



Ruben  
Boot

# De eiwit revolutie

Over de medicijnen  
van de toekomst

Pocket Science

# Inhoud

Inleiding 7

- 1 Sleutel en slot 12
- 2 De taal van de cel 26
- 3 Koken met combinaties 40
- 4 Computer-origami 52
- 5 Paardensport 62
- 6 Gevleugelde olifanten 72
- 7 De juiste schakelaar 84

Dankwoord

Index 95

Meer lezen? 99

# Inleiding

Gelijk maar even de koe bij de horens vatten. Eiwitten, dat zijn toch die dingen die onder het kopje ‘Voedingswaarde’ op producten in de supermarkt staan en die fitte mensen na een sportschoolbezoek naar binnen werken? Klopt helemaal, maar dat is niet waar dit boekje over gaat.

Het woord ‘eiwit’ doet al gauw denken aan de drab in een eitje die wit wordt wanneer je het kookt of bakt. Die bestaat óók uit eiwitten, maar slechts een handjevol van de miljoenen soorten eiwitten die in de natuur voorkomen. Alleen al in ons lichaam zijn meer dan honderdduizend verschillende soorten eiwitten te vinden. Daar voeren ze elk hun eigen taak uit: ze laten onze spieren samentrekken, verplaatsen moleculen van waar ze gemaakt zijn naar waar ze heen moeten, repareren wonden en ga zo maar door. Het lijstje is eindeloos. Haast bij elk proces dat zich in ons lichaam afspeelt is op de een of andere manier wel een eiwit betrokken.

Hoewel we eiwitten duidelijk associëren met ons voedingspatroon, doet dit beeld ze dus te weinig eer aan. Ja, eiwitten maken een belangrijk deel uit van wat we eten. En ja, een eiwitshake of eiwitreep op zijn tijd kan helpen bij het groeien van grotere spieren. (Al zijn dit soort supplementen vooral

een marketingtruc, zoals je later in dit boekje zult zien). Wellicht heb je daarnaast in de media weleens wat langs zien komen over de ‘eiwittransitie’, het maatschappelijke doel om ons voedingspatroon van dierlijke naar plantaardige eiwitten te verschuiven. Door al die maatschappelijke beeldvorming ontstaat al gauw het idee dat eiwitten voornamelijk een rol spelen in wat we eten. (Toen ik vrienden en familie trots vertelde dat ik dit boekje zou gaan schrijven, dacht de meerderheid in eerste instantie dat het over voeding zou gaan.) Maar dat eiwitten sleutelspelers zijn in de innerlijke werking van ons lichaam, dat is veel minder bekend. Laat staan dat eiwitten een gigantische rol spelen in wat ons lichaam bijstuurt wanneer het uit de bocht vliegt: medicijnen.

Het valt misschien niet direct op, maar we zitten midden in een eiwitrevolutie. De afgelopen jaren bestond het merendeel van de tien bestverkochte medicijnen ter wereld uit eiwitten. We gebruiken ze in de strijd tegen een veelheid aan ziekten, waaronder huidaandoeningen, artritis, allergieën, astma en kanker. Zo helpt het bestverkochte eiwitmedicijn van 2024, met de merknaam Keytruda, het immuunsysteem om kankercellen aan te vallen. Eiwitmedicijnen vormen vandaag de dag dan ook een markt van honderden miljarden euro’s.

Dat eiwitten zo geschikt zijn als medicijn heeft alles te maken met hun vorm. Haast elk geneesmiddel werkt door aan een beoogd stofje te binden en het vervolgens te stimuleren of juist uit te schakelen – als een moleculaire schakelaar. Om goed te werken moet je medicijn enkel daar binden waar je dat wilt en van andere stofjes afblijven. Gaat het overal ongeremd tekeer, dan kun je het beter ‘vergif’ noemen. Veel moleculen zijn niet zo geschikt voor dit soort doelgerichte zoekacties. Maar eiwitten, die blinken er juist in uit.

Het oppervlak van eiwitten zit namelijk vol met kleine uitsteeksels en gaatjes. Hiermee grijpen ze moleculen of

andere eiwitten vast – zoals handen in een klimmuur – om zo processen in gang te zetten. Door miljarden jaren aan evolutie hebben eiwitten unieke vormen gekregen die enkel daar passen waar het moet; ze zitten als gegoten. Daardoor veroorzaken ze minder snel bijwerkingen en kunnen ze gericht taken uitvoeren.

Hoewel onze kennis over eiwitten – hoe ze in elkaar zitten en wat ze doen – pas in de afgelopen vijftig jaar volop tot bloei is gekomen, gebruiken we ze (deels onbewust) al veel langer als superieur strijdmiddel tegen ziekten en de dood. Zo ging de eerste Nobelprijs voor Geneeskunde in 1901 al naar de ontwikkeling van een op eiwitten gebaseerd medicijn tegen difterie, een besmettelijke bacteriële infectie. De Duitse fysioloog Emil von Behring won dit medicijn uit het bloed van paarden die hij had besmet met een verzwakte vorm van de difteriebacterie. Dat eiwitten het werkende bestanddeel vormden in zijn serum, daar had hij destijds nog geen idee van (die ontdekking zou pas jaren later volgen). Maar dat maakte niet uit: het medicijn werkte. Waar difterie ooit een belangrijke doodsoorzaak bij kinderen vormde, komt de ziekte nu nauwelijks meer voor.

Goed, allemaal gaaf en wel. Maar waarom dan die revolutie? Nou, een paar jaar geleden is de wereld van de medicijnen op zijn kop gezet. Lang konden onderzoekers bij het ontwerpen van nieuwe eiwitmedicijnen enkel putten uit eiwitten die in de natuur voorkomen. Dat is nu helemaal anders. Voor het eerst lukt het wetenschappers om met behulp van computers gloednieuwe eiwitten te ontwerpen. In 2020 vond een belangrijke doorbraak plaats die hier een grote rol in speelt. Toen verscheen AlphaFold, een computerprogramma dat met kunstmatige intelligentie (AI) helpt om eiwitten in elkaar te puzzelen; iets wat daarvoor door de immense benodigde berekeningen haast onmogelijk was.

Mede hierdoor kunnen onderzoekers nu geheel nieuwe medicijnen in het lab produceren. Dat dit een revolutionaire doorbraak vormt, is te zien aan het feit dat deze pijlsnel met een van de meest prestigieuze wetenschapsprijzen werd bekroond: in 2024 ging de Nobelprijs voor Scheikunde onder andere naar de makers van AlphaFold.

Sta hier even bij stil. Achter de muren van universiteiten, academische instituten en bedrijven werken onderzoekers nu aan genezende superstofjes die voorheen nergens op aarde te vinden waren. De implicaties hiervan zijn bijzonder groot, maar roepen ook een belangrijke vraag op. Kunnen we nu voor elke ziekte een werkend eiwitmedicijn ontwerpen? Of is dat slechts een rooskleurige illusie?

In dit boekje neem ik je mee in een zoektocht naar een antwoord op die vraag. Maar voor we de wereld van de eiwitmedicijnen induiken, is het van belang om te begrijpen wat eiwitten precies zijn. Daarom richten we ons in de eerste twee hoofdstukken op eiwitten zelf: hoe zitten ze in elkaar en waar komen ze vandaan? Hoofdstuk 1 neemt je mee naar de ontdekking van deze groot uitgevallen moleculen en doet hun wondere werking uit de doeken. Vervolgens lees je in hoofdstuk 2 hoe ons lichaam eiwitten aanmaakt, en hoe nauw dat proces luistert.

Na deze stoomcursus storten we ons in hoofdstuk 3 tot en met 5 op de ontwikkeling van eiwitmedicijnen. Eerst kijken we in hoofdstuk 3 naar de wetenschappelijke doorbraken in de tweede helft van de vorige eeuw die de grootschalige productie van eiwitten mogelijk hebben gemaakt. Zonder die technologische stap zou de medicijnwereld er vandaag de dag totaal anders hebben uitgezien. In hoofdstuk 4 komen we bij de kern van de zaak: de huidige eiwitrevolutie. We zien hoe onderzoekers computers inzetten om nieuwe eiwitten te ontwerpen, en hoe programma's als AlphaFold te werk gaan.

Daarbij zul je zien dat de eiwitrevolutie veel verder reikt dan de ontwikkeling van nieuwe medicijnen. Vervolgens nemen we een klein beetje gas terug en gaan we in op de grote uitdaging die nu voor ons ligt: het bezorgen van eiwitten op de juiste plek in het lichaam. Je hebt bijvoorbeeld weinig aan een hartmedicijn dat in je lever terechtkomt. In hoofdstuk 5 lees je waarom deze gerichte bezorging zo moeilijk is en welke trucs wetenschappers hanteren om dit toch te bereiken.

In de laatste twee hoofdstukken focussen we op de complexiteit van onze innerlijke machinerie. Wetenschappers doen hun best om alle eiwitten die in ons lichaam huizen aan het licht te brengen. Hoe ze dat doen en wat dit ons oplevert, lees je in hoofdstuk 6. We sluiten in hoofdstuk 7 af met een blik op het grotere plaatje. Hoe goed begrijpen we ons eigen lichaam al? En waarom zijn sommige ziekten, zoals kanker, toch zo moeilijk te genezen?

Of we ooit elke kwaal kunnen verhelpen, dat weet niemand. Maar dat eiwitten nu en in de toekomst een cruciale rol spelen in de gezondheidszorg staat als een paal boven water. Als dit boekje iets hoopt te bereiken, dan is het om het beeld van eiwitten los te weken van de voedingsindustrie en naar voren te schuiven als centrale speler in ons lichaam. Laat het je smaken.

*Ruben Boot*  
*November 2025*

# 1

## Sleutel en slot

Ooit zag ik taaltovenaar en cabaretière Paulien Cornelisse op televisie aan tafel bij talkshowhost Eva Jinek vertellen dat schrijvers het woord 'ode' te vaak gebruiken. Maar nood breekt wet: dit boekje is een ode aan de eiwitten. Ik kan niet anders. Zonder onze eiwitten zijn we niets.

Neem nu deze zin die je aan het lezen bent. Dat heb je volledig te danken aan eiwitten in je ogen die het invallende licht omzetten naar een signaal voor je hersenen. Wellicht dat je door dit weetje nu je wenkbrauwen licht optrekt. Dat is evenzeer te danken aan eiwitten die de spieren in je voorhoofd laten samentrekken. En als je jezelf nu afvraagt of ik het belang van eiwitten niet aan het overdrijven ben, dan is ook dat enkel mogelijk door eiwitten die je hersenen voorzien van de juiste moleculen om zenuwprikkels door te geven. Hoe je het ook wendt of keert, wij *zijn* onze eiwitten.

Dat mag je letterlijk nemen. Naar schatting bevat ons lichaam een honderdduizendtal verschillende soorten eiwitten. Deze groot uitgevallen moleculen verzorgen het reilen en zeilen van onze cellen, de waterballonachtige zakjes waar niet alleen wij, maar ook planten, dieren en alle andere levensvormen uit bestaan. Sommige eiwitten komen slechts een paar keer in een cel voor. Van weer andere zijn er

miljoenen. Maar allemaal voeren ze hun eigen, belangrijke taak uit.

Eiwitten zijn dan ook echte specialisten. Vergelijken we de cel met een fabriek, dan zijn eiwitten de kundige arbeiders die te allen tijde weten waar ze moeten zijn en wat ze moeten doen. Met uiterste precisie houden ze de fabriek draaiende. Hun lijst aan taken is daarbij enorm: ze helpen cellen om voedingstoffen te verwerken, signalen door te sturen, op te delen in nieuwe cellen, lichaamsvreemde ziekteverwekkers aan te vallen... Je snapt het wel. Somde ik alles op wat eiwitten voor ons doen, dan zou dit boekje geen 'Pocket' meer heten.

Dat brengt me bij de grootste lans die ik voor eiwitten kan breken. Het valt te beredeneren dat cellen een pure vorm van leven belichamen. Ze kunnen groeien, reproduceren en evolueren; allemaal mogelijke definities waarmee we aangeven wanneer iets leeft. Maar zonder hun noeste interne arbeiders zouden cellen in elkaar zakken tot een hoopje levenloze prut. Aldus: als cellen de basis vormen van levende organismen, dan zijn eiwitten datgene wat ze levend maakt.

Goed, maar wat zijn eiwitten nou precies? Hoe zitten ze in elkaar? En waarom zijn ze dan zo goed in wat ze doen? Om dat uit te leggen, neem ik je graag mee naar een Fransman die bijzonder goed was in het nauwkeurig bestuderen van plakkende prakjes.

### **Mysterieuze klonters**

Het duurde tot de achttiende eeuw voordat de mensheid (bewust) kennismaakte met eiwitten. Een eerste ontmoeting hebben we te danken aan de Franse scheikundige Antoine de Fourcroy. Als gedegen onderzoeker onderwierp hij in 1789 meerdere dierlijke producten – waaronder eieren, melk,

maar ook bloed – aan allerlei scheikundige proefjes. Daarbij trof hij verschillende illustere stoffes aan met overeenkomstige eigenschappen. Ondanks hun wisselende afkomst zag de Fransman dat de mysterieuze moleculen zich identiek gedroegen. Bij blootstelling aan verschillende temperaturen en zuurtegraden klonterden ze samen tot vlokken. De Fourcroy begreep dat hij een nieuw soort moleculen op het spoor was. Dat hij zelf vol zat met tienduizenden soortgelijke stoffes, daar had hij geen idee van.

In planten hadden onderzoekers al soortgelijke klontermoleculen ontdekt, zoals gluten in tarwe. Vanwege het toenemende aantal ontdekkingen ontstond de behoefte om de kleverige soortgenoten – die we nu als eiwitten kennen – allemaal onder één naam te verzamelen. Wetenschappers kozen oorspronkelijk voor de naam ‘albuminen’, naar het Latijnse *albus*, wat ‘wit’ betekent. Dat verwees naar een paar van de eerst ontdekte familieleden, de toen reeds bekende mysterieuze bestanddelen in het eiwit van een kippenei.<sup>1</sup>

Dankzij het werk van De Fourcroy en tijdgenoten zagen scheikundigen langzaam een patroon verschijnen: levende organismen zaten vol met albuminen. Maar waar bestonden al die albuminen dan uit? In 1838 kwam de Nederlandse scheikundige Gerardus Johannes Mulder als eerste met een antwoord. Hij gebruikte een scala aan scheikundige trucjes om verschillende albuminen in steeds kleinere klompjes op te breken en zo te achterhalen uit welke chemische elementen ze bestonden. Hij stond perplex van het resultaat: alle albuminen bleken een soortgelijke compositie te hebben.

1. Dit is waarschijnlijk ook waar onze naam ‘eiwitten’ vandaan komt. Maar er zijn dus nog tienduizenden andere eiwitten die volledig anders zijn dan die in het eiwit van een eitje, ondanks de naam. Niet elk eiwit is eiwit, snappie? Leve de Nederlandse taal!

Ondanks hun wisselende origine – van graan tot bloed – bestonden de klonterstoffen allemaal grotendeels uit vier elementen in telkens dezelfde verhouding, namelijk koolstof, waterstof, stikstof en zuurstof. Dit resultaat leidde Mulder tot een (helaas foute) conclusie. Alle albuminen, zo besloot hij, bestonden uit een enkel type molecuul, dat hij ‘Grondstof’ noemde.

Vanuit pure speculatie oordeelde Mulder dat enkel planten deze Grondstof konden aanmaken. Zijn collega Jöns Jacob Berzelius, een Zweedse scheikundige die een aantal jaar ouder was en zeer gerespecteerd in het vakgebied, raakte enthousiast over deze ontdekking en vond dat de Grondstof een unieke naam verdiende. Berzelius stelde de naam ‘proteïne’ voor, afgeleid van het Griekse woord *πρωτεϊος* (*proteios*), dat ‘de eerste’ betekent. Beide heren waren er namelijk van overtuigd dat proteïnen – de meer academische term voor eiwitten – een letterlijk vooraanstaande rol in de voedselketen speelden. Planten produceerden eiwitten, zo dachten ze, waarna de moleculen geheel intact in de maag van planteneters terechtkwamen om vervolgens in vleeseters te eindigen. Hoewel de twee volledig fout zaten, was het verband tussen eiwitten en ons voedingspatroon gelegd.

### **Broodnodige bouwstenen**

Wat Mulder wel goed had aangetoond, was dat eiwitten (voor het Nederlandse gemak noem ik proteïnen vanaf nu weer eiwitten) uit kleinere bouwsteentjes met een soortgelijke samenstelling bestonden. En hij was niet de enige die dat door kreeg.

Tijdens de negentiende eeuw werkten scheikundigen ijverig aan het opbreken van eiwitten in hun afzonderlijke moleculen. Ze noemden deze bouwsteentjes ‘aminozuren’,

### 3

## Koken met combinaties

In 1869 keek de Duitse student medicijnen Paul Langerhans door zijn microscoop naar weefsel van de alvleesklier, een op een ruwe tong lijkend orgaan dat achter onze maag ligt. Toen hij de dingesneden plakjes blootstelde aan een kleurstof merkte hij op hoe groepjes cellen felblauw kleurden. Deze cellen zagen er totaal anders uit dan de omringende cellen; als eilandjes dobberden ze in een oceaan van weefsel. Later zouden deze archipels de naam van hun ontdekker krijgen, eilandjes van Langerhans. Maar wat ze precies deden, bleef lang onduidelijk.

Twee decennia later ontdekten de Duitse chirurgen Oskar Minkowski en Josef von Mering nog iets merkwaardigs aan de alvleesklier. Toen ze het orgaan bij een hond verwijderden, zagen ze tot hun verbazing dat het dier ongelooflijke dorst kreeg en op de vloer begon te plassen. Na een paar dagen van onduidelijkheid zag een assistent in het lab dat de plasjes urine zwermen vliegen aantrokken. Toen de chirurgen de plas onderzochten, bleek deze vol met suiker te zitten. De hond had ernstige diabetes gekregen, de ziekte waarbij suikers opstapelen in het bloed. Dat moest wel betekenen dat de alvleesklier iets aanmaakte wat de bloedsuiker reguleerde. Maar wat dan?

In 1920 sloeg de Canadese chirurg Frederick Banting een brug tussen beide ontdekkingen. Hij ontdekte dat het ontstaan van diabetes rechtstreeks gekoppeld was aan de eilandjes van Langerhans. Samen met zijn student Charles Best zag hij dat die een mysterieus hormoon aanmaakten dat de bloedsuikerspiegel verlaagde. Ze gaven het de naam isletin, van het Latijnse *insula* of 'eiland'. Tegenwoordig kennen we dit 'eiland-eiwit' onder een andere naam: insuline.

Destijds was diabetes ernstig en dodelijk; kinderen met extreme schommelingen in de bloedsuiker kwijnden langzaam weg, waarbij ze in en uit coma's gleden. Banting en Best hadden meteen door dat insuline een mogelijk levensreddend medicijn kon worden. In samenwerking met de Canadese biochemicus James Collip lukte het ze na een jaar ploeteren om insuline in pure vorm te isoleren. Collip had tientallen kilo's alvleesklieren van koeien vermalen en hieruit enkele microgrammen van het eiwit weten te zuiveren. Toen Banting de opbrengst bij diabetische kinderen injecteerde, herstelde het hormoon hun bloedsuikerspiegel en riep het hun ziekte een halt toe.<sup>8</sup> Insuline bleek een wondermedicijn.

Helaas was de extractie van insuline allesbehalve efficiënt. Zo won het farmaceutische bedrijf Eli Lilly eind jaren twintig luttele grammetjes insuline uit vaten vol geprakte alvleesklieren van koeien en varkens. Dat maakte het medicijn zeer kostbaar. Daarbovenop konden de eiwitten door hun afkomst uit dierlijk materiaal een nadelige afweerreactie

8. Toen Banting meer insuline wilde isoleren om verdere patiënten te helpen, weigerde Collip zijn precieze werkwijze met hem te delen. Het verhaal gaat dat Banting hem letterlijk naar de keel is gevlogen, waarop Best tussenbeide moest komen. Uiteindelijk bereikten de heren een akkoord en gaven ze de licentie voor het gezuiverde eiwit aan hun universiteit.

veroorzaken bij patiënten, of ze zelfs blootstellen aan dierlijke ziekten.

Onderzoekers zochten daarom al gauw naar betere technieken voor de productie van insuline. Dat brengt ons bij de ontdekkingen uit het vorige hoofdstuk. Konden eiwitrecepten helpen? Als cellen eiwitten maken op basis van een RNA-recept, misschien dat onderzoekers ze dan met een recept voor insuline om konden bouwen tot fabriekjes die het eiwit aanmaken. Maar hoe stel je zo'n eiwitrecept op? En hoe geef je het aan miljoenen cellen, zodat je genoeg fabriekjes voor de grootschalige productie van medicijnen krijgt?

### **Knip- en plakwerk**

Eind jaren zeventig zocht biochemicus Paul Berg naar een manier om genen aan cellen te 'voeren'. Hij bestudeerde dierenvirussen aan de Stanford-universiteit in de Verenigde Staten. Zijn hoofdfocus lag op het simianvirus 40 (sv40), dat zowel apen als mensen kan infecteren – vandaar het Engelse *simian*, voor 'aapachtig'. sv40 is namelijk een expert in het bezorgen van genen in een cel.

In de kern is elk virus een professionele genendrager: een boodschap omringd door een mantel van eiwitten. Wanneer een virus een cel binnendringt, doet het zijn 'eiwitjas' uit en laat het de cel zijn eigen virale genen kopiëren en nieuwe mantels maken. Als slaaf van het virus produceert de cel duizenden nieuwe virussen, die uiteindelijk uit de cel barsten en weer nieuwe cellen infecteren.

Waar het menselijk genoom – onze volledige set aan genetische instructies – uit zo'n 21.000 genen bestaat, heeft sv40 er slechts zeven. Onze genen zijn aan elkaar geketend in chromosomen, frommelige pakketjes van opgevouwen DNA met open einden. Maar bij verschillende virussen, waaronder

## 5

# Paardensport

We zijn op dit punt al aardig wat metaforen voor eiwitten tegengekomen. Zo is de cel als een fabriek en zijn eiwitten de noeste fabrieksarbeiders. Ook klikken ze met andere moleculen zoals een sleutel in een slot. Het zijn lange, opgefrommelde kralenkettingen. Een verzameling van springveren en gedraaide, geplooid vellen. De architecten van je lichaam. Kleine frutseltjes. Wondermedicijnen.

Dat laatste zijn ze zeker. Meer dan de helft van de tien best verkopende medicijnen ter wereld bestaat uit eiwitten. Daarbij staan honderden eiwitmedicijnen op de wachtlijst voor goedkeuring. Sterker nog, nu onderzoekers computers en kunstmatige intelligentie inzetten om geheel nieuwe eiwitten te ontwerpen zal die lijst alleen maar langer worden. Toch is het ontwerpen van nieuwe eiwitten slechts één ding. Ze op de juiste plek in het lichaam krijgen om daar hun effect uit te oefenen is nog heel wat anders. Sta me toe om daarom nog een extra metafoor toe aan het lijstje toe te voegen.

Vanwege hun harde werk worden eiwitten vaak de werkpaarden van de cel genoemd. Maar ook voor de bezorging van eiwitten in het lichaam is dit een passende metafoor. Willen de 'paarden' als geneesmiddel werken, dan moeten ze namelijk verschillende kunstjes uitvoeren. Dat begint al

zodra je ze de bloedbaan in spuit. Daar komt een eiwit meerdere hordes tegen die kunnen voorkomen dat het ooit op de plek van bestemming aankomt – als een renpaard dat nooit het einde van de race weet te halen.

## **Dressuurproeven**

Waar bestaan die hordes allemaal uit? Allereerst moeten eiwitten om kunnen gaan met de wisselende temperaturen en zuurtegraden die ze in het lichaam tegenkomen. Zo zagen we in hoofdstuk 2 dat eiwitten ontrafelen bij hoge temperaturen, een proces dat denaturatie heet en dat er onder andere voor zorgt dat het eiwit van een eitje in de pan wit kleurt. Niet dat eiwitten in ons lichaam ook zulke hoge temperaturen tegenkomen, evolutiezijdank. Maar ook bij kleinere temperatuurschommelingen, denk aan temperaturen van 40 graden Celsius en hoger, kunnen sommige instabiele eiwitten al uit elkaar gaan vouwen en hun werking verliezen. Een goed eiwitmedicijn moet dus een beetje robuust in elkaar zitten.

Een tweede probleem is dat eiwitten in het lichaam tegen elkaar aan kunnen plakken (vaak als gevolg van eiwitontvouwing), wat we in het vorige hoofdstuk leerden kennen als aggregatie. Daarbovenop kunnen ze ook al tijdens de opslag en het vervoer van eiwitmedicijnen aan de wand van potjes of flesjes plakken. In dat geval halen de paarden niet eens het begin van de race.

Ten derde gebruikt het lichaam enzymen om eiwitten af te breken tot losse aminozuren, waaruit weer nieuwe eiwitten opgebouwd kunnen worden. Ook dit proces, degradatie, moeten eiwitmedicijnen trotseren. Krijgen de opruimenzymen het paard te pakken, dan wordt het... uit elkaar gereten? (Een beetje een gruwelijke metafoor, maar ja, als schrijver moet je wat.)