



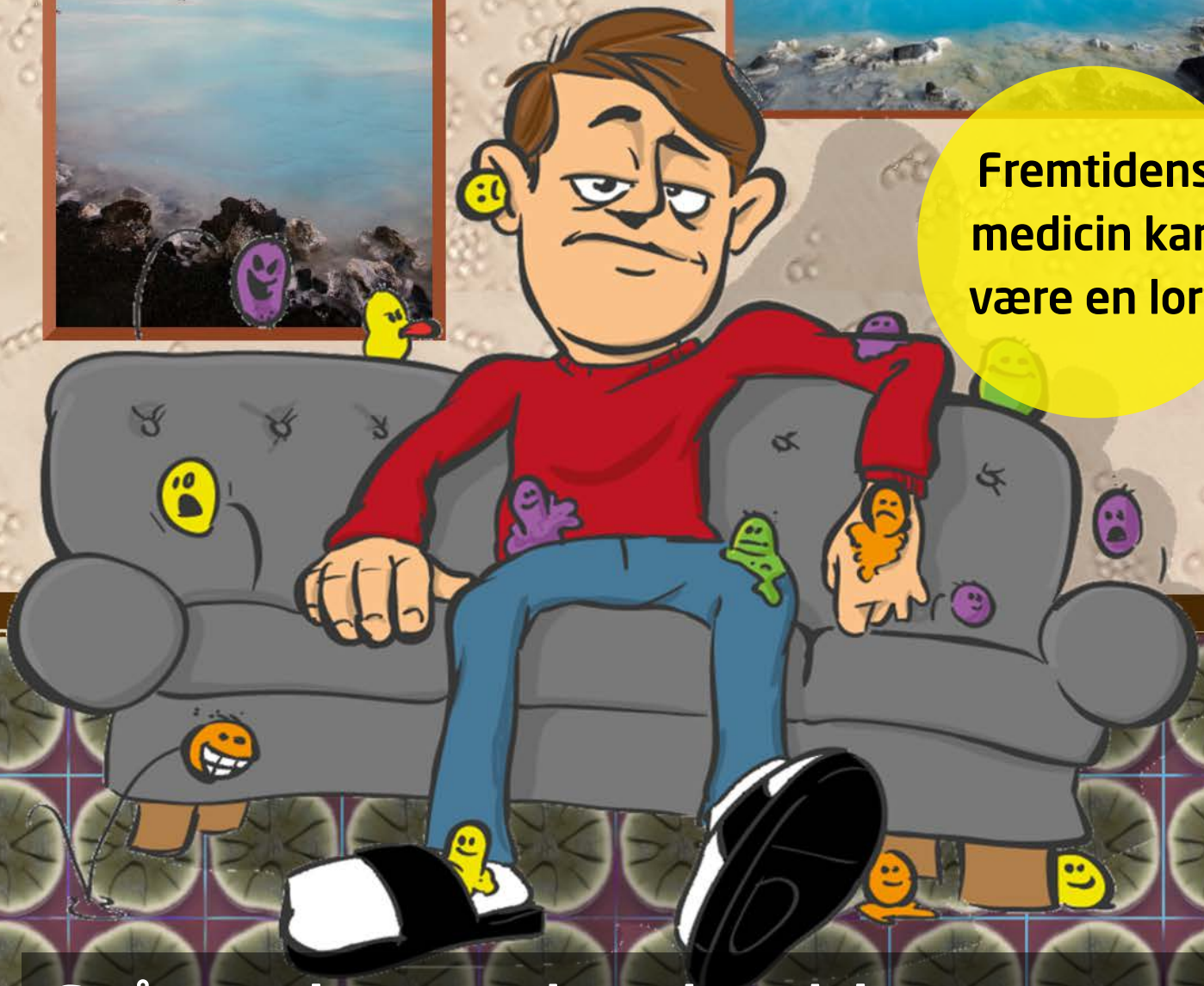
Kapitel 1

Mikroorganismer: Svære at leve med, umulige at leve uden



**Mikroorganismer:
Svære at leve med,
umulige at leve uden**





Fremtidens
medicin kan
være en lort

Små organismer med stor betydning

Bakterier, vira og skimmelsvampe er blandt de mindste og de ældste organismer på jorden. De findes overalt, til vands, til lands og i luften. Nogle gør os syge, andre holder os sunde og raske. I dette kapitel kan du læse om kampen mod de farlige organismer. Men også hvordan vi kan udnytte dem som bakteriefabrikker for medicin og mad.

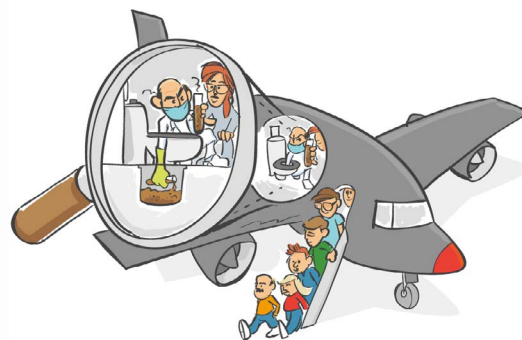
Når nødhjælp
skaber nød

16



Flytoiletter giver
nyttig viden

18



En lys ide

24



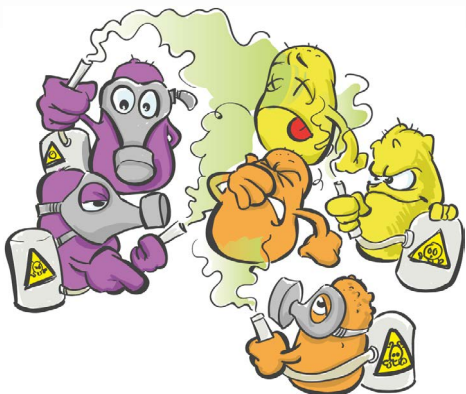
Hvad sker der i dette kapitel?

- Hvad er en mikroorganisme?
- Hvor findes de?
- De kan gøre os syge.
- Hvordan undgår vi at blive syge?
- Hvordan bliver vi raske, hvis vi er blevet syge?
- Antibiotika - alt med måde.
- Med vaccine kan nogle sygdomme helt udryddes.
- Mange mikroorganismer er også gode for os.
- Forskerne prøver at sikre vores helbred i fremtiden.



Lad dem bare slå
hinanden ihjel

26



Bakterier kan erstatte
tandbørsten

29



Bakterier laver mad
til astronauter

30



Indhold – Kapitel 1

1.0 Mikroorganismer - ældgamle, men topmoderne	06
1.1 Portræt af en bakterie	08
1.2 Ekstremofiler - et liv på kanten	10
1.3 Virus - er den levende?	13
1.4 Svampe - er de mikroorganismer?	14
2.0 The bad guys: Hvorfor bliver vi syge?	15
2.1 Hvordan spredes Bakterier og vira?	15
2.2 Bekæmpelse af bakterier og vira	16
2.3 Bakterier og vira kender ingen grænser	18
3.0 Når vi er blevet syge	19
3.1 Behandling af virusinfektioner	19
3.2 Behandling af bakterieinfektioner	20
4.0 Antibiotikaresistens er et alvorligt problem	21
4.1 Debatopgave	22
5.0 Forskernes nye våben mod antibiotikaresistens	24
6.0 The good guys: Vi kan ikke leve uden bakterier og vira	27
7.0 Test dig selv	31
Ordliste	32

1.0 Mikroorganismer - ældgamle, men topmoderne

Du tænker måske ikke teknologi, når du hører ordene bakterier, vira og mikrosvampe. Det vil du efter dette kapitel.

FAKTA

Virus hedder vira i flertal.

FAKTA

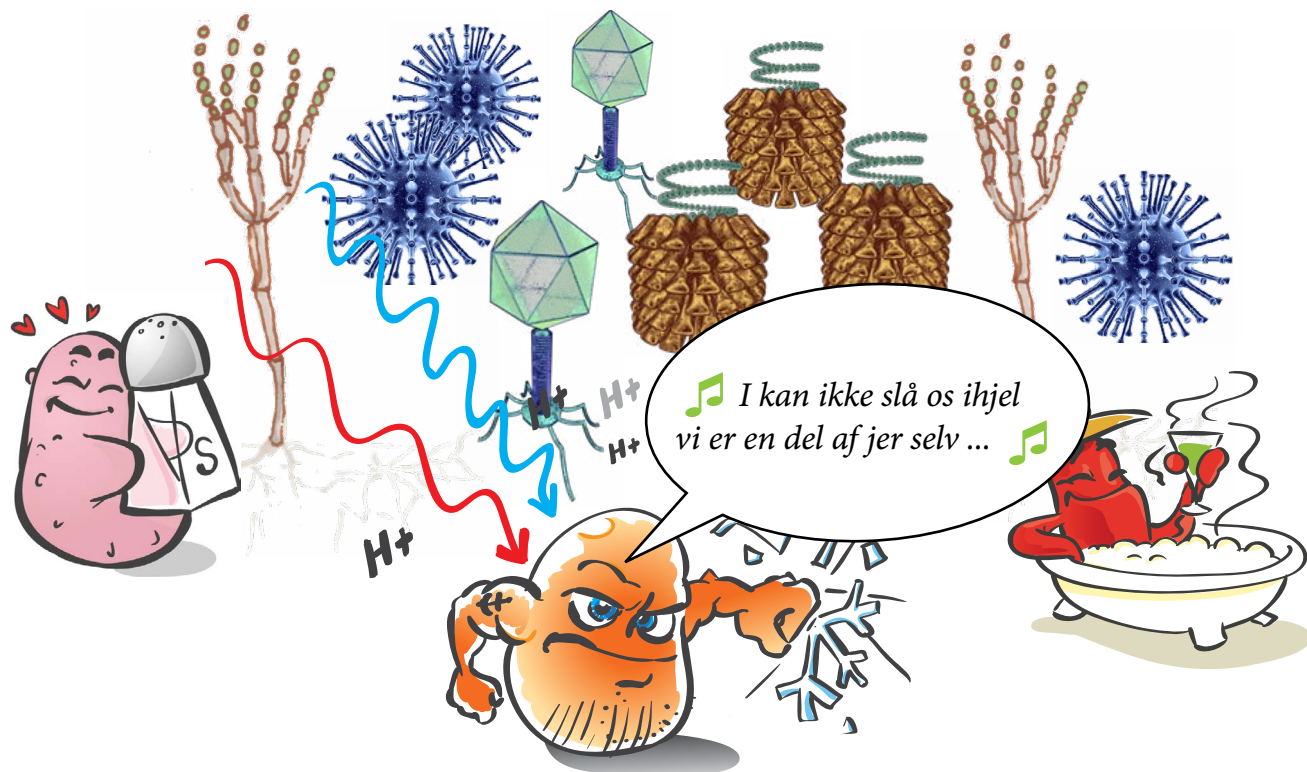
En mikroorganisme er en organisme, der er så lille, at den kun kan ses i et mikroskop. Mikroorganismer omfatter vira, bakterier, mikroskopiske svampe samt mange encellede alger og encellede dyr.

Bakterier og vira opstod for cirka 3,8 milliarder år siden og er dermed nogle af de første former for liv på jorden. Mikrosvampene kom til meget senere (430 millioner år siden), men alle tre organismer er altså ældgamle. De har alle en utrolig evne til at tilpasse sig deres omgivelser. De har overlevet alt, hvad de selv og andre har udsat dem for - sult, sygdomme, naturkatastrofer, at være føde for andre organismer, ja selv mennesker og vores brug af medicin mod dem!

Bakterier, vira og mikrosvampe findes overalt. Til vands, til lands og i luften. Fra de dybeste have til de højeste

bjergtinder. Som belægning på dine tænder, i den mørke muldjord og i de store yoghurttanke på mejerierne. For eksempel er der cirka 10-12 millioner bakterier i et gram jord - cirka dobbelt så mange som der er mennesker i Danmark!

Når vi bliver syge af forkølelse eller influenza er det en virus, som har invaderet os og kapret vores celler. Men vi mennesker kan også udnytte deres taktik og evner til for eksempel at lave cellefabrikker. Cellefabrikker, som kan producere smagsstoffer, medicin og mad til os.



Brugen af bakterier og mikrosvampe går faktisk flere tusinde år tilbage. Mange kulturer har benyttet dem til brødbagning, fremstilling af ost, alkohol og til at syrne mælk og grøntsager. Man vidste bare ikke, hvad der reelt foregik. Men for bare 150 år siden opdagede **Louis Pasteur** bakterierne. Siden da er vores viden om mikroorganismer eksploderet.

I dette kapitel går vi tæt på bakterier, vira og mikrosvampe. Tilsammen kalder vi dem ofte mikroorganismer. Du vil opdage, at når man arbejder med mikroorganismer handler det ikke kun om biologi. Viden inden for fysik/kemi, geografi og matematik er vigtig for at kunne forstå og arbejde med mikroorganismer.

Kapitlet lægger også op til en diskussion om vores brug af **antibiotika**. I vores iver efter at holde os raske og at have en høj produktion i landbruget, risikerer vi, at antibiotika ikke virker mere. Det kan blive et meget alvorligt problem for verdenssundheden.

Efter at have arbejdet med dette kapitel vil du vide, hvor vigtigt viden om mikroorganismer er for vores levestandard.

Vi vil lægge ud med et afsnit om bakterier, et om vira og et om mikrosvampe, så du er godt klædt på til de gode historier, der kommer bagefter.

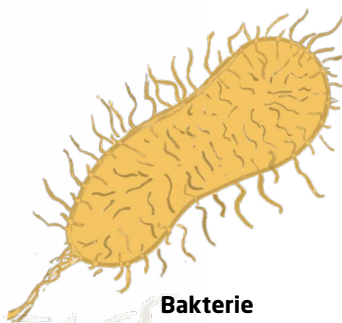
FAKTA

Antibiotika: Lægemidler, som dræber eller hæmmer mikroorganismer. Stofferne dannes naturligt af svampe, bakterier og planter. Som lægemiddel er de dog oftest produceret i en kemisk proces i et laboratorium.



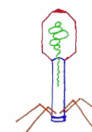
Mikrosvamp

Størrelse: Den enkelte svampecelle kan variere mellem 0,2 og 30 μm . Du kan skelne hver enkelt celle, fordi der er septa (en væg) mellem cellerne. Sporerne er også celler.



Bakterie

Størrelse: 1-3 μm .



Virus

Størrelse: 0,01 - 0,3 μm

1.1 Portræt af en bakterie

Du hører sikkert ofte om bakterier. Måske forbinder du dem mest med en slem mavepine eller betændelse i et sår. Men hvad er en bakterie egentlig? Hvordan ser de ud, hvordan vokser de og hvordan lever de? Det kan du læse mere om i dette afsnit.

lemembran, som holder sammen på bakterien og beskytter den mod omgivelserne. Cellemembranen styrer også, hvilke stoffer, der får lov til at komme ind og ud af cellen. Inde i bakterien er der både strengformet og ringformet DNA. Det strengformede DNA har samme funktion som vores. Det indeholder information, som kendetegner dens art og står for daglig drift af bakterien. Det ringformede DNA fungerer lidt som en app til din telefon. Det indeholder ekstra evner, som bakterien har fået med sig fra sin moderbakteriecelle eller fra andre bakterier den har mødt på sin vej. De ekstra evner kan for eksempel være evnen til at producere forskellige **enzym**er. Det kan for eksempel være enzymer, der kan nedbryde antibiotika og dermed gøre bakterien resistent overfor antibiotika.

Lider ikke af ensomhed

En bakterie er sjældent alene, for den deler sig og bliver hurtigt til flere. Inden en deling laver bakterien en kopi af sit DNA (DNA-replikation). Samtidigt vokser cellen i størrelse og deler sig i to. Resultatet er to ens bakterier. Denne form for forering kaldes ukønnet forering.

FAKTA

Faktisk er der omtrent lige så mange bakterier i en menneskekrop (ca. 40 billioner) som der er menneskeceller (ca. 30 billioner). Så er vi egentlig mennesker eller bakterier?

Bakterier er singler...

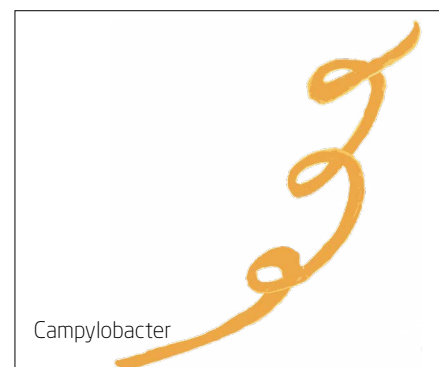
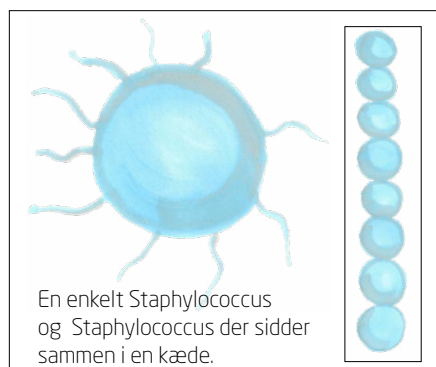
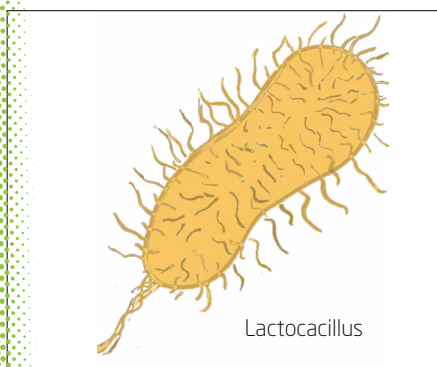
Vi mennesker er sat sammen af billioner (10^{12}) af specialiserede celler. For eksempel hudceller, leverceller og nerveceller. Alle cellerne er nødvendige for, at kroppen kan fungere. En bakterie består derimod kun af en enkelt celle. Hver celle indeholder alt det, bakterien skal bruge for at leve.

...og ret små

Bakterier er 1-3 mikrometer (0,001 mm), hvilket er cirka 10 gange mindre end menneskeceller. Derfor kan de heller ikke ses med det blotte øje. Afhængig af arten kan bakterier være formet som kugler, spiraler, stave eller tråde. Udenpå kan bakterien have små tråde, som gør den i stand til at bevæge sig rundt i sine omgivelser.

Bakterieceller er enklere opbygget end menneske- og dyreceller. Yderst består bakterier af en **cellevæg** og en **cel-**

Figur 2. Bakterier kan have forskellige former. De kan være stavformede som for eksempel Lactobacillus, eller kugleformede som for eksempel Staphylococcus. Der er også nogle, der har et skrue- eller spiralformet udseende. Det har for eksempel Campylobacter.



Under gode forhold kan bakterier dele sig hvert 20. minut, så en bakterie bliver til to efter 20 minutter og to bliver til fire efter 40 minutter. Antallet af bakterier fordobles altså hele tiden – en såkaldt eksponentiel vækst. Efter otte timer vil der være dannet over 16 millioner **bakterier!**

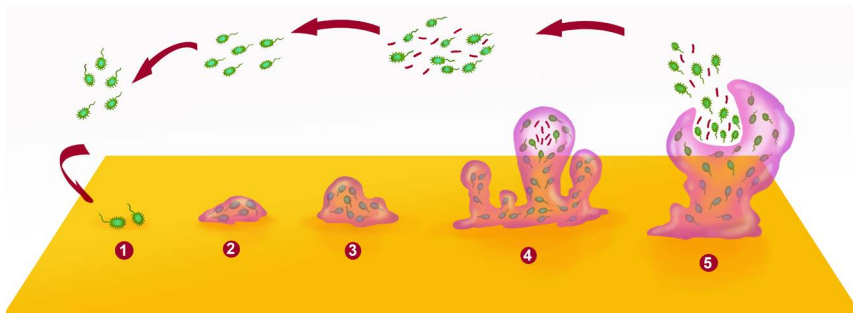
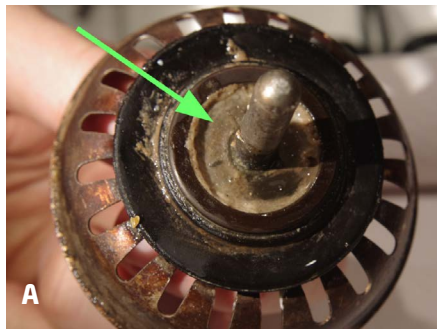
Biofilm

Bakterier lever ofte i store fællesskaber, som klumper i en tynd slimet film. Det kaldes for biofilm. For eksempel har du biofilm på tænderne. De findes også på rådne madvarer, i akvarier, vandløse, og på skroget af skibe. I biofilm organiserer bakterierne sig i lag, hvor de yderste lag danner en slimet og hårdfør ydre kappe. På den måde

kan bakterierne leve en mere beskyttet tilværelse, hvor de er bedre beskyttet mod medicin og kroppens **immunforsvar**. Med en biofilm kan bakterierne også klistre sig rigtigt godt fast på en overflade, så de bliver meget svære at skrubbe af. Se figur 3 og 4.

Spore

Nogle bakterier kan også danne sporer og gå i hviletilstand. Det er en overlevelsesstrategi som de bruger under ekstreme forhold, såsom udtørring, for meget varme eller kulde eller for lav eller høj pH. I sporestadiet er bakteriens DNA beskyttet af en stærk kapsel. Når forholdene bliver gode igen kan den lille hårde kapsel igen blive til en bakterie.



Figur 4. Figuren viser, hvordan en gruppe bakterier kan gå fra at bevæge sig rundt enkeltvis til hæfte sig i en hob og danne en biofilm. Forløbet kan tage mellem dage og måneder alt efter typen af bakterier og forholdene. 1) Bakterier bevæger sig rundt enkeltvis. Det kan være i en vandstrøm i naturen, i vandrør, blodbanen, lungerne. Ja, det er næsten kun fatasien, der sætter grænser her. 2) Bakterierne hæfter sig enkeltvis. 3) Bakterierne deler sig og danner en hob. 4) Bakterierne begynder at udskille proteiner, der klistrer bakterierne sammen og danner en slimet overflade af hoben af bakterier - den er nu en biofilm. 5) Nogle gange bryder der hul på en biofilm og bakterier frigøres og kan føres væk og danne nye biofilm et nyt sted.



Prøv at kigge ind i et vandrør på skolen eller hjemme hos dig selv. Her vil du se en slimet belægning – det er biofilm.



Du kan i denne Powerpoint se hvor hurtigt én bakterie bliver til 1.6 millioner bakterier.



Biofilm vokser alle vegne, hvor der er fugtigt. F.eks. vandrør, på badebroer og i køleskabe. Kan du finde andre steder med biofilm?

ØPGA VE HÆFTE

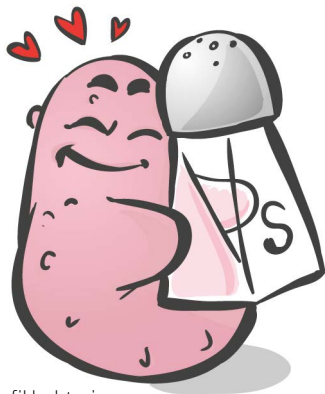
Undersøg plakken på dine tænder (Øvelse nr. 1.6 i opgavehæftet).

Figur 3 A.

På risten i din håndvask opstår der hurtigt en slimet belægning. Det er en biofilm.

Figur 3 B.

På dine tænder dannes også biofilm. Her kalder vi det plak. Det er plak, som vi skal børste væk, for at undgå huller i tænderne.



Halofil bakterie.

FAKTA

Halofil betyder 'salteelskende'.

FAKTA

Ekstremofiler er organismer, som kan leve i ekstreme miljøer, som er dødelige for andre organismer på Jorden. Det kan være miljøer, som er ekstremt kolde, tørre, salte eller varme.

OPGAVE HÆFTE



Osmose: Læs mere om osmose og få et æg til at vokse (Øvelse nr. 1.2 i opgavehæftet).

1.2 Ekstremofiler - et liv på kanten

Bakteriers evne til at tilpasse sig de mest ekstreme og mærkværdige miljøer er dybt imponerende. Det er svært at forestille sig et miljø, hvor der ikke er bakterier. Selv i **svovl- og saltsøer**, under høje tryk på flere kilometers havdybde og i varme kilder med temperaturer op mod 95° C støder man på bakterier. Bakterier, der lever så ekstreme steder, kalder man ekstremofiler.

Deres evne til at leve i ekstreme miljøer gør bakterierne interessante for alverdens forskere. Biologer, ingeniører, og astronomer kigger på de ekstremofile bakterier, når de skal forstå livets alsidighed, "opfinde" nye produkter eller lede efter liv i rummet. Nedenfor kan du læse om nogle af de mange besynderlige og imponerende evner bakterier kan have.

De saltelskende

Nogle bakterier lever i meget høje saltkoncentrationer som i søen Great Salt Lake i den amerikanske stat Utah. Her lever de såkaldte halofile bakterier. Mens almindelige bakterier ville dø eller gå i hviletilstand på grund af udtørring, kan de halofile bakterier klare en saltkoncentration på op mod 40% dvs. over ti gange så høj som i almindeligt havvand.

Bakterier, der ikke tåler meget salt udtørres, fordi det **osmotiske tryk** inden i dem er langt lavere end uden for dem. Vand suges derfor ud af deres indre. Saltelskende bakterier har derimod sikret sig mod dette. De kan danne en masse proteiner og sukkerstoffer, som kun har til formål at ligge i deres cellevæske og holde et ligeså højt osmotisk tryk inde i cellen som uden for den. På den måde tørrer bakterien ikke ud.



Luftfoto af en saltsø. Alt det hvide og lyserøde er salt.

De varmeelskende

Termofile bakterier trives i et miljø med temperaturer over 40 °C. Det er varmere, end hvad de fleste andre organismer kan overleve i længere tid. Vi mennesker fungerer for eksempel bedst med en krops-temperatur på omkring 37 grader. Over denne temperatur begynder vores **proteiner** at **denaturere**. Man finder da også de termofile bakterier på golde og ufrugt-

bare steder som i varme kilder eller ørkener, hvor andre organismer ikke kan leve. Enkelte termofile bakterier kan leve i temperaturer helt op til 95 °C. Hvis vandet er under tryk og dermed har et højere kogepunkt kan nogle bakterier endda tåle temperaturer over 100 grader. For eksempel lever bakterien *Pyrodictium occultum* i 105 °C varmt vand i nogle undersøiske varme kilder ud for Italiens kyst.



Termofil bakterie.



Figur 6 Foto af en varm kilde. I en varm kilde kan du finde termofile bakterier og ofte også halofile bakterier.

FAKTA

Termofil betyder 'varmeelskende'.

FAKTA

Pyro betyder ild.



Hvorfor er det lettere at overleve frost end varme?

FAKTA

Planococcus halocryophilus. Ud fra dens navn kan du se at bakterien både er salt (halo) og kulde (cryo) elskende (philus).



Kan du komme på produkter, hvor vi mennesker kan udnytte bakterienes evne til at leve ekstremt?

Der kan være gode grunde til at undersøge termofile bakterier nærmere. Hvis vi kan forstå, hvordan disse bakteriers **enzymer** kan bevare deres form og egenskaber ved høje temperaturer, kan vi bruge det til at udvikle nye enzymer. Det kunne være et vaskemiddel med enzymer, der også virker ved høje temperaturer.

Modsat termofile bakterier findes der også kuldeelskende bakterier, cryofile bakterier. Mange bakterier kan tåle frost. Men kun cryofile bakterier kan leve og dele sig ved frostgrader. For eksempel kan bakterien *Planococcus ha-*

locryophilus leve og dele sig ved temperaturer ned til $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ og overleve helt ned til $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Den er naturligvis fundet i arktiske egne.

Den hårdnakkede

Deinococcus radiodurans er nok den mest modstandsdygtige bakterie, vi kender. Den kan overleve kulde, syre, udtørring, vakuum og stråling tusind gange kraftigere, end det vi mennesker kan overleve. Hemmeligheden bag denne lille hårdnakkede sag er dens ekstreme evne til at reparere sit DNA efter det er blevet ødelagt.



Den hårdnakkede.

Billedet er taget fra Ellesmere Island i det nordligste af Canada. Et meget koldt og ugæstfrit sted. Dog er det netop her, at canadiske forskere har fundet en anden hårdfør bakterie kaldet *Planococcus halocryophilus*.

1.3 Virus - er den levende?

Nu har du læst en hel del om bakterier. Blandt gruppen af mikroorganismer finder du også viruspartiklerne. På flere punkter er der ligheder mellem bakterier og vira. Vira findes, ligesom bakterier, stort set overalt. De kan forårsage smitsomme sygdomme – både dem du kender, forkølelse, influenza og skoldkopper, og så de mere fremmedartede som Zika-virus og Ebola.

Nogle typer virus kan være kræftfremkaldende. Det gælder blandt andet human papilloma-virus (HPV), der kan give livmoderhals-kræft.

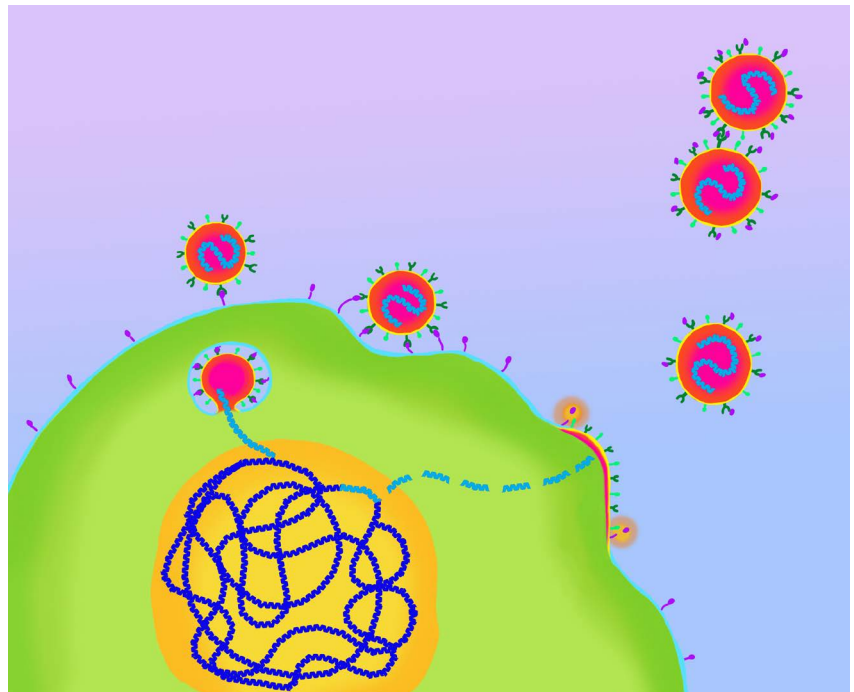
Men vira er også meget forskellig fra bakterier. Man betragter for eksempel ikke vira som levende. De kan hverken optage næring, bevæge sig eller formere sig uden for en celle. I stedet kaprer de andre organismers celler og udnytter deres **replikationssystem**, når de skal formere sig. Fordi vira typisk er aktive inde i vores egne celler, gør det også virus sygdomme svære at bekæmpe.

Hvordan ser de ud?

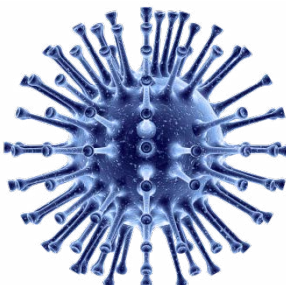
En virus-partikel består af en beskyttende **proteinmembran**, der omgiver en kerne med **DNA** eller **RNA**. Nogle vira, for eksempel influenzavirus, har desuden en ydre kappe af fedtstoffer og proteiner.



Hvis vira ikke er levende, kan man så kalde dem mikroorganismer?



Stilistisk tegning af et virus, som optages i en celle og hvordan DNAet inkorporeres med cellens DNA og virus bliver mangfoldiggjort.



Kubisk virus.

For eksempel influenza.



Komplekst virus.

Det kan være en bakteriofag. Det vil sige et virus som inficerer bakterier.



Spiralformet virus.

Det kan være tobakmosaik virus. Det inficerer en lang række planter blandt andet tobaksplanter.

FAKTA

Medicinen penicillin kommer oprindeligt fra en skimmelsvamp, der hedder *Penicillium Chrysogenum*.

**OPGAVE
HÆFTE**

Mikroorganismer i hjemmet?
(Øvelse nr. 1.5 i opgavehæftet).



En pakke gær som du bruger til at bage brød med. Gær er svamp og den du bager med hedder *Saccharomyces cerevisiae*.



På mugne appelsiner er det ofte skimmelsvampen *Penicillium digitatum* og *Penicillium italicum*, der vokser.

**OPGAVE
HÆFTE**

Hvor langt kan en ost flyve?
(Øvelse nr. 1.7 i opgavehæftet).

1.4 Svampe - er det en mikroorganisme?

Den sidste mikroorganisme vi kommer omkring i dette kapitel er mikrosvampene. Svampe kan deles ind i tre grupper:

- Hatsvampe
- Gærsvampe
- Skimmelsvampe

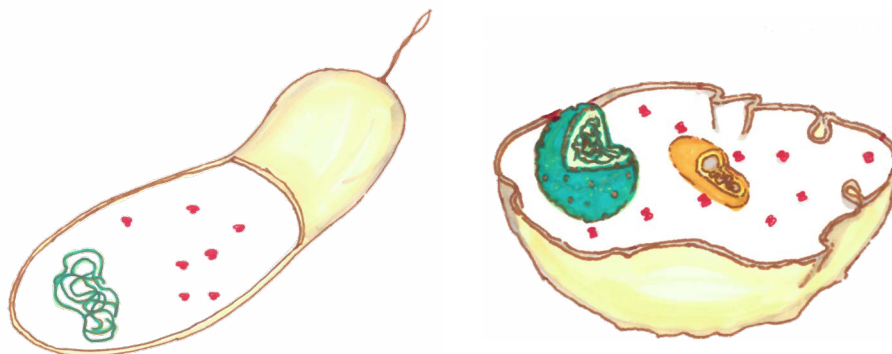
Hatsvampene er dem, hvor vi kan plukke frugtlegemerne som champignon og kantareller og de er ikke en mikroorganisme. De to sidste grupper, gær og skimmelsvampe, er derimod mikroorganismer og har begge stor betydning i vores hverdag. Gærsvampene hjælper blandt andet til ved bagning af brød og fremstilling af øl. Skimmelsvampene giver oste som brie, Camembert og Roquefort. Der er dog også nogle, som gør os syge. Det er for eksempel skimmelsvamp i boliger. Andre igen bruger vi til fremstilling af medicin til dig og mig. Det kommer vi tilbage til senere i kapitlet.

Opbygning

Svampe er **eukaryote** celler i modsætning til bakterierne, som er **pro-**

karyote. Det vil sige, at svampenes celler har en cellekerne ligesom plante og dyreceller. De er også meget større end bakterier og vira (Se tegning s. 11). De fleste svampeceller har også en cellevæg uden på deres cellemembran. Gærsvampene er encellede og dermed uafhængige af hinanden. Skimmelsvampene, derimod består af mange celler og danner strukturer. De består overordnet af tre dele; Mycelium, stilk og en sporestand. Myceliet er et forgrenet netværk, der ligner rødder og gror ned i det materiale, svampen gror på. Det er myceliet, som nedbryder materialet. Nedbrydningsprodukterne bruger svampen som næring. Oven for myceliet er en stilk. Stilken gør, at sporestanden løftes højere op. Sporestanden indeholder skimmelsvampens sporer. Sporerne er ligesom frugters kerner og frø. Så når sporerne blæses væk fra sporestanden, kan de vokse op til en ny skimmelsvamp, der hvor de lander.

Senere i dette kapitel kommer vi ind på, hvordan svampe kan bruges til fremstilling af antibiotika og anden medicin.



Til venstre ses en model af en prokaryot celle. Bakterier er prokaryote. Til højre ses en eukaryot celle. Svampe-, plante- og dyreceller er eukaryote.

2.0 The bad guys: Hvorfor bliver vi syge?

Vi ved, at vi kan blive syge, når vi bliver smittet med bakterier eller vira. Hele kroppen gør ondt, hovedet dunker, næsen løber og vi får feber. Men hvordan er det lige, at de får os til at føle os så skidt tilpas?

Langt hen ad vejen skyldes det faktisk vores egen krop. Symptomerne ovenfor fremkaldes nemlig af reaktionerne fra vores **immunforsvar**, når det opdager de fremmede viruspartikler eller bakterier.

Feber skyldes for eksempel, at kroppens immunforsvar arbejder mest ef-

fektivt ved en temperatur på omkring 38-39 grader. Samtidigt får bakterier og vira svært ved at formere sig.

Bakterier kan også udskille giftstoffer, som får dig til at føle dig skidt tilpas. Giftstofferne kan påvirke slimhinden i tarmen, så du får diarré eller din hud så du får udslet som i **skarlagens-feber**. De kan også ødelægge dine muskelceller og det giver ømhed. Nogle bakterier er ekstremt giftige. For eksempel udskiller bakterien *Clostridium botulinum* nervegiften botulinum, som lammer den syge.



Figur 13. En person glemmer at vaske hænder efter toiletbesøg og du kan følge, hvor han sætter hænderne umiddelbart efter.

2.1 Hvordan spredes bakterier og vira?

Vira og bakterier spredes i det store hele på samme måde: Hvis du eller din klassekammerat er syge, kan I sprede smitten både ved håndtryk, kram, når I rører et håndtag eller når I hoster og nyser ud i klassen. En anden og meget udbredt smittevej er den, der går fra din - eller en andens numse - til din

mad, hvis ikke I får vasket ordentligt hænder efter et toiletbesøg! Kort sagt - vi mennesker er mikroorganismernes transportmiddel.

For at undgå spredning er det derfor sund fornuft at nyse og hoste ned i ærmet, vaske hænder og være omhyggelig med hygiejnen, når du laver mad.

FAKTA

Hver femte dansker vasker ikke hænder med sæbe, hver gang de har tisset.



Hvordan spredes influenza på din skole?

OPGAVE HÆFTE



En god håndvask (Øvelse 1.3 i opgavehæftet).

OPGAVE HÆFTE



Hvor langt når dit nys? (Øvelse 1.4 i opgavehæftet).

OPGAVE HÆFTE



Mikroorganismer i hjemmet (Øvelse 1.5 i opgavehæftet).



Se filmen:
Køkkenhygiejne



Se også filmen:
Køkkenhygiejne - god animation på engelsk

2.2 Bekæmpelse af bakterier og vira

FAKTA

De fleste bakterier og vira kan godt tåle en tur i fryseren – husk det, når du laver din næste smoothie.

OPGAVE HÆFTE



Fang en virus. (Øvelses nr. 1.10 i opgavehæftet).

Der findes heldigvis en række metoder til at fjerne bakterier og virus-partikler i omløb. For eksempel har du helt sikkert hørt, at du skal bruge sæbe, når du vasker hænder. Her kan du læse om en række midler, der kan forhindre, at mikroorganismer smitter dig.

Sæbe

Sæbe har sin faste plads ved enhver håndvask. Den kan løsne snavs fra hænder, tøj, tallerkner og så videre. Når vi vasker hænder, virker sæbe hovedsageligt ved at løsne snavs og mikroorganismer fra hænderne, så det bliver skyllet med vandet ud. Meget snavs indeholder fedt, men vi har også en tynd fedtfilm på huden, så når sæbe opløser dette fedt, skylles det hele med vandet ud. Sæbe er derfor ikke **desinfi-**

cerende, men fjerner snavs og mikroorganismer fra hænderne. Sæbe har denne løsnende egenskab, fordi det indeholder både vandelskende og vandafvisende evner. Sæbe mindsker også overfladespændingen, så blandingen af vand og sæbe når ind i selv de fineste furer og revner i huden.

Håndsprit

Man kan også rense sine hænder med håndsprit. Håndsprit virker ved at udtørre bakterierne. Det er godt, hvis du er på farten og ikke har mulighed for at vaske hænder. På hospitaler, hvor man skal være ekstra renlig vasker man først hænder og bruger derefter håndsprit. Hånd sæbe er dog nok i en almindelig dagligdag.



Når nødhjælp skaber nød

Ingen ved det med sikkerhed, men 38-årige Jean Salgadeau Pelette var formentlig det første offer for den **kolera**epidemi, der hærgede Haiti efter jordskælvet i 2010. Da Jean vågnede, gik han som sædvanlig ned til floden, Latem River, for at vaske sig. Få timer efter blev Jean fundet ved bredden. Stærkt afkræftet og ude af stand til at gå hjem på grund af et voldsomt og pludseligt opstået maveonde. Han døde senere på eftermiddagen.

Ingen skænkede kolera en tanke, for trods Haitis utallige problemer havde der ikke tidligere været koleraudbrud på den lille ø. Men hvor kom kolerabakterierne så fra?

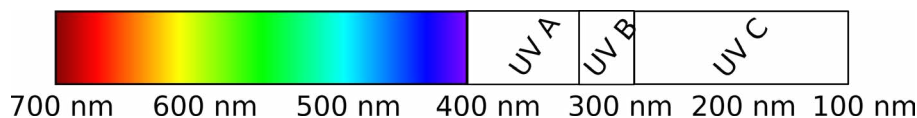
Lidt længere oppe ad floden holdt nogle FN-soldater til. De var kommet til landet for at hjælpe det nødlidende haitianske folk efter jordskælvet. Desværre var nogle af soldaterne raske bærere af kolerabakterien og desværre ledte soldaterne deres kloakvand ud i den haitianske flod. Dermed startede de formentlig den koleraepidemi, hvor Jean Salgadeau Pelette langt fra var det eneste offer. De følgende uger og måneder oplevede Haiti verdens største udbrud af kolera.

Varme

Opvarmning til over 60 °C vil i langt de fleste tilfælde slå både bakterier og vira ned. Varme virker fordi det ødelægger proteiners struktur og DNA-strengene går fra hinanden. Ved bakteriesporer skal du dog op på temperaturer på over 120 °C, for at slippe af med dem.

UV-C lys

Man kan også bruge UV-lys til at dræbe bakterier og vira. Der er flere typer UV-lys. UV-A, UV-B og UV-C. Ultraviolet lys med en bølgelængde i området 200-280 nm kaldes UV-C lys (se elektromagnetisk spektrum nedenfor). UV-C lys er effektivt til at **desinficere** luft, væsker og overflader. På grund af den korte bølgelængde indeholder UV-C lys meget energi. Den høje energi ødelægger DNA'et i bakterier og vira, så de går til grunde.



Elektromagnetisk spektrum, der viser lys med bølgelængder fra 10 nm til 700 nm. Bølgelængder mellem 400 og 700 nm er lys, som vi kan se, hvor de længste er rødlige farver og de korteste er blålige farver. Lys med kortere bølgelængder kalder vi stråling. Det indeholder energi nok til at kunne skade celler. UV-A og UV-B trænger gennem atmosfæren og det beskytter vi os mod med solcreme. UV-C trænger ikke gennem atmosfæren, men lamper med UV-C kan bruges til at desinficerer med.

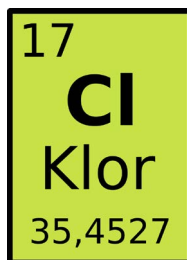
Klorin

Klorin er et rengøringsprodukt, som indeholder klor. Klor er et grundstof og er i sin frie form en gulgrøn gas. Det er et meget effektivt desinfektionsmiddel, der kan dræbe alle former for liv som planter, dyr, bakterier og virus. Det er altså yderst giftigt!

I klorin er klor bundet i flydende basiske opløsninger af natriumhydroxid. Det gør det mindre farligt at transportere og arbejde med. Klor er her omdannet til hypoklorit og minder de fleste af os om lugten i en svømmehal.



Kemisk struktur for Klorin. Klorins kemiske navn er Natriumhypoklorit, NaClO.



Symbolet for klor i det periodiske system.

FAKTA

Førhen indeholdt et gram krydderi 1-100 millioner bakterier og vira. Nogle få af dem kunne man blive syg af. Derfor renses man nu krydderier før de når forbrugeren.

FAKTA

Jo kortere bølgelængde lyset har, jo mere energi indeholder det.

FAKTA

HUSK! Klorin og andre klorholdige produkter må ALDRIG blandes med produkter med lav pH. Det vil danne frit klor, som kan være dødelig.

FAKTA

I forbindelse med Ebola-udbruddet brugte man baljer med klorin til at skylle sine støvler i, når man kom ud fra et område med syge/felthospital.

2.3 Bakterier og vira kender ingen grænser

Vi rejser mere og importerer og eksporterer varer fra andre lande. Med på flyene er dog ikke kun os mennesker, men også bakterier og vira. Vores store rejseaktivitet og handel betyder,

at mikroorganismer og dermed også smitsomme sygdomme spredes langt hurtigere end tidligere, hvor de kun blev spredt via landjorden. I dag er det derfor ikke nok at følge et sygdomsudbrud lokalt. Vi er nødt til at overvåge globalt, så læger og myndigheder kan reagere hurtigere, når smitsomme sygdomme krydser landegrænser.



Flytoiletter giver nyttig viden

Når vi rejser, tager vi "prøver" med hjem fra de lande, vi har besøgt. Det gør vi gennem vores tarme. Når vi så benytter flytoiletterne på rejsen til og fra et land, efterlader vi noget af prøven i toilettet. Det har professor Frank Aarestrup fra DTU Fødevareinstituttet udnyttet i en undersøgelse af global smittespredning.

Sammen med kollegaer tog professoren prøver af afføring fra 18 flytoiletter. Forskerne oprensedede DNA'et fra prøverne og kørte det igennem en stor database med alle kendte **DNA-sekvenser**. Analysen viste, hvilke bakterier, der var i de forskellige afføringsprøver og at flere bakterier havde gener med **resistens** over for antibiotika.

Forskerne kunne også konstatere, at passagerer fra fly fra USA havde spist meget kød og at dem fra Islamabad ikke havde spist svinekød. Endnu vigtigere kunne de se, at der var flest Salmonellabakterier i prøver fra fly fra Sydasiens. Passagerer fra fly fra Nordamerika donerede til gengæld flest Clostridium difficile, som kan give dødelig tyktarmsbetændelse.

Ved at tage prøver fra flytoiletter vil vi altså hurtigt kunne identificere og måske forhindre spredningen af farlige bakterier og vira, der er med på flyet. Analyserne kan også bruges til at kortlægge, hvor hvilke antibiotikaresistente bakterier findes.

3.0 Når vi så er blevet syge

Når skaden er sket og vi er blevet syge, hvad kan vi så gøre for at blive raske igen?

3.1 Behandling af virusinfektioner

Ofte når vi går til lægen med ondt i halsen, siger lægen, at det er en virusinfektion og at der ikke er andet at gøre end at vente på, at infektionen er overstået. Frustrerende, når man bare gerne vil være rask. Men desværre - behandling af virusinfektioner er ikke nået så langt som behandling af bakterielle infektioner.

Ingen effektiv behandling

Bortset fra lægemidler, der kan hæmme visse virusinfektioner, så findes der ingen effektiv behandling af disse infektioner.

Forklaringen på de modstandsdygtige viruspartikler ligger i deres opbygning. Som du tidligere har læst, kan vira ikke formere sig udenfor en celle. De har heller ikke noget stofskifte, før de er trængt ind i dine celler. Derfor kan man ikke give dem "gift" uden også at ramme dine egne celler. Lægen må derfor overlade behandlingen af virus sygdomme til dit eget **immunforsvar**.

Vaccinationer

Fremfor at behandle kan man dog heldigvis forebygge en del virus- og bakteriefremkaldte sygdomme med vaccinationer. Blandt virussygdommene gælder det blandt andet børnesygdommene mæslinger, røde hunde og fåresyge.

Siden 2006 er danske piger og kvinder desuden blevet tilbudt at blive vaccineret mod HPV-virus, der kan give livmoderhalskræft.

I Danmark er det frivilligt, om man vil lade sig vaccinere. Men for at et vaccinationsprogram skal virke, kræver det, at næsten alle lader sig vaccinere. Så vil de få personer, der ikke kan vaccineres være beskyttet. De er beskyttet fordi det vil være usandsynligt, at de møder en syg person. Det kalder man flok-immunitet.

Ligesom i dag var der også førhen nogle, som ikke ville vaccineres. Det brød den tidligere danske konge, Frederik den VI, sig ikke om og indførte i 1810 en lov om, at der skulle fremvises en gyldig vaccinationsattest for at komme i skole og for at blive gift af præsten. Sådan er det ikke i dag i Danmark, men i flere amerikanske skoler er det et krav.

OPGAVE
HÆFTE



Fang en virus (øvelse 1.10 i opgavehæftet)

OPGAVE
HÆFTE



Hvorfor er vaccinationsprogrammet forskelligt i Danmark og USA? (Øvelse 1.11 i opgavehæftet).

3.2 Behandling af bakterieinfektioner

FAKTA

Et antibiotikum, flere antibiotika.

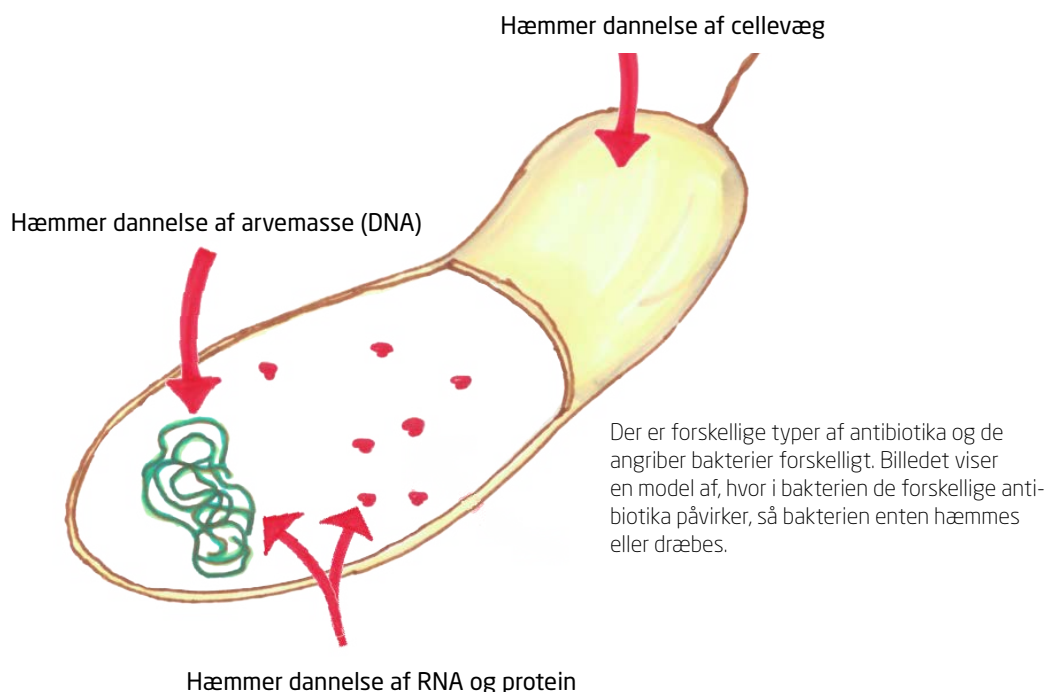
Antibiotika er lægemidler, der kan bruges til behandling af infektioner med bakterier hos mennesker og dyr. De virker ved enten at dræbe bakterier eller hæmme deres vækst. Antibiotika virker ikke mod virusinfektioner.

Verdens første antibiotikum

Den skotske biolog Alexander Fleming opdagede i 1928, at skimmelsvampen *Penicillium notatum* virkede bakteriedræbende. Den udskiller et stof, der ødelægger bakteriernes cellevægge. Stoffet blev døbt penicillin. Efter mange års forsøg lykkedes det at producere penicillin i så store mængder, at det kunne tages i brug som det allerførste antibiotikum. I dag findes der mange forskellige typer bakteriedræbende stoffer, som går under betegnelsen antibiotika. Alexander Flemming modtog i 1945 Nobelprisen for sin opdagelse.

Svækker eller dræber

Forskellige typer antibiotika virker på forskellig vis, men overordnet kan de deles op i to grupper. Den ene gruppe hæmmer bakteriernes vækst, så vores immunsystem selv kan klare det mindre antal bakterier. Den anden gruppe antibiotika dræber ganske enkelt bakterierne. Da antibiotika langt hen ad vejen også påvirker vores egne gode bakterier - eksempelvis tarmbakterier - kan en behandling med antibiotika give maveproblemer i form af kvalme og diarré.



4.0 Antibiotikaresistens er et alvorligt problem

Lige siden penicillinens opdagelse har vi kunnet helbrede langt de fleste bakteriefremkaldte sygdomme. Desværre har både læger, patienter og landbruget i årevis brugt meget store mængder antibiotika. Det har ført til, at mange bakterier er blevet resistente over for antibiotika. Når bakterier er blevet resistente har de udviklet forsvarsmekanismer mod antibiotika, så de ikke længere virker.

Hvis de resistente bakterier spredt sig eller mange flere sygdomsfremkaldende bakterier bliver resistente, har verden et alvorligt problem. Faktisk har Verdens-sundheds-organisationen WHO, udråbt antibiotikaresistens som en af de største trusler mod menneskers sundhed.

Hvordan opstår resistens?

Bakterier har alle dage været gode til at tilpasse sig sine omgivelser. Det er simpelthen årsagen til, at de har overlevet så længe som de har. Derfor burde det heller ikke komme som nogen overraskelse, at de også tilpasser sig et miljø med antibiotika.

Når bakterier deler sig, sker der indimellem en ændring i bakteriens DNA. Dette kan både give fordele og ulemper for den enkelte bakterie. Dette sker

også for bakterier, der udsættes for antibiotika. Enkelte af disse tilfældige ændringer kan give bakterien evnen til at overleve en antibiotikabehandling. Den kan så dele sig og blive til en ny og resistent bakteriekoloni.

Når en koloni af antibiotikaresistente bakterier kommer ud blandt andre bakterier, har vi balladen. Især hvis det er miljøer, hvor der bruges antibiotika. For ikke nok med, at de resistente bakterier kan sprede sig vidt omkring. De deler også gladeligt deres nyerhvervede evne med alle andre bakterier. Det gør de ved konjugering, som er en proces, hvor bakterier kan udveksle **ringformet DNA**. Dermed vil flere typer bakterier udvikle antibiotikaresistens.

Hvis antibiotika mister sin effekt, kan sygdomme som vi i dag betragter som ufarlige –halsbetændelse og betændelse i et sår – gå hen og blive dødelige.

OPGAVE
HÆFTE



Find selv antibiotika (Øvelse 1.8 i opgavehæftet).



Se filmen:
"Hvordan en bakterie overfører en kopi af sit ringformede DNA til en anden bakterie"

4.1 Debat - antibiotikaresistens, hvor skal vi sætte ind?

Landmand:

»Når det gælder smågrisene, bruger vi medicin for at behandle dem for diarré, som smågrise kan få, når de skal vænnes fra at have fået modermælk til at spise korn og sojaprotein. Får de ikke antibiotika, dør de.«

»Vi giver jo også små børn antibiotika, hvis de bliver meget syge. Det er lidt det samme. Vi ligger altså rigtig flot i forhold til vores kollegaer i andre lande. Og hos mig har vi et rigtig højt sundhedsniveau. Vi gør rigtig meget for at holde vores sygdomsniveau nede.«

Sundhedsvæsenet:

»- Jeg tror at grunden til, at der er et stigende antal af behandlinger med antibiotika af børn i Danmark handler om, at der er et stort forældreonske om raske børn og at vi har svært ved, at se når vores børn har det skidt. Det kan skabe et pres i venteværelset. Her skal nogle læger måske være bedre til at holde lidt igen med at give antibiotika og følge de retningslinjer, der ligger på området, siger han.«



Alle er sådan set enige om, at antibiotikaresistens er et stort problem og at antibiotikaforbruget skal ned. Det man ikke er enige om er, hvem der bruger for meget antibiotika og derfor bør sænke sit forbrug. Politikere må derfor udarbejde handlingsplaner og eventuelt love. For at kunne det hører de meninger og gode råd fra de forskellige parter.

Jeres klasse skal nu lægge en handlingsplan for at mindske problemet med antibiotikaresistens. Start med at inddele klassen i fire grupper. Tre af grupperne skal tage udgangspunkt i citaterne i taleboblerner. Citaterne stammer fra tre personer med forskellig baggrund for at udtale sig om problemet (praktiserende læge, forsker og landmand). Hver af de tre grupper får et citat at arbejde med. Gruppen prøver at forstå, hvilken baggrund personen har og hvorfor personen udtaler sig som han eller hun gør.

Den fjerde gruppe er politikere. Denne gruppe skal tage stilling til, hvad der er den mest korrekte måde at løse problemet med antibiotikaresistens på.

Efter at have arbejdet ude i grupperne samles de fire grupper til en debat. I

Forskeren:

»Hvis udviklingen fortsætter, risikerer selv unge og stærke patienter om 15 år at dø af en simpel infektion.«

debatten fremlægger politikerne problemet. Grupperne 1,2 og 3 er de tre personer fra citaterne, som prøver at få indflydelse på politikernes beslutning.

Politikerne afslutter debatten med at fortælle om deres beslutning om fremtidige tiltag og love på området.

Politiker:

»... bruger Danmark meget eller lidt antibiotika, skal vi gøre mere eller er det de andre lande, der skal gøre noget?«

»Hvad vil det koste landmanden og dermed staten, hvis landmanden mindsker produktionen? Det vil i sidste ende også koste staten penge, hvis forældre skal blive hjemme fra arbejde i længere tid på grund af syge børn?«

Start: Arbejd i hver jeres gruppe.

Gruppe 1-3:

- A. Hvilken person fra taleboblere er jeres gruppe?
- B: Hvorfor har personen den holdning til eller interesse i antibiotika?
- C. Syntes personen at antibiotikaresistens er et problem?
- D. Syntes personen at forbruget af antibiotika skal mindskes - hvem skal i så fald mindske forbruget?

Gruppe 4: Sammensæt en handlingsplan for, hvordan I vil mindske problemet med antibiotikaresistens.

- A. Hvad er problemet?
- B. Hvordan er problemet opstået?
- C. Hvordan kan problemet mindskes?
- D. Hvordan vil jeres handleplan se ud?
- D. Hvilke konsekvenser vil jeres handleplan få for de berørte? For eksempel økonomisk.

Fremlæggelse af handleplan og debat:

- A. Gruppe 4: Fremlægger handleplan.
- B. Gruppe 1-3 Holder et kort oplæg, hvor de fortæller om deres persons holdning og argumenterer for deres forslag til en løsning af problemet.
- C. Der debatteres.

Konklusioner fra politikerne

- B. Fremlæg jeres konkrete lovforslag baseret på, hvad I syntes er bedst for samfundet.
- A. Hvem syntes I har argumenteret bedst for sin sag og kommet med de bedste konkrete løsningsforslag.

Efter debat:

- A. Kunne I nå til enighed om en handlingsplan for Danmarks fremtidige brug af antibiotika?
- B. Havde det betydning for debatten, om I diskuterede antibiotika til brug hos dyr eller mennesker?

5.0 Forskernes nye våben mod antibiotikaresistens



Prøv at lave jeres egen oplysningskampagne på skolen.

Som du lige har læst, kan resistens mod antibiotika hos bakterier blive et meget alvorligt problem. Selv milde sygdomme kan blive farlige, hvis vi ikke længere har medicin, der virker. Derfor arbejder forskere verden over på at udvikle nye metoder og ny antibiotika til at bekæmpe resistente bakterier.

Men hvad med dig? Kan du selv gøre noget? Du kan være med til ikke at gøre problemet større. Ifølge EU ved halvdelen af Europas befolkning ikke, at antibiotika kun virker på bakterier – og altså ikke på virussygdomme som forkølelse og influenza. Nu, da du har lært det, kan du hjælpe med at lære andre det – din familie og venner.

Forskernes fede forslag

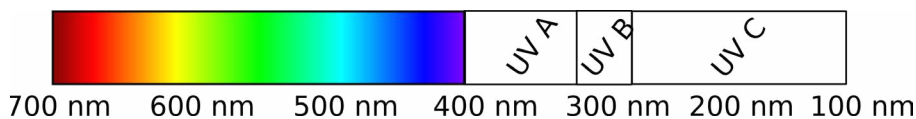
Men selvom vi hver især lærer at være mere omhyggelige med, hvornår og hvordan vi bruger antibiotika, så er der allerede så mange resistente bakterier, at vi har brug for helt nye løsninger. Her kan du læse om fire gode bud fra forskerne på, hvordan vi bekæmper bakterierne.

Forslag 1: En lys ide

På DTU Fotonik arbejder Professor Paul Michael Petersen. Han ved en hel del om lys – også at kortbølget ultraviolet lys, det vi kalder UV-C, kan slå bakterier ihjel.

Men professor Petersen ville gerne vide, om nogle dele af UV-C lyset måske var mere effektive end andre til at slå bakterier ihjel. Derfor begyndte han sammen med sine studerende at lave forsøg med UV-C-lys. Lidt for sjov tog





Billedet viser hvordan bølgelængden og frekvensen af elektromagnetisk stråling afgør hvilke typer lys der er tale om.

de også nogle lamper med UV-B-lys med i deres forsøg. Ret overraskende fandt de ud af, at UV-B-lys faktisk også er ret godt til at bekæmpe bakterier. Og mens UV-C-lys er ret skrapt og ødelægger menneskevæv og DNA, så er UV-B-lys knap så aggressivt.

Nu arbejder forskerne på at udvikle behandlinger med UV-B-lys i forbindelse med rodbehandling af tænder. De regner også med, at metoden kan bruges i forbindelse med resistente bakterier andre steder, eksempelvis ved kroniske sår, infektioner i lungevæv eller implantater.

Forslag 2: Hurtig sporing af hvor smitten kommer fra

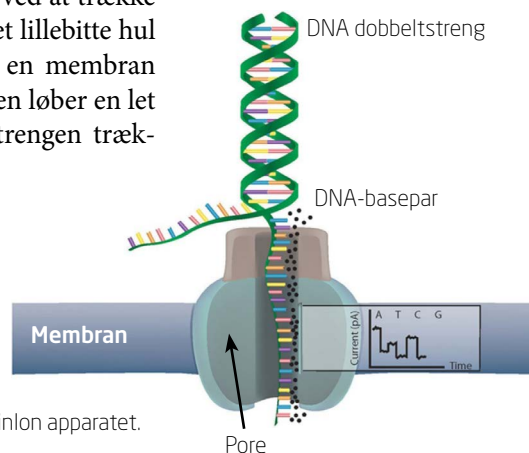
Efter koleraepidemien på Haiti i 2010 blev der sat en undersøgelse i gang for at finde ud af, hvor bakterierne stammede fra. Ved at analysere deres DNA kunne Fødevarerinstitutionen på DTU afsløre, at bakterierne med størst sandsynlighed stammede fra FN-soldater. De havde båret den med sig hjem fra i deres tarme.

Konklusionen vakte stor international opmærksomhed og har vist potentialet i at analysere mikroorganismers DNA. Denne metode kaldes for genomsekventering. Man kan sammenligne det med at identificere personer ved hjælp af deres fingeraftryk. I dette tilfælde er det bakteriernes DNA man sammenligner.

Siden 2010 er der kommet et nyt apparat til at sekventere DNA. Det hedder en MinIon og er ikke meget større end en USB-nøgle og forholdsvis billig. Det er et kæmpe fremskridt, for så kan man udføre sekventering i felten. Om det er identifikation af personer i et katastrofeområde, inficeret mad i en kantine eller måske er man på felttur i en regnskov og ser en spændende frø - kan det være en ukendt art? Bare man har sin MinIon og sin computer eller smartphone kan man få svar på sine spørgsmål.

Hvordan virker en MinIon

Det er forskere fra Oxford University, der har udviklet MinIon og de har virkelig været smarte. Princippet er i grunden ret simpelt. DNA er bygget op af 4 baser (Adenin, Guanin, Cytosin og Thymin). De har forskellig størrelse, hvor Guanin er den største og Cytosin er den mindste. MinIon bygger på ideen om at aflæse DNA-basernes størrelse og på den måde finde ud af, hvilken base, der er tale om. MinIon måler basernes størrelse ved at trække DNA-strengen gennem et lillebitte hul (en pore), som sidder i en membran (se tegning). I membranen løber en let strøm, men når DNA-strengen træk-



Model, der viser princippet i MinIon apparatet.



En MinIon koblet på en PC.

Kender du forskellen på UV-A, UV-B og UV-C lys?

OPGAVE
HÆFTE

Byg en model af en MinIon (Øvelse nr. 1.9 i opgavehæftet).

OPGAVE
HÆFTE

Sæt krydderi på tilværelsen.
(Øvelse nr. 1.8 i opgavehæftet).

kes gennem poren forstyrres strømmen og alt efter, hvor stor en base, der er på vej gennem poren ændres strømmen forskelligt. Ved at aflæse de forskellige ændringer i strømmen ved man hvilken base der er tale om. Information fra den lille MinIon går til en PC, hvor den omsættes til ATCG sekvenser og kan sammenlignes med DNA-sekvenser i et DNA-bibliotek.

På den måde kan man hurtigt finde ud af hvad det pågældende DNA-stykke koder for.

Forslag 3: Lad dem slå hinanden ihjel

Pencillin er et naturligt antibiotika, der stammer fra penicillinsvampen. Den bruger giftstoffet til at forsvare sig

mod bakterier. På samme måde kan bakterier også udskille giftstoffer til at bekæmpe hinanden med. Det vil Professor Lone Gram ved DTU Bioengineering gerne udnytte. Derfor leder hun og hendes kolleger hele tiden efter nye og spændende bakterier.

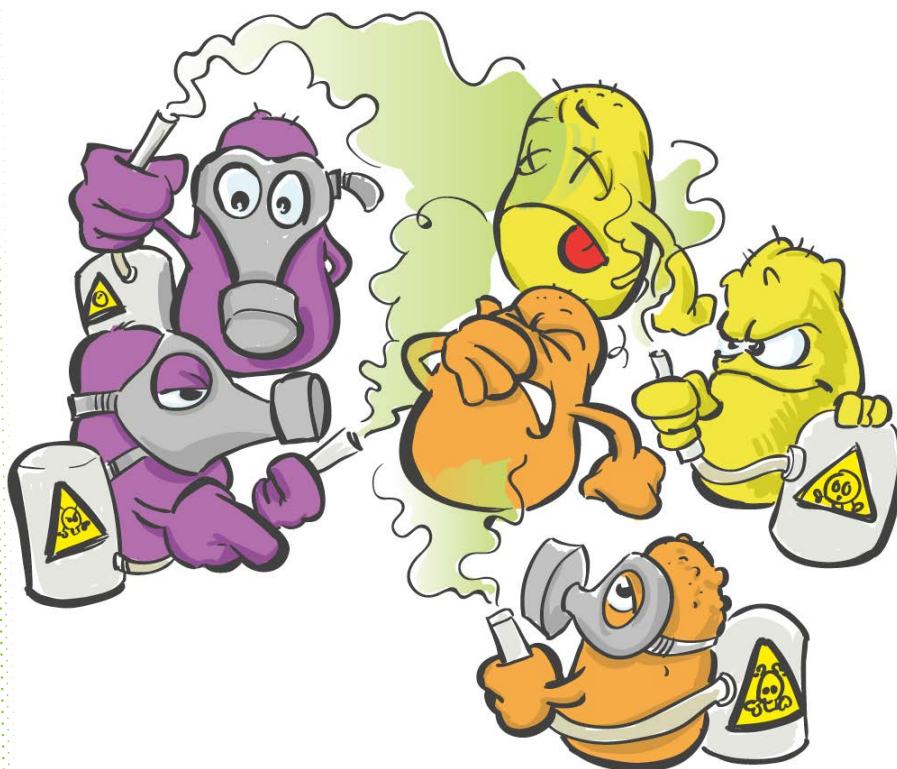
Lone Gram er især interesseret i havbakterier. Vi ved nemlig meget lidt om bakterierne i havet. Derfor er der en god chance for, at der her findes helt nye stoffer. For eksempel et nyt antibiotikum, som kan slå resistente bakterier ihjel.

Forslag 4: Biofilm skal klippes i stykker

En anden strategi kan være at finde ud af, hvordan bakterier overlever en behandling med antibiotika. Hvis man ved, hvordan de beskytter sig, kan man måske ødelægge denne evne, så bakterien ikke længere er resistente.

Et af de steder, det kan være effektivt at ramme resistente bakterier, er ved at forhindre dem i at danne biofilm. Bakterier er meget bedre beskyttet mod medicin, når de samler sig i biofilm. Derfor giver det god mening at prøve at ødelægge denne evne.

En vigtig bestanddel af biofilm er proteiner og andre celledele fra døde bakterier, som danner en klistret masse. Vil man af med biofilm, kan man derfor tilsætte enzymer, som nedbryder proteiner og DNA. Enzymerne fungerer som en saks, der klipper molekylerne over, så bakterierne slipper taget i hinanden.



6.0 The good guys: Vi kan ikke leve uden bakterier og vira

Dine personlige husdyr

Måske føler du dig nogen gange lidt ensom. Men faktisk er du aldrig helt alene. For hver celle i din krop er der også mindst en bakterie og endnu flere viruspartikler. Langt de fleste mikroorganismer findes i dine tarme, i munden og luftvejene, på huden og ved kønsdelene.

Tilsammen udgør mikroorganismer omkring halvandet kilo af din kropsvægt. Og selvom du måske ikke er specielt begejstret ved tanken om bakterier og vira, der kribler og krabler rundt i din krop, så er de fleste af dem faktisk gode for os.

I vores kroppe er der trillioner (10^{18}) af viruspartikler, men forskerne er endnu langt fra at forstå deres betydning. Det er dog sikkert, at de både har en skadelig og gavnlig effekt på vores helbred, blandt andet ved at fremme og hæmme bakterieinfektioner.

På de næste sider kan du læse om bakterier, der kan hjælpe os med at holde os sunde og raske.



FAKTA

Pro-biotika er fødevarer, der indeholder levende bakterier, som er gavnlige for vores helbred.

Præ-biotika er stoffer i maden, der stimulerer væksten af de gode bakterier i tarmen.

Eksempel 1: Brun er det nye sort

Tarmbakterier spiller en stor rolle for, at fedtstoffer i dine tarme kan blive optaget i kroppen. Flere vitaminer dannes også af tarmbakterier. De seneste år har desuden vist, at en persons **tarmmikrobiom** måske også har indflydelse på dit humør, din vægt, sandsynligheden for at du får sukkersyge, hvor godt dit immunforsvar virker og meget mere.

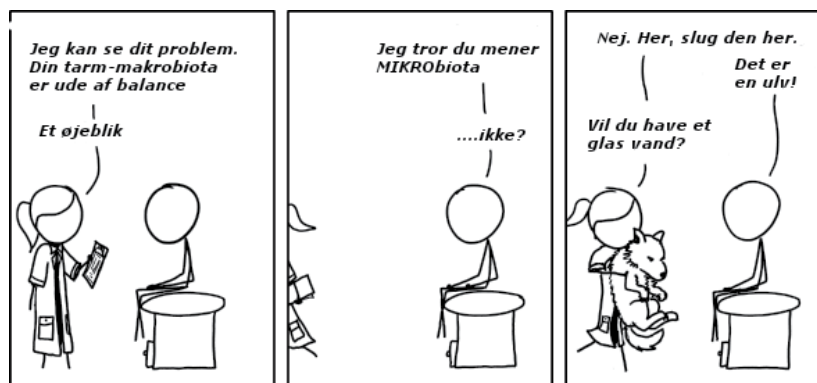
Forskere fra DTU besluttede sig for at undersøge, hvordan tarmbakterier påvirker kropsvægten. Til deres undersøgelse brugte de mus helt uden bakterier i tarmene. Det kaldes for kimfri mus. Fordelen ved kimfri mus er, at man kan give dem tarmbakterier fra mennesker (eller andre dyr) og på den måde undersøge effekten af bakterierne.

Forskerne delte musene op i to grupper. Den ene gruppe mus fik tarmbakterier fra overvægtige børn (gruppe A). Den anden gruppe mus fik tarmbakterier fra normalvægtige børn (gruppe

B). Forskerne fulgte derefter musenes vækst over noget tid. Det viste sig, at musene i gruppe A tog mere på i vægt end musene i gruppe B. Selvom begge grupper mus havde fået præcis den samme mad og spiste lige meget. For at kaloriregnskabet skal gå op, må de to grupper mus altså omsætte deres mad forskelligt.

Forskerne gik derefter i gang med at undersøge musenes afføring og her fandt de svaret! Tarmbakterierne hos de normalvægtige mus (gruppe B) fordøjede ikke maden ligeså godt som de tykkere mus i gruppe A. Der kom simpelthen mere ufordøjet mad ud med afføringen hos gruppe B. Tarmbakterierne hos gruppe A var altså bedre til at omsætte maden til stoffer, der let kunne optages i kroppen og sætte sig på sidebenene.

Undersøgelsen viste, at tarmbakterier har en større betydning for vores kropsvægt, end man hidtil har troet. Ikke sådan forstået, at vores vægt alene afgøres af vores tarmbakterier. Mange andre faktorer spiller ind – eksempel-



Figur 20. Vi skal være glade for, at det er vores mikrobiom og ikke vores makrobiom, der kan være problemer med.

XKCD.com

vis hvor meget vi bevæger os. Men måske kan kost eller medicin, der ændrer vores tarmflora, hjælpe overvægtige med at tabe sig.

Eksempel 2: Tænk brunt, når det ser sortest ud

I den mere alvorlige afdeling af historier fra tarmbakteriernes verden har vi alvorlige diarré-sygdomme. Indtagelse af antibiotika kan fjerne hele eller store dele af din tarm-mikrobiom således at sygdomsfremkaldende bakterier kan få fodfæste. En af dem er *Clostridium difficile*. Flere af os går rundt med den i tarmen og mærker ikke til den. Problemet kan opstå efter en behandling med antibiotika. Den er nemlig resistent overfor langt de fleste antibiotika, så når mange andre og gode bakterier i tarmen dør under behandlingen, vokser *Clostridium Difficile* op og gør os voldsomt syge. I sådan en situation er gode råd dyre – og dog for behandlingen viser sig at være forholdsvis simpel og ret så praktisk orienteret. Man giver patienten en ny bakteriebestand i tarmen, som kan udkonkurrere den sygdomsfremkaldende. Hvordan gør man så det? Jo, man giver en afførings-transplantation. Patienten får simpelthen afføring fra en rask donor. Det virker! Langt de fleste bliver raske herefter.

Eksempel 3: Bakterier kan erstatte tandbørsten

Ifølge ny forskning kan du måske slippe bedre fra en gang imellem at glemme at børste dine tænder. Noget tyder nemlig på, at hvis vi udskifter de

bakterier, som giver huller i tænderne med bakterier, som ikke gør, så er der måske ingen grund til at frygte tandlægens bor længere.

Huller i tænderne dannes af bakterier som *Streptococcus mutans*. De danner en biofilm på tænderne, som vi kalder plak. Du kan mærke biofilmen, hvis du lader tungen glide hen over tænderne, inden du børster dem. Tænderne vil føles mere ru før tandbørstningen end efter.

Bakterierne i plak lever af sukker fra din mad. Sukkeret omdanner de til syre, der nedbryder dine tænder og giver huller i tænderne. Hvis man kan udskifte de syredannende bakterier i munden med gode bakterier, der ikke producerer syre, kan man derfor ned-sætte risikoen for huller i tænderne.



Transplantation af afføring redder syge med livstruende diarré:
<https://www.dr.dk/nyheder/viden/naturvidenskab/video-transplantation-af-affoering-redder-syge-med-livstruende-diarré>

OPGAVE
HÆFTE



Undersøg om du har syredannende bakterier i munden (Øvelse nr. 1.6 i opgavehæftet).



Figur 21. Astronaut spiser en dejlig ret dyrket af bakterier.

Eksempel 4: Bakterier laver mad til astronauter

Proteiner er en livsnødvendig del af vores kost. Så hvis der en dag skal bo mennesker på Mars, er de nødt til selv at kunne dyrke proteiner. Da det ikke er nemt at holde høns eller andre dyr i rummet, må proteinerne komme et andet sted fra. Måske fra bakterier!

Bakterier bruges allerede i dag som små fabrikker, der kan producere en lang række kemikalier og medicin. Det kan lade sig gøre ved hjælp af gensplejsning. Bakterierne får indsat gener i deres DNA, der koder for det ønskede stof. Herefter får de nogle gode forhold, så de kan vokse og dele sig.

En af dem der forsker i emnet er ph.d. studerende Mike Vestergaard fra DTU Fødevareinstituttet. Han har udvalgt nogle bakterier, som er effektive og kan leve under vanskelige forhold (nærings- og iltfattigt).

Derefter har han udstyret bakterierne med nye gener. De nye gener kan for eksempel få bakterierne til at udskille proteiner som dem, man ellers kender fra køer.

Et bud på en velegnet bakterie kunne være cyanobakterier, der ligesom planter bruger fotosyntese til at danne stoffer, herunder ilt, som astronauterne også kan bruge. Cyanobakterier er normalt ikke kræsne og gnasker gerne både sten og Mars-støv i sig. Marsjorden indeholder nemlig alle kritiske stoffer som kulstof, brint, ilt, nitrogen, fosfor og svovl samt mindre mængder af bl.a. magnesium, jern, calcium og zink. Så alle de rette ingredienser for at bakterierne kan ånde og spise, er til stede.

I princippet kunne cyanobakterier derfor både levere mad, ilt og brændstof til en eventuel hjemtur til jorden. Planen er, at astronauterne kan medbringe små rør, der indeholder en 'surdej' af **modificerede** cyanobakterier, som kan

producere lidt af hvert. De udviklede teknologier har stort potentiale, da de med stor sandsynlighed også vil kunne gøre nytte i udviklingslande og under tørkeperioder.

Der er dog endnu en del overvejelser og problemer, der skal løses før bakterierne er klar til at levere mad og andre fornødenheder. Spiller det en rolle, at bakterierne skal vokse i et miljø, hvor effekten af tyngdekraften er meget mindre end på jorden? Hvad gør det ved den proces, som fungerer fint her på Jorden? Er kvaliteten af de bakterier, som dyrkes i vægtløshed den samme som på Jorden? Hvordan sik-

rer vi, at bakterierne mod det højere strålingsniveau, som er rummet? Det er bare nogle af de spørgsmål, der skal besvares i den nærmeste fremtid.

Selv hvis kolonialiseringen af Mars aldrig skulle lykkes, så er det som med så meget anden rumteknologi; den ender ofte med at blive brugt i ganske jordiske sammenhænge. Vidste du for eksempel, at teknikken til frysetørring blev opfundet for at holde astronauternes mad frisk og velsmagende? På samme måde kan astronauternes bakteriefabrikker ende med at gøre stor nytte, når der skal sikres mad til den stigende befolkning i verden.

7.0 TEST DIG SELV - Hvad har du læst

- ★ Hvad er en prokaryot?
- ★ Hvad er en eukaryot?
- ★ Nævn fem områder, hvor vi har gavn af bakterier.
- ★ Nævn tre sygdomme, der skyldes bakterier.
- ★ Hvordan behandles virussygdomme?
- ★★ Hvor stammer den første antibiotika fra?
- ★★ Nævn tre områder, hvor samfundet skal gribe ind for at mindske antibiotikaresistens.
- ★★ Nævn tre forsknings-projekter, der kan hjælpe på problemet med antibiotikaresistens.
- ★★ Hvordan virker UV-C lys på bakterier og virus?
- ★★ Hvorfor virker hydrogenperoxid desinficerende?
- ★★★ Nævn to måder bakterier kan udvikle antibiotikaresistens på.
- ★★★ Hvorfor er det interessant at lede efter nye bakterier og svampe, når man vil udvikle ny medicin?
- ★★★ Hvilken betydning har evolution for antibiotikaresistens
- ★★★ Hvilke mekanismer benytter en halofil bakterie for at leve i et saltholdigt miljø?
- ★★★ Minlon har gjort det billigere, hurtigere og meget nemmere at sekventere DNA. Hvordan virker den?



Antibiotika: Lægemidler, som dræber eller hæmmer mikroorganismer. Stofferne dannes naturligt af svampe, bakterier og planter. Som lægemiddel er de dog oftest produceret i en kemisk proces i et laboratorium.

Bredspektret antibiotika: Antibiotika, som virker mod flere typer bakterier.

Cellemembran: En celle-membran er den hinde, som holder sammen på en celle. Den beskytter cellen mod omgivelserne og sørger for, at kun de rigtige stoffer kommer ind og ud af cellen.

Cellevæg: En celle-væg er en hård skal, der omgiver cellemembranen hos bakterier, planteceller og mange svampe. Cellevæggen afstiver cellen, så den kan holde sin form og kan danne strukturer, når flere celler sidder sammen.

Cytoplasma: Geleagtig væske, der fylder bakteriens indre ud.

Denaturering: En proces, hvor den tre-dimensionale struktur af proteiner, DNA og RNA, ødelægges. Det sker for eksempel ved opvarmning eller tilsætning af syre. Nedbrydningen ses tydeligt ved kogning af æg, hvor æggehviten går fra at være flydende og næsten gennemsigtig til fast og helt hvid. Når molekylerne mister deres struktur mister de også deres egenskaber.

Desinfektion middel: Midler, der kan dræber mikroorganismer.

Desinficere: At dræbe mikroorganismer i et område. Eller at fjerne mikroorganismer fra et område.

DNA: DNA er forkortelsen af det engelske ord de-oxy-ribo-nucleic acid. På dansk kaldet de-oxy-ribo-nukleinsyre. Det er et stort molekyle, der ligner lidt en mussetrappe. Det indeholder vores gener og udgør vores arvemateriale.

DNA sekvenser: Stykker af DNA.

Enzym: Enzymer er proteiner, der virker som katalysatorer. Katalysatorer er stoffer, der får en kemisk proces til at foregå hurtigere og med et lavere energiforbrug end uden katalysatoren. Katalysatoren bliver ikke selv forbrugt under processen, men kan genbruges igen og igen.

Du danner selv mange forskellige enzymer. Nogle af dem indgår i din fordøjelse. Der er for eksempel, et der hedder amylase. Det klipper stivelse (lange kulhydrater) til mindre stykker kulhydrater.

Epidemi: Stor forekomst af en bestemt sygdom hos et større antal mennesker inden for kort tid kaldes en epidemi. Ordet anvendes som regel om infektionssygdomme. For eksempel influenza, roskildesyge, skoldkopper, kolera eller aids.

Eukaryot: Eu-karyot betyder ”med kerne”. Dyre-, svampe- og plante-celler kaldes eukaryoter. Det er fordi deres kromosomale DNA er beskyttet af en membran rundt om det. Når man så kigger på cellen i mikroskop ser det ud som om cellen har en kerne.

Genom: Den samlede genetiske information, der er i en persons DNA.

HIV: HIV er forkortelsen for Human-immundefekt-virus. Et virus, som angriber en persons immunforsvar.

Immunforsvar: Immunforsvaret er kroppens forsvar mod infektioner og fremmede eller unormale celler. Det består af en række specialiserede celler, som genkender og angriber mikroorganismer, parasitter og vores egne celler, hvis de får det dårligt. På den måde beskytter immunforsvaret os mod sygdomme.

Implantater: Implantat er her en betegnelse for materialer man kan sætte ind i kroppen for at erstatte dele, som ikke virker mere. Det kan for eksempel være en tand eller en hofte.

Kolera: Diarré sygdom forårsaget af bakterien *Vibrio cholerae*. Patienten kommer på grund af den voldsomme diarré hurtigt i underskud af væske og salte (dehydrering). I disse tilfælde kan dødeligheden være op til 50 %, men med den rette behandling i form af væsketerapi er dødeligheden under 1 %.

I dele af verden, hvor kolera er almindeligt forekommen, er der mange mennesker, som bærer bakterien uden symptomer.

Kronisk: En kronisk sygdom er en langvarig sygdom eller en sygdom, som kommer igen gang på gang. Det kan også være en uhelbredelig om sygdom.

Louis Pasteur: En fransk biolog, der levede fra 1822 til 1895. Han bidrog med afgørende viden om, hvordan gær-celler og bakterier indgår i gærings og syrningsprocesser. Han opfandt også pasteurisering. En proces, som dræber bakterier i fødevarer. For eksempel mælk.

Modificerede bakterier: Bakterier, hvor mennesker har ændret i deres DNA, så de har opnået en ny egenskab. For eksempel kan de få indsat et gen fra en vandmand, så de kan lyse eller et gen, der får dem til at producere et stof man kan bruge i medicinal industrien.

Open-Source: Betegnelsen open-source bruges om computerprogrammer, som er frit tilgængelige for alle. At alle har adgang til programmet betyder, at alle i princippet kan ændre og forbedre programmerne.

Osmolalitet: Osmolalitet, er et mål for det antal molekyler, som er opløst i et kilo af opløsningen.

Osmotisk tryk: Det tryk en opløsning skal påføres for at bringes i ligevægt med en ren væske (Hvis du er særligt interesseret kan du læse mere i kapitel 2).

Probiotika: Pro-biotika er levende bakterier, som bliver tilsat fødevarer eller kosttilskud. De menes at være gode for vores helbred.

Prokaryot: Pro-karyot betyder ”før kerne”. Bakterier kaldes pro-karyote, fordi deres DNA ikke er omkranset af en membran som det er i eu-karyote celler. Pro-karyote celler opstod før de eu-karyote celler.

Protein: Proteiner er sammensat af en lang række af aminosyrer. Kæden af aminosyrer er foldet i en tre-dimensionel struktur, som er særlig for hver type protein og er vigtig for deres funktion. Opskriften til dine proteiner ligger i dit DNA. Proteiner har mange forskellige egenskaber. De bestemmer din hårfarve. De virker som enzymer, der nedbryder din mad. De er byggestenen i dine muskler samt mange andre ting.

Præbiotika: Præ-biotika er fødevarer, der stimulerer væksten af de gode bakterier i tarmen som vi allerede har.

Proteinmembran: Tynd hinde, som hovedsageligt består af proteiner.

Replikationssystem: De processer der indgår i kopieringen (replikationen) af en celledns DNA umiddelbart før den deler sig.

Resistens: Resistens er en organismes evne til modstand. For eksempel en bakteries evne til at overleve behandling med antibiotika.

Ringformede-DNA: Ring-formet-DNA hedder også et plasmid. Det er et lille, ring-formet stykke DNA. DNAet kan indeholde forskellige typer gener og kan derfor give organismen forskellige egenskaber. Det kan være evnen til at modstå antibiotika. Ring-formet-DNA findes især hos bakterier og kan overføres mellem bakterier.

RNA: RNA er forkortelsen af det engelske ord ribonucleic-acid. På dansk kaldet ribo-nuklein-syre. Det er et aflangt molekyle. Det er en vigtig del af alle cellers maskineri. Det er blandt andet bindeled mellem DNA og dannelsen af proteiner. Dog har mange virus har RNA som arvemasse og altså ingen DNA.

Sekventere: Sekventere er en metode til at bestemme rækkefølgen af de fire baser (Adenin, Guanin, Cytosin, Thymin) i et stykke DNA eller RNA.

Skarlagensfeber: Udslæt på huden og tungen i forbindelse med halsbetændelse. Udslættet skyldes bestemte bakterierne kaldet streptokokker, der danner et giftstof. Man kan kun få skarlagensfeber én gang i livet.

Smal-spektret antibiotika: Antibiotika, som kun virker mod en type bakterier.

Stofskifte: Stofskifte er betegnelsen for omsætning af energi hos levende organismer. Alle levende organismer har et stofskifte, som omsætter energi til basale funktioner som vejrtrækning, kredsløb, stoftransporter og varme eller ydre arbejde som muskel-arbejde.

Strengformet DNA: Streng-formet DNA er kromosomale DNA hos bakterier.

Svovl og saltsøer: Søer og områder med højt indhold af grundstoffet svovl eller forskellige salte.

Symbiose: Symbiose er et ord for at to forskellige arter lever sammen. De bekæmper ikke hinanden. Derimod har de gavn af hinanden. Enten i form af beskyttelse eller næringsstoffer.

Tarmmikrobiom: Antallet og typen af bakterier, vira og mikro-svampe, der lever i dine tarme. I daglig tale kalder vi det ofte tarm-flora, men det har altså ikke noget med blomster at gøre.

WHO: WHO er forkortelsen for World Health Organization. På dansk hedder den Verdens-sundheds-organisationen. WHO hjælper regeringer med at forbedre deres sundhedsvæsen. De bekæmper smitsomme sygdomme, som for eksempel malaria, tuberkulose, aids og influenza. De koordinerer flere børne-vaccinations-programmer og så har de startet en større kampagne for at mindske problemet med antibiotika-resistens.