

De samenstelling van melk is niet enkel belangrijk voor de verwerkende industrie en de consument. Door de sterke interactie tussen de bloedstroom en het melkvormend weefsel is de gevormde melk een weerspiegeling van de gezondheid van de melkkoe. – BEN AERNOUITS, WINNAAR

BOERENBOND PERSPRIJS - MASTERS –



Melk, er zit meer in dan je denkt!

Door de samenstelling van de melk zeer regelmatig en per individuele koe op te volgen, wordt het mogelijk gezondheids- en voedingsproblemen snel te detecteren, zodat de melkveehouder direct kan ingrijpen om productie- en kwaliteitsdaling te vermijden.

Melksamenstelling en koegezondheid

De gemiddelde melk van hedendaagse Holsteinkoeien bestaat uit 86,3% water, 4,4% vet, 3,5% ruw eiwit en 4,8% lactose. Deze samenstelling wordt naast de genetica, de pariteit, het lactatiestadium, het seizoen en het klimaat voornamelijk beïnvloed door de voeding en de gezondheid van de koe. Voor de vorming van 1 l melk stroomt er ongeveer 400 l bloed doorheen

het uierweefsel van de koe. Door deze sterke interactie bevatten de verschillende melkcomponenten directe informatie over de voedings- en gezondheidstoestand van het dier. En laat juist deze 2 factoren zeer sterk onderhevig zijn aan het management op het melkveebedrijf. Bijgevolg kan een terugkoppeling van de melksamenstelling een zeer interessant hulpmiddel zijn voor het bijsturen van het management om de gezondheid van de koeien – en dus ook de productieresultaten – te verbeteren.

Voeding

Het ureum- en eiwitgehalte van de melk zijn een mooi voorbeeld van de voedingsweerspiegeling. Ureum is een afbraakproduct van niet-benutte eiwitten. Daar-

om geeft het ureumgehalte van de melk samen met het ruw eiwitgehalte een belangrijke indicatie over het (on)evenwicht tussen eiwit- en energievoorziening ter hoogte van de pens: de onbestendige eiwitbalans (OEB). Een normaal melk-ureumgehalte ligt tussen 175 en 275 mg/l. Te hoge ureumgehalten wijzen op een overmaat aan eiwitten of andere stikstofbronnen in het voer (ten opzichte van energie). Dit is een verspilling van geld en zorgt via een verhoogde stikstofuitscheiding voor een onnodig hoge belasting van het milieu. Bij een te laag energieaanbod worden de geabsorbeerde aminozuren als (dure) brandstof gebruikt, ten koste van het waardevolle melkeiwit. Te lage ureumgehalten duiden dan weer op een tekort aan eiwitten in de voeding, waardoor ook het melkeiwitgehalte gedrukt wordt. Een te hoog of te laag ureumgehalte wordt eveneens geassocieerd met een lagere vruchtbaarheid en andere gezondheidsproblemen.

Uit het vetgehalte van melk kan het evenwicht tussen ruwe celstof, suiker, bestendig- en onbestendig zetmeel in het rantsoen afgeleid worden. In de pens worden ruwe celstof en suikers omgezet door microbiële activiteit naar respectievelijk azijn- en boterzuur, terwijl onbestendig zetmeel wordt gefermenteerd naar propionzuur. Deze vluchtige vetzuren worden opgenomen doorheen de penswand en via de bloedbaan naar de uier getransporteerd. Propionzuur heeft een stimulerend effect op de melkhoeveelheid, terwijl de verhouding tussen azijn- en propionzuur een belangrijke invloed heeft op de melksamenstelling. Een hoog gehalte aan azijnzuur (als gevolg van een vezelrijk voeder) ten opzichte van propionzuur resulteert in een hoog melkvetgehalte. Het

Winnaar Boerenbond Persprijs 2010 – Masters

Deze bijdrage van Ben Aernouts wint de Boerenbond Persprijs 2010 voor afgestudeerden met de graad van master. Deze wedstrijd geeft recent gepromoveerden de kans om de inhoud en besluiten van hun eindverhandeling over landbouw, tuinbouw, voeding en andere toegepaste biologische wetenschappen via een artikel bekend te maken in de land- en tuinbouwsector. De Boerenbond Persprijs wordt op 15 januari uitgereikt tijdens Agriflanders, in aanwezigheid van tal van stakeholders van de agrarische sector.



Zijn eindwerk 'Visueel en infraroodspectroscopie voor de bepaling van de melksamenstelling' bezorgde Ben de titel van Master in de bio-ingenieurswetenschappen, landbouwkunde dierproductie, aan de faculteit Bio-ingenieurswetenschappen van de K.U.Leuven. Zijn promotoren waren prof. Wouter Saeyns en prof. Jeroen Lammertyn. Momenteel bereidt hij een doctoraat voor waarin de lichtverstrooiing door de vetglobules in melk verder onderzocht wordt. Dit moet leiden tot een beter design van de optische melksensor met een hogere nauwkeurigheid.

vetgehalte kan ook worden verhoogd door de boterzuurproductie te stimuleren via een suikerrijk rantsoen. Indien echter te veel propionzuur in de pens aanwezig is, wordt de boterzuurproductie geremd en stopt de mobilisatie van weefselvet. Dit leidt, in combinatie met het verdunnings-effect door verhoogde melkproductie, tot een verlaging van het melkvetgehalte.

Koegezondheid

Naast het rechtstreekse effect van voeding op de melksamenstelling kan een ongebalanceerde voeding ook metabole aandoeningen veroorzaken zoals pensver-

zuring en ketose. Pensverzuring treedt op wanneer de pH van de pens te laag wordt (< 5,5). Deze situatie kan ontstaan wanneer het rantsoen uit veel en snel afbreekbare koolhydraten bestaat, bijvoorbeeld bij een te hoog krachtvoeraandeel ten opzichte van vezels. Door het structuurtekort in krachtvoer wordt het kauwen en herkauwen te weinig gestimuleerd. Hierdoor treedt er een verminderde speekselproductie op en worden de vluchtige vetzuren in de pens onvoldoende gebufferd door het natriumbicarbonaat in het speeksel. De pH in de pens zal blijven dalen met als gevolg dat de pensflora niet meer goed functioneert of zelfs gedeeltelijk afsterft. Bovendien zullen bij een lagere pH lactobacillen melkzuur produceren die de pH nog sterker verlagen. Bijgevolg verschuift de productie van vluchtige vetzuren naar meer propionzuur en minder azijn- en boterzuur. Hierdoor daalt vooral de afbraak van structuurrijk voeder, gevolgd door een lagere pensactiviteit en verminderde ruwvoederopname. Aangezien melkvet voor 50% gevormd wordt uit boterzuur en azijnzuur, zal ook het melkvetgehalte dalen (melkvetdepressie). Daarnaast wordt pensverzuring ook geassocieerd met diarree, klauwbevangenheid, verlaagde eetlust, lebmaagdraaiing, slechte conditie en een onderdrukking van de natuurlijke afweerreacties. Een daling van het vetgehalte onder het niveau van het eiwitgehalte is een ernstige indicatie voor pensverzuring.

Een ander metabool probleem dat de melksamenstelling sterk beïnvloedt is een negatieve energiebalans (NEB). In de eerste weken van de lactatie kan een hoog-



MPR-melkstalen van MCC-Vlaanderen die in het onderzoek gebruikt werden. Deze stalen worden genomen op melkveebedrijven en vervolgens geanalyseerd bij MCC in Lier.

productieve koe niet de nodige energie opnemen om haar verbruik te compenseren. Om dit energietekort op te vangen zal het dier enerzijds haar eiwit aanbod aanspreken, ten koste van het melkeiwit, en anderzijds haar vetreserve mobiliseren, hetgeen kan leiden tot leververvetting. De combinatie van een hoog vetgehalte (hoger dan 5% door mobilisatie van de vetreserve) en een laag eiwitgehalte in de melk (minder dan 3% door afbraak van eiwitten voor energie), voornamelijk in de periode van 5 tot 7 weken na afkalven, duiden op een negatieve energiebalans en leververvetting. Vooral de diepte en de duur van de negatieve energiebalans bepalen de totale belasting van het dier. Bij sterke energietekorten kan de lever de overvloed aan gemobiliseerde vetzuren (afkomstig van de vetreserve) niet verwerken en worden deze omgezet naar ketonen. Een overmaat aan ketonen kan de lever beschadigen en aanleiding geven tot slepende melkziekte of ketose.

Het lactosegehalte van melk kan gebruikt worden om vroegtijdig mastitis op te sporen. Door schade aan het melkvormend weefsel in geval van mastitis treedt er een verminderde melkproductie op en verandert de melksamenstelling. Door een verhoogde doorlaatbaarheid van de membranen in het melkvormend weefsel zal lactose, dat enkel geproduceerd wordt in de cellen van het uierweefsel, weglekken vanuit de melk in de bloedbaan, terwijl bepaalde bloedcomponenten naar de melk lekken. Hierdoor daalt het lactosegehalte in melk van een ontstoken kwartier.

Melkproductieregistratie

Uit het voorgaande blijkt duidelijk dat een regelmatige analyse van de geproduceerde melk waarschijnlijk de meest efficiënte manier is om de gezondheidsstatus en de voeding van koeien te controleren. Vandaag worden de belangrijkste melkcomponenten (vet, eiwit, lactose en ureum) samen met het gehalte aan somatische cellen voor individuele melkstalen vierwekelijks bepaald als een onderdeel van melkproductieregistratie (MPR). De gegevens zijn waardevol in het kader van een genetisch selectieprogramma of voor het afstemmen van het dieet op macroschaal, maar worden niet frequent genoeg geregistreerd voor een vroege probleemdetectie of voor het optimaliseren van de voeding op dag- en dierniveau.

Sensorontwikkeling

Omdat landbouwbedrijven steeds groter worden, is de efficiëntie van de melkwinning van toenemend belang. Door jarenlange genetische selectie, verbetering van het voeder en het management is de melkproductie per koe enorm toegenomen. Een neveneffect is echter dat de heden-

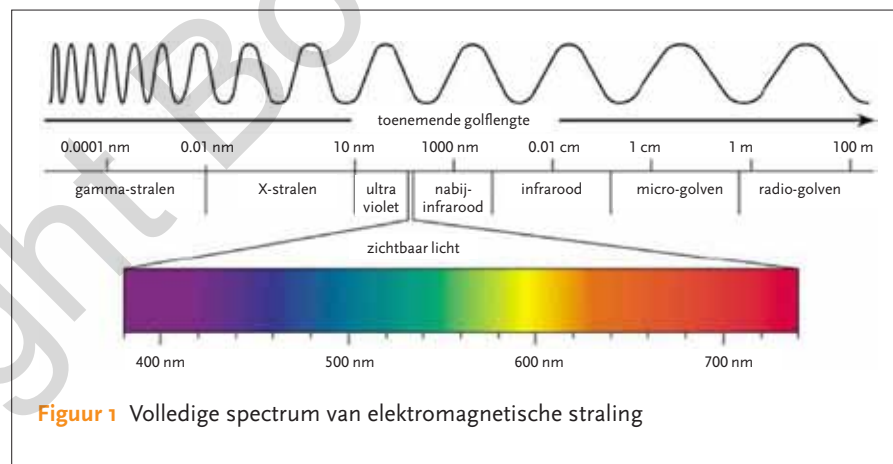
daagse hoogproductieve koeien ook makkelijker vatbaar zijn voor de zogenaamde productieziekten. De blijvende stijging van het aantal koeien per melkveebedrijf maakt het voor de melkveehouder echter steeds moeilijker om al zijn dieren regelmatig te controleren en – waar nodig – snel in te grijpen. Dit heeft ervoor gezorgd dat er een duidelijke evolutie is naar de ontwikkeling en toepassing van sensoren en systemen die automatisch gegevens verzamelen per koe.

Spectroscopie

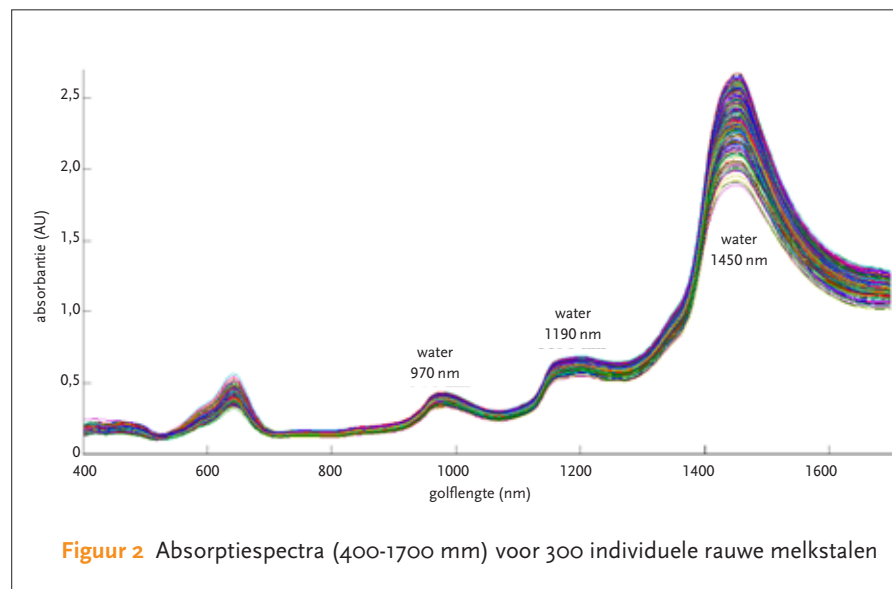
Spectroscopie is in het verleden reeds vaak gebruikt voor de snelle, eenvoudige en niet-destructieve bepaling van de kwaliteit en de samenstelling van verschillende landbouwproducten. Deze techniek vraagt meestal geen bijkomende behandeling van het te onderzoeken product waardoor men rechtstreeks op de productielijn (bijvoorbeeld op de melkleiding) kan meten. Bij Vis/NIR-spectroscopie wordt er gemeten hoeveel zichtbare en nabij-infrarode straling geabsorbeerd wordt door het onderzochte product (bijvoorbeeld melk). Zichtbaar licht en nabij-infrarode straling zijn elektromagnetische golven (figuur 1) met een golflengte van 400 tot 2500 nm

(nanometer = 1 miljardste van een meter) die kunnen geabsorbeerd worden door een bepaalde component (vet, eiwit, lactose, ureum, ...) in het staal. De golflengte van de elektromagnetische straling die geabsorbeerd wordt, is specifiek voor de component waarmee het interageert en de hoeveelheid geabsorbeerde straling is bovendien recht evenredig met de concentratie van de component. Indien de golflengte, waarbij een bepaalde component absorbeert, gekend is, kan aan de hand van de hoeveelheid geabsorbeerde straling de concentratie berekend worden. In de praktijk is het echter veel ingewikkelder... Zo treedt er vaak lichtverstrooiing op, kunnen de absorptiegolflengtes van verschillende componenten overlappen en is het hele gebeuren temperatuurgevoelig.

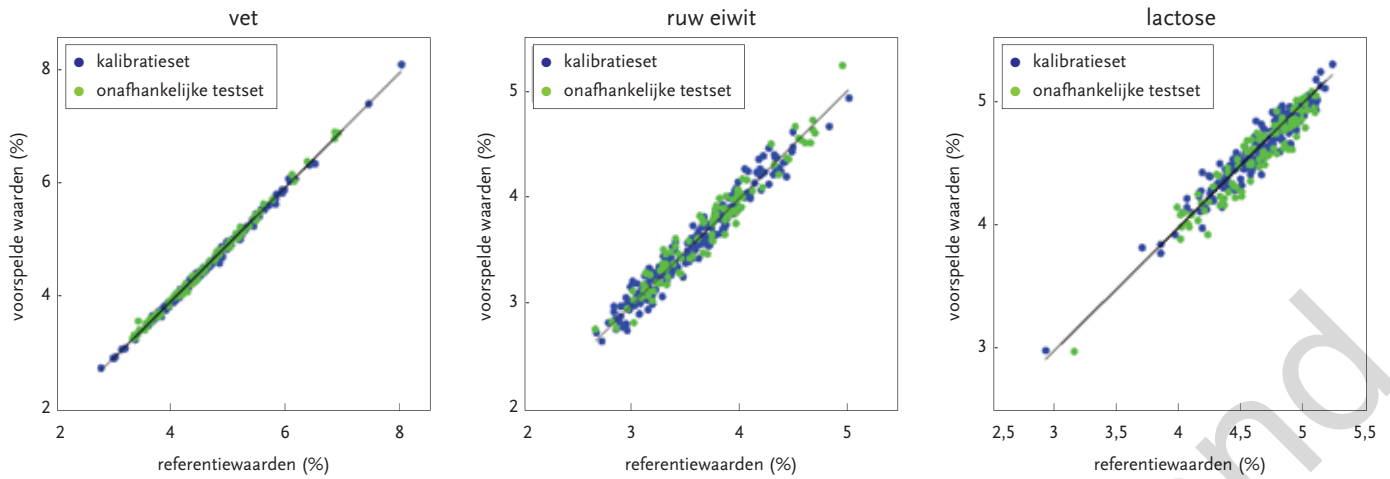
Bij Vis/NIR-spectroscopie wordt er bij verschillende golflengtes (zowel zichtbare als nabij-infrarode straling) gemeten hoeveel van deze stralingsenergie geabsorbeerd wordt door het staal. Door gebruik te maken van een statistische methode, die de relatie legt tussen de concentratie van een component en de absorptie op verschillende specifieke golflengtes, is het mogelijk om het gehalte van een bepaalde component te bepalen aan de hand van



Figuur 1 Volledige spectrum van elektromagnetische straling



Figuur 2 Absorptiespectra (400-1700 nm) voor 300 individuele rauwe melkstalen



Figuur 4 Nauwkeurigheid van Vis/NIR-spectroscopie (metingen K.U.Leuven) ten opzichte van referentiemethode voor vet, ruw eiwit en lactose (metingen MCC)

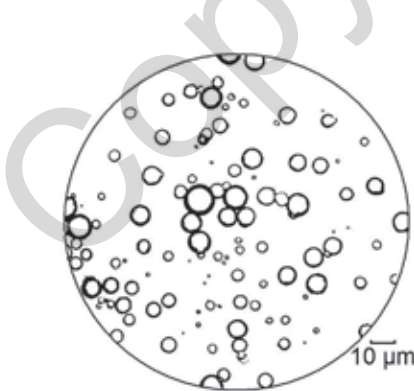
het geabsorbeerde lichtpatroon (figuur 2) van het onderzochte product, melk in dit geval.

Melksamenstelling meten in de praktijk

In het kader van mijn thesis en in samenwerking met de afdeling Mechatronica, Biostatistiek en Sensoren (MeBioS) van de Katholieke Universiteit Leuven werd deze techniek getest om de samenstelling van melkstalen te bepalen. Driehonderd MPR-melkstalen werden na referentie-analyse (door het Melkcontrolecentrum-Vlaanderen) verzameld en onderzocht met Vis/NIR-spectroscopie. Zichtbare en nabij-infrarode straling met een gekende intensiteit werden naar ieder melkstaal gestuurd en de hoeveelheid gereflecteerde en doorgelaten straling werd opgemeten. De vetglobules in de melkemuulsie (figuur 3) zorgde echter voor extra moeilijkheden, door sterke verstrooiing van de straling. Diezelfde vetglobules komen bijvoorbeeld ook aan het oppervlak van rauwe melk indien ze niet tijdig geroerd wordt. Uit de metingen kon vervolgens de absorp-

tie bij verschillende golflengtes afgeleid worden. In figuur 2 is het absorptiespectrum (400-1700 nm) weergegeven voor de verschillende melkstalen. De duidelijke absorptiepieken bij 970, 1190 en 1450 nm worden veroorzaakt door water. Voor de andere melkcomponenten is er geen duidelijk waarneembare absorptiepiek wegens de relatief lage concentratie. Toch was het mogelijk om met behulp van multivariate regressie een nauwkeurige predictie te maken van het vet-, ruweiwit- en lactosegehalte van individuele rauwe melkstalen. Spectra van 200 melkstalen werden gebruikt om een kalibratiemodel te bouwen en de overige 100 melkstalen werden gebruikt als onafhankelijke testset. Figuur 4 toont de nauwkeurigheid van Vis/NIR-spectroscopie (voorspelde) in vergelijking met de referentieanalyse. Regressiecoëfficiënten (deel van de variatie dat je kan voorspellen) van 99, 95 en 88% voor de bepaling van respectievelijk het vet-, het ruweiwit- en het lactosegehalte wijzen op een goede tot uitstekende predictie van de melksamenstelling met Vis/NIR-spectroscopie.

vidueel monitoren van de geproduceerde melk (hoeveelheid, geleidbaarheid, samenstelling, temperatuur, celgetal, kleur, ...). Deze overdaad aan gegevens is niet meer overzichtelijk en moeilijk interpreteerbaar voor de melkveehouder. Een bijkomende uitdaging bestaat dan ook in de verwerking en combinatie van al deze gegevens om zo tot overzichtelijke en juiste attentielijsten te komen. Binnen de onderzoeksgroep MeBioS van de K.U.Leuven werken we daarom aan een intelligent monitoringsysteem, gebaseerd op statistische procescontrole, dat de effectieve productie- en kwaliteitsgegevens per koe gebruikt om zo haar gezondheid te bewaken. ■



Figuur 3 Microscopische afbeelding van melk: vetglobules met een diameter van 1 tot 12 μ (micrometer = 1 miljoenste van een meter)

Besluit

De onderzochte techniek heeft heel wat potentieel om de melksamenstelling tijdens het melken op te volgen. Zeer goede resultaten werden bekomen voor de bepaling van het vet-, ruweiwit- en lactosegehalte. Toekomstig werk zal zich voornamelijk situeren in de optimalisatie van de sensor, zodat de bepaling van de verschillende componenten nog nauwkeuriger kan gebeuren en waardoor ook minor-componenten, zoals ureum en ketonen, detecteerbaar worden. Uiteindelijk zal de sensor ook getest worden op een melkveebedrijf waar het tijdens het melken de samenstelling van de melk zal meten.

Dergelijke sensoren verzamelen zeer veel gegevens via het dagelijks en indi-



De vereenvoudigde opstelling waarmee Ben Aernouts de melkstalen opmat: lichtbron, melkstaal en Vis/NIR-spectrofotometer.