

KOOLHYDRAATSAMENSTELLING VOEDERMIDDELEN

In de voedermiddelen die aan landbouwhuisdieren worden vervoerd kunnen zeer veel verschillende koolhydraten voorkomen. In dit document wordt een toelichting gegeven op de verschillende manieren waarop koolhydraten kunnen worden ingedeeld, en wordt tevens aangegeven waarin de verschillende indelingen van elkaar verschillen.

Geadviseerd wordt bij het bestuderen van dit document het schema aan het einde ervan regelmatig te raadplegen.

1. Methoden om koolhydraten te classificeren

De koolhydraatfractie in voedermiddelen bestaat uit een groot aantal chemisch te onderscheiden verbindingen. Er zijn verschillende manieren om de diverse koolhydraten te classificeren: nutritioneel, chemisch of op grond van de extraheerbaarheid.

a. Classificatie op basis van extraheerbaarheid:

Bij de analyse van suikers volgens de methode Luff Schoorl en de zetmeelanalyse volgens genormaliseerde voorschriften als de methode Ewers, wordt een voedermiddel geëxtraheerd met een 40 % ethanol oplossing.

- De 40 % oplosbare fractie bevat koolhydraten tot een ketenlengte van circa 10 saccharide-eenheden. Dit betreft de enzymatisch en fermentatief afbreekbare mono-, di- en oligosacchariden en glucose-oligosacchariden. In deze fractie wordt het bruto suikergehalte bepaald vlg. de methode Luff Schoorl.
- Het residu (dat niet oplosbaar is in 40 % ethanol) bevat de structurele en niet structurele koolhydraten met een grotere ketenlengte. In deze fractie wordt het zetmeelgehalte (vlg. Ewers of met een enzymatische methode) bepaald.

b. Classificatie op basis van chemische criteria:

Bij het chemisch classificeren van de koolhydraatfractie zijn er verschillende criteria:

- *De mate van polymerisatie*, ofwel het aantal aan elkaar verbonden suikereenheden.
Te onderscheiden zijn:
laagmoleculaire suikers, met een polymerisatiegraad van maximaal 10 eenheden, zoals: monosacchariden (glucose, fructose, galactose); disacchariden (saccharose, maltose, lactose, raffinose) en oligosacchariden (stachyose, verbascose, 'glucose-oligosacchariden' e.a.)
polysacchariden, met meer dan 10 eenheden, oplopend tot vele duizenden: zetmeel; opslag NSP als mannanen, fructanen; pectinen; wateroplosbare NSP (= Non Starch Polysaccharides = Niet Zetmeel Polysacchariden) als pentosanen en β -glucanen; niet-water-oplosbare celwandpolysacchariden als hemicellulose, cellulose en lignine.
- *De aard van de chemische bindingen tussen de suikereenheden:*
Zetmeel (een α -glucaan) bestaat uit twee typen polysacchariden: het lineaire amylose, waarin de glucose-eenheden via $\alpha(1-4)$ bindingen aan elkaar zijn gekoppeld en het vertakte amylopectine, waar de glucose-eenheden via $\alpha(1-4)$ én $\alpha(1-6)$ bindingen aan elkaar zijn verbonden.
In een niet-zetmeelkoolhydraat (NZK) als cellulose wordt de ruggengraat van het molecuul gevormd door glucose-eenheden, die via $\beta(1-4)$ bindingen aan elkaar zijn gekoppeld. Er kunnen ook andere bindingen voorkomen (zoals $\beta(1-3)$ in β -glucanen).
- *De identiteit van de aanwezige suikers:*
De meeste van de hierboven genoemde koolhydraten bestonden (met uitzondering van raffinose, stachyose en verbascose) uit één of meer hexose-eenheden, meestal glucose. Er zijn echter ook koolhydraten waarin een deel van de aanwezige suikers niet glucose is, maar een ander hexose of een pentose (xylose, arabinose). Zo bestaat raffinose uit een glucose, een fructose en een galactosemolecuul; stachyose uit een raffinose en een

galactosemolecuul, en verbascose uit een stachyose en een galactosemolecuul. Bij verschillende niet-zetmeelpolysacchariden (NSP) wordt de ruggengraat van het molecuul gevormd door bijvoorbeeld een polyxylaan (bestaande uit aan elkaar gekoppelde xylose-moleculen).

c. Nutritionele classificatie:

Bij een nutritionele classificatie wordt gekeken naar de wijze waarop een koolhydraat in een dier kan worden afgebroken tot de samenstellende suikereenheden en hoe absorptie uit het darmlumen plaatsvindt.

De monosacchariden glucose, fructose en galactose kunnen zonder verdere vertering worden geabsorbeerd. De disacchariden saccharose, maltose en lactose kunnen door dier-eigen enzymen worden verteerd tot hexosen die vervolgens kunnen worden geabsorbeerd. Daarbij moet worden opgemerkt dat de productie van het enzym lactase na spenen van zoogdieren sterk terugloopt, maar via de aanwezigheid van lactose in het voer wel vaak weer geïnduceerd kan worden. Bij vogels ontbreekt lactase echter.

Uit onderzoek waarbij xylose aan het voer werd toegevoegd, bleek dit wel te worden geabsorbeerd, maar bleek tevens dat het door het dier –tenminste grotendeels- onveranderd weer via de urine werd uitgescheiden. In normale rantsoenen komt xylose als zodanig nauwelijks voor.

Het zetmeel van veel bronnen kan door dier-eigen amylasen en (iso)maltasen worden verteerd tot glucose-eenheden. De hier genoemde koolhydraten zijn dus 'potentieel door dier-eigen enzymen verteerbaar'. Sommige zetmelen zijn echter niet of nauwelijks door dier-eigen enzymen afbreekbaar; men noemt ze 'resistant starch'. Een voorbeeld is natief aardappelzetmeel dat door varkensenzymen moeilijk kan worden afgebroken. Verder behoren hiertoe zetmelen die na ontsluiting via een technologische behandeling zodanig rekristalliseren dat de dier-eigen enzymen ze nauwelijks nog kunnen hydrolyseren; men spreekt dan over geretrogradeerd zetmeel.

Geretrogradeerd zetmeel en alle andere onder punt b. genoemde koolhydraten kunnen niet door dier-eigen enzymen worden verteerd; afbraak in het maagdarmkanaal kan dus uitsluitend plaatsvinden door micro-organismen (fermentatieve afbraak).

2. In de praktijk gehanteerde werkwijzen om koolhydraten in te delen

Wat betreft de indeling van koolhydraten zijn er in de loop van de tijd een aantal werkwijzen, veelal gebaseerd op bepaalde analysemethoden, ontstaan. Onderstaand wordt op deze manier van indelen, alsook op de achterliggende analysemethoden ingegaan.

a. Bepaling van het gehalte aan **bruto suiker** in de 40 % ethanol oplosbare fractie. Dit gebeurt veelal volgens de methode Luff Schoorl. In de Veevoedertabel wordt dit gehalte aangeduid als SUI.

Bij deze bepalingsmethode wordt de 40 % ethanol oplosbare fractie aan een zwakzure hydrolyse (inversie) onderworpen; vervolgens wordt de hoeveelheid reducerende hydroxylgroepen bepaald (en meestal uitgedrukt als 'glucose-equivalenten').

Indertijd zijn de condities voor de zwakzure hydrolyse zodanig gekozen dat sacharose voor 100 % hydrolyseert. Voor andere suikers is dit echter zeer de vraag. Zo heeft ID-Lelystad aangetoond dat maltose onder de standaard analysecondities slechts gedeeltelijk wordt gehydrolyseerd (ca. 60 %). Aangenomen mag worden dat dit ook geldt voor andere di- en oligosacchariden in de 40 % ethanol oplosbare fractie (zowel de enzymatisch afbreekbare, zoals glucose-oligosacchariden, als de fermentatief afbreekbare) en dat de hydrolyse onvollediger zal zijn naarmate het aantal suikereenheden per molecuul toeneemt. Zo wordt verondersteld dat 'glucose-oligosacchariden' niet/nauwelijks wordt bepaald met de klassieke Luff Schoorl methode.

Binnen de bruto suikerfractie is in een aantal monsters van een aantal voedermiddelen via HPLC bepaald wat de fractie aan 'enzymatisch verteerbare suikers' (= 'SUIe/SUI'; in eerdere edities 'VCiSUI' genoemd) is. Deze fractie bestaat uit **glucose, fructose, galactose, saccharose, maltose en lactose**. De werkwijze in de Veevoedertabel veronderstelt dat het aandeel SUIe in het totale SUI gehalte per grondstof constant is, hetgeen wellicht niet het

geval is. Het gehalte SUIe in een voedermiddel wordt berekend door SUI te vermenigvuldigen met de (op het productblad vermelde) factor 'SUIe/SUI'.

Het aandeel **fermentatief afbreekbare suikers** (bijv. raffinose, stachyose, verbascose) in de bruto suikerfractie wordt bepaald door daarvan de fractie enzymatisch verteerbare suikers af te trekken. In de Veevoedertabel wordt deze fractie aangeduid als SUIf = SUI – SUIe. Zoals hierboven aangegeven, wordt het gehalte aan fermentatief afbreekbare suikers waarschijnlijk onderschat. Niet gedetecteerde SUIf valt automatisch in de OOS-fractie, hetgeen betekent dat een onvolledige detectie van de SUIf-fractie geen (grote) gevolgen heeft voor de energiewaardering van een grondstof.

Uit bovenstaande blijkt dat er m.b.t. de analyse van de –in 40 % ethanol- oplosbare suikerfractie nog de nodige onduidelijkheid is. Bij de meeste voedermiddelen gaat het om een relatief kleine fractie.

- b. **Glucose-oligosacchariden (afbraakproducten van een onvolledige enzymatische afbraak van zetmeel met 3 – ca. 10 glucose-eenheden; in edities van de Veevoedertabel voor 2003 'OZET' genoemd)** komen voor in voedermiddelen waar tijdens het voortbrengingsproces (al dan niet na doelbewuste toevoeging van amylases) het zetmeel uit het primaire product *gedeeltelijk* is afgebroken. Ze komen met name voor in bepaalde vochtrijke diervoeders. Sinds de Veevoedertabel 2004 wordt het gehalte echter niet meer afzonderlijk weergegeven; voor voedermiddelen waarin naast zetmeel ook glucose-oligosacchariden voorkomen, wordt het gecombineerde gehalte (ZETam + GOS) op de productbladen vermeld a's 'ZETtot'.

Het gehalte aan ZETtot kan op twee manieren worden vastgesteld (voor details wordt verwezen naar document RD004):

- a. Werkwijze 1:

- Gecombineerde bepaling van (ZETam + GOS + SUI) in de *waterige* oplossing van het monster
- Bepaling van SUI in de 40% ethanol oplosbare fractie
- Berekening van $ZET_{tot} = (ZET_{am} + GOS + SUI) - SUI$

- b. Werkwijze 2:

- Bepaling van ZETam in het 40% onoplosbare residu
- Gecombineerde bepaling van (GOS + SUI) in de 40% ethanol oplosbare fractie
- Bepaling van SUI in de 40% ethanol oplosbare fractie
- Berekening van $GOS = (GOS + SUI) - SUI$
- Berekening van $ZET_{tot} = ZET_{am} + GOS$

- c. **Zetmeel** kan worden bepaald volgens de methode Ewers, of via een enzymatische methode in het in 40 % ethanol niet-oplosbare residu.

Bij de methode Ewers wordt het monster onderworpen aan een zure hydrolyse, die qua zuursterkte, tijd en temperatuur nauwkeurig gestandaardiseerd is. De bij deze hydrolyse gevormde splitsingsproducten van zetmeel worden, omdat ze een optische rotatie veroorzaken, via een polarimeter gekwantificeerd. De gevonden uitkomst wordt gecorrigeerd voor de waarde die wordt gevonden voor de in 40% alcohol oplosbare koolhydraatfractie. Aangezien er ook andere, niet-enzymatisch afbreekbare en niet in 40% alcohol oplosbare koolhydraten zijn die bij de zure hydrolyse splitsingsproducten opleveren die een optische draaiing geven, kan deze –indirecte- bepalingmethode artificiële uitslagen geven. Het normvoorschrift geeft ook aan dat van bepaalde producten het zetmeelgehalte niet met deze methode mag worden geanalyseerd.

Bij de enzymatische bepaling van het zetmeelgehalte wordt het monster wel eerst geëxtraheerd met 40% alcohol. Vervolgens is de aan de enzymincubatie voorafgaande ontsluitingsstap van het zetmeel in de 40% onoplosbare fractie cruciaal. Algemeen wordt aangenomen dat de recent ontwikkelde procedure, waarbij ontsloten wordt met DMSO, adequaat is. Bij het via een enzymatische methode kwantificeren van het aanwezige zetmeel is van belang dat het enzym zetmeel voor 100 % afbreekt tot glucose-eenheden, die vervolgens via een specifieke glucosebepaling worden gekwantificeerd. Dit kan door incubatie met het enzym amyloglucosidase. Bij gebruik van pancreatine (dat o.a.

pancreasamylase bevat) blijven als splitsingsproducten ook maltose en isomaltose achter; tenzij deze met isomaltase verder worden afgebroken, wordt met de pancreatinemethode zetmeel niet kwantitatief bepaald^a.

De werkgroep Veevoedertabel heeft in 2003 besloten voor die voederwaardesystemen waar zetmeel een relevante factor is, in de (nabije) toekomst geheel over te stappen op het met amyloglucosidase bepaalde zetmeelgehalte. De redenen hiervoor zijn:

- De methode Ewers is een indirecte methode. Bij een aantal producten geeft de methode een duidelijk artificiële uitslag (bijv. bietenpulp, citruspulp, lupinen, sojaschroot e.a.). Ook bij zetmeelrijke producten is er echter sprake van een geringe (bijv. granen en graanbijproducten) tot aanzienlijke overschatting (bijv. erwten)
- Er is recent een (ontwerp)normvoorschrift beschikbaar gekomen voor het met amyloglucosidase bepalen van totaal zetmeel dat inmiddels breed draagvlak heeft gekregen.
- Voor de voederwaardering is het van belang dat zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van specifieke bepalingmethoden: de ZETam methode voldoet hieraan.

Met ingang van de Veevoedertabel 2003 is voor het berekenen van de structuurwaarde niet langer gebruik gemaakt van het ZETew gehalte, maar van het ZETam gehalte (zie verder paragraaf 3.4). Sinds de Veevoedertabel 2004 wordt ook voor het berekenen van de netto energiewaarde voor vleesvarkens (NEv en EW) en –daar waar aan de orde- de omzetbare energiewaarde voor volwassen pluimvee (OEpl), leghennen (OEh) en vleeskuikens (OEslk) uitsluitend met het ZETam gehalte gerekend.

- d. De koolhydraatfractie bestaat verder veelal grotendeels uit de ‘**niet-zetmeel celwandpolysacchariden**’. Naast de *niet-zetmeel celwandpolysacchariden* komen in sommige planten, in plaats van zetmeel, andere *opslagpolysacchariden* voor; voorbeelden van dergelijke **opslag NSP** zijn mannanen, inuline e.d. In het schema ‘Indeling koolhydraten’ wordt aangegeven dat beide typen NSP binnen de ‘niet in 40 % ethanol oplosbare koolhydraatfractie’ vallen. Gezien het feit dat bij het analyseren van deze NSP meestal met waterige extracten wordt gewerkt, en sommige NSP daarin gedeeltelijk oplossen, is dit feitelijk niet helemaal juist. Omdat het echter om polysacchariden gaat, wordt verondersteld dat de fout die hier wordt gemaakt verwaarloosbaar klein is.
- e. De fractie *niet-zetmeel celwandpolysacchariden* valt uiteen in een aantal categorieën: **Pectinen** (vaak voor een groot gedeelte wateroplosbaar), **Wateroplosbare celwand NSP** (β-glucanen in gerst, arabinoxylanen in rogge en tarwe), **Hemicellulose**, **Cellulose** en **Lignine**.
- f. Voor de netto energiewaardering van voedermiddelen voor vleesvarkens dient de uitsluitend via fermentatie afbreekbare polysaccharidenfractie te worden berekend. In samenhang met de overgang van ZETew naar ZETam als basis voor de energiewaardeberekening bij vleesvarkens, is besloten deze fractie (voor 2003 aangeduid als OOS) anders te definiëren en –om verwarring te voorkomen- eveneens anders aan te duiden. Alle uitsluitend via fermentatie afbreekbare polysacchariden worden bijeengebracht onder de term ‘NSP’ (= niet zetmeel polysacchariden). Het gaat hier om een –als volgt- berekende fractie:

$$\text{NSP (g/kg DS)} = 1000 - \text{RE} - \text{RVET} - \text{RAS} - \text{CF_DI} \cdot \text{SUI} - \text{ZETam} - \text{GOS} - 0,92 \cdot \text{MZ} - 0,5 \cdot (\text{AZZ} + \text{PRZ} + \text{BZ})$$

(alle gehalten in g/kg DS)

Deze werkwijze heeft als voordeel dat er geen uitgebreide analyse van een veelheid aan koolhydraten hoeft plaats te vinden; nadeel is dat alle onnauwkeurigheden (o.a. fouten in

a De pancreatinemethode staat weliswaar dicht bij het dier dan de methode waarbij bacterieel amyloglucosidase wordt toegepast, maar als het doel is een kwantitatieve bepaling van het glucose-gehalte is dit niet relevant. Als men *in vitro* de zetmeelafbraak zoals deze in het dier plaatsvindt, wil imiteren ligt dat anders.

de omrekening van N- naar RE-gehalte, waarbij standaard een factor 6,25 wordt aangehouden) cumuleren in de NSP-fractie.

Voor vochtrijke diervoeders is besloten dat op de productbladen de som van ZETam en GOS zal worden vermeld onder de term ZETtot. De berekening van NSP wordt daarmee:

$$\text{NSP (g/kg DS)} = 1000 - \text{RE} - \text{RVET} - \text{RAS} - \text{CF_DI} \cdot \text{SUI} - \text{ZETtot} - 0,92 \cdot \text{MZ} - 0,5 \cdot (\text{AZZ} + \text{PRZ} + \text{BZ})$$

(alle gehalten in g/kg DS)

Een belangrijk verschil ten opzichte van de eerder gebruikte OOS-fractie is dat onder de NSP-fractie niet langer de glucose-oligosacchariden (GOS) en (het niet-vervluchtigde deel van) de 'organische zuren en alcohol' (vooral aanwezig in een aantal vochtrijke diervoeders) worden meegenomen. Hierdoor wordt de energiewaardeberekening van voedermiddelen, waarin deze componenten (met een 100% fecale verteerbaarheid en een andere NE-waarde dan VSNP) voorkomen, een stuk transparanter. Bij vochtrijke diervoeders worden de vluchtige componenten AZZ, MZ, PRZ, BZ en ALC in het verse product bepaald en in de hoeveelheid droge stof (verkregen na droging) 'ingerekend'. In de droge stof is echter nog slechts een gedeelte van deze ingerekende hoeveelheid aanwezig, nl. het niet-vervluchtigde gedeelte. Op grond van literatuurgegevens zijn voor AZZ, MZ, PRZ, BZ en ALC de vervluchtigingspercentages geschat van resp. 50, 8, 50, 50, 50 en 100%. Bij de berekening van het NSP-gehalte in de droge stof (zoals in de formule aangegeven en zoals gebruikelijk voor vochtrijke diervoeders) wordt daarom van de droge stof slechts de niet-vervluchtigde fractie van deze componenten afgetrokken.

Voor mengvoedergrondstoffen, waarin geen substantiële gehalten aan glucose-oligosacchariden, organische zuren en/of alcohol voorkomen, kan voor de praktische toepassing de formule voor de berekening van het NSP gehalte vereenvoudigd worden:

$$\text{NSP (g/kg DS)} = 1000 - \text{RE} - \text{RVET} - \text{RAS} - \text{CF_DI} \cdot \text{SUI} - \text{ZETam}$$

(alle gehalten in g/kg DS)

of

$$\text{NSP (g/kg)} = \text{DS} - \text{RE} - \text{RVET} - \text{RAS} - \text{CF_DI} \cdot \text{SUI} - \text{ZETam}$$

(alle gehalten in g/kg)

Opmerking: wanneer (zoals wordt vermoed) met de bruto suikerbepaling vlg. Luff Schoorl niet alle SUI wordt bepaald, zal het niet-gedetecteerde gedeelte van de SUI fractie rekentechnisch in de NSP-fractie vallen.

- g. Er is een duidelijk, maar vaak niet onderkend verschil tussen **NZK (= niet-zetmeelkoolhydraten)** en **NSP (= non-starch polysacchariden, ofwel niet-zetmeel polysacchariden)**. Tot de eerste behoren in feite alle laagmoleculaire koolhydraten. In formule: $\text{NZK} = \text{NSP} + \text{SUI} + \text{GOS}$. Behalve dat de term NZK abusievelijk wordt gebruikt als synoniem voor de term NSP, gebeurt het ook dat men met NZK de fermentatief afbreekbare oligosacchariden (raffinose, stachyose, verbascose) wil aanduiden. Vanwege de onduidelijkheid van de term NZK wordt aanbevolen deze niet te gebruiken.
- h. Bij de **Van Soest analyse** worden drie fracties onderscheiden: **NDF** = fractie die niet oplost in neutraal detergens, **ADF** = fractie die niet oplost in zuur detergens (tegenwoordig bepaalt men vaak het gehalte **NDADF**, ofwel dat gedeelte van de NDF-fractie dat niet oplost in zuur detergens) en **ADL** = residu dat niet oplost in een sterk zuur. Deze analyses zijn oorspronkelijk ontwikkeld voor ruwvoeders. Hierin komen nauwelijks/geen pectinen en wateroplosbare celwand NSP voor; daarom wordt verondersteld dat deze fracties niet meer aanwezig zijn in de NDF-fractie zoals bepaald volgens Van Soest. Op de oorspronkelijke Van Soest methode bestaan een aantal modificaties, o.a. voor zetmeelrijke grondstoffen waar men door enzymatische voorbehandeling de bij de NDF-bepaling storende hoge

zetmeelgehalten reduceert. Verder wordt tegenwoordig vaak binnen de NDF-fractie het ADF-gehalte bepaald; dit wordt aangeduid als ND-ADF. Bij de Van Soest bepaling van NDF en ADF blijft het celwandgebonden eiwit aanwezig; deze fractie NDIN- of ADIN-fractie wordt dus in principe dubbel geteld (zowel bij de RE-bepaling als bij de celwandanalyse). Verder is vermeldenswaard dat het N-gehalte in deze fracties afhankelijk is van de methode van drogen van het monstermateriaal: bij drogen bij 70 °C is het N-gehalte hoger dan bij vriesdrogen. Zie ook document RD003.

- i. De **ruwe celstofbepaling** is een nog altijd veel gebruikte, maar weinig specifieke methode ter bepaling van het gehalte aan celwandbestanddelen. Naast een niet-kwantitatieve recovery van lignine lost bij deze analyse ook een groot gedeelte van de hemicellulosefractie op. Het grootste gedeelte van de cellulose-fractie blijft echter bij deze analyse onopgelost. Ook in de ruwe celstof is nog N, dus celwandgebonden eiwit, aanwezig.

Schema indeling koolhydraten

Koolhydraten											
In 40 % ethanol oplosbare koolhydraten (Onvolledige analyse met Luff Schoorl)					Niet in 40 % ethanol oplosbare koolhydraten						
Glu,Fru,Gal, Sac,Mal,Lac		Fermentat. afbr. suikers	Glucose- oligosacch. (GOS)		Zetmeel	Opslag NSP	Niet-zetmeel celwandpolysacchariden				
						Pectinen	Wateroplosb celwand NSP	Niet-wateroplosbare celwand NSP			
						Hemicel- lulose	Cellulose	Lignine			
ZETtot			Glucose- oligosacch. (GOS)		Zetmeel (als ZETam)						
Fermentatief afbreek- bare koolhydraten		Fermentat. afbr. suikers	Resistant Starch		Opslag NSP	Pectinen	Wateroplosb celwand NSP	Niet-wateroplosbare celwand NSP			
NSP		Voor zover niet met Luff Schoorl gedetecteerd			Opslag NSP	Pectinen	Wateroplosb celwand NSP	Hemicel- lulose	Cellulose	Lignine	
NZK = Niet-zetmeel Koolhydraten		Glu,Fru,Gal, Sac,Mal,Lac	Fermentat. afbr. suikers	Glucose- oligosacch. (GOS)		Opslag NSP	Pectinen	Wateroplosb celwand NSP	Hemicel- lulose	Cellulose	Lignine
NSP = Non-starch Polysacchariden					Opslag NSP	Pectinen	Wateroplosb celwand NSP	Hemicel- lulose	Cellulose	Lignine	
NDF								Hemicel- lulose	Cellulose	Lignine	
(ND)ADF								Cellulose	Lignine		
ADL										Lignine	
Ruwe Celstof								deel Hemi- cellulose	vrijwel alle Cellulose	groot deel Lignine	