

DE DOOR VERBRANDING VAN VETTEN, KOOL- HYDRATEN EN EIWITSTOFFEN VERKREGEN WARMTE.

BERTHELOT deed in de vergadering van de *Académie des sciences* van 5 Mei l.l. eene belangrijke mededeeling, die ook buiten den kring van de lezers der *Comptes Rendus* met belangstelling zal worden aangehoord. Zij had toch betrekking op eene zaak, waarbij ieder onzer dagelijks betrokken is, namelijk onze dagelijksche voeding, ofschoon zij haar aanleiding vond in zuiver wetenschappelijke waarnemingen, in zoogenaamde *thermochemische* onderzoekingen. Bepaaldelijk had het onderzoek hier gegolden het vaststellen van de hoeveelheid warmte, waarvan de verbranding van bepaalde stoffen de oorzaak is.

Vooraf ga eene korte herinnering, voor velen overbodig misschien. Het is deze, dat onze voedingsstoffen, wanneer wij een oogenblik afzien van water, zouten en zuurstof, tot drie groepen van scheikundige verbindingen behooren: koolhydraten, vetten en eiwitstoffen. De voedingswaarde van de voedingsmiddelen hangt af van de hoeveelheden, die zij van deze drie soorten van stoffen bevatten. Bekende koolhydraten zijn het zetmeel uit het graan, aardappelen, arrowroot, rijst enz., suiker of saccharose, de melksuiker uit de zoete wei, de druivensuiker. De vetten, die als voedsel worden gebruikt, zijn te bekend om hier bij name te worden genoemd.

Tot de veel gebruikte eiwitstoffen behooren, behalve het hoender-eiwit, de eiwitstof, die het hoofdbestanddeel van mager vleesch en visch uitmaken, de kleefstof of het gluten, dat in het graan voorkomt, de kaasstof of de caseïne, die door haar stremmen de oorzaak is van het dik worden van zure melk; de legumine uit erwten en boonen.

Het gebruik van deze voedingsstoffen is noodig, wanneer het lichaam groeien zal en in staat zal zijn arbeid te verrichten. Vooral op het laatste valt hier te letten. Het vermogen om arbeid te kunnen verrichten verkrijgt het lichaam door de oxydatie van stoffen rechtstreeks

of middellijk uit het gebruikte voedsel afkomstig. De koolhydraten en de vetten worden hierbij, wat hun substantie aangaat, tot koolzuur en waterdamp geoxydeerd; door de uitademing worden deze uit het lichaam verwijderd, terwijl de inademing gediend heeft voor den aanvoer der noodige hoeveelheid zuurstof uit de lucht. Zijn de eiwitstoffen verbruikt, dan is ook de daarin aanwezige koolstof grootendeels tot koolzuur en de waterstof grootendeels tot waterdamp geoxydeerd, terwijl het overig gedeelte van de koolstof en de waterstof, met de stikstof uit de eiwitstoffen tot ureum verbonden, door de werking der nieren buiten het lichaam worden gebracht.

Dat aan deze oxydatie dikwijls de naam verbranding gegeven wordt ligt niet alleen hieraan, dat de brandstoffen zich in onze haarden en kachels eveneens met de zuurstof uit de lucht tot koolzuur en waterdamp verbinden, maar bovenal hieraan, dat ook in ons lichaam een gedeelte van het voortgebrachte arbeidsvermogen zich in warmte omzet. Dat ons lichaam altijd eene hoogere temperatuur heeft dan de ons omgevende lucht (voor ons klimaat, waar de temperatuur zelden boven 90° F. rijst, mag dit stellig worden gezegd), dat het heeft wat men gewoonlijk dierlijke warmte noemt, is een gevolg van de oxydatie der koolhydraten, vetten en eiwitstoffen.

In onze kachels heeft geen volkomen verbranding van de brandstoffen plaats; immers dat roet branden kan, leert elke schoorsteenbrand op nieuw, en dat een rookvrije verbranding een ideaal is, waarnaar men voorloopig nog streeft, niet alleen in plaatsen, die door een Londenschen mist worden geplaagd maar overal waar men zoo voordeelig mogelijk wenscht te stoken, is bekend genoeg. Even weinig voldoet de verbranding in ons lichaam aan de strengste eischen; de koolstof en de waterstof, die het door de nieren afgevoerde ureum bevat, zijn gelijk te stellen met de schadeposten roet en rook; zonder nadeelig saldo zou de rekening sluiten, wanneer ook deze koolstof tot koolzuur en deze waterstof tot water werd verbrand, terwijl de stikstof, die het ureum bevat, als een kleurloos gas zich met de stikstof der dampkringslucht kon vermengen.

Na deze herinnering kan een kort overzicht volgen van den wetenschappelijken arbeid, waarover de fransche scheikundige den 5 Mei ll. sprak. Kleine hoeveelheden van verschillende eiwitstoffen (hoender-eiwit, bloedvezelstof of fibrine, spiervleesch, de kleurstof haemoglobine uit het bloed van paarden afgezonderd, kaasstof uit melk, vischlijm, plantaardige vezelstof uit gluten afgezonderd, gluten zelf, wol

enz.) werden door hem verbrand op zóódanige wijze, dat de verbranding volkomen was, d. w. z. tot koolzuur, waterdamp en stikstof,¹ en in zóódanigen toestel, dat de hoeveelheid warmte, welke de verbranding had voortgebracht, nauwkeurig kon bepaald worden. De hoeveelheid warmte, die ontstaan was, werd ook hier uitgedrukt in *caloriën*; daar het hier alleen eene vergelijking van de verkregen hoeveelheden mogelijk behoeft te maken, is het overbodig hier te herinneren, hoe men aan het begrip van een *calorie* komt.

Om ook de hoeveelheden van de verbruikte stoffen met elkander te kunnen vergelijken, drukte BERTHELOT de door hem gevonden cijfers uit in eene maat, die voor iedereen de zaak begrijpelijk maakt; hij koos namelijk zoo groote (of als men wil zoo kleine) hoeveelheden der stoffen, dat daarop telkens 1 G. koolstof voorkwam. Uit de hoeveelheid warmte, die hij waarnam bij de volkomene verbranding van de genomen hoeveelheid hoenderewit, berekende hij, hoeveel warmte er ontwikkeld zou geweest zijn, wanneer de hoeveelheid eiwit zoo groot geweest was, dat zij 1 gram koolstof bevatte. Voor de eiwitstoffen bedroeg deze hoeveelheid warmte gemiddeld 10870 *caloriën*; bij de verschillende eiwitstoffen wisselden de getallen af tusschen de uitersten 11080 en 10544.

De hoeveelheid warmte, die nu bij de verbranding van dezelfde hoeveelheden der eiwitstoffen in het menschelijk lichaam vrij wordt, is kleiner. Immers ureum is eene stof, die bij oxydatie nog warmte zou kunnen geven. Het verschil tusschen de warmteontwikkeling bij de volkomen oxydatie van eiwit en bij die, welke eiwit bij de spijsvertering en stofwisseling ondergaat, is gelijk aan de hoeveelheid warmte, die eene evenredige hoeveelheid ureum bij verbranding oplevert. Dit deficit bedraagt gemiddeld 16 pct. of een zesde van de 10870 *caloriën*; de hoeveelheid voortgebrachte warmte bedraagt dus gemiddeld 9058 *caloriën*. Scheidden de nieren geen ureum af, maar werd dit in het menschelijk lichaam tot koolzuur, water en stikstof geoxydeerd, dan zou het arbeidsvermogen, hetwelk ons lichaam aan het verbruik van eiwitstoffen ontleent, ongeveer $\frac{6}{5}$ zijn van hetgeen het nu is.

Reeds vroeger deed BERTHELOT dergelijke bepalingen van de verbrandingswarmte bij de twee andere hoofdgroepen van voedingsstoffen, bij koolhydraten en bij vetten. Die vroegere arbeid stelde hem in

¹ De geringe hoeveelheid zwavel, die aanwezig was, werd tot zwavelzuur geoxydeerd

staat de waarde der drie soorten van voedingsstoffen als bron van arbeidsvermogen met elkander te vergelijken. Ook hier stellen de genoemde getallen de hoeveelheden calorïën voor, die voortgebracht worden door hoeveelheden met 1 gram koolstof. Koolhydraten geven dan gemiddeld 9470 en vetten gemiddeld 12400 calorïën. Voeding met een bepaalde hoeveelheid van eene voedingsstof, die een gram koolstof vertegenwoordigt, geeft dus de grootste hoeveelheid warmte, wanneer de voedingsstof in den vorm van vetten gebruikt wordt. In koudere gewesten heeft men meer vetten noodig dan in tropische streken; deze aloude waarheid wordt hier langs wetenschappelijken weg in het licht gesteld.

Ziet men de medegedeelde getallen door, dan blijkt de verbrandingswarmte van den dooier van het ei aanmerkelijk groter dan die van eiwit; tegenover het bovengenoemde gemiddeld cijfer van 10870 calorïën staat voor den dooier het getal van 12052 calorïën. Dit verschil hangt hiermede samen, dat de eidooier voor een groot gedeelte uit vetten bestaat, die op dezelfde hoeveelheid koolstof eene grootere verbrandingswarmte hebben. Wij meenen thans niet beter te kunnen doen dan aan BERTHELOT zelven het woord te geven voor de opmerkingen omtrent de stofwisseling, waarmede hij zijne mededeeling besloot.

»De gegeven cijfers hebben betrekking op een krachtig gestel, dat zijne volle werkzaamheid bezit, dat het opgenomen voedsel verteert en volkomen verbrandt (wanneer de afscheiding van ureum nu eenmaal als een vast deficit wordt beschouwd), dat zich aan het einde van elken dag en van elke reeks van dagen in denzelfden toestand bevindt, waarin het bij den aanvang verkeerde.

Maar het geval ligt er anders toe in een ziekelijk of verzwakt gestel, dat de van buiten opgenomen voedingsmiddelen niet volkomen verbrandt. Hiervan kunnen zoowel algemeene als plaatselijke storingen het gevolg zijn. Algemeene storingen neemt men waar, wanneer tengevolge van onvoldoende oefening der spieren of van eene onvoldoende ademhaling, de vetten niet meer in voldoende mate kunnen verbranden; er zet zich dan overal en voornamelijk in en tusschen het spierweefsel onverteerd vet af. Van de voedingsstoffen zijn de vetten de groep, die het eerst ophoudt aan het verzwakt gestel nieuw arbeidsvermogen te leveren.

Ook dan sluit de rekening met een nadeelig saldo, wanneer het gestel niet meer in staat is de van buiten opgenomen koolhydraten

of de in de lever gevormde koolhydraten volkomen te verbranden; dan worden koolhydraten (b.v. bij suikerziekte) uit het lichaam afgescheiden, zonder dat zij hun arbeid hebben kunnen verrichten. Daaruit spruit eene vermindering voort van de hoeveelheid der voortgebrachte dierlijke warmte, eene vermindering, die nog sterker dan in het vorig geval met een ziekelijken toestand van een geheel van bijzondere organen verbonden schijnt.

Deze opmerkingen gelden eveneens, voor een gedeelte ten minste, voor de onvolkomen verbranding van stikstofhoudend voedsel, wanneer een verzwakt gestel daarvan eene te groote hoeveelheid opneemt om ze volkomen te kunnen gebruiken. Zijn de nieren de organen, die in een gezond lichaam enkel voor de verwijdering van ureum zorgen, in een ongezond lichaam brengen zij ook de overtollig aangevoerde stikstofhoudende stoffen buiten het lichaam; nu eens, en dit zijn wel de ernstigste gevallen, wordt geheel onveranderd eiwit met de urine uit het lichaam verwijderd, dan weder ontstaan, door gedeeltelijke verwerking, stoffen als urinezuur, die zich in het lichaam kunnen verspreiden en dan de oorzaak van zeer ernstige storingen kunnen zijn (b.v. gewrichtsrheumatisme en vorming van blaassteenen.)"

Het urinezuur in de uitwerpselen van vogels en slangen en het hippuurzuur in de urine der herbivoren wijst dus op eene minder volledige verbranding van het opgenomen voedsel.

Dergelijke storingen gaan gepaard met eene vermindering van de hoeveelheid voortgebrachte warmte; het lichaam wordt langzamerhand meer gevoelig voor de aandoeningen van de koudere omgeving. Brengt het dierlijk gestel te weinig warmte voort, het wordt daardoor steeds minder goed in staat om voedingsstoffen te verbranden; de eene storing is op haar beurt de oorzaak van eene andere, zooals het ook in de voortbrengselen der werktuigkunde het geval is.

Kunnen van de nieuwe mededeelingen omtrent de dierlijke warmte nog vele andere toepassingen worden gemaakt, hetgeen vooraf gaat is voldoende om de verschillende waarde der drie groepen van voedingsstoffen in haar beteekenis als bron van arbeidsvermogen in het licht te stellen."

D. v. C.