



## Mærkedag: DNA – en hyldest til verdens sejeste molekyle

25. april 2013 på Statens Naturhistoriske Museum

### Spørgsmål til foredraget ”DNA – historien om et molekyle” (Hanne Strager)

#### **Handler videnskab stadig om Nobelpriser og prestige?**

Nej det meste videnskab handler ikke om nobelpriser og en del videnskabsområder opererer på felter, hvor nobelprisen slet ikke uddeles. For eksempel er de videnskabsområder der ligger indenfor geologi ikke områder, hvor der uddeles nobelpriser. Det spiller også en rolle, at det ofte kan være vanskeligt at afgøre at en opdagelse eller erkendelse har været afgørende for videnskaben før meget lang tid senere. Derfor er det ikke ualmindeligt at nobelprisen tildeles for opdagelser der har fundet sted for årtier siden. Men det vil være forkert at sige at videnskab ikke stadig handler om prestige. Der er meget status forbundet med at være førende indenfor et videnskabeligt område og der er meget prestige i at opnå store bevillinger, få publiceret i de bedste journals og arbejde sammen med andre førende forskere. For mange forskere flyder det sikkert fuldstændigt sammen med det der driver dem, nemlig en ubændig lyst til at opnå indsigt og få nye erkendelser.

#### **Hvad er det vigtigste i videnskaben i dag? Hvad er vigtigt at opnå for videnskabsmændene?**

Det afhænger nok af hvilken videnskabsgren man arbejder indenfor. Men man kan sige at fælles for videnskabsmænd og -kvinder i dag er noget af det vigtigste deres evne til at tiltrække bevillinger til den forskning der laver. Selvom man er ansat på for eksempel et universitet så er bevillinger udefra for mange forskere afgørende for, at man for alvor kan rykke. Forskningsbevillinger er forudsætningen for at man kan ansætte andre til at arbejde i ens gruppe, at man kan købe avanceret udstyr og foretage komplicerede analyser. Selvom der er forskel fra land til land så er dette et fælles mønster for de fleste vestlige lande.

#### **Ville det have været muligt for Watson og Crick at opdage DNAs struktur uden Rosalind Franklins billede?**

Nej, i al fald ikke så hurtigt som de gjorde det. Billedet var vigtigt fordi det fortalte Watson og Crick at de skulle arbejde med en dobbelt-helix struktur. Indtil da havde både de og Pauling i USA forsøgt sig med en 3-strengt helix og det fungerede ikke. Regulariteten fortalte dem at spiralen har samme diameter overalt, dvs. det er ikke en spiral der åbner sig. Billedet gør det også muligt at måle afstande mellem striberne på billedet, det fortæller hvor stor afstanden er på én omgang i spiralen. Det viste sig at være 34 ångstrøm. Afstanden fra midten af billedet til toppen fortæller om afstanden mellem baseparrene i DNA, den var 3,4 ångstrøm. Disse oplysninger brugte Watson og Crick til at beregne hvor mange basepar, der var pr. omgang i spiralen.

## Spørgsmål til foredraget "Kortlægning af grisens genom" (Peter Karlskov-Mortensen)

### Hvordan kan man undersøge genomet og hvilke baser menneske eller gris har?

Når man har sekventeret hele grisens og hele menneskets genom, så kan man vha. computere finde regioner i sekvensen, der ligner hinanden. For eksempel vil et proteinkodende gen hos grisen ofte matche det gen, der koder for det samme protein hos mennesker. Sekvensen af et proteinkodende gen vil ofte være stærkt konserveret (bevaret) fordi kun få mutationer accepteres. Kommer der for mange mutationer, vil proteinet blive dysfunktionelt. Når man sammenligner kodende sekvenser, vil man ofte sammenligne den translaterede aminosyresekvens i stedet for den rå DNA sekvens. Ofte vil man se, at aminosyresekvensen er konserveret, selv om der er variationer i DNA sekvensen. Det kan lade sig gøre, fordi flere forskellige DNA koder kan kode for den samme aminosyre. (Se evt. mere på wikipedia 'sequence alignment')

### Hvad er junk? (Junk-DNA)

Junk betyder affald. Tidligere mente man, at sekvensen mellem proteinkodende gener (ca. 98% af genomet) ikke havde nogen funktion - at det bare var 'affald' der var akkumuleret i genomet igennem evolutionen. Den tanke er man gået væk fra. Næsten 100 % af genomet transkriberes på et eller andet tidspunkt i en eller anden celletype. Det betyder ikke nødvendigvis, at det har en funktion, men det viser, at det ikke er helt passivt. Meget af det ikke proteinkodende DNA har formentlig en funktion i regulering af ekspresion af proteinkodende gener, men det har også betydning for overkrydsning, genomstruktur og mange andre ting, som vi ikke ved noget om endnu.

### Er de skemaer, vi så, bevist? Altså passer det virkelig?

Ved desværre ikke helt, hvilke skemaer der henvises til. Om det passer, det jeg sagde - se svar på sidste spørgsmål herunder, det kan måske afklare.

### Kan man ændre i folks DNA til vores fordel?

Det er ikke noget, jeg ved meget om. Det er muligt, men ikke let. Min forskning går i en anden retning. I stedet for at ændre på DNA vil vi finde de gode og de dårlige varianter af gener, så vi kan udvælge de bedst egnede avlsdyr baseret på en genetisk test. F.eks. har jeg identificeret en mutation, der giver en sygdom hos malkekøer. I dag bliver mange avlsdyr over hele verden testet for denne mutation. Hvis de har mutationen, bliver de udelukket fra avlen, men hvis de ikke har den, kan man trygt bruge dem i avlsarbejdet. På samme måde kan man identificere mutationer, der giver sygdomme hos mennesker. Når man kender dem, åbner det mange nye muligheder (ikke noget med avl hér ☺). Når man kender mutationerne, så ved man nøjagtigt, hvad det er, der går galt i en celle, når et menneske udvikler den pågældende sygdom. Det giver nye muligheder for at designe effektiv medicin. Når man kender mutationerne, så bliver det også meget let at stille en nøjagtig diagnose. Lægen tager blot en blodprøve, DNA'et bliver testet, og så ved man nøjagtigt, om patienten har den pågældende sygdom eller ej. Diagnosen kan endda stille, før der begynder at komme symptomer.

### Hvordan nåede du frem til dine resultater og har du fundet oplysninger omkring de faktorer, som kan gøre en fed?

Vi er kommet frem til vores resultater (med de fede grise) ved at indsamle en hel masse data om vægt,

tilvækst, fedtprocent og meget mere på lidt over 500 grise, der er i familie med hinanden. Herefter har vi lavet en masse statistiske beregninger. Vores beregninger viser, at der helt afgjort er arvelige komponenter involveret i at blive overvægtig. Lige nu er vi i gang med en masse genetiske analyser, der ikke bare vil vise, at overvægt er arveligt, de vil også give os en indikation om hvilke regioner af genomet / hvilke gener, der er skyld i, at overvægt er arvelig. De sidste resultater ligger ikke helt klar endnu.

## Spørgsmål til foredraget "Figner og figenhvepse - co-evolution i millioner af år" (Nina Rønsted)

### Hvad sker der med hvepsene inde i figerne, når de dør?

Når hvepsen dør nedbrydes den af enzymer inde i figen.

### Findes der figer (de tørre), hvor der ikke er hvepse i?

Den almindelige spiselige figenart, *Ficus carica*, som er den vi får både friske og tørrede figer fra, er diøcisk, dvs. der findes to slags træer af denne art. Træer med figer med hanblomster (også kaldet caprifigter) producerer masser af nye hvepse og de figer spiser vi ikke. Træer med figer med hunblomster producerer kun nye frø. Her vil man altså i princippet kunne finde et par enkelte hvepse, men de nedbrydes enzymatisk når de dør og de er alligevel så små at man ville få meget svært ved at opdage en enkelt hveps i en tørret figen uden et mikroskop. Det er kun figer fra "huntræerne" man spiser. Desuden har man siden oldtiden fremelsket figen varieteter der kan producere modne figer helt uden bestøvning. Det kaldes parthenocarp. Disse figer kan så ikke producere frø til nye planter, men kan sagtens producere figer i mange år. Det er det samme man ser med stenfrie druer og vandmeloner. Det er sådanne frøløse figer der dyrkes i almindelighed. De såkaldte Smyrna figer derimod kræver bestøvning for at producere modne figer og er altså dem man har størst chance for at finde en enkelt figenhveps i. De kendes under navne som Calimyrna, Marabout og Zidi. Det vil dog nok være sjældent at man angiver detaljer om sorten på produktet.

### Kan alle "figenhvepse" tage ind i alle slags figer?

Nej, det er netop det er så unikt ved figen-hvepse-historien. I de allerfleste tilfælde kan en bestemt hvepseart kun formere sig i en bestemt figenart, som den genkender på duften. Hvepsene har desuden forskellig størrelse og kroppsbygning der gør det meget svært for dem at komme ind i andre figer end lige den art de er tilpasset til. Hvis det lykkes en forkert hveps at komme ind vil den i de fleste tilfælde ikke kunne lægge sine æg, og det pollen den har med fra den figen den blev født i duer heller ikke til at bestøve figenblomsterne i andre arter og så udvikles der ikke frøhvide som føde til hvepsens afkom, så den vil formentlig have meget ringe chance for at producere nye hvepse. Nogle figenarter aborterer simpelthen figer der ikke bliver bestøvet. Så der er alle mulige mekanismer der tilsammen er med til at fastholde at artsspecificiteten og sikre bestøvning af figerne. Alligevel lykkes det ind imellem at der dannes nye hvepse arter eller figenarter eller at en anden hvepseart har success med at bruge en forkert figenart og vi kender en række tilfælde hvor der er to stort set lige gode bestøvere til den samme figen art eller hvor en hvepseart kan findes i to forskellige figenarter.

### Hvor i verden stammer figer fra?

Det ved vi ikke med sikkerhed. Der findes næsten ikke nogen fossiler fra figentræer til at hjælpe os

med at vide hvor længe de har været hvor. Vi skal derfor bruge deres slægtskabstræ til at vide hvilke figenarter der er de mest oprindelige og udfra hvor de er nu kan vi så sige hvor fignerne må være opstået. Grunden til vi ikke er sikre er at vi endnu ikke har fået information nok ud af DNA studierne til at kunne skelne mellem forskellige muligheder for hvilke figenarter der kommer først i stamtræet. Der er med andre ord ikke statistisk belæg for at konkludere noget med endelig sikkerhed. Figner som slægt er nok over 100 millioner gamle og opstod på superkontinentet Gondwanaland før det splittede op i de nuværende kontinenter. Så meget er vi sikre på. Vi har længe troet at de nok opstod på den del af Gondwanaland der nu er Sydamerika, men nyere forskning viser at de lige så godt kunne være opstået i det der nu er Asien. Det sidste passer bedre med hvad resultater om hvepse viser og også med at der er mange flere figenarter og mere variation i udseende og levevis af figenarter i Asien end i Sydamerika. Hvis jeg skal gætte, tror jeg svaret er omkring Kina. Vores næste skidt til at løse spørgsmålet er at sekventere hele genomer for et udvalg af arter for på den måde at få så meget information fra DNA at vi forhåbentlig kan nå frem til et svar.

### **Hvilket land har flest forskellige figner?**

Mange arter findes over et større område der dækker flere lande, så det giver mest mening at tale om områder frem for lande. Man kan sige at der er omkring 120 arter i Sydamerika, og måske 105 i Afrika inklusiv "nærliggende" øer som Madagascar og helt op til den Arabiske halvø. Langt størstedelen af fignerne (resten af de ca 800 arter) kommer fra Asien-Australasien, dvs. fra det Asiatiske fastland og ud på alle øerne mellem og nær Asien og Australien. Indonesien for eksempel har rigtigt mange arter. Der er ca 140 arter på Borneo alene og omkring 140 på New Guinea (der består både af en indonesisk halvdel af øen og af landet Papua New Guinea).

### **Er co-evolution det samme som symbiose?**

Det kan det være. Begge fagudtryk bruges i relativt bred betydning. At to organismer lever i symbiose betyder ikke nødvendigvis at der er co-evolution, altså at deres artsdannelse eller evolution også følges ad. Dels kan der bare være tale om et enkelt parforhold der ikke har medført dannelse af nye arter af nogen af parterne og dels kunne det for eksempel være opstået ved at et insekt bliver til flere arter som følge af at der allerede er flere arter af den plante der laves symbiose med, altså at plantens arter allerede er dannet før insektet kommer til. Omvendt kan man have co-evolution uden at det er symbiose, hvis for eksempel der er tale om en parasit der ikke er til gavn for planten, men som alligevel forårsager gensidig artsdannelse i en slags "arms-race" med et engelsk udtryk eller gensidig krigsførelse.

### **Ville en figenart uddø hvis den coevolutionære hvepseart uddøde og omvendt?**

Ja, med mindre der var en anden hvepseart/figenart der kunne overtage. For eksempel på Hawaii har man introduceret en række figenarter, men de fleste af dem bestøves ikke og kan derfor ikke lave nye figentræer.

### **Hvorfor er det interessant at vide om figner og hvepse er co-evolutionære?**

Som biologer vil vi gerne forstå hvordan nye arter opstår og hvorfor nogle dyr eller planter har stor succes og har mange arter mens andre ikke klarer sig godt. Samspillet mellem dyr og planter er en vigtig del af økosystemet og viden om dette samspil hjælper os til at forstå hvordan vi bedst passer på regnskoven for eksempel. Figner og deres hvepse er et ekstremt eksempel fordi der er så mange arter og fordi figner er en væsentlig del af regnskoven og fødekilde for mange dyr. Hvis figner og hvepse har

udviklet sig ved co-evolution betyder det at de har draget fordel af dette ekstremt specifikke samspil og det er en af de væsentlige årsager til at der i dag findes så mange arter og at figner findes over det meste af verden.

### **Er der hvepse i figenstænger?**

Figenstænger laves ligesom tørrede figner, så se ovenfor.

### **Hvor mange forskellige slags spiselige figner er der?**

I Danmark spiser vi kun figner fra arten *Ficus carica*, den med de flotte håndlappede blade som man også kan dyrke i en urtepotte hjemme eller udenfor på et sydvendt sted. I andre lande er der andre arter der bliver spist. Det er også *Ficus carica* der bruges til tørrede figner. I princippet kan alle modne figner spises og bliver også spiste af dyr, men det er kun få af dem som vi synes er særlige delikate eller spiseegnede, nogle af dem har for eksempel en masse irriterende små hår indeni, og andre giver dårlig mave osv. Det er kun *Ficus carica* der produceres i stor stil. Faktisk har man fundet rester af figentræer der tydeligvis var modificeret til bedre produktion fra bopladser i mellemøsten for mere end 11.000 år siden. Så figner er måske noget man har dyrket og modificeret bevidst endnu før man begyndte at dyrke korn!

## **Spørgsmål til foredraget "Fossilt DNA – og udforskningen af livet på Jorden" (Eline Lorenzen)**

### **Kan uddøde arter opstå igen?**

Nej.

### **Hvorfor kan man ikke finde frem til hvor mange arter der er ved hjælp af knogler, men kun DNA?**

Fordi nogle gange har man kun en splint eller et stykke af knoglen, og det er ikke altid nok til at skelne mellem arter.

### **Vil isbjørne også snart uddø?**

Alle arter uddør på et tidspunkt, eller udvikler sig så meget fra den oprindelige form at vi ikke længere kan genkende dem og vi siger at de er nye arter. Men hvad der kommer til at ske med isbjørnen i fremtiden ved vi ikke. Vi kan kun gisne.

### **Hvad gør man for at passe godt på alle de knogler? (Du viste billeder af de mange knogler i magasinerne)**

Det ved jeg faktisk ikke, det må kuratorassistenterne kunne hjælpe med at svare på.

Kuratorassistent Mogens Andersen svarer:

*De rensede og tørrede knogler pakkes i kasser lavet af syrefrit karton. Kasserne laves af syrefrit karton for at undgå problemer med skader på knoglerne ved langtidsopbevaring. Og på et museum som Statens Naturhistoriske Museum/Zoologisk Museum må vi regne med, at vi beholder alle præparaterne til evig tid. Rigtig mange af vores præparater er 200-300 år gamle. Og stadig lige værdifulde.*

*Ideelt set er der klimastyring (ingen dagslys + kontrolleret temperatur og luftfugtighed) i rum, hvor man opbevarer videnskabelige, naturhistoriske samlinger.*

*Den nuværende museumsbygning er dog så gammel, at vi ikke har nogen egentlig klimastyring. Men det faktum, at magasin-rummene ligger midt inde i bygningen, omsluttet af tykke betonmure, gør klimaet forholdsvis stabilt. De tykke vægge og etageadskillelser virker som "klima-buffere"; forstået på den måde, at de skiftende årstiders kraftige udsving i klima (temperatur og luftfugtighed) kun når ind til samlingerne med stor forsinkelse og i meget afdæmpet form.*

*Og endelig passer vi meget på, at der ikke kommer skadedyr ind i samlingerne. Skadedyr i zoologiske samlinger kan f.eks. være insekter som klædemøl (en lille sommerfugl) og museumsklannere (en lille bille). Hvis vi ikke opdager et angreb i tide, kan de små dyr nå at gøre stor fortræd på både skind og knogler. Når der kommer et angreb, bliver alle de berørte præparater frosset.*

**Du siger: "Jeg har selv været så heldig at være på feltarbejde". Er man sjældent det? Hvorfor?**

Det kommer an på hvad man laver, men mit feltarbejde kan man sige foregår i laboratoriet, hvor jeg genererer data. For andre discipliner – adfærdsbiologi eller økologiske studier – er man i felten mange måneder af gangen, for det er der man indsamler al sin viden. Jeg indsamler prøver i felten, men bearbejder og DNA sekventerer dem i laboratoriet. Nogle af mine kolleger er aldrig på feltarbejde, andre er det meget. Det kommer an på hvilke organismer man studerer.

**Hvad kan man uddanne sig til hvis man vil have meget feltarbejde? Hvad var det du var uddannet som?**

Jeg er uddannet biolog, men vil man have meget feltarbejde indenfor biologi skal man fx være adfærdsbiolog eller økolog.

**Hvorfor uddøde mammutterne?**

Det ved vi ikke med sikkerhed. Sikkert en blanding af klima, mennesker, og en meget lille bestandsstørrelse til sidst.

**Hvorfor bor du i Californien m. Eske Willerslev i Danmark som chef..?**

Jeg arbejder i Californien, men har stadig et tæt samarbejde med Eske i København, da de fleste af mine projekter er koblet til ham på den ene eller den anden måde.