

Korte svar eller henvisning til sider til læreboka:

Innføring i mikrobiologi

av Arne Tronsmo, Universitetsforlaget (2016)

Kapittel 1. Introduksjon

1. Vitenskapen om mikroorganismene.
2. Polysakkarider, nukleinsyrer, fett og proteiner.
3. Se faktaboks på side 15.
4. De autotrofe kan kun benytte uorganisk karbon og andre uorganiske forbindelser til å bygge opp sitt cellemateriale. De heterotrofe må benytte ulike organiske forbindelser for å bygge opp cellematerialet.
5. Robert Hook introduserte celleteorien. Antoni van Leeuwenhoek var den første som så og beskrev bakterier.
6. Se side 16-17.
7. Se side 16-18.
8. Avliving av teorien om spontan generasjon til mikroorganismer. Pasteuriserings-teknikken for å øke holdbarheten på melk. Vaksinerings. At gjær var ansvarlig for produksjon av alkohol (etanol) i vin.
9. Rekkefølge i kolonne C: f, d, c, b, e, a.
10. d
11. Utviklingen av det naturlige taksonomiske klassifiseringssystemet for alle organismer baser på morfologi (utseende).
12. Han var den første som beskrev bakterien *Mycobacterium lepra* som er årsaken til spedalskhet.
13. Vekstfaktoranaloger kan erstatte funksjonelle deler av et molekyl som er nødvendig for vekst, for eksempel et vitamin, og når de gjør det vil de blokkere opptak eller utnyttelse av de egentlige vekstfaktorene. Vekstfaktoranaloger som benyttes som medisin må ikke være skadelig for pasienten.
14. Se side 21-22.

Kapittel 2. Kjemi

1. a. Ionebinding. b. Enkel kovalent binding c. Dobbel kovalent binding
2. Det skylles vannets polare egenskaper som gjør at forbindelser som skal reagere med hverandre lettere kommer i direkte kontakt med hverandre.
3. pH er definert som den negative 10-logaritmen til hydrogenionkonsentrasjonen ($-\log_{10} [\text{H}^+]$).
4. En sur løsning har flere protoner (H^+) enn hydroksidioner (OH^-).
En nøytral løsning har like mange protoner (H^+) som hydroksidioner (OH^-).
En basisk løsning har færre protoner (H^+) enn hydroksidioner (OH^-).
5. I en løsning som inneholder en buffer, vil pH endre seg mye mindre når den tilføres små mengder syre eller baser enn en løsning uten buffer.
Vi benytter buffere i næringsmedier for å redusere forandringer i pH når organismene under vekst skiller ut H^+ eller OH^- .
6. Karbohydratene er bygd opp av monosakkarider som består av grunnstoffene karbon, oksygen og hydrogen. Den generelle formelen er $(\text{CH}_2\text{O})_n$
7. Primærstrukturen bestemmes av rekkefølgen på aminosyrene. Sekundærstrukturene dannes ved hydrogenbindinger mellom aminosyrene og danner alfa-heliksstruktur eller betaplater. Tertiærstrukturen er den stabile tredimensjonale strukturen til et polypeptid som dannes på grunn av ulike svake bindinger mellom aminosyrene. Kvartærstrukturen består av en samling av to eller flere polypeptider. Peptider er to eller flere aminosyrer koblet sammen med peptidbindinger. Proteiner består hovedsakelig av lange peptidkjeder.
8. DNA består av tre deler, pentosen deoksyribose, en fosfatgruppe og en syklisk nitrogenbase. Nitrogenbasen er enten adenin (A), tymin (T), cytosin (C), eller guanin (G). RNA skiller seg fra DNA ved at den har pentosen ribose istedenfor deoksyribose og nitrogenbasen uracil (U) istedenfor tymin (T).
9. ATP er det viktigste energibærende molekylet i cellene. ATP består av pentosen ribose, tre fosfatgrupper og nitrogenbasen adenin (A),
10. Lipidene har ikke en felles kjemisk struktur, men de er alle ikke polare og derved uløselige i vann. Fett består av fettsyrer bundet til glyserol. Fosfolipidene består av to fettsyrer og fosfat bundet til glyserol. Lipidene er energilagret i cellene og fosfolipidene er strukturkomponenten i membranene.

Kapittel 3. Mikroskopi

1 a. Du kan se en liten organisme som ellers ikke er synlig med det blotte øyet. b. Du kan skille mellom ulike bakterietyper slik som grampositive, gramnegative og mycobakterier.

2.

- a. 10^{-6}
- b. nm
- c. 10^3

3

- a. Se prosedyre på side 42.
- b. Se side 42-43 og side 52-57.
- c.

Utseende etter dette trinnet

Behandling med:	Gram +	Gram -
Krystall fiolett	Blå	Blå
J/JK	Blå	Blå
Etanol vask	Blå	Fargeløs
Safranin	Blå	Rød

4. $0,3\mu\text{m}$

5. Stativ med lyskilde, kondensor, objektivbord med grov og fin skrue for regulering av høyden på bordet (fokusering av preparatet), objektivrevolver og okularer. Kondensoren samler lyset i preparatet. Grov og fin skrue regulerer høyden på bordet (fokusering av preparatet). Objektivene forstørrer bildet og okularet forstørrer bildet ytterligere.

6. Oppløsning er evnen til å skille små detaljer. Forstørning er hvor mange ganger større bilde blir enn virkeligheten.

7. Med et fasekontrastmikroskop kan vi få et godt bilde av ufargede preparater. Vi kan også se om organismene kan bevege seg i levende preparater. Før undersøkelse i et lysmikroskop vil fiksering og farging ta livet av organismene og kunne føre til forandring (skrumping) av organismene.

8. Gram-farging skiller bakterier (*Bacteria*) i grampositive og gramnegative. Syrefastfarging benyttes for å skille bakterier i slekten *Mycobacterium* fra andre bakterier. Flagellfarging benyttes for å kunne se bakterieflageller i et lysmikroskop. Negativ farging benyttes for å kunne detektere kapsel i et lysmikroskop, omgivelsene farges men ikke kapselen. Endosporefarging benyttes for å kunne detektere endosporer i et lysmikroskop.

9. På grunn av at elektronstrålene har en mye kortere bølgelengde enn lys vil elektronmikroskopet kunne gi en mye høyere oppløsning, ca. 1000X sammenliknet med lysmikroskop. For å se tredimensjonale strukturer i et elektronmikroskop må man benytte et scanning-elektronmikroskop (SEM).

Kapittel 4. Den prokaryote og den eukaryote cellen

1. Se figur 4.1 side 45
2. Se figur 4.6 side 49.
3. Ved enkel diffusjon slipper bare vann og noe små molekyler gjennom membranen. Større molekyler må transporteres gjennom membranen ved hjelp av transportproteiner.
4. Passiv transport skjer uten tilførsel av ekstern energi. Aktiv transport krever tilførsel av energi, vanligvis fra ATP.
5. Se side 50 og figur 4.7.
6. Se side 50+51 og figur 4.8.
7. Se side 52 og figur 4.9.
8. En levende celle er avhengig av en funksjonell membran for å kunne regulere transport av avfallsstoffer ut av cellen og næringsstoffer inn i cellen. Skade i membranen kan føre til lekkasje av viktige molekyler som fører til at cellen dør.
9. En cellevegg er nødvendig for bakterier som lever i et miljø som er har et høyere osmotisk potensiale enn det som er inne i cellen. Det er noen bakterier som mangler cellevegg (veggløse) for eksempel mykoplasma. De har en forsterket cytoplasmamembran og lever i miljøer med samme osmotiske potensial som det er inne i cellen. Celleveggen til *Bacteria* kalles for peptidoglykan, fordi strukturkomponenten består av lange glykankjeder av N-acetylglukosamin (NAG) og N-acetylmuraminsyre (NAM) bundet sammen med peptidkjeder.
10. a. Se figur 4.12 og 4.13, og side 52-57. b. Se side 56-57.
11. Se side 52-56
12. Poriner er transportkanaler gjennom yttermembranen hos de gramnegative bakteriene.
13.
 - a. Splitting av den eksisterende peptidoglykankjeden med autolysin er nødvendig for å kunne sette inn nye byggesteiner (NAM(M)-NAG(G)-peptidenhet).
 - b. Baktoprenol er bæreren av M-G-peptidenheten.
 - c. Transpeptidering er dannelse av peptidbindinger mellom muraminsyre-enheter i de parallelle kjedene. Transpeptidasen binder sammen med en kovalent binding den nye M-G-peptidenheten med en peptidoglykanenhet i en eksisterende kjede.
14. En endospore dannes i en celle og er ikke et spredningsorgan da den bare gir opphav til en ny celle når den spirer.

Endosporen er en hvilestruktur som kan overleve ugunstige forhold som høy temperatur (100°C) – en temperatur som vil drepe den vegetative cellen. Endosporer dannes hovedsakelig i bakterieslektene *Bacillus* og *Clostridium*.

15. Mikroorganismene produserer enzymet cellulase (bryter ned cellulose) som skilles ut av cellen (eksoenzymer) og cellulase vil bryte ned cellulosen til monomeren glukose. Glukose monomeren transporteres inn i cellen ved hjelp av spesifikke transportproteiner (gruppetransport).

16. Den kan være mindre da den ikke inneholder organeller, men den har allikevel alle nødvendige livsfunksjoner som gjennomføres på genene på DNA, i cytoplasma, i/på cytoplasmamembranen og i celleveggen.

17. Endosporen har mye lavere vanninnhold enn den vegetative cellen og den inneholder dipikolinsyre og små syreløselige sporeproteiner som stabiliserer og beskytter DNA.

18. Flagellen hos den prokaryote cellen består av en hul tråd av proteinet flagellin som er festet til cytoplasmamembranen med en «krok» og et basallegeme. Den eukaryote flagellen består av et basallegeme og en ring av ni par doble mikrotubuli pluss to sentrale mikrotubuli inne i plasmamembranen. Begge gir organismene mulighet til å bevege seg et vandig miljø – hos de prokaryote med en roterende bevegelse, hos de eukaryote med en piskebevegelse.

19. 4 minutter og 10 sekunder

20. Mitokondriene inneholder DNA og ribosomer (70S) av *Bacteria*-typen.

21. Gassvesiklene hos akvatiske fotosyntetiske bakterier gjør at de kan komme opp mot overflaten slik at de kan utnytte sollyset.

22. Se figur 4.2 side 46 og figur 4.18 side 62. Kloroplaster finnes ikke i dyrecellene.

23. Forholdet mellom overflate og volum øker når størrelsen (radien) på cellen går ned. Forholdet mellom overflate og volum (O/V) er $3/r$

24. Liten størrelse gir raskere vekst (flere celler) og at de er haploide fører til at alle mutasjoner blir uttrykt.

25. Se kapittel 4.3 side 62-67.

26. Mitokondriene er eukaryotenes energifabrikk hvor respirasjonen (sitronsyresyklusen) foregår. Ved aerob respirasjon er de viktige endeproduktene ATP og CO_2 . Kloroplastene er sete for fotosyntesen hvor glukose og O_2 er de viktigste endeproduktene.

27 a. Se kapittel 4.4 og 4-5 side 67 – 69. b. Cyanobakteriene var de første organismene som produserte oksygen til biosfæren.

28. Se kapittel 4.5 side 68-69.

Kapittel 5. Mikrobiell metabolisme

1. Metabolisme er summen av alle biokjemiske prosesser i en celle, både katabolisme og anabolisme. Også kalt stoffskifte. Anabolisme er alle biosyntetiske reaksjoner i cellen som er involvert i syntese av alle cellekomponentene fra enkle molekyler. Krever vanligvis tilføring av energi i form av ATP.

Katabolisme er alle biokjemiske reaksjoner i cellen som leder til nedbrytning av store molekyler til mindre molekyler. I prosessen frigis energi (vanligvis i form av ATP) i cellen.

2. En redoks-reaksjon er en koplet reaksjon hvor et av stoffene mister elektroner og et annet får elektroner.

- a. Den endelige elektronakseptoren i aerob respirasjon er molekylært oksygen. I anaerob respirasjon er et annet uorganisk molekyl eller i noen tilfeller et organisk molekyl, elektronakseptor.
- b. En elektrontransportkjede benyttes i respirasjon, men ikke i fermentering. Endelig elektronakseptor i respirasjon er vanligvis uorganisk. I fermentering er det en «intern» elektronakseptor, ved at elektronene fordeles mellom endeproduktene av den fermenterte organiske forbindelsen.

3. A. Fotofosforylering. B. Oksidativ fosforylering. C. Substrat-nivå-fosforylering

4. Oksidasjon

5. For å kunne syntetisere nye molekyler og reparere skadene molekyler

6. Enzymene reduserer aktiveringsenergien til reaksjonen ved å føre reaktantene sammen.

7. Temperatur, pH og substratkonsentrasjonen.

8. ATP-utbyttet pr mol glukose ved fermentering er 2, ved anaerob respirasjon ca. 30 og ved respirasjon 36 (eukaryote) eller 38 (prokaryote). Energiutbyttet ved fermentering er mindre enn ved respirasjon fordi organismen ikke kan utnytte NADH til energiproduksjon og det er mye mer energi igjen i endeproduktene som melkesyre eller etanol enn det er i endeproduktet ved respirasjon. Ved fermentering er det ingen sitronsyresyklus eller elektrontransportkjede.

9.

Energi produserende prosess	Vekst med/uten oksygen	Endelig elektronakseptor	Type fosforylering for å generere ATP	Mol ATP per mol Glukose
Aerob respirasjon	O ₂	O ₂	Substratnivå og Oksidativ	36 (Eukaryote) 38 (Prokaryote)
Anaerob Respirasjon	Ikke O ₂	NO ₃ ⁻ SO ₄ ²⁻ CO ₃ ²⁻ Fe ³⁺ Fumarsyre	Substratnivå og Oksidativ	Variabelt flere enn 2 færre enn 38

Fermentering	Ikke O ₂	Et organisk molekyl	Substratnivå	1 eller 2
--------------	---------------------	---------------------	--------------	-----------

b. Dyrke organismen i et fullstendig mineralmedium med og uten glukose. Ved vekst i begge mediene er organismen autotrof, hvis den bare vokser i mediet med glukose er den heterotrof.

10. Gruppering av organismer etter deres energi- og karbonkilde

Næringstype	Energi - kilde	Karbonkilde	Eksempler på mikroorganismer
Fotoautotrof	Lys	CO ₂	Aerobe: Cyanobakterier Anaerobe: Grønne og purpur bakterier
Fotoheterotrof	Lys	Organisk	Grønne og purpur bakterier ikke-svovel bakterier
Kjemoautotrof	Kjemisk	CO ₂	Jernoksiderende bakterier
Kjemoheterotrof	Kjemisk	Organisk	Fermentative bakterier, aerobe bakterier, dyr, protozoer, sopp

11.

- NAD⁺ er nødvendig for å fange opp elektroner i glykolysen. Uten tilgang på NAD⁺ vil glykolysen stoppe.
- Ved respirasjon blir NAD⁺ gjendannet fra NADH i sitronsyresyklusen.
- I fermenteringen blir NAD⁺ gjendannet fra NADH ved for eksempel omdanning av pyruvat til etanol eller melkesyre.

12. Ved konkurrerende hemning konkurrerer substratet med inhibitoren om det aktive setet på enzymet. Ved ikke konkurrerende hemning binder inhibitoren seg til det allosteriske setet og forandrer den tredimensjonale strukturen til det aktive setet slik at det ikke lenger kan binde substratet.

Endepunkthinhibering skjer når endeproduktet (sluttproduktet) binder seg til et allosterisk sete i et enzym tidligere i synteseveien.

13. Se figur 5.16 side 94.

14. En katalysator senker aktiveringsenergien noe som fører til at reaksjonen går mye raskere. Et enzym er et protein som er en kjede med aminosyrer. Enkelte proteiner har bundet til seg en ikke-proteindell som kalles prostetisk gruppe eller en kofaktor (et grunnstoff).

15. Enzymet binder substratet i sitt aktive sete.

16. Aktiveringsenergi er den energimengden som reaktantene minst må ha for at reaksjonen skal kunne skje.

17. $\text{Glukose} + 2 \text{ ATP} + 2 \text{ PO}_4^{3-} + 2 \text{ NAD}^+ = 2 \text{ pyruvat} + 4 \text{ ATP} + 2 \text{ NADH} + 2 \text{ H}^+$
Nettoresultatet er $2 \text{ pyruvat} + 2 \text{ NADH} + 2 \text{ ATP}$

18. NADH og FADH₂ er den reductive kraften som kan benyttes til dannelse av ATP i sitronsyresyklusen eller til å redusere organiske forbindelser i anabolske reaksjoner. Cytokromene fungerer som bærere av elektronene som overføres fra NADH og FADH₂ i elektrontransportkjeden.

19. Molekylene som dannes i syklusen kan brukes som byggesteiner til ulike synteseveier.

20. Se tabell 5.4 side 87.

21. Energikonservering er lagring av energi i form av ATP. Kjemiosmoseteorien ble utviklet av Peter Mitchell og forklarer at ATP kan genereres ved at H⁺ transporteres ut av mitokondriemembranen (eukaryoter) eller cytoplasmamembranen (prokaryoter) og så blir ført tilbake gjennom ATP-asen hvor det da genereres ATP. Substratnivå-fosforylering er dannelse av ATP ved direkte overføring av et høyenergi fosfatmolekyl fra en organisk forbindelse til ADP.

22. $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$.

Mørkereaksjonen er den som ikke krever lys, men som benytter ATP og reaktiv kraft i form av NADPH som er dannet i lysreaksjonen til å fikse CO₂ til glukose. I fotosystem I reduseres NADP til NADPH, som er den reductive kraften i mørkereaksjonen. I fotosystem II spaltes vann til oksygen, protoner og elektroner slik at det kan genereres ATP i en elektrontransportkjede.

23. Ved anoksisk fotosyntese trekkes ikke elektroner fra H₂O som ved oksisk fotosyntese, men fra, for eksempel, H₂S, som er lettere å oksidere enn H₂O. Det produseres derfor ikke oksygen ved anoksisk fotosyntese. Alger, cyanobakterier og planter har oksisk fotosyntese, mens de grønne og purpurbakteriene har anoksisk fotosyntese.

24. Pentosefosfatveien er først og fremst viktig for å danne byggesteiner for mange viktige molekyler i cellen som pentoser som er en del av ryggraden til nukleotidene og C4-forbindelser til syntese av aminosyrer.

Kapittel 6. Mikrobiell vekst

1. Ved binær fisjon (to-deling) så øker først bakteriens lengde, og kromosomet replikeres. Kromosomene trekkes fra hverandre. Plasmamembranen invaginerer sentrum av cellen mellom de delte kromosomene. Celleveggen vokser mellom disse membranene og cellen deles i to.

2.a. Tegn en vekstkurve for vekst i et lukket system (Batch kultur) med log antall bakterier på y-aksen og tid i minutter på x-aksen. Marker lagfase, eksponentiell fase, stasjonær fase og dødsfase (se figur 6.8).

b. Bakteriene deler seg med konstant hastighet i den eksponentielle fasen.

c. Det blir ingen eller meget kort lagfase hvis en bakterie i den eksponentielle-fasen overføres til samme næringsløsning.

d. Bakteriene kommer i den stasjonære fasen når et av de essensielle næringsstoffene begynner å bli i begrensede mengder eller at opphopning av avfallsstoffer hemmer veksten.

e. Generasjonstiden kan beregnes ut fra vekstkurven ved å bestemme tiden det tar før celletallet har doblet seg. Eller ut fra formelen beskrevet på side 110.

3. a. En kjemostat er et vekstkammer med konstant volum for dyrking av kontinuerlige kulturer av mikroorganismer hvor både veksthastighet og celletall kan kontrolleres uavhengig av hverandre ved å variere næringskonsentrasjon og fortynningshastighet.

b. Ved likevekt i en kjemostat vokser organismene med konstant hastighet og mengden oppløst oksygen, næring, pH, omrøring og celletall er konstant.

c. Hvis fortynningshastigheten blir for høy vil kulturen vaskes ut.

4. Se side 115. NB: Full kontroll med volumer i fortynningsrørene og av prøvene som overføres i fortynningsserien og til petriskålene er absolutt nødvendig.

5. Varme denaturerer proteiner (enzymmer) og fører dermed til den sikre død for cellene.

6. Kardinaltemperaturer er henholdsvis minimumstemperaturen (den laveste temperaturen for vekst av bakterien), optimumstemperaturen (den temperaturen hvor organismen vokser raskest) og maksimumstemperaturen (den høyeste temperaturen en organisme kan vokse ved).

7. a. C = Karbon: Viktigste byggestein i levende celler.

H = Hydrogen: Kilde til elektroner og komponent i organiske molekyler.

O = Oksygen: Komponent i organiske molekyler, elektronakseptor i aerobe organismer.

N = Nitrogen: Komponent i aminosyrer (proteiner) og nukleinsyrer.

P = Fosfor: Komponent i fosfolipider, nukleinsyrer og ATP.

S = Svovel: Komponent i noen aminosyrer.

8. Direkte metoder er de hvor antall celler i en løsning kan bestemmes med hjelp av et mikroskop og tellekammer, eller etter fortykning og utplating, hvor hver celle gir opphav til en synlig koloni. For å beregne antallet i løsninger med lave

konsentrasjoner av mikroorganismer, kan man benytte MPN metoden (se kapittel 6.6 side 116-117), eller membranfilter metoden (se side 117).

Indirekte metoder måler ikke antall celler, men gir et indirekte mål for biomasse. Indirekte metoder er måling av turbiditet, måling av metabolsk aktivitet, forandring i pH eller bestemmelse av tørrvekten til kulturen. For å kunne estimere antall celler ved måling av turbiditet, kan man benytte en standardkurve. Standardkurven lages ved å plotte data fra den direkte og turbiditetsmålingen i samme diagram. Ut ifra denne standardkurven kan man så senere estimere antall celler i prøven som er målt med turbidimeter eller spektrofotometer.

9. a. $200 \times 2^8 = 51200 = 5.12 \times 10^4$ *Staphylococcus aureus*-bakterier. $n =$ generasjonstiden. I eksemplet er $n=8$

b. Fordi nitrogen, fosfor og karbon er nødvendige byggesteiner i alle celler.

c. Cyanobakterier og andre fotosyntetiske bakterier kan benytte uorganisk karbon (CO_2) som karbonkilde. Autotrofe organisme som for eksempel *Nitrosomonas* kan også benytte CO_2 som karbonkilde for å bygge opp sitt organiske materiale.

Escherichia coli er et eksempel på en bakterie som må ha tilgang på organisk karbon.

d. En aerob endosporedanner kan anrikes fra en prøve fra naturen etter at den er kokt. En fototrof nitrogenfikserende cyanobakterie kan anrikes i et mineralmedium uten bundet nitrogen i lys. En fenol-oksyderende bakterie kan anrikes i et mineralmedium hvor fenol er eneste karbonkilde.

10. Oljen dekker karbon og energibehovet til en oljedegraderende bakterie, men ikke behovet for nitrogen og fosfor. Derfor setter man til nitrogen og fosfor for at disse elementene ikke skal være begrensende for effektiv nedbrytning av oljen.

11. a. Et kjemisk definert medium er et medium hvor eksakt alle kjemiske komponenter er kjent.

Et komplekst medium er et medium hvor man ikke kjenner alle de kjemiske komponentene i detalj.

Et selektivt medium er «utvelgende». Med det menes at det gir vekstmuligheter bare for noen typer av mikroorganismer.

Et differensielt medium undertrykker ikke andre mikroorganismer, men gjør det enklere å differensiere mellom ulike mikroorganismer, ved for eksempel at spesifikke bakterier får farge.

Et anrikningsmedium benyttes for å gi vekstvilkår til spesielle grupper av mikroorganismer, for eksempel de som kan leve på fenol som eneste karbonkilde.

b. Vi benytter kjemisk definerte medier nå vi vil undersøke effekten av ulike kjemiske forbindelser på veksten til mikroorganismen. I alle andre tilfeller benytter man nesten utelukkende komplekse medier tilpasset de ulike mikroorganismene, da de er enklere å lage og gir gode vekstvilkår.

12. a. A. b. B. c. A. d. A. e. A.

13. Aerobe organismer er helt avhengig av oksygen som endelig elektronakseptor i aerob respirasjon.

Anaerobe organismer kan ikke benytte oksygen, for de obligat anaerobe er oksygen en gift.

Fakultativt anaerobe organismer benytter oksygen som endelig elektronakseptor når det er oksygen til stede, men skifter over til anaerob respirasjon eller fermentering når det er anaerobe forhold.

De aerotolerante kan ikke benytte oksygen som endelig elektronakseptor, men oksygen er ikke giftig for dem.

Mikroaerofile organismer krever oksygen, men kan bare tolerere relativt lave oksygenkonsentrasjoner.

Anaerobe organismer som ikke skades av oksygen har avgiftningssystemer for å uskadeliggjøre giftige biprodukter fra oksygen som singlet oksygen, superoksid-anion og H_2O_2 . Dette er for eksempel enzymene katalase, peroksidase og superoksid-dismutase.

14. En renkultur har oppstått fra en enkelt celle og består dermed av kun én art, mens en anrikningskultur er en samling av mikroorganismer med felles egenskaper, dyrket frem på et selektivt medium.

15. Sporelementer er uorganiske forbindelser (grunnstoffer) som organismene trenger i små mengder. Vekstfaktorer er organiske forbindelser, for eksempel vitaminer, som organismene trenger i små mengder.

16. a. Ved anrikning må man velge et medium som stimulerer den/de organismene man ønsker å dyrke, men ikke alle andre. Man må da velge en karbonkilde som de man vil anrike kan benytte, men som kan benyttes av få andre. Det kan være nødvendig å tilsette antimikrobielle forbindelser som hemmer andre organismer enn de man vil anrike.

b. Cyanobakterier.

c. Nitrifikasjonsbakteriene (*Nitrosomonas* og *Nitrobacter*).

d. De aller fleste bakteriene

17. MPN-metoden benyttes når man forventer et lite antall bakterier i prøven. Man tar 5 prøver med henholdsvis 10 ml, 1 ml og 0,1 ml og tilsetter disse volumene i en næringsløsning sammen med en indikator som forandrer farge hvis det er vekst av bakterier i prøven (en eller flere bakterier i den opprinnelige prøven). Ut fra en statistisk tabell kan man da estimere sannsynlig antall bakterier (MPN-indeks), og laveste og høyeste antall i 100 ml av prøven (se side 116).

18. En psykrofil organisme har optimumstemperatur under $20^{\circ}C$. En mesofil organisme har optimumstemperatur mellom $20^{\circ}C$ og $45^{\circ}C$. En termofile organisme har optimumstemperatur mellom $45^{\circ}C$ og $80^{\circ}C$. En hypertermofil organisme har optimumstemperatur over $80^{\circ}C$.

Optimumstemperaturen til en psykrofil organisme bestemmes ved å måle veksthastigheten ved ulike temperaturer under $20^{\circ}C$.

Kapittel 7. Kontroll av vekst

1. Koking (100°C) dreper alle vegetative bakterier og sopp.
Autoklaving (121°C) og hermetisering dreper alle organismer, også endosporer.
Lav temperatur (ned mot 0°C) dreper ikke, men reduserer veksthastigheten til de psykrofile organismene. Det stopper veksten til de mesofile.
Frysing stopper veksten, men de fleste mikroorganismer overlever. Eukaryote organismer dør som regel ved frysing.
Salt og sukker har hemmende effekt, hvis konsentrasjonen gjør at det osmotiske potensialet i løsningen er større enn det osmotiske potensialet inne i cellene.
Mikroorganismene vil da ikke kunne utnytte vannet i kjemiske reaksjoner i cellen og veksten vil da stoppe opp.
Ioniserende stråler dreper mikroorganisme.
Ikke-ioniserende stråler (UV) dreper, men de som har tykk cellevegg, kan overleve.
2. Sterilanter er meget effektive kjemikalier som både dreper vegetative celler og endosporer.
Desinfeksjonsmidler brukes på dødt materiale og dreper vegetative celler, men ikke endosporer.
Antiseptika dreper eller hemmer mikroorganismer. Kan benyttes på levende vev.
Bakteriostatisk forbindelse hemmer bakterier.
Bakteriocidiske forbindelser dreper bakterier.
Bakteriolytiske forbindelser fører til at bakteriecellene lyses.
Fungistatiske forbindelser hemmer sopp.
Fungicide forbindelser dreper sopp.
3. Hypokloritt er et meget effektivt desinfeksjonsmiddel. Proteiner og cellemembran er angrepspunkt i cellene. Hypokloritt ender opp som ufarlige kloridioner og vann.
4. Med synergistisk effekt mener vi at effekten av to hemmende midler er større enn summen av midlene brukt hver for seg. Dette betyr blant annet at vi kan mer enn halvere konsentrasjonen av midlene, og likevel få samme effekt.
5. Man lager en næringsløsning med en fortyningsserie av det middelet man vil teste. Så tilsettes mikroorganismen og ved den laveste konsentrasjonen som ikke gir vekst er MIC-verdien (Minimal Inhibitory Concentration-verdien).
6. De må hemme eller drepe mikroorganisme, og ikke være skadelig for konsumenten.
7. E-stoffer er en fellesbetegnelse på kjemiske forbindelser som blir tilsatt for enten å øke holdbarheten, erstatte sukker eller gi bestemte farger, smak eller konsistens i næringsmidler (mat og drikke) og i kosmetikk. Det finnes omtrent 340 godkjente E-stoffer, og E står for at tilsetningen er EU-godkjent.
E-stoffer kan være naturlige, kjemiske forbindelser som benzosyre (det naturlige konserveringsmidlet i for eksempel multer og blåbær), eller kjemisk syntetiserte forbindelser.
8. Salt og sukker er i seg selv ikke giftige, men de har den fysiske effekten at de øker det osmotiske potensialet, slik at ikke mikroorganismen kan transportere vann inn i

cellene og benytte det i kjemiske reaksjoner. Salt brukes for å konservere kjøtt, for eksempel spekemat, mens sukker benyttes som konserveringsmiddel i syltetøy. Vi kan finne *Penicillium*-soppen på syltetøy fordi den kan leve ved et høyere osmotisk potensiale enn bakterier.

9. Sterilfiltrering benyttes når vesken ikke tåler autoklaving, for eksempel en vitaminløsning.

10. I den såkalte MIC-testen tester man effekten av ulike konsentrasjoner av det antimikrobielle middelet for å finne den laveste konsentrasjonen som hindrer vekst. I agardiffusjonstesten dypper vi filterpapirskiver i ulike konsentrasjonen av den antimikrobielle forbindelsen og måler størrelsen på hemningssonen.

11. En biofilm er et lag som består av mange bakterier. Ofte er det flere ulike arter eller andre mikroorganismer i en matriks av polysakkarider, proteiner og DNA fra bakteriene, festet til en overflate. Bakteriene er mye bedre beskyttet i en biofilm enn som frittlevende organismer. Dette fører til at det kan være vanskelig å fjerne mikroorganismene fra overflater, for eksempel i rør i næringsmiddelindustrien. For eksempel vil desinfeksjonsmidler (som klorin og hydrogenperoksid) eller antibiotika først reagere med overflaten av matriksen, og derved miste mye av sin virkning før de når ned til bakteriene i biofilmen.

Kapittel 8. Mikrobiell genetikk

1. DNA er arvematerialet som inneholder den genetiske koden til organismen. Ribosomalt RNA (rRNA) er en av byggesteinene i ribosomene. Budbringer RNA (mRNA) lages ved transkripsjon (kopi av DNA) av gener på DNA og transporterer koden til ribosomene. Transport RNA (tRNA) er molekyler som i den ene enden har en sekvens på tre basepar (antikodon), som må passe til den tilsvarende (komplementære) sekvensen på mRNA under proteinsyntesen. Dette fører til at en aminosyre kan settes inn på den voksende peptidtråden som dannes under proteinsyntesen (translasjon).
2. Replikasjon er prosessen hvor DNA kopieres under celledelingen, slik at det kommer en kopi av (bakterie)kromosomet i hver nye celle. Transkripsjon er syntese av mRNA som er komplementær med en av dobbeltrådene (templattråden) på DNA. Translasjon er proteinsyntese. Den genetiske koden på mRNA blir konvertert til en aminosyresekkefølge som gir et protein.
3. c
4. Se kapittel 8.2 side 136-138.
5. Se kapittel 8.6. side 150-151.
6. En mutasjon er en arvbar forandring i basesekvensen i genomet til en organisme. En mutant er en organisme hvor genomet har en mutasjon som skiller den fra villtypen.
7. En leserammeforskyvning vil føre til at alle tripleretter etter mutasjonen blir feil (forskjøvet). Dette fører i de aller fleste tilfellene til et uvirksomt protein. En missensmutasjon fører bare til at én aminosyre blir feil. Dette kan føre til ingen effekt, bedre virkning eller redusert virkning.
8. Den bakterien som benyttes i Ames-testen har en mutasjon som fører til at man må tilsette histidin i mediet for at bakterien skal kunne vokse. Den er auxotrof for histidin. Ved tilbakemutasjon til villtype-genet, vil den igjen kunne vokse uten histidin i mediet.
9. a – 1, b – 2, c – 5, d – 3, e – 4.
10. Fordi mutasjon og rekombinasjon fører til større genetisk variasjon. Noen få av disse genforandringene vil kunne gi egenskaper til mutanten som gir den konkurransefordeler i forhold til villtypen under visse forhold.
11. I – c, II – a, III – d.
12. Se side kapittel 8.6 side 153 og kapittel 12.4 side 241.
13. d

14. Transposoner, også kalt hoppende gener, er en type DNA-elementer som inneholder en eller flere gener, samt gener som gjør at de kan flytte seg fra en del av DNA til en annen.

15. Quorum sensing er signaler mellom celler av samme art. For at signalene skal kunne få biologisk effekt, må konsentrasjonen av signalmolekylene komme over en viss konsentrasjon, det vil si at det må være mange av samme bakterie som produserer signalet. Eksempler på quorum sensing er bioluminescens hos bakterier, produksjon av toksiner (bakteriosiner) og i dannelsen av biofilmer.

Kapittel 9. Klassifisering av mikroorganismer

1. Taksonomi er vitenskapen om klassifisering av organismer, identifisering og navnsetting (nomenklatur). Fylogeni er ordning av arter inn i høyere taxa og konstruksjon av evolusjonære trær som viser evolusjonært slektskap.

2. *Bacteria* og *Archaea*

3. Se tabell 9.1 side 159.

4. d

5. Se kapittel 9.5 side 162-164.

6. Stamtre med rot viser posisjonen til alle stamfedrene som er undersøkt. Stamtre uten rot viser slektskapet mellom organismer som har blitt undersøkt men ikke informasjon om hva som er den eldste grenen i treet.

7. Man isolerer først DNAet fra organismen, klipper DNAet ved hjelp av restriksjonsenzymmer og separerer DNA-fragmentene ved hjelp av elektroforese. Dette gir et båndmønster som er spesifikt for denne organismen.

8. Se tabell 9.2 side 160.

9. I – b, II – a.

10. I – a, II – b.

Kapittel 10. Fysiologisk og fylogenetisk mangfold blant prokaryote mikroorganismer

1. De anoksiske fototrofe bakteriene er anaerobe fotosyntetiske bakterier som ikke kan benytte vann som elektrondonor, men istedet benytter H_2 , Fe^{2+} eller H_2S .
Eksempler er purpur ikke-svovelbakterier (*Rhodospirillum*), purpur svovelbakterier (*Chloromasticum*), grønne svovelbakterier (*Chlorobium*), og grønne ikke-svovelbakterier (*Chloroflexus*)
2. Se Tabell 10.1 side 168.
3. **Felles:** Bakterieklorofyll og evnen til å fikse CO_2 .
Ulikheter: Anoksiske benytter H_2 , Fe^{2+} eller H_2S som elektrondonor i fotosyntesen. Cyanobakteriene bruker H_2O . Anoksiske har fotosystem I, cyanobakteriene har både fotosystem I og II. Anoksiske har bakterieklorofyllet i rikt follede utvekster av cytoplasmamembranen. Cyanobakteriene har bakterieklorofyllet i tylakoider. Noen cyanobakterier kan fikse nitrogen.
4. Fordi de fleste har pigmenter som kalles fytoobiliner som har en blå-grønn farge.
5. Frittlevende nitrogenfikserere (*Azotobacter*, *Klebsiella*). Nitrifiserende bakterier (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*). Denitrifiserende bakterier (*Pseudomonas*).
Ammonifikasjon (de alle fleste bakteriene). Assimilasjon av ammonium og nitratassimilasjon (de alle fleste bakteriene).
6. De jernreducerende bakteriene benytter oksiderte metaller som Fe^{3+} som elektronakseptor og kobler dette med oksidering av H_2 eller en organisk forbindelse. De fleste er heterotrofe selv om de teoretisk kunne vært autotrofe. De jernoksiderende bakteriene skaffer seg energi ved å oksidere toverdige jern (Fe^{2+}).
Hydrogenbakteriene benytter H_2 som elektrondonor og oksygen som elektronakseptor.
7. Det var rik tilgang på H_2 tidlig i jordens liv. H_2 -metabolisme krever relativt få enzymer.
8. Felles er at de kan benytte organiske forbindelser uten en kovalent C-C binding som karbon- og energikilde. Bare de metanotrofe kan benytte metan.
9. De vil redusere utslipp av metan fra anaerob jord og dette vil redusere tilførsel av metan, som er en sterk klimagass, til atmosfæren.
10. *Bdellovibrio* kan parasittere andre bakterier.
11. Myxobakteriene kan parasittere andre bakterier. De har meget stor genom til å være i domene *Bacteria*. De har den mest kompliserte livsformen inne bakteriene ved at de kan gå sammen og danne fruktlegemer med relativ komplisert morfologi.
12. Spirillene beveger seg med en polar flagell som roterer.

Spiroketene har to flageller innenfor cytoplasmamembranene festet til hver sin pol. Når flagellene roterer i samme retning, beveger bakterien seg med en korketrekker-lik bevegelse.

13. Se kapittel 10.1, side 182-184.

14. Se tabell 9.1 på side 159, og kapittel 10.2, side 184-186.

15. Se kapittel 10.2, side 186-188.

16. De termofile organismene kan ha:

- Proteiner med flere alfaheliksstrukturer enn vanlig, og en mer hydrofob kjerne og hydrofil overflate.
- Ikke-kovalente ionebindinger (saltbroer) på overflaten til proteinene.
- Varmesjokkproteiner (chaperons) som hjelper til med refoldingen av delvis denaturerte proteiner.
- De kan ha økt konsentrasjon av K^+ og kompatible organiske forbindelser inne i cytoplasma som stabiliserer DNA.
- De har en mer varmestabil membran. Mange innen *Archaea* har lipid monolag som er mer stabil enn den mer vanlige dobbeltmembranen. De med dobbeltmembran har mettede fettsyrer og lengre fettsyrer i membranen enn de mesofile og psykrofile bakteriene.

17. Se kapittel 10.5, side 190-197.

18. Se kapittel 10.6, side 197-201.

19. *Enterobacteriales* er en relativt homogen fylogenetisk gruppe innen *Gamma-proteobacteria*. De kalles enterobakterier fordi de lever inne i tarmene til dyr. De er fakultativt anaerobe, stavformede og, hvis mobile, peritrikt flagellert. De er oksidasenegative og katalasepositive. De deles i to grupper, de med blandet syrefermentering (*Escherichia*, *Salmonella*, *Proteus* og *Yersinia*) og de med 2,3-butandiolfermentering (*Enterobacter*, *Klebsiella* og *Serratia*).

20. De skilles først og fremst på oppbyggingen av celleveggen. De grampositive har en cellevegg som består av ca. 90% av mange lag med peptidoglykan og teichoinsyre. De gramnegative har en vegg som består av et tynt lag med peptidoglykan, et periplasmatisk rom med en gel-liknende substans og en yttermembran som består av et dobbelt fosfolipid lag med Lipid A og en polysakkaridkjede med O-spesifikke polysakkarider.

21. *Mycoplasma* er celleveggløse bakterier med en forsterket cytoplasmamembran. Cyanobakteriene er aerobe fotosyntetiserende og mange av de kan også fikserer nitrogen.

De fleste mycobakteriene er humanpatogene som *Mycobacterium tuberculosis*, som er årsaken til tuberkulose og *M. lepra* som fører til spedalskhet. De kan skilles fra andre bakterier på grunn av en spesiell vegg som kan detekteres ved syrefast-farging.

22. *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes* og *Bacteroidetes*

Kapittel 11. Eukaryote mikroorganismer

1. Se tabell 11.1, side 207.

2. a. *Protozoa* er komplekst oppbygde, encellede, eukaryotiske mikroorganismer. De er bevegelige, som regel uten cellevegg og de fleste er fargeløse. Protozoene er en evolusjonistisk svært mangfoldig gruppe. De kan leve som plankton i vann, i jord og noen er patogene på dyr og mennesker. De skaffer seg næring ved å spise andre organismer eller ta opp næringspartikler ved fagocytose.

b. Se side 207-213

3. a. De cellulære slimsoppene (*Acrasimycota*) lever i jord på døde planterester som encellede amøber, men kan gå sammen og danne snegleliknende aggregater som utvikler seg til cellulære, trådformede fruktlegemer som produserer haploide sporer. Haploide spore kan smelte sammen og danne makrocyster som frigjør haploide amøber.

b. De acellulære slimsoppene (*Myxomycota*) er haploide amøber som kan smelte samme og danne diploide, multicellulære plasmodier (en masse av cytoplasma som inneholder mange kjerner inne i en felles cytoplasmamembran). Plasmodiene kan bevege seg ved hjelp av cytoplasmatiske strømminger som en stor amøbe. De kan overleve tørke ved å danne tykkveggede overlevelsesstrukturer kalt sklerotier. Mange livnærer seg av bakterier. Noen, som *Plasmodiophora brassicae* (klumprotorganismen på kålvekster), er intercellulære parasitter på planter. Andre kan parasittere sopp og alger.

4. a. De skiller seg fra plantene ved at de har klorofyll c og pigmenter som er av en annen type enn de vi finner hos planter. Alle har fotosyntese med unntak av eggsporesoppene. Kloroplastene er lokalisert i lumen til endoplasmatisk retikulum (ER), ikke i cytosol, som hos plantene. De har særegne plastider og unike gensekvenser. De har to flageller med ulik lengde.

b. Se kapittel 11.3, side 213-216

5. b

6. Korrekte påstander er: a, c, d, e.

7. Sopp kalles for osmotrofe fordi de mangler munn og må derfor bryte ned organisk næring (karbohydrater, proteiner og fett) til monomerer som kan tas inn gjennom celleveggen og cytoplasmamembranen.

8. Se kapittel 11.4 tabell 11.2, på side 219.

9. a. Mycelsoppen karakteriseres av trådformede hyfer. Gjær er runde/ovale encellede organismer.

b. Ja, noen gjær kan under visse forhold danne hyfer. Disse kalles for dimorfiske sopper.

c. Rhizomorfene dannes ved at mange hyfer går sammen og danner en rotliknende kompakt streng. Rhizomorfene kan transportere næring frem til den hyfespissen som leter etter næring. På denne måten kan soppen vokse fra et næringsrikt miljø over i et næringsfattig miljø for å finne ny næring.

10. Se kapittel 11.4, side 225-228, og tabell 11.3, side 225.

11. a. Sekksporesoppene (*Ascomycota*) produserer haploide sporer i en sekkliknende struktur kalt ascus etter en sammensmelting av + og – mycel. Stilksporesoppene (*Basidiomycota*) danner parkjernemycel etter sammensmelting av + og – mycel. Kjernene smelter samme og de «hattene» vi kjenner i skogen utvikler seg. Inne i hattene dannes det haploide basidiosporer på basidier.

b. Konidiene er aseksuelle og soppens viktigste spredningsorgan.

12. **Likheter:** Både eggsporesoppene og sopp vokser som hyfer som forgrener seg. Hyfene kan være med eller uten tverrvegger. De har begge kjønn og ukjønn stadium. Det er noen arter fra begge gruppene som kan føre til sykdom på planter.

Ulikheter. Eggsporesoppene har cellevegg av cellulose mens soppene har cellevegg av kitin eller kitosan. Eggsporesoppene har i motsetning til sopp diploide kjerner, plantesteroler i membranene og lagrer energi på samme måte som plantene. Eggsporesoppene har også frittsvømmende sporer med to flageller.

13. Fordi ved skille ut penicillin vil den svekke konkurransen om næring fra bakteriene i omgivelsene.

14. Sopp har mange roller i naturen ved at de er veldig tilpasningsdyktige og kan konkurrere om de fleste næringsstoffene med andre mikro- og makroorganismer. De er de viktigste nedbrytere av dødt organisk materiale. Noen kan danne mycorrhiza (sopprot) med planter som hjelper plantene med opptak av mineraler og vann.

15. Gjærformen er fordelaktig i næringsrike omgivelser, mens hyfeformen er fordelaktig i næringsfattige omgivelser.

16. Mycorrhiza er en symbiotisk assosiasjon mellom en sopp og roten til en plante. Endomycorrhiza-soppene trenger inn i rotcellene og danner forgrenede strukturer inne i rotcellene som kalles arbuskuler og som er omsluttet av plantecellens cytoplasmamembran. Vi finner endomycorrhiza-soppene på de fleste urteaktige plantene.

Ektomycorrhiza-soppene trenger ikke inn i rotcellene, men lever mellom plantecellene og soppen danner et hylster (mantel) utenpå røttene til trær. Fordelen for planten er at de får bedre tilgang på mineraler (hovedsakelig fosfor) og vann.

17. Gjærsopp er viktige medarbeidere ved produksjon av alkoholholdig drikke (øl, vin, sider, sake) ved at de produserer etanol fra sukker. *Penicillium*-arter brukes til produksjon av antibiotika og i produksjon av oster som Camembert, Brie og diverse blåmuggoster.

Sopp kan brukes til bioremediering og produksjon av soyasaus.

Trichoderma-soppen benyttes i biologisk kontroll av sykdommer og til produksjon av cellulase.

18. Lav er primærkolonisatorer ved at de er de første som kan etablere seg når nytt land frigjøres. Det skyldes at fotobionten (algen eller cyanobakterien) kan fikserer CO₂ og soppen kan feste laven til uorganiske overflater og løser ut mineraler fra substratet

den vokser på. Hvis fotobionten er en cyanobakterie, kan den også fikse nitrogen fra luften.

19. Symbiose: Samliv mellom to ulike organismer eller populasjoner. Eksempel: Mycorrhiza og planter og *Rhizobium* og belgvekster.

Parasittisme: En organisme snylter på en annen. Eksempel: Alle virus er obligate parasitter. *Corynebacterium diphtheria* som parasitterer og gir sykdom (difteri) på mennesker.

Mutualisme er et samliv hvor begge parter har fordeler. Eksempler Lav = samliv mellom sopp + alge eller cyanobakterie. Vomma hos drøvtyggere hvor bakterier bryter ned cellulose til fettsyrer, døde bakterier gir proteiner og protozoer holder bakterieantallet i sjakk.

Kapittel 12. Virus, viroider og prioner

1. Virus har et absolutt krav om en vertscelle for at den skal kunne formere seg.
2.
 1. Inneholder enten DNA eller RNA
 2. Har en proteinkappe rundt sitt arvemateriale
 3. Formerer seg inne i en vertscelle
 4. Føre til dannelse av et viron, en komplett utviklet viruspartikkel som beskytter og kan overføre nukleinsyren til en annen vert.
3. Se kapittel 12.2 tabell 12.1, side 235
4. Virus kan bare vokse i levende celler, derfor kan de ikke dyrkes på et næringsmedium. Plantevirus kan dyrkes i en cellekultur av mottakelige planteceller. Dyrevirus kan dyrkes i befruktede egg, i levende forsøksdyr eller i en cellekultur av celler fra en mottakelig vert. Humane virus kan dyrkes i en cellekultur av humane celler for eksempel i HeLa-celler.

Å dyrke bakteriofager er enkelt hvis man kan dyrke vertsbakterien på et kunstig medium. Bakteriofagene kan da dyrkes på en «plen» av en mottakelig bakterie.
5. Se Kapittel 12.3, side 236.
6. Se Kapittel 12.4, side 240.
7. Se Kapittel 12.4, side 239-241.
8. Ved generell transduksjon er det helt tilfeldig hvilken del av bakteriens DNA som tas inn i og overføres med bakteriofagen til den nye bakterien den infiserer. Ved spesialisert transduksjon er det bare den delen av DNA som er på den ene eller den andre siden av der profagen hadde gått inn i bakteriegenomet som kan overføres til en ny bakterie.
9. e.
10. e.
11. a, b, og c.
12. d.
13. Retrovirus er virus med RNA-genom, men ulikt andre RNA-virus, har de et DNA-mellomstadium som en del av replikasjonszyklusen. Retrovirus går mot den vanlige informasjonsflyten i cellen som er DNA-mRNA-protein og har istedet informasjonsflyten ssRNA-ssDNA-dsDNA-mRNA-protein.
14. Viroider er små sirkulære enkelttråd-RNA som kan forårsake sykdommer på planter. RNAet omgis ikke av en proteinkappe. Prioner er infeksiøse proteiner som ikke inneholder nukleinsyre.

Kapittel 13. Antimikrobielle forbindelser

1. De antimikrobielle midlene som benyttes som medisin til mennesker og dyr bør helst ha: 1) Selektiv toksisitet, 2) Ikke føre til hypersensitivitet eller andre bivirkninger, 3) Ikke stimulere utvikling av resistens og 4) Ikke skade normal mikroflora.

2. Vi kan dele virkningsmekanismene til antimikrobielle forbindelser i fem grupper.

- Gruppe 1 hemmer celleveggsyntesen. Eksempel er penicillin.
- Gruppe 2 inhiberer proteinsyntesen ved å hemme translasjonen på ribosomene. Eksempler er tetrasyklin og kloramfenikol.
- Gruppe 3 inhiberer replikasjon og transkripsjon på DNA. Eksempler er quinoloner og rifampin.
- Gruppe 4 ødelegger funksjonen til cytoplasmamembranen. Polymyxin B virker på bakteriemembraner mens andre ødelegger funksjonen til soppmembraner ved å binde seg spesifikt til ergosterol.
- Gruppe 5, vekstfaktoranaloger, hemmer syntesen av forbindelser organismen må ha ved å ta plassen til et substrat i en metabolsk sti, slik at det riktige molekylet ikke blir dannet.

3 a. Resistens mot antibiotika er mangel på sensitivitet hos en mikroorganisme mot denne forbindelsen. Resistens kan utvikles når organismen blir konstant eksponert for middelet.

b.

- Mikroorganismene produserer spesifikke enzymer som kan splitte antibiotikamolekylet til en inaktiv form, for eksempel penicillinase.
- Sykdomsorganismen forhindrer at antibiotikumet kommer frem til målet. Et eksempel er at de gram-negative bakteriene kan lukke porinene i yttermembranen.
- Mikroorganismen modifierer målet for antibiotikumet.
- Mikroorganismen har effektive pumper som fører til at antibiotikumet ikke oppnår tilstrekkelig konsentrasjon inne i cellen.
- En genetiske forandring (mutasjon) i den patogene mikroorganismen forandrer et metabolsk spor som ikke inkluderer det trinnet antibiotikumet blokker.

c. Utviklingen av resistens kan reduseres ved å bare bruke forbindelsen når det er nødvendig, følge anvisningen til legen eller benytte to ulike antimikrobielle forbindelser samtidig.

4. Ved bruk av to antimikrobielle midler med ulik virkningsmekanisme kan man redusere faren for utvikling av resistens, samt ha fordel av den synergistiske effekten ved at dosene kan reduseres. Dette reduserer også faren for bivirkninger. Et problem som må unngås er å kombinere medisiner som sammen har en antagonistisk effekt (motvirker hverandre).

5. a

6. Kjemoterapi er behandling av infeksjonssykdommer eller kreft med kjemiske preparater eller antibiotika.

Antibiotika (klassisk definisjon) er kjemisk stoffer produsert av mikroorganismer, som dreper eller hemmer veksten til andre mikroorganismer i svært lav konsentrasjon. Selektiv toksisitet er en egenskap til noen antimikrobielle forbindelser ved at de er toksiske for mikroorganismer, men ikke toksisk for verten.

7 a. Penicillin ble oppdaget av Alexander Fleming i 1928. Han dyrket *Staphylococcus aureus* på agarskåler og fant at rundt en forurensning med en sopp var det en sone hvor det ikke vokste bakterier. Han forsto at soppen måtte skille ut en forbindelse som hemmet veksten av denne humanpatogene bakterien.

b. Penicillin hemmer bakteriecelleveggsyntesen ved å forhindre at det dannes peptidkjeder mellom peptidoglykan-kjedene i en bakterie som deler seg. Dette fører til at vegg blir så svak at bakterien sprekker.

c. Semisyntetisk penicillin er et naturlig penicillin-molekyl som er kjemisk modifisert utenfor betalaktam-kjernen. Man lager semisyntetisk penicillin enten for å gjøre det resistent mot nedbrytning av penicillinase, for at det skal kunne tas oralt (ikke brytes ned i magesekken) eller for å øke virkningsområdet til å dekke både gramnegative og grampositive bakterier.

8. Et bredspektret antibiotikum virker både mot grampositive og gramnegative bakterier. Et smalspektret antibiotikum virker bare mot en gruppe bakterier. Fordelen med et smalspektret antibiotikum er at det bare hemmer noen bakterier og ikke mange andre bakterier i tarmen som er nytteorganismer for oss. Bredspektret antibiotika benyttes bare når man ikke vet hvilken bakterie som er årsaken til sykdommen.

9. Antibiotikumet må hemme den patogene mikroorganismen. Den må ha minst mulige bivirkninger. Den må være stabil ved lagring i romtemperatur og må kunne produseres i stor skala.

10. Fordi virus er avhengige av den eukaryote vertens cellemaskineri er det vanskelig å hemme viruset uten å skade verten. Sopp og protozoer har den eukaryote celletypen. Derfor vil de fleste midlene som hemmer sopp og protozoer også kunne hemme celler i den eukaryote verten.

Kapittel 14. Mikrobiell økologi

1. Økologi er studiet av organismer i sine naturlige omgivelser (inkludert kjemiske, fysiske og biologiske faktorer).

2. 1. Primærprodusentene 2. Konsumentene 3. Nedbryterne

3. a. Prinsippet er at det utvikles et økosystem med utgangspunkt i slam tilsatt en karbonkilde for eksempel cellulose, kalsiumkarbonat og eventuelt kalsiumsulfat hvis ikke slammet er rikt på sulfat. Kolonnen plasseres lyst, men ikke i direkte sollys. Mikrobiell aktivitet fører til at det utvikles både aerobe soner og anaerobe soner som vil anrike ulike mikroorganismer. På toppen utvikles det enten mikroalger eller cyanobakterier som produserer oksygen, mens lenger ned i kolonnen blir det anaerobe forhold. De anaerobe bakteriene produserer H_2 , organiske syrer og alkoholer. Er det sulfat tilstede, vil det også utvikles sulfatreduserende bakterier. Disse produserer H_2S som stimulerer veksten av anoksiske fototrofe purpur og grønne svovelbakterier.

b. Anrikning av organismer fra ekstreme omgivelser utføres ved å overføre en jord- eller vannprøve fra et økosystem til en Winogradsky-kolonne og plassere den i et fysisk miljø som tilsvarer de ekstreme omgivelsene man vil studere.

4. FISH (Fluorescent in situ-hybridisering) er en teknikk hvor man benytter nukleinsyreprober (DNA- eller RNA-oligonukleotider) som er komplementære med målgener eller RNA i mikroorganismene. Denne metoden kan benyttes til fylogenetiske studier ved å lage prober som binder seg til 16S eller 23S rRNA hos prokaryoter eller 18S eller 28S rRNA hos eukaryoter. Man kan benytte spesifikke prober som enten bare hybridiserer med en art eller slekt, eller man kan lage prober som for eksempel bare hybridiserer med *Archaea*. CARD-FISH (Catalyzed reporter deposition FISH) er en videreutvikling av FISH. Med FISH kan man som nevnt finne spesifikke gener, mens med CARD-FISH kan man studere genekspressjon til målgenene i cellene.

5. Metagenomikk er bruk av genomikkmetoder (sekvensering og analyse av genomer) for å karakterisere naturlige mikrobielle samfunn. Metatranskriptomikk er måling av hele populasjonens genekspressjon ved bruk av RNA-sekvensering. Metaproteomikk er måling av hele populasjonens proteinproduksjon ved bruk av massespektroskopi.

Fordelen med metagenomikk i forhold til kulturbaserte teknikker er at man kan studere diversiteten i et økosystem selv om man ikke klarer å isolere og dyrke alle organismene på laboratoriet.

6. a. Man kan benytte mikrosensorer for å måle pH og konsentrasjonen av H_2 , O_2 , CO_2 , NO_2^- , NO_3^- , N_2O , og H_2S i et økosystem, for eksempel i en biofilm. Ved bruk av radioisotoper (radioaktive isotoper) har man en meget følsom måte å måle mikrobiell aktivitet på. Man kan for eksempel måle lysavhengig opptak av radioaktivt karbondioksid ($^{14}CO_2$) av fotoautotrofe organismer eller reduksjon av $^{35}SO_4^{2-}$ til $H_2^{35}S$ i marine sedimenter, eller måle frigjøring av $^{14}CO_2$ fra ^{14}C -merket organisk materiale.

b. Noen av reaksjonene som kan måles med bruk av radioisotoper kan skyldes abiotiske prosesser. For å unngå dette må man ha en negativ kontroll hvor alle

organismene er drept. Det kan for eksempel gjøres ved å tilsette 4% formalin til prøven som vil drepe alle mikroorganismene. Aktiviteten i denne prøven må så trekkes fra resultatene fra den «levende» prøven.

7. De må ha tilgang på alle grunnstoffene som cellen består av. De må ha tilgang på en energikilde og vann. Avhengig av om de er aerobe eller anaerobe må de ha/ikke ha tilgang til oksygen. Temperatur og pH må også være innenfor det området hvor organismen kan vokse.

8. Mesteparten av karbonet på jorda er bundet i dødt organisk materiale og fossilt karbonrikt materiale, for eksempel olje. Gjennom respirasjonen til mikroorganismer, planter og dyr dannes CO₂ ved nedbryting (oksidasjon) av organiske molekyler. Det frigjorte CO₂ vil igjen bindes ved at det syntetiseres til organiske molekyler (karbohydrater) i alger, cyanobakterier og planter samt noe av autotrofe bakterier. I de siste ti-årene har menneskelig aktivitet gjennom forbrenning av olje, kull og gass gjort at nettotilførselen av CO₂ i atmosfæren øker. Dette fører til at temperaturen på jorda stiger som følge av drivhuseffekten. Se også fig 14.2.

9 a. Se kapittel 14.3, side 266-271.

b. Nitrifikasjon er en aerob prosess, mens denitrifikasjon er en anaerob prosess.

Ved nitrifikasjon skjer det en oksidasjon som frigjør energi, slik at nitrifikasjonsbakteriene kan fikse CO₂. De er kjemoautotrofe.

Ved denitrifikasjon blir nitrat, nitritt, nitrogenmonoksid og lystgass benyttet som elektronakseptorer og ender til slutt som N₂.

10. Nitrogenfiksering er en metabolsk prosess hvor molekylært nitrogen (N₂) reduseres til ammonium-ionet ($N_2 + 8H^+ \rightarrow 2 NH_4^+$) ved hjelp av enzymkomplekset nitrogenase. Dette fører til at det blir mer tilgjengelig nitrogen for vekst.

Bare noen få prokaryoter og ingen eukaryoter kan fikse nitrogen.

De prokaryote nitrogenfikserende bakteriene kan deles i de frittlevende, for eksempel *Azotobacter* og cyanobakterier, og de symbiotiske, for eksempel *Rhizobium* og *Frankia*. Utfordringen for de aerobe er at de må beskytte nitrogenasen mot oksygen og for de frittlevende er utfordringen å skaffe seg nok energi.

11. Se kapittel 14.3, side 269-271

12. De lager et gunstig miljø for *Rhizobium*-bakteriene, slik at de kan fikse nitrogen. En bakterioide er den formen *Rhizobium* omdannes til når den lever i rotknollene og har da ikke cellevegg slik at cellene får en irregulær form.

Bakteroidene kan ikke dele seg. Leghemoglobin regulerer oksygentilgangen slik at det er nok oksygen til at bakteroidene kan gjennomføre aerob respirasjon og det hindrer samtidig at nitrogenasen ikke blir ødelagt av oksygen.

13. Cyanobakterier: Med sopp er de fotobionten og nitrogenfiksereren i lav. Med algen *Azolla* fikse de nitrogen. Mycorrhiza, er sopp som vokser inn i (endomycorrhiza) eller utenpå røttene (ektomycorrhiza) til planter og øker plantenes opptak av mineraler og vann. *Rhizobium* fikserer nitrogen i rotknollene til leguminosene. *Frankia* lever i rotknollene til trær, først og fremst or, men også i røttene til andre planter hvor de fikserer nitrogen.

14. a. Aminosyrer. b. SO_4^{2-} c. Bakterie og planter. d. H_2S . e. karbohydrater. f. S^0

15. Biodegradering er nedbrytning av komplekse kjemiske forbindelser i en biologisk prosess. Bioremediering er bruk av mikroorganismer til bryte ned forurensing. Bioaugmentasjon er å tilsette mikrober på forurensingsstedet som man vet kan bryte ned forurensningen til ufarlige stoffer. Dette kan også være genetisk modifiserte organismer (GMO). Kompostering er en metode for å behandle fast organisk materiale, som regel plantemateriale, ved å stimulere den mikrobiell nedbrytningen.

16. Sørge for riktig C/N forhold (ca. 30), ved å for eksempel gjødsle komposten med kalksalpeter (CaNO_3) og gi tilgang på nok luft (oksygen) ved å spa om komposten.

17. Mangel på næring og konkurranse fra andre mikroorganismer.

18. Kjemikerne kobler klor til organiske forbindelser for å gjøre dem er resistente mot nedbrytning. Dette skyldes at de fleste mikroorganismer ikke har enzymer til å utnytte disse molekylene. Miljøeffekten er at det tar mye lenger tid å få brutt ned disse forbindelsene enn de naturlige uklorerte forbindelsene. Dette fører til forurensning av miljøet.

19. Det **første trinnet** fjerner fysisk fast stoffer og partikulært organisk materiale. Økt utfelling oppnås ved å sette til kjemikalier som aluminiumsulfat eller anioniske polymerer.

Det **sekundære rensetrinnet** kan foregå aerobt eller anaerobt. Ved aerob rensing er det brukt tre metoder. Det enkleste er å blåse luft inn i store basseng som vannet strømmer sakte gjennom for å få en aerob nedbrytning av det oppløste organiske materialet. En mer effektiv metode er kraftig innblåsing av luft i trikling-filtre, hvor bakteriene i en biofilm på steinlaget bryter ned det organiske materialet. Den tredje metoden er ved hjelp av aktivt slam-prosessen, hvor man har kraftig innblåsing av luft og poder med en kultur fra prosessen (aktivt slam). Det anaerobe rensetrinnet foretas i store anaerobe rensetårn.

Det **tertiære rensetrinnet** er en fysiokjemisk eller biologisk prosess som kan inkludere bioreaktorer, utfelling, filtrering, tilsetning av klor eller behandling med UV og ozon (O_3). Dette er behandling som kan lede til drikkevannskvalitet, men det er meget kostbar og derfor relativt lite brukt i Norge.

20. **BOD** (biochemical oxygen demand) er et mål på mengden oksygen som mikroorganismene bruker under standardbetingelser ved å oksidere det organiske materialet i en vannprøve. Måles for å kunne bestemme om det er rent nok til å slippe ut i naturen uten å føre til eutrofiering.

21. Drivhuseffekten skyldes at økt konsentrasjon av CO_2 og metan i atmosfæren fører til at mer av varmen som strømmer ut fra jordoverflaten reflekteres tilbake (ikke slipper ut av atmosfæren), og dette fører til økt temperatur på jorda. Årsaken til økt konsentrasjon av CO_2 er blant annet økt forbrenning av fossilt materiale (kull, naturgass, olje) som frigjør mer CO_2 enn det som blir fiksert av fotosyntetiske og autotrofe organismer.

Kapittel 15 Anvendt og industriell mikrobiologi

1. Pasteurisering dreper de fleste patogener og de som raskt kan ødelegge næringsmidlet.
2. For å drepe endosporedannende bakterier hovedsakelig *Clostridium*.
3. Ved pakking i kontrollert atmosfære av for eksempel kjøttprodukter, tilsetter man en gassblanding av nitrogen, CO₂ og eventuelt litt oksygen inn i en lukket emballasje. Det fører til at den biologiske omsetningen i produktet reduseres og mikroorganismene hemmes, hvilket gir lengre holdbarhet. For frukt og vegetabiler som respirerer er det ikke nødvendig å tilsette en gassblanding. Her benytter man en film som er tilpasset produktets respirasjon slik at man oppnår en CO₂-mengde inne i emballasjen som hemmer mikrobiell aktivitet.
4. Se kapittel 15.2 og 15.3, side 284 – 288, og tabell 15.1, side 286.
5. Se kapittel 15.3, side 286 – 287
6. Se kapittel 15.3, side 287 – 288
7. Se faktarute kapittel 15.5, side 289
8. Primære metabolitter produseres samtidig som det produseres nye celler altså under veksten, mens de sekundære produseres i sen eksponentiell fase eller i stasjonær fase. Eksempel på en primær metabolitt er etanol, og på en sekundær er *Penicillin*.
9. c.
10. d
11. Industriell mikrobiologi er å benytte mikroorganismer til å produsere produkter eller til å bidra i en kjemisk prosess. I industrielle mikrobiologi lages det for eksempel:
 1. Antibiotika, som produseres som en sekundær metabolitt av utvalgte mikroorganismer. Antibiotika-molekyler har ofte en så kompleks, kjemisk struktur at det er mer effektivt (rimeligere) å la mikroorganismene lage antibiotika enn å fremstille dem ved komplekse, kjemiske synteser.
 2. Enzymer som benyttes i for eksempel vaskemidler eller i industrielle prosesser.
 3. Fermentering av matvarer slik at de får ønsket smak og/eller økt holdbarhet, for eksempel yoghurt og ost.
 4. Prosesser som avgifter forurensning
12. Målet med sterilisering i sykehus og på laboratoriet er å oppnå fullstendig sterilisering. I kommersiell sterilisering er målet å eliminere matødeleggere og sykdomsfremkallende mikroorganismer. Begge har som mål å hindre sykdom fra mikroorganismer.
13. Melk tilsettes melkesyrebakterier og løype og det gjør at melkeproteinene og mye av fettene koagulerer og felles ut. Denne ostemassen skjæres opp i biter og veskefasen

(mysen) separeres fra ostemassen ved pressing. For hard oster kuttes ostemassen opp i små biter for å fjerne mye myse, for bløte ostetyper kuttes den opp i større biter. Harde oster modnes ved anaerob vekst av melkesyrebakterier og eventuelt propionsyrebakterier. Bløte oster modnes med sopp, hovedsakelig *Penicillium*-arter.

14. Næringsstoffene må løses i vann. Vannet er også nødvendig for hydrolysen av stivelsen. Malt er karbon og energikilden som dannes ved spiring av kornet. Under spiringen av kornet vil amylasen først bryte ned mye av stivelsen til oligosakkarider og glukose. Gjæren omdanner glukosen til etanol. Humlen tilsette for å gi smak og som konserveringsmiddel (hemmer vekst av bakterier).

15. En bioreaktor har følgende fordeler fremfor en enkel tank.

- Man kan dyrke i større kulturvolumer.
- Bioreaktoren har prosessinstrumenter som gjør at man kan måle og kontrollere kritiske parametere, som temperatur, pH, mengde oppløst oksygen, samt oksygentilgang og omrøringshastighet.
- Sterilisering og vask av utstyret kan gjøres på stedet
- Optimal lufting og omrøring resulterer i bedre cellevekst og høyere celletall (celletetthet)
- Man kan enkelt gjøre aseptisk prøvetaking og høsting av kulturen
- Det er enklere å sikre enn at prosessen går som planlagt

Kapittel 16. Patogenitet og immunologi

1. Patogenitet er en sykdomsfremkallende organismes (et patogens) evne til å forårsake en sykdom. Virulens er graden av patogenitet til en organisme.
2. c
3. Betennelse (inflammasjon) er kroppens respons på skade. De karakteristiske symptomene er rødfarging, smerte, varme, og opphovning.
4. Bakteriene i tykktarmen bryter ned maten slik at næringsstoffene kan absorberes. De produserer blant annet vitamin B₁₂ og vitamin K. Steroider fra leveren blir omdannet til bioaktive steroider. Bakteriene (normalfloraen) beskytter også mot patogene mikroorganismer og forhindrer derved sykdom.
5. Se kapittel 16.2 faktaboks, side 303.
6. Se kapittel 16.2, side 302-303.
7. Antigener er spesifikke molekyler eller molekylstrukturer som blir gjenkjent av antigenreseptorer på B- og T-lymfocytter. Denne kontakten stimulerer veksten av spesifikke B- og T-celler.
8. Når B-celler binder et antigen til sin antigenreseptorer (membranbundne antistoffmolekyler), utvikler de seg til plasmaceller som produserer antistoffer. Antistoffene er løselige glykoproteiner som er bygd opp av to lange og to korte polypeptidkjeder. De reagerer spesifikt med antigenene. Antistoffene kan blokkere interaksjonen mellom den patogene organismen eller dens produkter og verten. Andre kan binde og nøytralisere toksiner. Binding av antistoffer kan også føre til antistoffavhengig celledrap ved hjelp av komplement, makrofager og nøytrofile granulocytter.
9. HLA er humane leukocytantigener også kalt vevsforlighetsantigener. T-hjelpeceller (T_H) reagerer med HLA II. Cytotoksiske T-celler (T_c) med HLA I.
10. Aktiverte T_c-celler dreper målcellen ved direkte kontakt eller ved å skille ut molekyler som lager porer i cellemembranen som videre aktiverer drapsprosesser i målcellen.
T_H-cellene blir aktivert av antigener på overflaten til antigenpresenterende celler, f.eks. dendrittiske celler og B-celler, og produserer cytokiner av forskjellig slag. Ved kontakt mellom T- og B-celler, og i nærvær av cytokiner, vil B-cellene utvikle seg til antistoffproduserende celler.
Regulatoriske T-celler er viktige for å unngå utvikling av autoreaktive T-celler. I tillegg modulerer og begrenser de immunresponsene slik at det ikke oppstår unødvendige skade på vev og celler.
11. Cytokiner er små løselige peptider som produseres og skilles ut fra de fleste celler i kroppen vår. Immunceller, spesielt T_H-celler produserer mange ulike cytokiner, men også B-lymfocytter, makrofager, NK-celler og nøytrofile granulocytter produserer cytokiner når kroppen angripes av mikroorganismer. De virker som signalproteiner og

kan regulere funksjonen til andre celler. De kan indusere feber, stimulere leveren til å danne akutfaseproteiner og de kan dirigere nøytrofile granulocytter og makrofager til infeksjonsstedet.

12. Se Kapittel 16.2, side 313-314.

13. Fordi vedkommende har utviklet hukommelsesceller (både B- og T-hukommelsesceller) som setter i gang en så effektiv immunrespons at denne personen er immun mot den aktuelle sykdommen.

14. Et endotoksin er en del av LPS (lipopolysakkarider) som er en del av yttermembranen til noen gram-negative bakterier. Lipid A-delen i LPS har en toksisk effekt. Denne delen er skjult inne i membranen når bakterien er levende, men når den dør, frigis dette og Lipid A blir eksponert og kan ha en toksisk effekt. Eksotoksin er toksiner som skilles ut av noen grampositive bakterier. Det er tre typer eksotoksiner: cytotoxiner (ødelegger permeabiliteten til membranen), AB-toksiner (virker inne i celler, A-subenheten er toksisk) og superantigentoksiner (overstimulerer immunforsvaret).

15. B-cellene dannes og modnes i benmargen. Deres viktigste funksjon er å binde løselig antigen og utvikle seg til plasmaceller som så produserer spesifikke antistoffer. I de fleste tilfeller trenger de hjelp av T-celler for å utvikle seg til plasmaceller. T-cellene dannes i benmargen og modnes i tymus. De tre gruppene av T-celler er: T-hjelpeceller (T_H), cytotoksiske T-celler (T_C) og regulatoriske T-celler (T_{Reg}).

16. T-hjelpecellene aktiveres når de binder et antigen presentert på HLA II på en antigenpresenterende celle.

Cytotoksiske T-celler aktiveres når de binder et antigen presentert på HLA I på en antigenpresenterende celle.

Regulatoriske T-celler er med på å unngå at det utvikles T-celler som angriper eget vev. Dessuten begrenser de pågående immunresponsen slik at det ikke oppstår unødvendig skade på eget vev og celler.

17. Se kapittel 16.2, side 304-313 og tabell 16.2, side 309.

18. Ved å vaksinere med å injisere en svekket patogen, en mutant av patogenet eller en forbindelse som er produsert av patogenet, vil aktivering av det adaptive immunsystemet føre til utvikling av hukommelsesceller. Ved senere smitte med denne sykdomsorganismen, vil disse hukommelsescellene raskt initiere ny antistoffproduksjonen og utvikling av T-celler med effektorfunksjoner (hjelper- og dreperfunksjoner) som sørger for at vedkommende ikke blir syk.

19. Epidemiologi er studiet av forekomst, spredning og sykdomsårsak i en populasjon. En endemisk sykdom er sykdom som opptrer bestandig i et lite antall av populasjonen. En epidemi er en sykdom som smitter mange. En pandemi er en epidemi som sprer seg til hele verden.

20. Se kapittel 16.4, side 316.

21. Zoonoser er infeksjonssykdommer hovedsakelig på dyr, men hvor patogenet også kan føre til sykdom på mennesker.

Kapittel 17. Molekylærbiologiske metoder

- 1 Et restriksjonsenzym kutter ved spesifikke sekvenser i DNA eller RNA. Restriksjonsenzymene er meget spesifikke og organismene har ikke restriksjonszymer som bryter ned eget DNA.
2. Fra bakterien *Thermus aquaticus*, ble den første termostabile DNA-polymerasen isolert. Dette enzymet gjorde at den teorien om PCR-teknikken som Kjell Kleppe og hans medarbeidere hadde postulert kunne gjennomføres. PCR-reaksjoner en av de aller mest brukte teknikkene i mikrobiologiske-, molekylære- og biokjemiske laboratorier.
3. Se kapittel 17.1, side 319-321.
4. Med kloning i molekylærbiologien mener vi enten produksjon av multiple kopier av et spesifikt DNA-molekyl eller produksjon av genetisk identiske celler eller hele organismer. I molekylærbiologien brukes vanligvis kloning om innsetting av et fremmed gen inn i en ny organisme.
5. En vektor kan enten være et plasmid eller et virus med innsatt fremmed genetisk materiale (som regel et fremmed gen) som kan overføres til en celle. Vektor brukes også om et insekt eller dyr som kan overføre en sykdomsfremkallende organisme fra en vert til en annen.
6. En kloningsvektor må være i stand til å ta inn og effektivt kunne replikere det innsatte genet uten at det påvirker egen replikasjon.
7. En ORF (åpen leseramme) er sekvensen fra og med startkodon til stopkodon, altså genet eller leserammen til genet på DNA.
8. En ekspresjonsvektor er en vektor, ofte et plasmid, hvor det er innsatt et fremmed gen. Hensikten er at det skal produsere mye av dette genproduktet (proteinet). En vekslingsvektor (shuttle-vektor) er en vektor som kan replikere seg i to organismer som ikke er i slekt for eksempel gjær og *E. coli*, og som er stabil i begge vertene. Disse benyttes når man skal klonere gener inn nye organismer.
9. Et Ti-plasmid er et plasmid i bakterien *Agrobacterium tumefaciens* som kan overføre gener inn i planteceller.
10. Genomikk er den forskningsdisiplinen som involverer kartlegging, sekvensering og analysering av genomer. Proteomikk er analyser av hvilke proteiner som uttrykkes under bestemte forhold. Metagenomikk er sekvensering og analyse av genomer for å kunne karakterisere ulike mikrobielle samfunn. Metabolomikk er studiet av alle mellomprodukter og sluttprodukter som produseres av en organisme eller et mikrobielt samfunn.

I systembiologi integrerer man all kunnskap fra de ulike omikkkfeltene for å få en genetisk og metabolsk oversikt over en celle, en organisme eller et økosystem.