op pluimvee door ondersteuning of het herstellen van het natuurlijk microbieel evenwicht in het spijsverteringskanaal. Probiotica kunnen curatief en preventief werken. Een curatieve werking kan zijn het herstellen van de veranderingen van de microflora in het maagdarmkanaal veroorzaakt door stress en het herstel van de weerstand van het dier na darmstoornissen. Het curatieve effect is afhankelijk van de mate van infectie. Probiotica kunnen ook preventief werken tegen de kolonisatie van ziekteverwekkende bacteriën. *Bacillus subtilis* C-3102 behoort niet tot de normale darmflora en is niet in staat zich te vermenigvuldigen in de darm. Door de bacterie continu aan te bieden via het voer kon er bij vleeskuikens een kolonie in stand worden gehouden die de darmflora positief beïnvloedde (Hooge et al., 2004). Ze benutten voedingsstoffen, ruimte en aanhechtingsplaatsen op de darmwand waardoor ziekteverwekkende bacteriën zich moeilijker kunnen vestigen in de darm (Fritts et al., 2000). Er zijn “competitive exclusion” producten op de markt die gebruik maken van dit verdringingsprincipe.

6.3 Prebiotica

Prebiotica zijn gedefinieerd als niet verteerbare of slecht enzymatisch verteerbare voedingsstoffen die de groei en ontwikkeling van voor het dier gunstige bacteriën in de blinde en dikke darm stimuleren. Er zijn aanwijzingen dat zij naast de genoemde werking ook de immuunrespons stimuleren en verhinderen dat schadelijke bacteriën zich aan de darmwand hechten. Prebiotica zijn meestal fytoogene producten. Enkele voorbeelden zijn:

- koolhydraten uit gistcelwanden (MOS: mannose oligosacchariden)
- koolhydraten uit planten, zoals de afbraakproducten van de inuline uit aardperen of cichoreiwortels (ook wel FOS, fructo oligosacchariden). Indien deze stoffen niet geheel zuiver zijn worden ze ook als kruidenproducten aangeboden. FOS verbeteren de calciumopname maar zijn misschien minder bacteriespecifiek dan MOS.
- pectinen (heterosacchariden) uit citrusvruchten, appels, aardappelen of penen.

Prebiotica en probiotica laten zich goed combineren. In dit geval spreekt men over synbiotica of symbiotica. Prebiotische voedingssupplementen worden ook gecombineerd met organische zuren. Organische zuren zijn een middel in de bestrijding van zuurintolerante bacteriën, zoals *E. coli*, *Salmonella* en *Campylobacter*. Daarnaast wordt de afgifte van enzymen door de alvlesklier die nodig zijn voor de vetering van voedsel gestimuleerd en dienen ze als energiebron voor cellen van het darmslijmvlies (Dibner en Buttin, 2002). MOS zijn langketenige suikers afkomstig van de buitenlaag van gist. Ze dragen bij aan een gunstige samenstelling van de darmflora en binden ziekteverwekkers, waarmee wordt voorkomen dat deze zich aan de darmwand hechten (Becker et al., 2007; Becker en Galletti, 2008). Dit voorkomt kolonisatie van de darm en het produceren van gifstoffen door een groot aantal bacteriestammen (Ferket et al., 2002). Bacteriegiften zoals de *E. coli* toxine LT kunnen eveneens door fytoogene stoffen in het voer gebonden worden en onschadelijk gemaakt worden (Becker et al., 2010).

6.4 Organische zuren

Organische zuren worden voor een betere vertering aan het voer of aan het drinkwater toegevoegd. Voorbeelden zijn mierenzuur en citroenzuur. De zuren verlagen de pH in de maag, ze maken het voer smakelijker en langer houdbaar. Een lagere pH in het spijsverteringskanaal kan de vermenigvuldiging van bacteriën als *E. coli* en *Salmonella* remmen. Dibner en Buttin (2002) lieten zien dat organische zuren een antimicrobiële activiteit hebben en dat deze zuren in het bijzonder effectief zijn tegen micro-organismen die niet bestand zijn tegen zuur zoals *E. coli*, *Salmonella* en *Campylobacter*. In een infectiemodel waarin vleeskuikens werden besmet met oöcysten van *Eimeria acervulina* en enkele dagen later met *Clostridium perfringens* werd geconcludeerd dat het gebruik van middel langketenige vetzuren (C10 en C12) in het rantsoen de kolonisatie van *Clostridium perfringens* in het darmkanaal kan verlagen en de darmschade en mortaliteit als gevolg van een besmetting kan reduceren (Jansman et al., 2006). Meer onderzoek naar de werking van organische zuren op de darmflora is wenselijk.

6.5 Enzymen

Enzymen zijn eiwitten die als katalysator werken. Enzymen als voederadditief zorgen voor een verbeterde afbraak van nutriënten. Het gaat hierbij om zetmeel-, vet- en eiwitsplitsende enzymen (zie paragraaf 2.6) die in het spijsverteringskanaal worden gemaakt om voedsel te verteren. Ook kunnen enzymen als additief aan het voer worden toegevoegd.

De verteerbaarheid van op tarwe, gerst, rogge, triticale en mais gebaseerde mengvoeders kan significant worden verbeterd door het gebruik van enzymen zoals xylanase, fytase en β -glucanase (Rosen, 2001). De enzymen kunnen de microflora populaties in de dunne darm en de blinde darm beïnvloeden (Choct et al., 1996, Hock et al., 1997; Bedford, 2000). De werking is met name gebaseerd op een betere verteerbaarheid en absorptie van zetmeel, eiwit en vet waardoor er minder substraat overblijft voor de groei en ontwikkeling van schadelijke en commensale bacteriën in de dunne darm.

7 Leververvetting

Ondervoeding bij het aan de leg komen kan later leiden tot problemen zoals slechte productieprestaties en gezondheidsproblemen zoals bijvoorbeeld het vette lever syndroom. Een goede ontwikkeling van het maagdarmkanaal bij opfokhennen (lees: grotere voeropnamecapaciteit) is dus uitermate belangrijk om later problemen met leververvetting te voorkomen. Er zijn twee risicomomenten: bij het in de leg komen (25 tot 35 weken leeftijd) en bij de oudere dieren. In het eerste geval kost het leggen van eieren teveel energie (energieopname via het voer is te laag, mogelijk door een slecht ontwikkeld maagdarmkanaal) waardoor het dier lichaamsvet mobiliseert. Bij oudere hennen is juist te energierijk voer de oorzaak. Voor zover mogelijk leververvetting aan te pakken kan energierijker voer worden gegeven aan het begin van de legperiode en aan het einde van de legperiode juist een minder energierijk voer. Ook wordt wel een combinatie van choline, betaine en vitamine B gegeven in de vorm van FLS (Fatty Liver Syndrome) mix. Als natuurproduct wordt door Groot et al. (2009) mariadistelzaad (*Silybum marianum*) of een extract hieruit genoemd als preventief en curatief middel voor leververvetting. Daarnaast wordt melasse genoemd als bron van choline en betaine met een beschermende werking op de lever. Het Indiase kruid geelwortel wordt ook genoemd voor leverfunctie ondersteuning in de periode van 26-36 weken.

8 Conclusies

Op basis van dit rapport kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Een goede darmgezondheid betekent het optimaliseren van de vertering van voerbestanddelen, de absorptie van nutriënten, de barrièrefunctie en het immuunsysteem onder een range aan condities waaraan het dier kan worden blootgesteld.
2. De aanwezigheid van een krop, kliermaag en spiermaag, evenals het optreden van reflux, maakt dat pluimvee een uniek maagdarmkanaal heeft.
3. De specifieke eisen die gesteld worden aan biologische voeders zorgen ervoor dat de keuze aan eiwitrijke grondstoffen beperkt is. Bij vervangende eiwitbronnen dient men rekening te houden met de mogelijke aanwezigheid van anti-nutritionele factoren die de darmgezondheid negatief kunnen beïnvloeden.
4. In de biologische voeders is het niet toegestaan om vrije aminozuren te gebruiken in de voerformulering waardoor het lastig is om aan de behoefte aan zwavelhoudende aminozuren (met name methionine) te voldoen zonder overmatig eiwit aan de dieren te verstrekken. Het dier moet een eventuele overmaat aan eiwit afbreken en de overtollige aminozuren uitscheiden. Dit kan leiden tot een verminderde darmgezondheid.
5. Een goed ontwikkelde spiermaag is gunstig voor leghennen en dan met name bij de start van de leg, omdat de nutriëntenbehoefte van de leghen dan groot is. Met een goed ontwikkelde spiermaag is de leghen in staat om voldoende nutriënten op te nemen en aan de hoge nutriëntenbehoefte te voldoen. Een lager energiegehalte in het voer kan ertoe bijdragen dat de voeropname hoger wordt en de spiermaag beter ontwikkelt.
6. Vezels hebben diverse positieve effecten op het maagdarmkanaal van pluimvee. Ze stimuleren de ontwikkeling van de spiermaag, ze verlengen de verblijfstijd van het voedsel in de krop en magen, ze zorgen voor een betere aanzuring van het maagdarmkanaal, waardoor een betere bescherming tegen schadelijke bacteriën ontstaat, ze bevorderen de voeropnamecapaciteit van opfokhennen en ze kunnen preventief werken tegen verenpikgedrag. Voorwaarde is wel dat niet-wateroplosbare vezels worden toegevoegd aan het voer. Er is ook een mogelijkheid om naast het mengvoeder een ruwvoeder als vezelbron te verstrekken. In de praktijk lijkt ruwvoer een gunstig effect te hebben op de vertering en darmgezondheid.
7. In potentie kunnen diverse toevoegmiddelen, zoals kruidenpreparaten, fytogene stoffen, probiotica en prebiotica, organische zuren en enzymen bijdragen aan het verbeteren van de darmgezondheid van opfok- en leghennen. Het aanbod van deze producten voor de biologische sector is echter zeer beperkt. Ook is er weinig onderzoek met deze middelen uitgevoerd bij opfok- of leghennen.
8. Een belangrijke strategie om het optreden van leververvetting aan het begin van de legperiode te voorkomen, is het verstrekken van verdund vezelrijk voer tijdens de opfokperiode. Dit zorgt ervoor dat jonge leghennen in staat zijn om hun voeropnamecapaciteit af te stemmen op de gestegen voerbehoefte als gevolg van het in productie komen.

Referenties

- Annet, C.B., J.R. Viste, M. Chirino-Trejo, H.L. Classen, D.M. Middleton, E. Simko. 2002. Necrotic enteritis: Effect of barley, wheat and corn diets on proliferation of *Clostridium perfringens* type A. *Avian Pathology* 31: 598-601.
- AWT. 2005. Arbeitsgemeinschaft Wirkstoffe in der Tierernährung. Enzyme in der Tierernährung (enzymes in animal nutrition), 55 pp.
- Becker, P.M., S. Galletti, P. Roubos-van den Hil, P.G. van Wikselaar, 2007. Validation of growth as measurand for bacterial adhesion to food and feed ingredients. *J. Appl. Microbiol.* 103: 2686-2696.
- Becker, P.M., S. Galletti. 2008. Food and feed components for gut health-promoting adhesion of *E. coli* and *Salmonella enterica*. *J. Sci. Food Agric.* 88: 2026-2035.
- Becker, P.M., P.G. van Wikselaar, M.F. Mul, A. Pol, B. Engel, J.W. Wijdenes, C.M.C. van der Peet-Schwering, H.J. Wisselink, N. Stockhofe-Zurwieden. 2012. *Actinobacillus pleuropneumoniae* is impaired by the garlic volatile allyl methyl sulfide (AMS) in vitro and in-feed garlic alleviates pleuropneumonia in a pig model. *Vet. Microbiol.* 154: 316-324.
- Becker, P.M., H.C.A. Widjaja, P.G. van Wikselaar. 2010. Inhibition of binding of the AB5-type enterotoxins LT-I and cholera toxin to ganglioside GM1 by galactose-rich dietary components. *Foodborne Pathog. Dis.* 7: 225-233.
- Bedford, M.R., 2000. Removal of antibiotic growth promoters from poultry diets: implications and strategies to minimise subsequent problems. *Poultry Science* 56:347-365.
- Bestman, M., J.P. Wagenaar. 2009. Biologische leghennen: gezond, gezonder, gezondst. De relatie tussen bedrijfsfactoren en diergezondheid. Publicatie LD17. Louis Bolk Instituut. www.louisbolk.nl.
- Bijleveld, H. 2011. Voer volgens behoefte. *Pluimveehouderij* (41)1: 26-27.
- Burel, C., C. Valat. 2009. The effect of the feed on the host-microflora interactions in poultry: an overview. pp. 365-383. In: *Sustainable Animal Production The Challenges and Potential Developments for Professional Farming* (ed. Aland and Madec). C.H.I.P.S. Texas.
- Carre, B. 2000. Effects de la taille des particules alimentaires sur les processus digestifs chez les oiseaux élevage. *INRA Productions Animales* 13: 131-136.
- Cauwenberghe, S, D. Burnham. 2001. New developments in amino acid and protein nutrition of poultry, as related to optimal performance and reduced nitrogen excretion. In: *Proceedings of the 13th European Symposium on Poultry Nutrition*. October 2001. Blankenberghe, Belgium. Pp 1-12.
- Choct, M., G. Annison. 1992a. Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: Roles of viscosity and gut microflora. *British Poultry Science* 33: 821-834.
- Choct, M., G. Annison. 1992b. The inhibition of nutrient digestion by wheat pentosans. *British Journal of Nutrition* 67: 123-132.
- Choct, M., R.J. Hughes, J. Wang. M.R. Bedford, A.J. Morgan, G. Annison. 1996. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. *British Poultry Science* 37: 609-621.
- Coon, C., B. Zhang. 1999. Ideal amino acid profile for layers examined. *Feedstuffs* 71(14):13-15, 31.
- Dahiya, J.P., M.D. Drew. 2007. Balance amino acid control NE: part 2. *Feedstuffs*. pp. 26-27, 29. July 9.
- Dibner, J.J., P. Buttin. 2002. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *Journal of Applied Poultry Research* 11: 453-463.
- Drew, M.D., N.A. Syed, B.G. Goldade, B. Laarveld, A.G. Van Kessel. 2004. Effects of dietary protein source and level on intestinal populations of *Clostridium perfringens* in broiler chickens. *Poultry Science* 83: 414-420.
- Duke, G.E. 1986. Alimentary canal: anatomy, regulation of feeding, and motility. In: *Sturkie, P.D. (Ed.) Avian Pathology 4th edition*, Springer Verlag, Massachusetts, USA, 269-288.
- Duke, G.E. 1992. Recent studies on regulation of gastric motility in turkeys. *Poultry Science* 81: 1-8.
- Engberg, R.M., M.S. Hedemann, B.B. Jensen. 2002. The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. *British Poultry Science* 43:569-579.
- Fanatico, A.C., C.M. Owens, J.L. Emmert. 2009. Organic poultry production in the U.S.: Broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 18(2): 355-366.
- Feldberg, R.S., S.C. Chang, A.N. Kotik, M. Nadler, Z. Neuwirth, D.C. Sundstrom. 1988. In vitro mechanism of inhibition of bacterial cell growth by allicin. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 32(12): 1763-1768.

- Ferket, P. 2000. Feeding whole grains to poultry improves gut health. *Feedstuffs (USA)*. 4th September: 12-14.
- Ferket, P.R., C.W. Parks, J.L. Grimes. 2002. Benefits of dietary antibiotic and mannanoligosaccharide supplementation for poultry. In: *Proceedings Multi-State Poultry Feeding and Nutrition Conference*, Indianapolis, Indiana, USA. May 14-16, p: 22.
- Ferket, P. 2009. Early nutrition and gut health of poultry. In: *International Symposium – Nutrition and gut health to manage today's challenges in poultry production*. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, Netherlands.
- Forbes, J.M., M. Covasa. 1995. Application of diet selection by poultry with particular reference to whole cereals. *World's Poultry Science Journal* 51: 149-165.
- Frikha, M., H.M. Safaa, E. Jiménez-Moreno, R. Lázaro, C.G. Mateos. 2009a. Influence of energy concentration and feed form of the diet on growth performance and digestive traits of brown egg-laying pullets from 1 to 120 days of age. *Animal Feed Science and Technology* 153: 292-302.
- Frikha, M., H.M. Safaa, M.P. Serrano, X. Arbe, G.G. Mateos. 2009b. Influence of the main cereal and feed form of the diet on performance and digestive tract traits of brown-egg laying pullets. *Poultry Science* 88: 994-1002.
- Fritts, C.A., J.H. Kersey, M.A. Motl, E.C. Kroger, F. Yan, J. Si, Q. Jiang, M.M. Campos, A.L. Waldroup, P.W. Waldroup. 2000. *Bacillus subtilis* C-3102 (Calsporin) improves live performance and microbiological status of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 9: 149-155.
- Gabriel, I., S. Mallet, M. Leconte. 2003a. Differences in the digestive tract characteristics of broiler chickens fed on complete pelleted diet or on whole wheat added to pelleted protein concentrate. *British Poultry Science* 44: 283-290.
- Gabriel, I., S. Mallet, M. Leconte, G. Fort, M. Naciri. 2003b. Effects of whole wheat feeding on the development of coccidial infection in broiler chickens. *Poultry Science* 82:1668-1676.
- González-Alvarado, J.M., E. Jiménez-Moreno, R. Lázaro, C.G. Mateos. 2007. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. *Poultry Science* 86: 1705-1715.
- González-Alvarado, J.M., E. Jiménez-Moreno, D.G. Valencia, R. Lázaro, C.G. Mateos. 2008. Effect of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn and rice. *Poultry Science* 87: 1779-1795.
- Groot, M., T. Van Asseldonk, I. Puls-Van Der Kamp. 2009. *Stalboekje Pluimvee: Natuurlijk gezond met kruiden en andere natuurproducten*. Biokennisuitgave. RIKILT-Wageningen UR. Wageningen.
- Halaj, M. P. Halaj, L. Najdúch, H. Arpášová. 1998. Effect of alfalfa meal contained in hen feeding diet on egg yolk pigmentation. *Acta Fytotechnica et Zootechnica* 1: 80-83.
- Hartini, S., M. Choct, G. Hinch, A. Kocher, J.V. Nolan. 2002. Effects of light intensity during rearing, beak trimming and dietary fibre sources on mortality, egg production and performance of ISA brown laying hens. *Journal of Applied Poultry Research* 11: 104-110.
- Hartini, S., M. Choct, G. Hinch, J.V. Nolan. 2003. *Effect of diet composition, gut microbial status and fibre forms on cannibalism in layers*. Australian Egg Corporation Limited. Sydney. Australia.
- Hetland, H. B. Svihus. 2001. Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. *British Poultry Science* 42: 354-361.
- Hetland, H., B. Svihus, V. Olaisen. 2002. Effect of feeding whole cereals on performance, starch digestibility and duodenal particle size distribution in broiler chickens. *British Poultry Science* 43: 416-423.
- Hetland, H., B. Svihus, A. Krogdahl. 2003. Effects of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. *British Poultry Science* 44: 275-282.
- Hetland, H., M. Choct, B. Svihus. 2004. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal* 60: 415-422.
- Hetland, H., B. Svihus, M. Choct. 2005. Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers. *Journal of Applied Poultry Research* 14: 38-46.
- Hock, E., I. Halle, S. Matthes, H. Jeroch. 1997. Investigations on the composition of the ileal and caecal microflora of broiler chicks in consideration to dietary enzyme preparation and zinc bacitracin in wheat-based diets. *Agribiological Research* 50: 85-95.
- Hooge, D.M., H. Ishimaru, M.D. Sims. 2004. Influence of dietary *Bacillus subtilis* C-3102 spores on live performance of broiler chickens in for controlled pen trials. *Journal of Applied Poultry Research* 13: 222-228.

- Horsted, K., J.E. Hermansen. 2007. Whole wheat versus mixed layer diet as supplementary feed to layers foraging a sequence of different forage crops. *Animal* 1: 575-585.
- Hughes, R.J. 2005. An integrated approach to understanding gut function and gut health of chickens. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 14:S27.
- Iji, P.A. 1999. The impact of cereal non-starch polysaccharides on intestinal development in broiler chickens. *World's Poultry Science Journal* 55: 375-387.
- Jansman, A.J.M., C.M.F. Wagenaars, A. Schonewille, H. Snel. 2006. Bestrijding van *Clostridium* en *Campylobacter* infecties in pluimvee via natuurlijke antimicrobiële voedingscomponenten. Themadag 27 juni 2006: Voeding en Darmgezondheid.
- Jeroch, H., S. Dänicke. 2008. Faustzahlen zur Geflügelfütterung. In: Damme & Möbius (Ed.) *Geflügeljahrbuch 2008*: 148-176.
- Kijlstra, A., M. Groot, J. Van der Roest, D. Kasteel, I. Eijck. 2003. Analysis of black holes in our knowledge concerning animal health in the organic food production chain. *Animal Sciences Group Lelystad, The Netherlands* 55.
- Korver, D.R. 2006. Overview of the immune dynamics of the digestive system. *Journal of Applied Poultry Research* 15:123-135.
- Kuchta, M. J. Koreleski, Z. Zegarek. 1992. High level of fractional dried lucerne in the diet for laying hens. *Roczniki Naukowe Zootechniki* 19: 119-129.
- Leeson, S., J.D. Summers. 2005. *Commercial Poultry Production*. 3rd ed. University Books, Guelph, ON, Canada.
- Li, Y. C. Owyang. 1993. Vagal afferent pathway mediates physiological action of Cholecystokinin on pancreatic enzyme secretion. *Journal of Clinical Investigation* 92: 418-424.
- Mongin, P. 1976. Composition of crop and gizzard contents in the laying hen. *British Poultry Science* 17: 499-507.
- Nir, I., G. Shefet, Y. Aaroni. 1994. Effect of particle size on performance. 1. Corn. *Poultry Science* 73: 45-49.
- Plavnik, I., B. Macovsky, D. Sklan. 2002. Effect of feeding whole wheat on performance of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 96: 229-236.
- Pottgüter, R. 2008. Fibre in layer diets. *Lohmann Information* 43(2) 22-31.
- Preston, C.M., K.J. McCracken, A. McAllister. 2000. Effect of diet form and enzyme supplementation on growth, efficiency and energy utilisation of wheat-based diets for broilers. *British Poultry Science* 41: 324-331.
- Rodenburg, T.B., J. Van Harn, M.M. Van Krimpen, M.A.W. Ruis, I. Vermeij, H.A.M. Spoolder. 2008. Comparison of three different diets for organic broilers: effects on performance and body condition. *British Poultry Science* (49) 1: 74-80.
- Rosen, G.D. 2001. Multi-factorial efficacy evaluation of alternatives to antimicrobials in pronutrition. *British Poultry Science* 42:S104-S105.
- Safaa, H.M., E. Jiménez-Moreno, D.G. Valencia, M. Frikha, M.P. Serrano, G.G. Mateos. 2009. Effect of main cereal of the diet and particle size of the cereal on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in early phase of production. *Poultry Science* 88: 608-614.
- Savory, C.J. 1992. Enzyme supplementation, degradation and metabolism of three U-14C-labelled cell-wall substrates in the fowl. *British Journal of Nutrition* 67: 91-102.
- Scheideler, S.E., D. Jaroni, U. Puthongsiripron. 1998. Strain, fiber source, and enzyme supplementation effects on pullet growth, nutrient utilization, gut morphology, and subsequent layer performance. *Journal of Applied Poultry Research* 7: 359-371.
- Shane, S.M., L.A. Turcker. 2006. *Nutritional and digestive disorders of poultry*. Nottingham University Press, Nottingham, UK. 166 pp.
- Starck, J.M. 1999. Phenotypic flexibility of the avian gizzard: rapid, reversible and repeated changes of organ size in response to changes in dietary fibre content. *The Journal of Experimental Biology* 202: 3171-3179.
- Steenfeldt, S., J.B. Kjaer, R.M. Engberg. 2007. Effect of feeding silages or carrots as supplements to laying hens on production performance, nutrient digestibility, gut structure, gut microflora and feather pecking behaviour. *British Poultry Science* 4: 454-468.
- Summers, J.D., S. Leeson. 1986. Influence of nutrient density on feed consumption, weight gain and gut capacity of broilers, leghorns and turkeys reared to 26 days of age. *British Poultry Science* 16: 129-141.
- Sundrum, A., K. Schneider, U. Richter. 2005. Possibilities and limitations of protein supply in organic poultry and pig production. Department of animal nutrition and animal health. University of Kassel, Witzenhausen, Germany. *Organic Revision*:

- Research to support revision of the EU regulation on organic agriculture. http://www.organic-revision.org/pub/Final_Report_EC_Revision.pdf. Downloaded Jan. 2011.
- Svihus, B. H. Hetland. 2001. Ileal starch digestibility in growing broiler chickens fed on a wheat-based diet is improved by mash feeding, dilution with cellulose or whole wheat inclusion. *British Poultry Science* 42: 633-637.
- Van Krimpen, M. M., R. P. Kwakkel, B. F. J. Reuvekamp, C. M. C. Van der Peet-Schwering, L. A. Den Hartog, M. W. A. Verstegen. 2005. Impact of feeding management on feather pecking in laying hens. *World's Poultry Science Journal* (61): 663-686.
- Van Krimpen, M.M. 2008. Impact of nutritional factors on eating behaviour and feather damage of laying hens. Diss. Wageningen. September 2008.
- Van Krimpen, M.M., R.P. Kwakkel, C.M.C. van der Peet-Schwering, L.A. den Hartog, M.W.A. Verstegen. 2009. Effects of nutrient dilution and nonstarch polysaccharide concentration in rearing and laying diets on eating behavior and feather damage of rearing and laying hens. *Poultry Science* 88: 759-773.
- Wagner, D.D., O.P. Thomas. 1987. Influence of diets containing rye or pectin on the intestinal flora of chicks. *Poultry Science* 57: 971-975.
- Wenk, C. 2003. Herbs and botanicals as feed additives in monogastric animals. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences* 16: 282-289.
- Williams, B.A., L.J.M. Van Osch, R.P. Kwakkel. 1997. Fermentation characteristics of the caecal contents of broiler chickens fed fine and coarse particle diets. *British Poultry Science* 38: S41-S42.
- Zhavoronkova, L.D., E.V. D'yakonova. 1983. Productivity and resistance to infection of hens in relation to different levels of grass meal in their diet. *Sbornik Nauchnykh Trudov Moskovskoi Veterinarnoi Akademii*. pp. 2

Het doel van Bioconnect is het verder ontwikkelen en versterken van de biologische landbouwsector door het initiëren en uitvoeren van onderzoeksprojecten. In Bioconnect werken ondernemers (van boer tot winkelvloer) samen met onderwijs- en onderzoeksinstellingen en adviesorganisaties. Dit leidt tot een vraaggestuurde aanpak die uniek is in Europa.



Het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie is financier van de onderzoeksprojecten



Wageningen UR (University & Research centre) en het Louis Bolk Instituut zijn de uitvoerders van het onderzoek. Op dit moment zijn dit voor de biologische landbouwsector ongeveer 140 onderzoeksprojecten.



www.biokennis.nl

Pluimveevlees en eieren