







# Våra många vänner

*Forskare beräknar att antalet celler i människans kropp uppgår till cirka 37 biljoner. Men i vår tarmkanal finns cirka 1–2 kilo bakterier och antalet bakterier uppskattas till betydligt fler än de mänskliga cellerna. Inte är det så konstigt att alla dessa mikroorganismer har betydelse för hur vi mår!*

När bakterier nämns i vardagliga sammanhang är det ofta i negativa ordalag. Det är exempelvis bakterier som ger magproblem, sårinfektioner och halsont. Ofta tänker vi inte lika mycket på att de flesta bakterier är till nytta för oss. Många bakterier finns inne i och utanpå vår kropp och behövs för att vi ska må bra, andra används vid tillverkning av matvaror och ännu fler har viktiga funktioner i naturliga ekosystem.

Människans mikrobiom är ett samhälle av mikroorganismer som lever i samspel med varandra och den mänskliga kroppen. Att odla upp mikroorganismer från tarmkanalen för att på det sättet identifiera alla olika arter är omöjligt, men med gentekniska metoder kan man analysera allt förekommande DNA och på så sätt blir det möjligt att kartlägga diversiteten av arter.

Vi människor utgör tillsammans med mikroorganisimerna som lever i och på vår kropp ett ekosystem med en mängd olika arter. Maten vi äter är därför inte bara till för oss själva, den ska även ge föda åt alla mikroorganismer som lever i vår tarmkanal. Maten har därför också stor betydelse för hur våra mikroorganismer trivs och i förlängningen hur vi själva mår.

Forskare arbetar med att ta reda på vilka mikroorganismer som mikrobiomen från olika miljöer består av. Det gäller inte bara människors mikrobiom, andra exempel på mikrobiom är samhällen av mikroorganismer i hav, sötvatten och jord.

## Mikroorganismer i livsmedel

Många livsmedel tillverkas med hjälp av mikroorganismer. De ger smak, konsistens, ökad hållbarhet och förbättrar vår förmåga att tillgodogöras oss näringsämnen. Låt oss stanna ett ögonblick vid mikroorganismer som behövs för att tillverka vanliga livsmedel på frukostbordet.

Många arter av mjölksyrabakterier används vid tillverkning av syrade mjölkprodukter. Det gäller exempelvis fil, yoghurt och kefir, men sådana bakterier används också vid tillverkning av smör och vissa ostsorter. Dessutom ingår mjölksyrabakterier i startkulturen till surdegsbröd och ger

ett saftigare och tätare bröd med syrlig smak. En syrlig smak och tätare textur finner vi också hos vissa slag av korvar, som medvurst och salami, beroende på att mjölksyrabakterier används i processen.

## Forskare berättar

Följande artikel handlar om nya forskningsresultat som visar att det är viktigt att mikrobiomet i tarmen fungerar normalt för att man ska må bra. Maten vi äter har stor betydelse i detta sammanhang. Mikrobiomet samspelar med kroppens immunsystem vilket gör att det även är betydelsefullt vid behandling av cancer att mikrobiomet fungerar normalt.

## Undervisa om nyttiga bakterier

Undervisning om mikroorganismer berör flera områden som exempelvis:

- bakteriecellers byggnad och egenskaper
- bakteriers betydelse för hälsa och sjukdom, samt hur antibiotika kan påverka bakterier
- bakteriers roll i ekosystemen. Omsättningen av kemiska ämnen i jord och vattenmiljöer där bakterier medverkar
- biotekniska processer för produktion av läkemedel och livsmedel med hjälp av bakterier och andra mikroorganismer.

Vi vill gärna uppmuntra till att göra praktiska försök med bakterier för att illustrera olika områden i biologi. Det kan handla om att undersöka morfologiska eller biokemiska egenskaper, såväl som att tillverka produkter med hjälp av mikroorganismer eller undersöka bakteriers betydelse för livsmedelskvaliteten. Några exempel på laborationer beskrivs på sidan 78.

Men man måste vara medveten om att det krävs lämplig utrustning, samt kunskaper i sterilteknik och hantering av bakterier för att laborationerna ska kunna genomföras på ett säkert sätt. På Bioresurs hemsida finns anvisningar för säkert arbete med mikroorganismer framtagna i samarbete med Arbetsmiljöverket.

# Människans mikrobiom

– livsvetenskapens nya favorit

*Intresset för våra mikroorganismer på och inuti kroppen har exploderat de senaste åren. Nästan varje dag läser vi om hur en störd bakterieflora i tarmkanalen kan kopplas till tillstånd som i många fall betraktas som folksjukdomar. Nya tekniker gör det möjligt att studera inte bara vilka mikroorganismer som finns utan också vad dessa mikroorganismer har kapacitet att göra.*



Texten är skriven av:

## Lars Engstrand

Professor i smittskydd och klinisk bakteriologi, leder verksamheten på Centrum för Translationell Mikrobiomforskning på Karolinska Institutet och SciLifeLab i Solna

Hans forskning är inriktad på hur våra goda bakterier påverkar hälsa och sjukdom och mekanismerna bakom detta samband. Forskningen är translationell och ligger i gränsområdet mellan genomik, mikrobiologi och klinisk epidemiologi och bedrivs i nära samarbete med kliniska kollegor.

**E**tt samhälle som inkluderar alla mikroorganismer i en viss miljö, exempelvis i mag-tarmkanalen, kallas mikrobiom. Målet för många forskargrupper idag är att öka förståelsen för hur detta "organ" kommunicerar med våra övriga organ och hur man kan återställa en störd bakterieflora och på så sätt påverka ett sjukdomsförlopp.

Det mest kända exemplet på sådan återställning är FMT (fecal mikrobiom transplantation) där man transplanterar tarmens mikrobiom från en person till en annan. En frisk donators mikrobiom har överlägset bäst effekt vid svårbehandlad diarré orsakad av tarmbakterien *Clostridium difficile*, jämfört med andra behandlingsmetoder.

Sjukdomar och tillstånd som diabetes, ulcerös colit, Crohns sjukdom, fetma, vissa cancersjukdomar, allergi, astma och även beteendestörningar har alla kopplats till ett stört mikrobiom – oftast i tarmen.

Om vi kan öka förståelsen för det mänskliga mikrobiomets roll vid hälsa och sjukdomsutveckling har vi goda möjligheter att i framtiden kunna erbjuda nya behandlingsmetoder vid sjukdom men även förbättra folkhälsan genom att värna våra bra mikroorganismer i och utanpå kroppen.

## Teknikutveckling avgörande

På bara några år har DNA-sekvenseringstekniken utvecklats på ett häpnadsväck-

ande sätt. Det som tog månader och år att sekvensera för ett decennium sedan går nu på några timmar. Idag kan människans hela arvsmassa kartläggas på mindre än 24 timmar till en kostnad som understiger 10 000 kronor. Denna teknikutveckling har även gynnat mikrobiom-forskarna som nu relativt billigt kan kartlägga mikrobiomet i stora studiematerial.

Utöver DNA-sekvensering kan adderas tekniker som analyserar metaboliter och proteiner i stor skala från en och samma individ. En rad "omics"-tekniker används inom mikrobiomforskningen för att få mer information om hur mikroorganismerna kan påverka kroppen (figur 1).

Alla bakterier har en komponent i ribosomerna som betecknas 16S rRNA. Denna komponent används idag av de flesta forskare för att få information om vilka bakterier som finns i provet. Molekylen är relativt liten och finns hos alla prokaryota celler, det vill säga hos alla bakterier men inte hos människan. Genom att analysera denna molekyl hos alla bakterier samtidigt (massiv parallell sekvensering) får man snabbt och enkelt information om vilka bakterier som finns i den miljö man vill undersöka.

Det finns program som är fria att använda på nätet för bioinformatisk analys av likheter och skillnader mellan de olika bakteriernas genom. Analysen säger dock

ingenting om vilken betydelse dessa bakterier har. Inte heller andra mikroorganismer som virus, svampar eller protozoer får man information om.

Den DNA-sekvenseringsteknik man idag börjat övergå till är så kallad **metagenomisk** shotgun-sekvensering. Här får man information om alla gener i provet och därmed också kunskap om vad dessa gener kodar för. För att ytterligare skärpa diagnostiken finns även metoder som ger information om vilka gener som verkligen uttrycks (**metatranskriptomik**) och som nämnts ovan även **metabolomik** och **metaproteomik**, se figur 1.

Att inte glömma eller nedvärdera den traditionella odlingsmetoden för mikroorganismer är också centralt inom mikrobiomforskningen idag. Med nya anaerobmedier och inkubatorer ökar antalet "nya" mikroorganismer för forskarna att studera för varje år.

Målet för många forskargrupper är förstås att kunna odla fram mikroorganismer som är avgörande för sjukdomsförlopp och i slutändan framställa nya probiotika för

dessa tillstånd. Det finns även andra sätt att påverka mikrobiomet varav FMT (fecal mikrobiom transplantation), som tidigare nämnts, är den metod som visat sig fungera bäst vid kronisk diarré orsakad av *Clostridium difficile*.

## Vilka sjukdomar kan botas med bra mikroorganismer?

Som nämnts ovan finns idag ett antal sjukdomstillstånd som kan kopplas till **dysbios**.

I de allra flesta fall finns inget bevisat så kallat **kausalt samband**, det vill säga vi vet inte vad som är hönan eller ägget. Kan inflammationen i sig påverka mikrobiomet eller är ett stort mikrobiom orsak till inflammationen?

De mest uppmärksammade studierna för att klarlägga ett kasuellt samband är de där man tagit en störd tarmflora och transplanterat till bakteriefria möss. Man har på så sätt kunnat visa att tarmbakterier från till exempel feta individer vid transplantation till bakteriefria möss kan "framställa"

*Clostridium difficile* – en bakterie som kan bilda gifter (toxiner). Dessa kan verka irriterande på tarmslemhinnan och ge diarréer. Problem med denna bakterie kan uppstå vid antibiotikabehandling.

**Dysbios** – obalans i fördelningen av mikroorganismer i tarmen. Det kan gälla balansen mellan bra och dåliga mikroorganismer, såväl som att aktiviteten hos tarmens mikroorganismer är onormal. Kan vara kopplat till sjukdom.

**Kausal** – betyder orsakssamband och innebörden är att en handling leder till en viss effekt

Figur 1. Mikroorganismerna i mag-tarmkanalen bildar ett samhälle som kan studeras utifrån olika aspekter. Här finns både en stor mängd mikroorganismer och en stor diversitet. Olika "omics"-metoder som används inom mikrobiomforskningen visas i figuren.

Många mikroorganismer går inte att odla på labb. Metoder som gör att man kan analysera hela samhällen, till exempel allt förekommande DNA eller RNA, gör det ändå möjligt att ta reda på vilka organismer som finns och deras egenskaper:

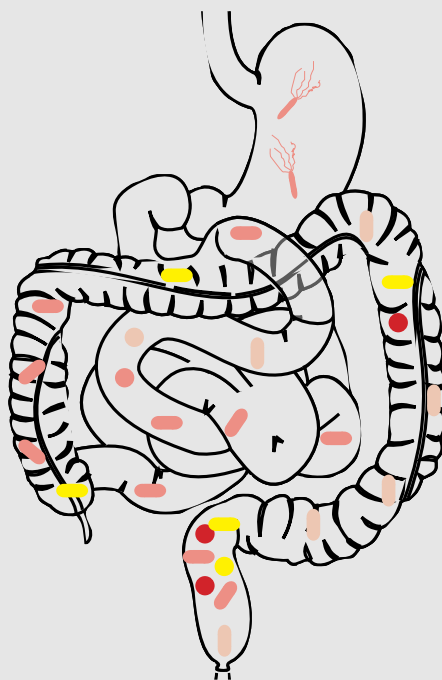
Illustrationen till höger ger en förenklad bild av att mikroorganismer av många slag lever i mag-tarmkanalen.

Prefixet meta som ingår i begreppen till höger i figuren betyder över eller helhet, att man befinner sig på en övergripande högre nivå.

### ODLA MIKROORGANISMER

Det innebär att man arbetar med

- isolering av mikroorganismer (renodling)
- undersökningar av olika egenskaper hos mikroorganismer
- sekvensering av genom
- släktskapsbestämning.



### METAGENOMIK

DNA-sekvenser från alla organismer i en viss miljö, till exempel ett mikrobiellt samhälle, sekvenseras.

### METATRANSKRIPDOMIK

beskriver genuttrycket vilket innebär att man analyserar alla RNA-sekvenser vid en viss tidpunkt i en viss miljö, exempelvis i en typ av celler. Metoder som används är bland annat sekvensering av RNA, microarray och släktskapsstudier.

### METAPROTEOMIK

alla proteiner vid en viss tidpunkt och en viss miljö studeras genom exempelvis masspektrometri.

### METABOLOMIK

alla metaboliter vid en viss tidpunkt och i en viss miljö beskrivs.

Figur 2.  
Nyttig mat gynnar tar-  
mens mikrobiom.



en fet mus. Dessa resultat har sedan överförs till studier av undernärda barn där forskare försöker hitta en diet som gynnar bakterier som är kopplade till viktökningen i musmodellen. På så sätt kan man komma närmare ett kausalt samband mellan mikrobiomets sammansättning och viktökning.

Idag finns inte tillräckliga bevis för att ett återställande av en rubbad tarmflora skulle bota vissa sjukdomar där man sett en koppling till dysbios. Det finns dock några sjukdomar där intressanta observationer förhoppningsvis kan leda till förbättrad behandling och överlevnad.

## Mikrobiomets roll vid cancerbehandling

De senaste åren har så kallad **immunterapi** seglat upp som en ny och unik väg att angripa vissa cancertumörer. När den lyckas är den mycket framgångsrik och många anser idag att immunterapi mot vissa tumörer har revolutionerat cancerbehandlingen. Tyvärr fungerar denna terapi bara i 20–40 procent

av fallen. Varför majoriteten av patienterna inte blir bättre är idag oklart. Principen att våra egna immunceller ska angripa tumören och slå ut den borde gälla för alla.

Här kommer bakterierna in som viktiga medspelare. Ny forskning har visat på ett spännande samband mellan tarmbakteriernas sammansättning och framgångsrik cancerbehandling med immunterapi. Det verkar som om vissa bakterier i tarmen är avgörande för om behandlingen ska lyckas eller inte. Det innebär att vi skulle kunna förutse om patienten kommer att bli hjälpt eller inte av denna revolutionerande behandling. Därmed bör man kunna tillföra de bakterier som fattas och på så sätt göra våra egna immunceller effektivare i sina angrepp på tumören.

Idag pågår kliniska studier där cancerpatienter får kapslar med tarmbakterier som man odlat fram från patienter som tidigare svarat bra på behandlingen. Andra forskargrupper planerar att använda hela tarmfloror från dessa patienter för transplantation till nya patienter. Dessa studier utgår från musförsök likande de som beskrivs ovan, det vill säga man får bättre effekt av immunterapi hos möss med tarmfloror från patienter med lyckosam behandling. Förhoppningen är att vårt eget immunförsvar ska angripa tumörcellerna bättre.

Vi vet inte exakt hur dessa bakterier trigger våra egna immunceller till tumörangepp men ett flertal forskargrupper i bland annat USA och Europa försöker få svar.

En kandidatbakterie, *Akkermansia muciniphila*, har kopplats till bättre behandlingsresultat med immunterapi men det finns mycket kvar att göra inom detta forskningsområde.

**Immunterapi** – Nobelpriset i fysiologi eller medicin 2018 delas lika mellan James P. Allison och Tasuku Honjo för deras upptäckt av cancerbehandling genom hämning av immunförsvarets bromsmekanismer.

<b>TRANSPLANTATION</b>	Överföring av mikrobiom från en frisk till en sjuk person. FMT (fecal mikrobiom transplantation)
<b>PREBIOTIKA</b>	Mat som nyttiga bakterier gillar (fibrer, oligosackarider)
<b>SYNBIOTIKA</b>	Prebiotika kombineras med probiotika.
<b>PROBIOTIKA</b>	Levande mikroorganismer tillförs kroppen.
<b>POSTBIOTIKA</b>	Lyserade bakterier och komponenter som bildats medan de levde
<b>PROLÄKEMEDEL</b>	Mikroorganismer används för att tillföra kroppen läkemedel.



Det finns också studier som visar att vissa tarmbakterier av familjen Clostridier kan angripa tumörer genom att modifiera gall-syra som signalerar till levercellerna att producera ett protein, CXCL16, som i sin tur ökar antalet T-celler i levern som kan attackera tumören.

Man har även sett att cancerpatienter som antibiotikabehandlats innan eller strax efter immunterapi hade kortare överlevnadstid jämfört med de som inte fått antibiotika.

Vissa bakterier kan också dämpa bieffekter av cancerterapi och forskare i USA har visat att viss prebiotika och synbiotika både kan dämpa bieffekter och ge effektivare cancerbehandling (se tabell föregående sida). Forskning pågår för att studera om ändrade matvanor också är ett sätt att påverka tarmbakterierna och mikrobiomets sammansättning inför immunterapi-behandling. Helt klart är att många inom cancerforskningen nu ser goda tarmbakterier som möjliga hjältar i kampen mot cancer.

New York Times skrev i en krönika för några år sedan:

“Medicine used to be obsessed with eradicating the tiny bugs that live within us. Now we’re beginning to understand all the ways they keep us healthy.”

Men som sagt – det kvarstår många års forskning innan vi kan överföra det vi ser i musmodeller till människa. Många inom livsvetenskaperna har dock fått ett nytt favoritområde att studera.

## MÄNNISKANS MIKROBIOM

Ordet mikrobiom kan användas i två betydelser; men i båda fallen gäller det mikroorganismer i en viss miljö, dels kan det handla om alla celler, dels den sammanlagda arvsmassan. Det finns betydligt fler mikroorganismer i och på kroppen än mänskliga celler.

Människans mikrobiom utgörs av samhällen inne i och på kroppen som består av många olika slag av mikroorganismer. Dessa finns exempelvis i anslutning till munhåla-strupe-magsäck-tarmkanal, lungor, urogenitala området och på huden. Vissa mikroorganismer är nödvändiga för att vi ska må bra, som många av bakterierna i mag-tarmkanalen.

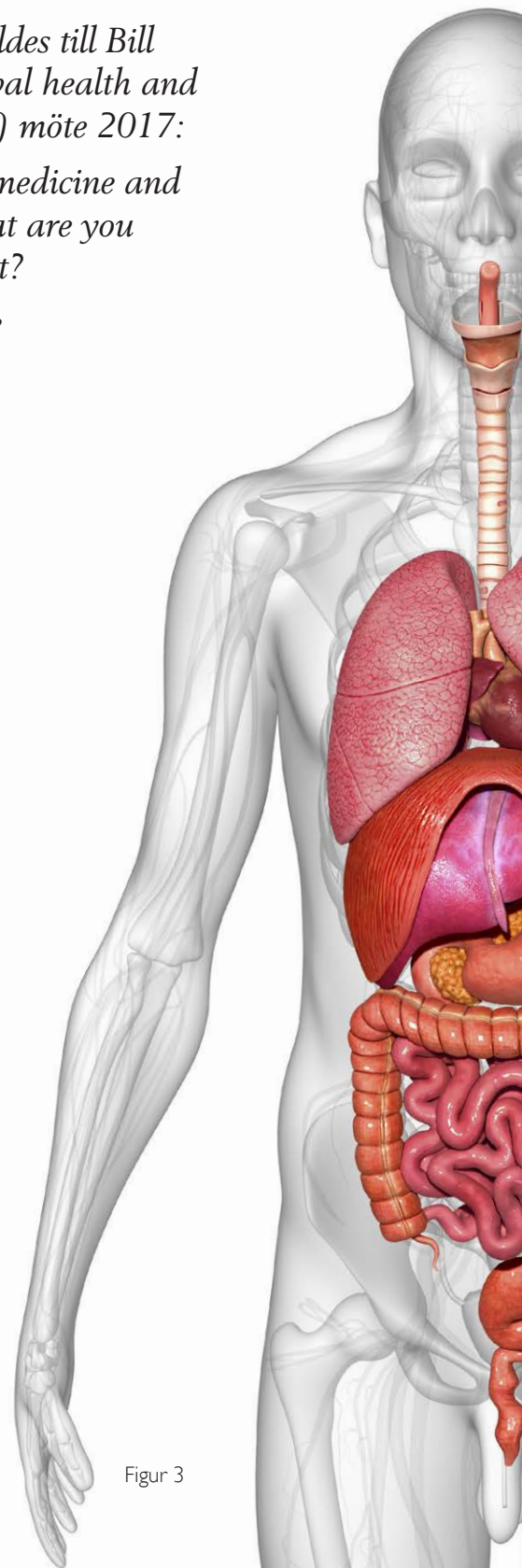
Mikrobiomet har stor betydelse för vår hälsa. Hittills har detta inte uppmärksamats i tillräcklig utsträckning.



*Frågan nedan ställdes till Bill Gates under Global health and genomics (ASHG) möte 2017:*

*– In the world of medicine and global health, what are you most excited about?*

*– The Microbiome*



Figur 3



# Uppgifter till Människans mikrobiom

## HUDENS MIKROBIOM

Klassiska skolförsök med mikroorganismer brukar inkludera en undersökning av bakterier som finns på huden. Det innebär att man undersöker hudens mikrobiom. Många av bakterierna är ofarliga, men eventuellt kan det även finnas bakterier som är skadliga. Undersökningen brukar ofta göras i kombination med att med testa olika medel för att tvätta bort bakterier.

Ett sådant försök innebär att okända bakterier odlas upp, där vissa kan vara olämpliga att komma i kontakt med. För att undvika att eleverna rör vid bakterierna som odlats upp på agarplattorna är det viktigt att tejpa igen petriskålarna innan inkuberingen och sedan inte öppna dem igen. Odlingarna ska därefter destrueras genom autoklavering eller genom att de skickas som riskavfall.

## MIKROBER INTERAGERAR

Kan mikroorganismer i våra tarmar påverka övervikt? Hur byggs mikrofloran upp hos ett nyfött barn? Det är exempel på två frågor som tas upp i övningen *Hur interagerer mikrober med människan?* Fokus ligger på ekologiska begrepp som nisch, succession och olika former av samarbete mellan värd och mikroorganism.

Eleverna delas in i grupper och får vardera en kort text om mikroorganismer som lever i samspel med människor. Till texterna hör frågor som eleverna besvarar genom att arbeta med modeller och tolkning av bilder. Eleverna bildar sedan tvärgrupper och ska med hjälp av sin expertkunskap sätta ihop en modell av människokroppen utifrån bakterier som finns i kroppens olika delar.

## SYRADE LIVSMEDEL

Att tillverka syrade livsmedel har blivit trendigt. Surdegsbröd, syrade mjölkprodukter av alla slag, kimchi och kombucha är några exempel.

- Vad innehåller surdegsbröd, kimchi och kombucha som ger den speciella smaken och hur tillverkas dessa produkter?
- I välsorterade livsmedelsaffärer finns ett närmast överskådligt antal mjölkprodukter tillverkade med hjälp av olika slag av bakterier. Det är exempelvis olika varianter av fil, yoghurt, kefir,

onaka, Dofilus, A-fil, skyr och långfil. Men alla produkter i mjölkdisken innehåller inte levande bakteriekulturer.

Besök en livsmedelsaffär och ta reda på vad som är gemensamt när det gäller innehållet i dessa produkter och vad som skiljer dem åt.

- Tillverka egen yoghurt av vanlig söt mjölk genom att tillsätta en liten volym av levande yoghurtkultur från en förpackning med yoghurt. Låt blandningen stå i 44°C i cirka fyra timmar. Mät under tiden pH-värdet och iaktta förändringar i konsistens. Vad beror det på att pH-värdet och konsistensen ändras?
- På motsvarande sätt som beskrivs ovan kan även andra syrade mjölkprodukter tillverkas.
- Även syrade grönsaker, som exempelvis surkål, kan tillverkas med hjälp av mjölksyrabakterier, men processen tar betydligt längre tid än framställning av syrade mjölkprodukter.

Om man vill smaka på egentillverkad yoghurt eller andra syrade livsmedel ska tillverkningen ske i en lokal som är lämplig för livsmedelsproduktion.

## STUDERA MIKROORGANISMER

En droppe aktiv yoghurtkultur färgas med gramfärgning. När man studerar preparatet i mikroskop kan man se att yoghurtkulturen innehåller både stavformade bakterier och kocker som färgats tydligt blåviolettera. Kulturen består av en blandning av *Lactobacillus bulgaricus* och *Streptococcus thermophilus*.

## BAKTERIER FÖRSTÖR LIVSMEDEL

Livsmedel kan också förstöras av bakterier och i en laboration med morötter får eleverna fundera över ett resultat som först verkar motsägelsefullt. I en annan, mer krävande laboration undersöks bakteriehalten i livsmedel.

## SÄKERHET OCH RISKER

Det krävs lämplig utrustning, samt kunskaper i sterilteknik och hantering av bakterier för att laborationerna ska kunna genomföras på ett säkert sätt. På Bioresurs hemsida finns anvisningar för säkert arbete med mikroorganismer framtagna i samarbete med Arbetsmiljöverket.

Se Bioresurs hemsida för fullständiga beskrivningar och länkar: [www.bioresurs.uu.se](http://www.bioresurs.uu.se)



## LIVETS UTVECKLING

Introduktionsbild: Lokes Slott. Foto: R.B. Pedersen, Senter for geobiologi, Universitetet i Bergen, Norge (Relaterad artikel: Anja Spang, Jimmy H. Saw, Steffen L. Jørgensen, Katarzyna Zaremba-Niedzwiedzka, Joran Martijn, Anders E. Lind, Roel van Eijk, Christa Schleper, Lionel Guy, Thijs J. G. Ettema. Complex archaea that bridge the gap between prokaryotes and eukaryotes. *Nature* volume 521, pages 173–179 (14 May 2015), doi.org/10.1038/nature14447)

Porträttbild Erik Pelve. Foto: Lena Holm

Porträttbild Sandra Baldauf. Foto: Joan Strassmann

Figur 1. The Asgard Archaea, Uppsala university. Illustration: Eva Fernandez-Caceres (Relaterad artikel: Katarzyna Zaremba-Niedzwiedzka, Eva F. Caceres, Jimmy H. Saw, Disa Bäckström, Lina Juzokaite, Emmelien Vancaester, Kiley W. Seitz, Karthik Anantharaman, Piotr Stamawski, Kasper U. Kjeldsen, Matthew B. Stott, Takuro Nunoura, Jillian F. Banfield, Andreas Schramm, Brett J. Baker, Anja Spang, Thijs J. G. Ettema. Asgard archaea illuminate the origin of eukaryotic cellular complexity. *Nature* volume 541, pages 353–358 (19 January 2017), dx.doi.org/10.1038/nature21031)

Figur 2. Övre delen av figuren: Evolution of Earth's atmospheric oxygen content through time. Källa: Timothy W. Lyons, Christopher T. Reinhard, Noah J. Planavsky. The rise of oxygen in Earth's early ocean and atmosphere. *Nature* volume 506, pages 307–315 (20 February 2014). Reprinted by permission from Nature.

Figur 3. Livets träd. Illustration: Sandra Baldauf

Figur 4–5 *Acrcasis kona*. Foto: Chengjie Fu

Figur 6. Dicty Life Cycle H01 av Tijmen Stam, IIVQ (SVG conversion), Hideshi (original version), Wikimedia Commons, GFDL + CC-BY-SA

## MÄNNISKANS EVOLUTION

Introduktionsbild: Den ovanliga grottbegravningen av den 6-årige pojken "Matojo" (ATP12-1420) från kopparåldern. Foto: Eneko Iriarte (Relaterad artikel: Torsten Günthera, Cristina Valdiosera, Helena Malmströma, Irene Ureña, Ricardo Rodriguez-Varela, Óddny Osk Sværisdóttir, Evangelia A. Daskalaki, Pontus Skoglund, Thijessen Naidoo, Emma M. Svensson, José María Bermúdez de Castro, Eudald Carbonell, Michael Dunn, Jan Storå, Eneko Iriarte, Juan Luis Arsuaga, José-Miguel Carretero, Anders Götherström, Mattias Jakobsson. Ancient genomes link early farmers from Atapuerca in Spain to modern-day Basques. *PNAS* September 22, 2015 112 (38) 11917-11922. doi.org/10.1073/pnas.1509851112)

Porträttbild Mattias Jakobsson. Foto: Mikael Wallerstedt

Figur 1. Demographic model of African history and estimated divergences. Källa: Schlebusch CM, Malmström H, Günther T, Sjödin P, Coutinho A, Edlund H, Munters AR, Vicente M, Steyn M, Soodyall H, Lombard M, Jakobsson M. Southern African ancient genomes estimate modern human divergence to 350,000 to 260,000 years ago. *Science*. 2017 Nov 3;358(6363):652-655. doi: 10.1126/science.aao6266. Texten i figuren är översatt av Bioresurs.

Figur 2. Migration scenarios into postglacial Scandinavia. Källa: Günther T, Malmström H, Svensson EM, Omrak A, Sánchez-Quinto F, Kilinç GM, Krzewinska M, Eriksson G, Fraser M, Edlund H, Munters AR, Coutinho A, Simões LG, Vicente M, Sjölander A, Jansen Sellevold B, Jørgensen R, Claes P, Shriver MD, Valdiosera C, Netea MG, Apel J, Lidén K, Skar B, Storå J, Götherström A, Jakobsson M. Population genomics of Mesolithic Scandinavia: Investigating early postglacial migration routes and high-latitude adaptation. *PLoS Biol*. 2018 Jan 9;16(1):e2003703. doi: 10.1371/journal.pbio.2003703. Figuren är modifierad av Bioresurs.

Figur 3. Portabelt ancient DNA-labb. Foto: Mattias Jakobsson

Figur 4. Utgrävning vid Ajvide, Eksta socken, Gotland. Foto: Göran Burenhult

## SMITTSPRIDNING OCH -SPÅRNING

Introduktionsbild: Gräsänder. Foto: Carola Vahldiek, Adobe Stock

Figur 1. Chlamydiae Life Cycle av Huckfinne, Wikimedia Commons

Figur 2. Principer för PCR. Källa: Björn Herrmann

Figur 3. Antal fall av klamydiavarianten nvCT i fyra landsting. Källa: Björn Herrmann

Figur 4–5. Kontaktmönster för personer smittade med klamydia. Källa: Björn Herrmann

Figur 6. Diagram över sexuella kontakter i relation till avstånd. Källa: Björn Herrmann

Figur 7. Subtyper av influensavirus. Illustration: Michelle Wille

Figur 8. Gräsand med sändare. Foto: Erik Kleyheeg

## MÄNNISKANS MIKROBIOM

Introduktionsbild: Yoghurt och blåbär. Foto: Kaycco, Adobe Stock

Porträttbild Lars Engstrand. Foto: John Sennett

Figur 1. Mag-tarmkanalen. Eget montage.

Figur 2. Nyttig mat. Foto: Pixelbliss, Adobe Stock

Figur 3. Människokropp. Foto: 7activestudio, Adobe Stock

# Övriga referenser

Inledningstexterna till varje avsnitt är skrivna av Britt-Marie Lidsten. Laborationer och övningar är sammanställda och utformade av Bioresurs. Fullständiga beskrivningar samt länkar finns på hemsidan: [www.bioresurs.uu.se](http://www.bioresurs.uu.se). Där finns även referenser till artiklarna i magasinet.