

Chemische Feitelijkheden

#369

Editie 93

november

2020

Arno van 't Hoog

Slijm

Universele beschermlaag van het leven

Slijm heeft een slecht imago. Iedereen vindt het vies, glibberig en vooral ongewenst. Toch is dat onterecht als je ziet welke onmisbare functies slijm vervult. Onze darmen maken niet voor niets elk etmaal een compleet nieuwe slijmlaag, die beschermt tegen uitdroging en direct contact met microbes en virussen. Dat zijn geen geringe prestaties voor een glibberig goedje dat voor 95 % uit water bestaat. Slijm ontleent zijn bijzondere eigenschappen aan de aanwezigheid van langgestrekte eiwitten met talrijke suikerketens. Die zogenoemde

mucines grijpen onderling in elkaar tot een netwerk dat als een gel eigenschappen combineert van een vloeistof en een vaste stof. Mucines kunnen zo een dunne, vochtige barrière vormen die ongewenste invloeden op afstand houdt. Een verstoorde slijmlaag kan uitmonden in chronische darmontstekingen of problemen met infecties in de longen. Het is niet overdreven om te stellen dat zonder slijm de mens een wisse dood zou wachten, en dat geldt voor het hele dierenrijk.

Universele bescherm laag van het leven

Je voelt het in je mond, maar slijm beschermt zonder dat je het weet ook je ogen, maag en darmen. Het bijzondere ervan is dat bacteriën het gebruiken als voedselbron. De suikersamenstelling van slijmeiwitten selecteert zo in de darmen op de groei van gewenste, goede microbes, waardoor infecties minder kans krijgen.

Op het eerste gezicht is er niet veel interessants te ontdekken aan een klodder speeksel of een flinke snottebel. Een en slakken spoor of vissenhuid zal ook nauwelijks iemand inspireren. Dat maakt slijm ernstig ondergewaardeerd, terwijl het een basiskenmerk van leven is. Slijm is wat kwallen, vissen en mensen na honderden miljoenen jaren evolutie nog altijd met elkaar gemeen hebben. Dat geldt ook voor de eiwitten die in slijm voorkomen, en dat zegt iets over hoe belangrijk ze zijn geweest in de evolutie. Koraalriffen en zeeanemonen (zie pagina

8) behoren met kwallen tot de oudste aan de mens verwante levensvormen. Sommige tropische koraalriffen komen bij eb droog te staan in de tropische zon, en koralen gaan dan een laag helder slijm produceren. Zo'n laagje beschermt tegen uitdroging en bevat stoffen die als zonnebrand schadelijke uv-straling blokkeren. Zodra de vloed weer opkomt, spoelt het slijm weg en leven de koralen verder alsof er niets aan de hand is.

Onder water zie je het niet goed, maar koralen slijmen ook daar. Ze hullen zich in een transparante, dunne laag. Sommige koraalsoorten verliezen door afslijting en

vervanging van dat slijm 40 % van de suikers die ze dagelijks produceren uit zonlicht en koolstofdioxide. Rond 1980 dachten onderzoekers dat koraalslijm nutteloos afval moest zijn. Koralen zouden eindelijk slijmen als uitlaatklep, omdat ze veel meer suikers synthetiseren dan ze kunnen gebruiken om te groeien. Onderzoekers doopten dat idee de *Luxury Carbon Hypothesis*.

Voedsel vangen

Als je goed kijkt naar de samenstelling van koraalslijm, dan zie je dat de suikers in



► Biofilms en bacteriën

Het is niet goed zichtbaar, maar een flink deel van het bacterieleven voltrekt zich in een dunne slijmlaag (zie afbeelding). Veel bacteriën maken namelijk exopolysacchariden (EPS), die in combinatie met water een gelachtige matrix vormen, waarin bacteriën graag samenklonteren. Zo'n laagje beschermt tegen invloeden van buiten zoals uitdroging, predatie, bacteriofagen (bacterievirussen), enzymen en chemische invloeden. Zulk slijm helpt ook voedsel te verteren, omdat uitgescheiden enzymen erin blijven hangen. Niet voor niets vind je microbiële biofilms op alle oppervlakken in de oceanen, in de waterzuivering, in de bodem op wortels van planten, apparatuur in de voedselindustrie en op tanden en kiezen, zeker als je een tijdje niet goed poetst. De exopolysacchariden vervullen dezelfde gelerende rol als de suikerketens op mucines in je darmen. De wetenschap krijgt steeds meer belangstelling voor exopolysacchariden. Ze binden bijvoorbeeld zware metalen in de waterzuivering en versnellen de afbraak olievervuiling in zee. Bovendien kan dit bacterieslijm bijdragen aan de viscositeit en het mondgevoel van bijvoorbeeld yoghurt.



Koralen hullen zich in een transparante, dunne laag slijm die diverse functies vervult.

koolhydraatketens vastzitten op enorme eiwitten. Dat is bijzonder, want als koralen eiwitten uitscheiden die geleidelijk wegspoelen in het zeewater, dan verliezen ze doorlopend stikstof. En daaraan is juist een gebrek in de oceaan. Koralen moeten niet voor niets naast fotosynthese ook prooiën vangen – algen, plankton en andere voedseldeeltjes – om genoeg eiwit en daarmee stikstof binnen te krijgen.

Dus waarom zou een organisme zoveel schaarse voedingsstoffen verspillen? Inmiddels is bekend dat slijm bij koralen allerlei functies vervult. Een daarvan is voedsel vangen. Slijm is kleverig en algen en dierlijk plancton blijven eraan plakken. Koralen kunnen via microscopische zweepkaartjes op het oppervlak van hun

cellen dit slijmlaagje met voedsel richting hun spijsverteringsholte transporteren.

Het is een handige eigenschap van slijm: als je van onderaf met dunne kaartjes erlangs strijkt, gaat de hele laag in dezelfde richting stromen. Zo ontstaat een transportband van zweepkaarten en slijm, een mechanisme dat je ook in de longen van landdieren kunt terugvinden. Als je een doorsnede van longweefsel en het oppervlak van een koraal onder een microscoop met elkaar vergelijkt, zie je opvallende overeenkomsten: beide hebben slijmproducerende cellen, omringd door cellen met zweepkaartjes (cilia), die de bovenliggende slijmlaag in beweging houden. Zo'n mobiele slijmlaag is niet alleen handig om eten binnen te halen. Voor koraal,

kwallen en vissen is slijm tegelijkertijd een barrière tegen direct contact met zeewater, bacteriën en virussen. Slijm beschermt, maar het laat tegelijkertijd licht, zuurstof, koolstofdioxide en voedingsstoffen door. Het is dus een zacht pantser waarachter organismen ongehinderd kunnen leven.

Fysische eigenschappen

Slijm heeft nog meer handige eigenschappen. Je kunt er extra verdediging in verstoppen, zoals eiwitten die bacteriegroei remmen. Onderzoek aan slijm van vissen heeft een enorme collectie van zulke antimicrobiële peptiden aan het licht gebracht, waarvan onderzoekers in kaart proberen te brengen of ze ook bij menselijke infecties kunt gebruiken. Helemaal vreemd

is dat idee niet: in Azië zijn meerdere voorbeelden van volksgeneeskunde die slijm van vissoorten gebruiken als middel-tje om wondinfecties te voorkomen. Toch zit de beschermende werking van slijm voor veel organismes gewoon in fysieke eigenschappen. Bacteriën blijven domweg in het oppervlak van een slijmlaag plakken als vliegen op appelstroop. Ze kunnen er met geen mogelijkheid dieper in

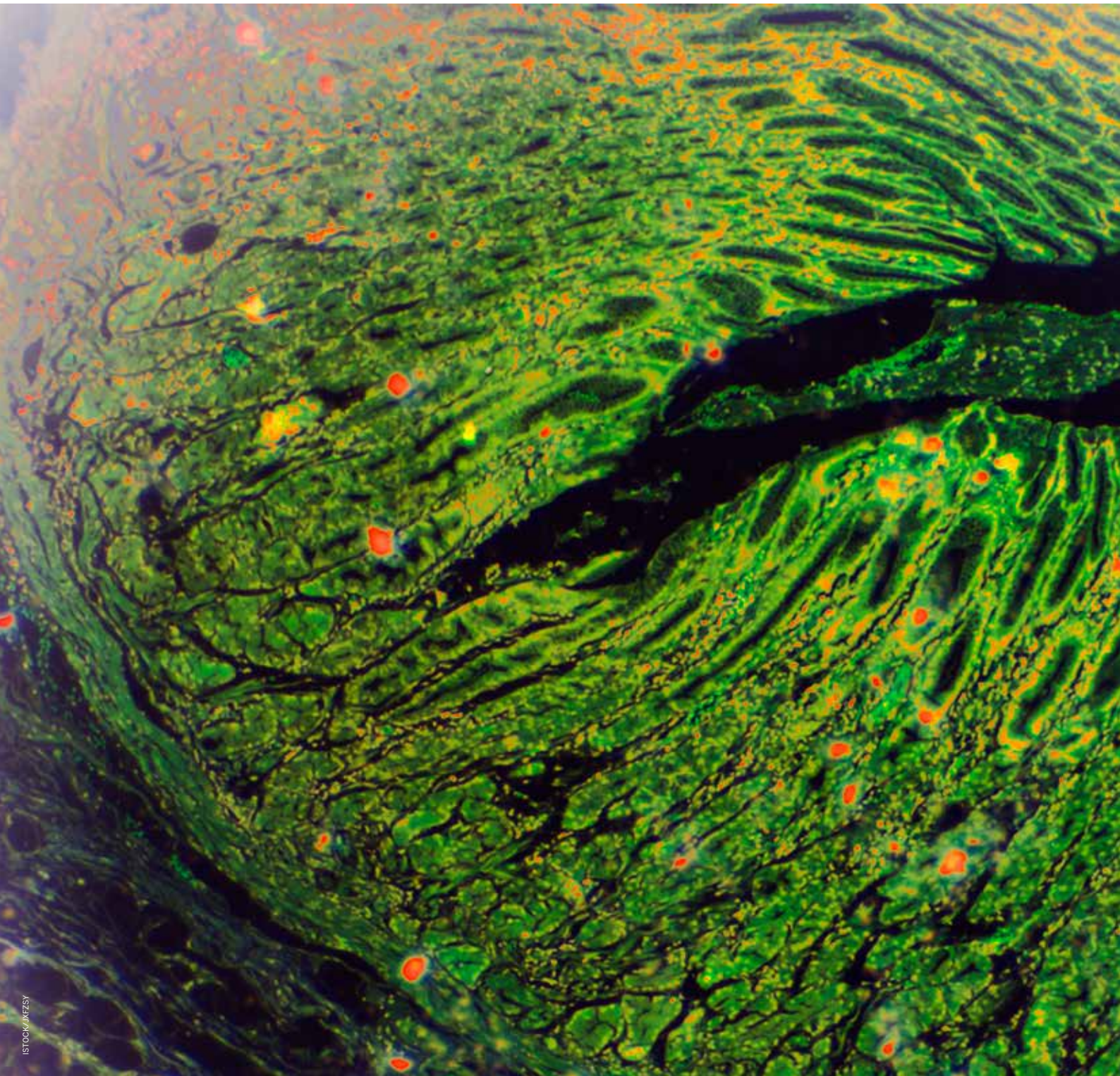
doordringen. Als ze voorwaarts zouden willen richting het epitheel van de gastheer, dan moeten ze bovendien tegen de stroom inzwemmen.

De slijmlaag waarop bacteriën landen is instabiel, de bovenlaag slijt weg en wordt van onderaf aangevuld met nieuw, steriel slijm. Alleen bacteriesoorten die een zweepstaart hebben, kunnen hun doel bereiken, of een grote beschadiging of wond

moet de weg vrijmaken. Microbes krijgen dankzij slijm dus niet snel vaste voet aan de grond.

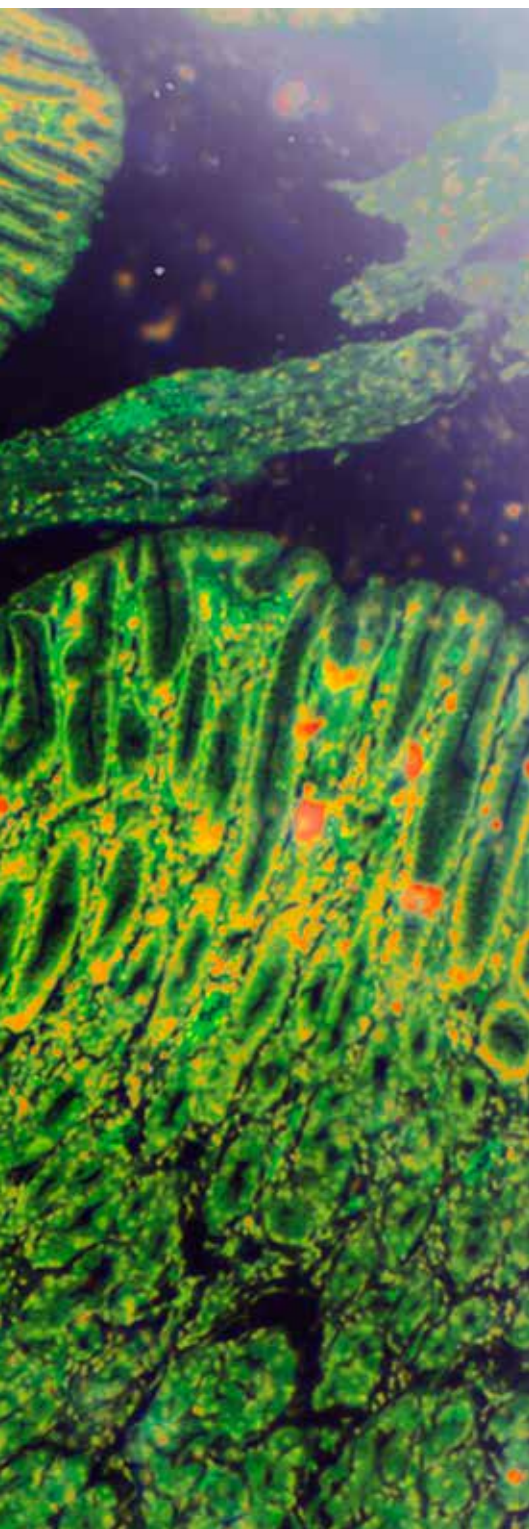
Tot slot heeft recent onderzoek laten zien dat koralen en vissen op het oppervlak van hun slijmlaag een unieke verzameling microbes dragen. Dat slijmmicrobioom verschilt duidelijk van het omringende water en varieert per soort. Waarschijnlijk spelen die zogenoemde commensalen een rol in

Het maagslijmvlies onder de microscoop, hier met intestinale metaplasie, een verandering van de bovenste laag van het slijmvlies, die kan leiden tot onrustige cellen en tumorvorming.



het buitensluiten van andere, schadelijke bacteriesoorten. Voor ongewenste nieuwkomers is op zo'n begroeide slijm laag nauwelijks plek.

Infecties tegenhouden en de juiste microbiële fauna selecteren, zijn ook taken van de slijm laag in onze darmen. Bij het slijm in ons lichaam denk je vooral aan je mond en bij verkoudheid aan je neusholte, maar ook andere organen kunnen niet zonder.



Slijmvliezen vind je in de slokdarm, maag, darmen, longen, ogen, urinewegen en geslachtsorganen. Daar waar epitheel in contact komt met de buitenwereld ligt een beschermend slijm laagje. Dat is zo vanzelfsprekend dat je pas voelt hoe belangrijk dat is als het misgaat, bijvoorbeeld bij extreem droge ogen of een chronische darmziekte.

Een netwerk van mucines

Voorals medisch onderzoek aan de mens heeft veel geleerd over de werking van slijm, en over welke ingrediënten zorgen voor de bijzondere eigenschappen van slijm. Want dat is de belangrijkste vraag: wat is slijm in moleculair opzicht?

Ten eerste, en dat klinkt wat gewoontjes, bestaat slijm voor 95 % uit water. De overige 5 % is een mix van eiwitten, peptides, resten van cellen en allerlei andere stofjes, enzymen en antilichamen. Veruit het belangrijkste eiwitingrediënt vormen mucines, een eiwitklasse die verwijst naar het Latijnse en Engelse woord voor slijm: *mucus*.

Mucines zijn grote eiwitten met een bijzonder hoog aantal suikerketens, die tot 70 % van het totaalgewicht van een mucine kunnen uitmaken. Mucines hebben door die opbouw de neiging om onderling in elkaar te haken en netwerken te vormen die veel water vasthouden. Zo ontstaat een gel, die tegelijkertijd vloeibaar, taai en rekbaar is en zo eigenschappen van een vloeistof en een vaste stof verenigt.

De mens maakt verschillende mucines, waarvan mucine 2 (MUC2), als eerste uitgebreid in kaart is gebracht. MUC2 vind je vooral in de darmen, en telt maar liefst vijfduizend aminozuren. Dat is veel, gezien de gemiddelde grootte van eiwitten in ons lichaam: zo'n vierhonderd à vijf-honderd aminozuren. Het centrale deel van de aminozuurketen in MUC2 bevat tientallen herhalingen – *tandem repeats* – met veel serines en threonines. Die aminozuren zijn de ankerplaats voor honderden koolhydraatketens.

Als je een schematische tekening van MUC2 ziet, doet die denken aan een fles-senborstel: de aminozuurketen vormt het langgerekte handvat en kern, de suikerketens steken als borstelharen rondom naar buiten.

MUC2 heeft net als andere mucines nog een andere bijzondere eigenschap. Op de uiteindes van de eiwitketen zitten nauwe-

► Taai slijm maakt ziek



De naam zegt het al: taaislijmziekte, ofwel *cystic fibrosis* (CF), heeft als belangrijk kenmerk dat het slijm in longen en darmen niet vloeibaar is, maar taai en dik. Het gevolg daarvan is dat CF-patiënten veel gevoeliger zijn voor luchtweginfecties. Taaislijmziekte ontstaat niet door afwijkingen in slijmvormende mucine-eiwitten, maar door een defect membraaneiwit. De zogenoemde *cystic fibrosis transmembrane conductance regulator* (CFTR) is belangrijk voor ionentransport. Als CFTR niet of minder goed werkt, wordt er minder chloride en bicarbonaat uitgescheiden; tegelijkertijd wordt er meer natrium opgenomen. Die veranderde ionenbalans heeft allerlei gevolgen voor slijmeigenschappen. Zo is natrium nodig om mucines goed te laten ontvouwen nadat ze worden uitgescheiden. Verder is de afwijkende ionenbalans van invloed op hoe mucines onderling aan elkaar plakken. Er ontstaat daardoor een veel taaiër, verknoopt netwerk van longslijm, dat tegelijkertijd ook minder water bevat. Het is voor de onderliggende zweephaartjes op het longepitheel vrijwel onmogelijk om zulk ingedikt slijm te transporteren. CF-patiënten moeten daarom dagelijks met gerichte handelingen hun longen schoon hoesten om problemen voor te zijn. Om daar verbetering in aan te brengen, zijn therapieën ontwikkeld met inhalatie van waterdamp, zoutoplossingen en enzymen, die het slijm verdunnen en makkelijker ophoestbaar maken.

lijks suikers, maar ze zijn wel rijk aan cysteïne. Dat zwavelhoudende aminozuur kan onderling zwavelbruggen vormen. Op die manier worden mucineketens onderling aan elkaar gekoppeld. Zo ontstaat een nog groter netwerk, ideaal om een gel te vormen.

Longslijm

Gespecialiseerde slijm-producerende cellen maken de mucines en slaan ze op in blaasjes. De mucines blijven daar compact van vorm, doordat calciumionen ervoor zorgen dat de suikerketens elkaar niet afstoten. Pas als allerlei prikkels daartoe aanleiding geven – infecties of schade – worden de mucines uitgescheiden. Het calcium verdwijnt, waardoor de mucines plots een veel groter volume innemen, tot wel duizendmaal meer dan in de compacte vorm. Slijm ontstaat dus vanzelf, direct na uitscheiding.

Zoiets gebeurt ook in andere delen van ons lichaam, zoals de longen, waar MUC5B de belangrijkste slijmvormer is, en in mindere mate MUC5AC, dat bij infecties extra wordt aangemaakt. Die mucines zorgen voor een wat dunner slijmlaagje dan MUC2-slijm in de darmen. Longslijm houdt de epitheelcellen vochtig en vangt allerlei rommel op, terwijl het zuurstof en koolstofdioxide doorlaat. We ademen dagelijks 10.000 l lucht in, inclusief miljoenen stofdeeltjes, virussen en bacteriën. Die blijven plakken op de slijmlaag, terwijl zweepkaartjes het slijm richting de mondholte transporteren. Zo blijven de longen schoon en gezond.

Toch is schoon iets anders dan steriel. Onze longen hebben namelijk een eigen microbiële flora: een bacteriegemeenschap die daar leeft en deelt, zonder dat ze problemen veroorzaakt. Er is nog niet bijzonder veel onderzoek aan gedaan, omdat medici lange tijd dachten dat onze longen steriel waren. Inmiddels is dat idee niet meer houdbaar door allerlei aanwijzingen dat aanwezigheid van bacteriën zelfs noodzakelijk is voor een gezonde longfunctie, zoals een normale reactie op huisstof of infecties. De kolonisatie van de longen begint net als in de darmen al kort na de geboorte, en ontwikkelt zich geleidelijk tot een stabiele samenleving.

► Kwallenglijm: toepassing gezocht

Kwallen zijn het toonbeeld van slijmerige glibberigheid, en die eigenschap danken ze voor een groot deel aan het hoge watergehalte en de aanwezigheid van suikerrijke eiwitten. Japanse onderzoekers hebben die glibberige klasse kwalleneiwitten *quimucines* gedoopt, vanwege gelijkenis met het menselijke mucine MUC5AC dat in de slijmlaag van longen en maag is te vinden.

Het is niet moeilijk die eiwitten te isoleren: vang kwallen, hak ze in kleine stukjes, en schud ze vervolgens een nachtje in koud water met een beetje keukenzout. De volgende dag zijn de eiwitten opgelost en kun je ze verder concentreren en opzuiveren. De onderzoekers zien diverse toepassingen voor dit zuivere kwallenglijm, variërend van preparaten ter vervanging van menselijk slijm tot voedseladditieven en vochtregulerende toevoegingen in cosmetica. Dat laatste idee sluit aan bij de groeiende populariteit van slakkenlijm in sommige huidcrèmes. Of dat de huid ook daadwerkelijk verjongt, is overigens nog de vraag.

In veel Japanse kustwateren vormen kwallen een hardnekkige plaag, waarbij grote massa's van die drijvende puddingen soms de koelwaterinlaat van energiecentrales blokkeren. De hoop is dat massale kwallenglijm plus nuttige verwerking twee vliegen in een klap kan slaan.



Straks ook kwallenglijm?

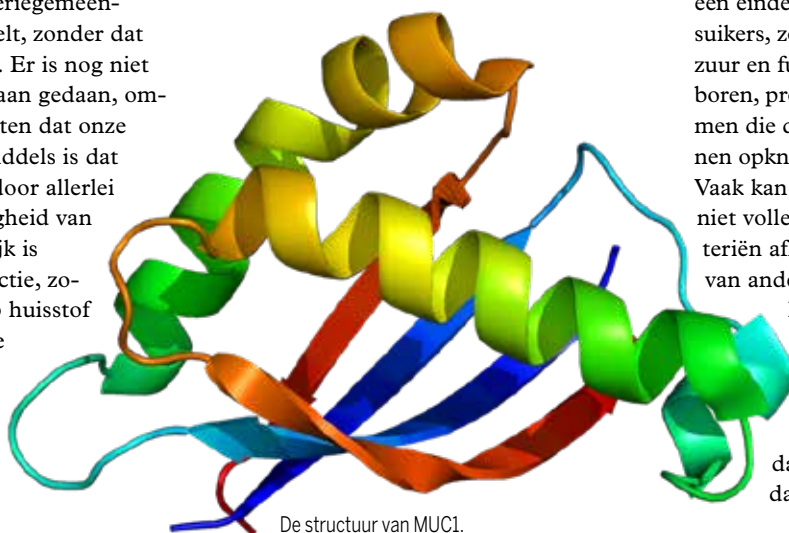
Verankerde mucines

Veel van wat we weten over de link tussen mucines, slijm en bacteriën komt uit darmonderzoek. Die studies hebben geleerd dat mucines niet alleen worden uitgescheiden, maar ook vastzitten aan de celmembranen. De slijmvliezen in longen, maag en ogen hebben dat soort mucines ook. Die verankerde mucines vormen een aparte klasse, met dezelfde soort afkortingen: MUC1, MUC3, MUC17. De suikerrijke, borstelvormige structuren geven moleculaire gezien het celoppervlak een wollig uiterlijk. Het membraan van de cel zit weggestopt onder een beschermde laag met veel van dezelfde ei-

genschappen als vrij rondzwevend slijm. De rol van die mucines is bacteriën en virussen op afstand houden, zodat die niet de kans krijgen om de epitheelcellen binnen te dringen. In de darm is dus een dubbellaagsverdediging ontstaan: een dunne, vaste laag mucines op het celoppervlak, en een dikkere mobiele gel van losse mucines erbovenop. De binnenste is vrijwel steriel, de buitenste laag is juist voedsel voor bacteriën. Daar groeien soorten die onze darmen gezond houden, en die meehelpen voedsel te verteren.

Slijm is voor veel bacteriesoorten een prima voedingsbodemp. De koolhydraatrijke zijketens van mucines in de darmen zijn een eindeloze voorraad van verschillende suikers, zoals N-acetylgalactosamine, sialzuur en fucose. Om die suikerbron aan te boren, produceren darmbacteriën enzymen die de zijketens van de mucines kunnen opknippen.

Vaak kan een bacteriesoort de suikerketen niet volledig terugsnijden, maar zijn bacteriën afhankelijk van de aanwezigheid van andere soorten, met een andere set knipenzymen. Die onderlinge afhankelijkheid creëert een gemeenschap van bacteriesoorten: de darmflora. Het is dus niet overdreven om te stellen dat slijm samen met voeding onze darmgezondheid bepaalt: het is



De structuur van MUC1.

een dun laagje behang dat bacteriën aantrekt én op afstand houdt.

Balans aanmaak en afbraak

De mobiele slijmlaag in de darmen wordt elk etmaal ververst. Daaraan kun je zien dat het menselijk lichaam, net als koralen en vissen, bergen bouwstenen en energie steekt in behoud van gezond slijm. De balans tussen aanmaak en afbraak is namelijk subtiel, en zodra het ergens misloopt, ligt ziekte op de loer. Dat is te zien bij de ziekte van Crohn en colitis ulcerosa, twee darmaandoeningen waarbij ontstekingen aan het darmslijmvlies optreden.

Die ontstekingen verstoren de slijmproductie. Speciale cellen in de darmwand kunnen namelijk de nabijheid van bacteriën voelen, dan krijgen omringende slijmproducerende cellen een prikkel om extra slijm te maken. Dat is een handig afweermechanisme om naderende microbes weg te duwen. Maar zodra die cellen constant 'aan' staan, neemt de slijmstroom af, en verdunt de slijmlaag geleidelijk. De slijmproducerende cellen kunnen het eigenlijk niet meer bijbenen. De bescherming neemt af, en het darmepitheel en de afweercellen in de darmwand komen sneller in contact met darmbacteriën. Dat levert nieuwe irritatie en ontstekingsreacties, waardoor een vicieuze cirkel ontstaat.

De verankerde mucines hebben nog meer functies dan alleen de celmembranen afschermen. Ze hebben ook een recepto-achtige functie in het deel van het mucine dat door het membraan in het cytoplasma steekt. Dat levert een soort antennefunctie: zodra er suikers worden afgeknipt of bij contact met bacteriën, stimuleren mucines bijvoorbeeld fosforylering van andere eiwitten en enzymen, wat een dominoreactie van veranderingen in de cel in gang kan zetten. Mogelijk speelt dat een rol bij het opmerken van suikerknippende enzymen of schade aan het darmepitheel.

Schakelen en regelen

Dat mucines een rol spelen bij signalen van buitenaf opvangen, is logisch, omdat van enkele bacteriesoorten bekend is dat ze membraan-mucines vastgrijpen om de cel binnen te dringen. Zo is salmonella een bron van darminfecties, maar de bacterie moet eerst in de buurt van de celmembraan komen om de darmwand te passeren. Meestal krijgt salmonella daarvoor de kans niet, doordat de bovenliggende slijm-



Bij een verkoudheid produceer je meer slijm.

laag te dik is om in door te dringen. Maar als de omstandigheden meezitten, koppelt salmonella met een speciaal eiwit aan MUC1, en kan de microbe wel richting zijn doel bewegen.

Dat mucines een schakel- en regelfunctie hebben, spreekt ook uit de ontdekking dat MUC1 een sleutelrol speelt in het stimuleren van de deling van embryonale stamcellen. Ook zien kankeronderzoekers in tumoren opvallend afwijkende vormen van MUC1. In die tumoren heeft MUC1 andere suikerketens en doet dingen die je niet verwacht van een beschermend

slijmeiwit. Onderzoekers vinden MUC1 terug in de celkern, waar MUC1 de expressie van allerlei genen in de war stuurt. Op die manier stimuleert MUC1 tumor-groei, uitzaaiingen en resistentie tegen chemotherapie.

Over die meer donkere kant van mucines is nog weinig bekend, maar onderzoekers hopen dat het een aangrijpingspunt kan leveren voor nieuwe tumorbehandelingen. De komende jaren gaat ons beeld van simpel slijm en slijmvormende eiwitten waarschijnlijk nog ingrijpend veranderen. ●



De tekenfilm *Nemo* maakte ze wereldberoemd, maar anemoonvissen, ook wel clownvissen genoemd, zijn om nog een andere reden bijzonder. Ze leven zonder problemen tussen de giftige tentakels van zeeanemonen. Die neteldieren pakken ander zeeleven zonder aarzeling in een dodelijke houdgreep: bij het geringste contact met vissen schiet de anemoon netelcellen af, als miniharpontjes die gif afleveren. Tegelijkertijd prikken ze de prooi vast, waarna de anemoontentakels het slachtoffer richting de mond trekken. Dat tientallen soorten anemoonvissen hiervoor totaal ongevoelig zijn, schreeuwde lange tijd om een verklaring. Sommigen dachten dat die vissen immuun moesten zijn voor het tentakelgif, maar het blijkt toch anders te zitten. Onderzoekers vergeleken recentelijk de genetische kaarten van negen soorten anemoonvissen en zagen daarin enkele opvallende overeenkomsten. Zo hebben anemoonvissen een enzym dat heel gericht een bepaalde suikergroep – N-acetylneuraminezuur – losknijpt van de slijmeiwitten in de huid. En dat is handig, want de netelcellen van een anemoon reageren in een reflex op contact met N-acetylneuraminezuur. Een slijm laag zonder dit suiker aan het oppervlak herkent de zeeanemoon simpelweg niet als prooi, en daardoor kan *Nemo* ongestoord tussen de tentakels leven.

Voor op school

- 1 Waarom maken koralen continu slijm aan?
- 2 Welke rol vervullen exopolysacchariden en waarom zijn ze interessant voor de wetenschap?
- 3 Op welke plekken in het menselijk lichaam bevinden zich slijmvliezen?
- 4 Wat is slijm in moleculair opzicht?
- 5 Wat zijn mucines en welke functie hebben ze?
- 6 Lang is gedacht dat longen steriel zijn, waarom klopt dit niet?
- 7 Wat maakt het slijm in longen en darmen van mensen met cystic fibrosis taai en dik?
- 8 Wat is de dubbellaagsverdediging van de darm?
- 9 Beschrijf de vicieuze cirkel die ontstaat door de verstoorde slijmproductie bij de ziekte van Crohn en colitis ulcerosa.
- 10 Waarvoor zou je kwallensnot kunnen gebruiken?

Meer weten?

- Bakshani CR *et al.* (2018) Evolutionary conservation of the antimicrobial function of mucus: a first defence against infection. *NPJ Biofilms Microbiomes* 4: 14
- Li, Xinyue *et al.* (2019). MUC1 is a receptor for the Salmonella SiiE adhesin that enables apical invasion into enterocytes. *PLoS pathogens* 15 (2): e1007566
- Kim YS & Ho SB (2010) Intestinal goblet cells and mucins in health and disease: recent insights and progress. *Curr Gastroenterol Rep.* 12(5): 319
- Ridley C & Thornton DJ (2018) Mucins: the frontline defence of the lung. *Biochem Soc Trans.* 46(5): 1099
- Marcionetti A *et al.* (2019) Insights into the genomics of clownfish adaptive radiation: genetic basis of the mutualism with sea anemones. *Genome Biol. Evol.* 11 (3): 869

Editie

Slijm

editie 93 | nummer 369 | november 2020
www.chemischefeitelijkheden.nl

Coverbeeld: Afscheiden van slijm in de dunne darm. Het darmslijm (oranje) beschermt het epitheel (roze) tegen bacteriën en voorkomt zo ontstekingen. De belangrijkste component van dit slijm is MUC2, dat het slijm organiseert door zijn grote netachtige polymeren. (Credit: ANP/Science Photo Library)

Met dank aan: dr. Karin Strijbis, afdeling Biomoleculair Health Sciences - Infectious Diseases & Immunology, Universiteit Utrecht.

Colofon

Over Chemische Feitelijkheden

KNCV

Chemische Feitelijkheden is een actuele encyclopedie over moleculen, mensen, materialen en milieu. Het is een losbladige uitgave van de KNCV en verschijnt driemaal per jaar met in totaal tien onderwerpen.

Redactie

dr. Erwin Boutsma (hoofdredacteur), drs. Franny Scholte (eindredacteur),

Arno van 't Hoog (tekst)

Vormgeving & Opmaak

Content Innovators

Uitgever

Rik Stuijvenberg, Bèta Publishers
 Postbus 19949, 2500 CX Den Haag

Abonnementen

088-2266 680

beta@mijntijdschrift.com

Wij hanteren de opzegregels uit het verbintenisrecht. Wij gaan ervan uit dat Chemische Feitelijkheden altijd wordt ontvangen uit hoofde van het beroep. Hierdoor wordt het abonnement automatisch met een jaar verlengd, tenzij twee maanden vóór de einddatum een opzegging is ontvangen. Een abonnement op Chemische Feitelijkheden geeft via de website toegang tot tien nieuwe edities per jaar en het totale onlinearchief. Daarnaast ontvangen abonnees in drie zendingen per jaar de losbladige edities.

Tarieven (2020)

Voor particulieren: onlinetoegang met inlogcode en papieren editie (inclusief verzamelmap) kost € 100*; leden van de KNCV, KVCV en NVON krijgen € 10 korting.

Voor bedrijven en (onderwijs)instellingen: onbeperkt toegang tot de digitale edities op basis van IP-adres en papieren editie in drievoud (inclusief verzamelmappen) kost € 280*.

Losse nummers kosten € 9,95* per stuk en zijn te bestellen bij Mijntijdschrift.com.

*Bij betaling per factuur wordt € 2,95 administratiekosten in rekening gebracht.