

NYE UNDERSØGELSER OVER GÆRARTERNES KREDSLØB I NATUREN

AF

EMIL CHR. HANSEN

(MEDDELT I MØDET DEN 31. OKT. 1902)

Et af mine første Arbejder paa Carlsberg Laboratoriet var en Undersøgelse over de Gæringsorganismer, der findes i Luften til Aarets forskellige Tider. Den blev begyndt med forskellige praktiske Spørgsmaal for Øje, men førte tillige ind paa theoretiske Studier. Ved Opgørelsen sprang saaledes visse almindelige Træk frem i den Maade, hvorpaa *Saccharomyces apiculatus* optræder i Luftens Støv. Hermed var ikke blot Ideen til Undersøgelserne over Gærarternes Kredsløb i Naturen givet, men jeg havde tillige lært, hvor jeg kunde finde det gunstigste Objekt til den første Række af disse Forsøg.

Saccharomyces apiculatus er en lille Alkoholgærsvamp, der er almindelig udbredt i vore Haver; den udmærker sig ved sin Citronform. Arten er opstillet af Reess; omendskønt den ikke danner Sporer, henførte han den dog til *Saccharomyces*-terne, idet han mente, at Sporerne nok vilde vise sig efter en fortsat Dyrkning. Den blev dog ved at være sporeløs, paa hvilken Maade den end blev dyrket, og den bærer derfor med Urette sit *Saccharomyces*-Navn. Naar jeg indtil videre har bibeholdt Navnet, er Aarsagen den, at den nu en Gang er kendt i Litteraturen derunder.

Mine første Undersøgelser over Kredsløbet udførte jeg med denne Gærart. Hovedafhandlingen findes i Carlsberg Laboratoriets Meddelelser, Bd. I, 1881. Mine nye Undersøgelser dreje sig om den store Skare af egentlige Saccharomyces-Arter og danne i mere end en Henseende en særlig Række for sig. Ved egentlige Saccharomyceter forstaas de Gærarter, som i deres Indre udvikle Sporer; det er den overordentlig store Gruppe af Arter, hvortil vore Kulturgærarter, Vingærsvampene og de vilde Gærarter høre, som fremkalde Forstyrrelser i Ølfabrikationen. Forinden jeg gaar over til at omtale den ny Række, vil det være rigtigt først at kaste et Blik paa de Resultater, som den første Række bragte. Mine Undersøgelser med Sacch. apiculatus viste ikke blot, at den findes paa *modne søde, saftige Frugter*, men gav tillige den vigtigere Oplysning, at *disse Frugter ere dens normale Opfostringssted*. Eftersom Antallet af de nævnte Frugter vokser, udvikles der talløse Generationer af denne Svamps Celler, og Luftens Støv bliver samtidig rigere og rigere paa dem. Sacch. apiculatus iagttages regelmæssigt først paa de tidligst modne søde, saftige Frugter, derefter paa de senere modne. I Carlsbergs Have begynder den saaledes Sæsonen med Jordbærrene, Stikkelsbærrene og Kirsebærrene og ender den med Blommerne og Vindruerne. *Med Regnen og nedfaldne Frugter bringes den i Jorden*. Af sig selv kan den ikke forlade Jorden, men maa have Hjælp dertil; *i tørre Perioder hvirvles den med Jordens Støv af Vinden op i Luften, ved Hjælp af Regnen kan den piskes op paa lave Planter, f. Eks. Jordbærplanter; ogsaa Insekter og andre Smaadyr spille herved en Rolle*. Kommer den nu paa et Sted, hvor den finder Næring, saa begynder den at skyde Knopper, ellers vil den snart tørre ind og gaa til Grunde. Den direkte Transport fra den ene Frugts Saft til den andens udføres ved Hjælp af Insekter og Fugle, navnlig ere Hvepsene virksomme herved. Alt dette gentager sig flere Gange i Løbet af Sommeren, saa at den snart vandrer fra Frugterne ned i

Jorden og snart igen herfra tilbage til Opfostringsstederne. Den overvintrer i Jorden for næste Sommer paa ny at begynde det samme Kredsløb. *Jorden er dens normale Vinteropholdssted.*

Det Spørgsmaal maatte nu naturligt fremtræde, om det Kredsløb, jeg saaledes havde fundet hos *Sacch. apiculatus* ogsaa var tilstede hos de egentlige *Saccharomyceter*. Det hos den citronformede Gærsvamp Udfundne er jo saa simpelt, saa indlysende, at det ligesom fulgte af sig selv, at det ogsaa maatte have almindelig Gyldighed for Gærarterne overhovedet. Ikke blot jeg selv, men flere af mine Kolleger antog ogsaa dette for at være sandsynligt. Herimod stod Pasteurs Opfattelse, der gik ud paa, at Jorden ikke var Vingærsvampenes Vinteropholdssted. Hvor dette da maatte søges, derom gav han ingen Oplysning. Efter Brefeld skulde Gærcellerne ikke blot formere sig i Dyrs Fordøjelseskanaal, men deres væsentligste Opfostringssted og Hovedopholdssted skulde netop være de planteædende Dyrs Gødning. Egentlige Undersøgelser anstillede Brefeld ikke i den Retning, og han fremsætter ogsaa sin Mening kun som en Formodning. I den nyeste Tid er det navnlig Insekterne, der stilles frem, ikke blot som Medhjælpere ved Transporten af Gærcellerne i Naturen, men tillige som den vigtigste Faktor ved Overvintringen (Berlese). Forkæmperne for denne Opfattelse antage, at Overvintringen regelmæssigt foregaar i disse Dyrs Fordøjelseskanaal, navnlig i Fluernes. Jeg skal om disse forskellige Hypoteser blot fremhæve dette, at de orienterende Forsøg, som jeg anstillede kort efter, at jeg havde udgivet min forannævnte Afhandling om Kredsløbet, viste, at de vare urigtige. Hvad Insekterne angaar, har Kløcker senere her paa Carlsberg Laboratoriet anstillet Forsøg efter en større Maalestok og kom derved til det samme Resultat som jeg.

Da de saaledes fremsatte forskellige Paastande ikke holdt Stik, gik jeg i mine Undersøgelser ud fra den Forudsætning,

at de egentlige Saccharomyceter gennemløbe det samme Kredsløb som Sacch. apiculatus. At de optræde paa søde, saftige Frugter og her formere sig, var kendt lige fra den Stund af, da man med Mikroskopet begyndte at undersøge Vingæringen. Det frembød ej heller nogen Vanskelighed for mig at paavise, at de kunne overvintre i Jorden. Ved direkte Forsøg viste jeg, at de egentlige Saccharomyceter ikke blot holdt sig levende i Jorden fra den ene Frugttid til den anden, men endog over tre Aar, altsaa meget længere end Kredsløbet kræver det. Hermed var Sagen selvfølgelig ikke afgjort. Spørgsmaalet, der forelaa, var, om de nævnte Frugter vare det vigtigste, det egentlige Opfostringssted, og om Jorden var det væsentligste, det egentlige Vinteropholdssted. Vi maatte da vente ikke blot at finde dem i rigelig Mængde til alle Aarets Tider i Jorden under disse Træer og Buske, men kun i ringe Mængde eller slet ikke i større Afstand derfra, kort sagt, de samme Træk, som jeg havde iagttaget hos Sacch. apiculatus. De Analyser, som jeg i den Retning anstillede, gav imidlertid ikke straks et klart Resultat. Jeg fandt nemlig de egentlige Saccharomyceter i Jorden i ret rigelig Mængde ogsaa paa Steder, som laa fjærnt fra Frugthaverne, og hvor Sacch. apiculatus ikke længere optraadte; *der var altsaa her Forhold, som ikke stemmede med min Theori; den Regelmæssighed, som jeg havde iagttaget hos Sacch. apiculatus, var ikke til Stede.*

Som jeg foran har bemærket, havde jeg i Sacch. apiculatus fundet det gunstigste Objekt for min Undersøgelse, som man kunde tænke sig. Methoden frembød sig af sig selv, og et heldigt Resultat var forud sikkert. Paa Grund af dens karakteristiske Citronform er man ved en simpel mikroskopisk Undersøgelse i Stand til at afgøre, om den er til Stede eller ej. Denne Arts Celler optræde endvidere i stor Mængde i Frugthaverne, og den formerer sig med den største Kraft i de sukkerholdige Næringsvædske, som benyttes til disse Forsøg. I Konkurrencen med de andre Gærarter gaar den under

disse Omstændigheder foran. Man er, kort sagt, i Stand til med Lethed at paavise det mindste Spor af den.

Med de andre Gærarter gaar det ikke saa let. Den mikroskopiske Undersøgelse er her ikke tilstrækkelig, thi den ene Art ligner ikke blot den anden i Form og Udseende, men de kunne tillige forveksles med Gærceller, henhørende til andre Slægter: *Torula*, *Dematium*, *Fumago*, *Exoascus*, o. a. For at afgøre, om vi have en Art henhørende til *Saccharomyces* eller ej, maa vi foretage en Dyrkning for Sporedannelse, men denne tager flere Dage; og de enkelte *Saccharomyces*-Arter kunne vi kun skelne ved Hjælp af fysiologiske Karakterer, og Bestemmelsen af enhver af disse kræver et særligt Forsøg. Analysen er, kort sagt, omstændelig.

Det har saaledes vist sig, at vi ikke her kunne stille Spørgsmaalet med Hensyn til en enkelt bestemt Art, men maa stille det mere almindeligt, idet vi i vor Analyse maa indskrænke os til at spørge, om der overhovedet findes egentlige *Saccharomyceter* eller ej. En anden Vanskelighed beredes os af Konkurrenceforholdene med de andre Mikroorganismer, der ogsaa findes i Jorden og i Luftens Støv. For at faa de egentlige *Saccharomyceter* frem kræves der særegne Dyrkningsmetoder. Spredningsmetoden paa Næringsgelatine, som man i Almindelighed anvender i Bakteriologien, forslaar ikke. Enkeltheder om Methoderne ville her ikke kunne interessere; nærmere Oplysninger derom ville ogsaa blive givne i en udførlig Afhandling i et af de følgende Hefter af „Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet“.

De smaa Forsøg, som jeg selv, Müller-Thurgau, Wortmann og andre i Aarenes Løb anstillede, førte ikke til nogen Afgørelse; dels var Methodene ikke tilstrækkelig skarp, og dels blev der anstillet for faa Analyser. Der kræves et meget stort Antal for at opdage, hvad der er Regel, og hvad der er Undtagelse. Analyser i Hundredevis ere nødvendige, dels af Jorden, dels af Luften; særlig de første ere vigtige. Labora-

toriets Assistenten, d'Hrr. Kløcker og Schiønning, have ydet mig god Hjælp herved. Grunden til, at jeg først nu bringer disse Undersøgelser til en Afslutning, er den, at jeg havde ventet, at der skulde blive opdaget en eller anden Art, med hvilken Analysen kunde foretages efter den samme simple Methode som med den citronformede Gærcele, men det er ikke sket.

Jeg skal derefter gaa over til at omtale de Resultater, som mine nye Undersøgelser bragte. Af Undersøgelserne i Kjøbenhavns Omegn fremgik, at de egentlige Saccharomyceter fandtes til alle Aarets Tider og overalt i Jorden. Dette Terræn er tæt bebygget og meget rigt paa Frugthaver. Arnstederne ligge saa nær ved hverandre, at man kun med Vanskelighed vil kunne finde en Plet, hvor der ikke er nogle Saccharomyces-Celler til Stede. Først ved at gennemføre et meget stort Antal Analyser traadte der Grundlinier frem; *det saaes nu tydeligt, at Jorden i Frugthaverne er rigest paa Saccharomyces*, og at disse tage af, *efterhaanden som vi fjerne os mere og mere derfra*. Til Eksempel anføres her Tallene af en Forsøgsrække paa 200 Analyser. Ægte Saccharomyces fandtes i Jorden under Frugttræer og Frugtbuske i 67 % af Analyserne. I Jorden under Løv- og Naaletræer (Bøge, Ege, Graner, Fyrrer o. s. v.) i Nærheden i 30 %, men i Jorden fra fjærntliggende Marker kun i 19 %.

Ved Undersøgelser i Laboratoriets Nærhed blev det fastslaaet, at Jorden er de egentlige Saccharomyceters normale Vinteropholdssted. Dette fremgik ikke blot af de direkte Forsøg, som viste, at de flere Aar igennem bevare deres Liv i Jorden, men tillige af Analyser, der gave det Resultat, at de hele Aaret igennem findes udbredte efter en stor Maalestok i Jorden, og om Vinteren kun undtagelsesvis optræde anden Steds.

Paa mine Rejser i Tyskland forfulgte jeg dette Spørgsmaal. Ogsaa her traadte det samme Forhold frem, naar Analysernes

Antal var tilstrækkeligt stort; særlig rige paa Saccharomyces vare, som man kunde vente, Vinhaverne.

Hvis den Theori, hvorfra disse Undersøgelser gik ud, var rigtig, saa maatte vi, efterhaanden som vi ved at stige opad Bjærgenes Skraaninger fjærnede os fra Frugthaverne, komme op i Bælter, som vare fattige paa Saccharomyces, og tilsidst komme ind i et Bælte, hvor de mangle. Undersøgelserne fra Harzen og Alperne viste paa en smuk Maade Rigtigheden af denne Tankegang. I Jorden i Bøgeskoven paa Rosstrappe fandtes endnu Celler af Sacch. ellipsoideus, men i yderst ringe Antal; i Skoven nær ved Drei Annen Hohne vare hverken Arter af Ellipsoideus-Gruppen, af Pastorianus- eller Cerevisiæ-Gruppen længere til Stede, men kun Arter, der sluttede sig nær til Sacch. membranæfaciens og Sacch. anomalus, og overordentligt sparsomt; og paa Brokkens Kulm var det overhovedet ikke muligt at opdage en eneste Celle henhørende til Saccharomyceterne.

Alperne egne sig i særlig Grad til at belyse det stillede Spørgsmaal. Ved deres Fod paa Syd- og paa Nord-Siden, som ogsaa opad deres Skraaninger, findes store Haver med yppig Vækst af Vin og andre Frugter, altsaa en Rigdom af Arnesteder for Gærceller. Efterhaanden som man stiger højere op, forsvinde disse Arnesteder, indtil man naar et Punkt, hvor de ikke længere findes. I Fald de søde saftige Frugter ere Hovedarnestederne for Gærcellernes Opfostring og Formering, saa maa vi følgelig her vente, efterhaanden som vi stige op, at komme ind i Fortyndingsbælter, i hvilke disse Celler blive sparsommere og sparsommere.

Ved mit Besøg paa Arlbjærget for nogle Aar siden foretog jeg en lille, orienterende Undersøgelse i den Retning; en større, planlagt Undersøgelse fik jeg først Lejlighed til at udføre i Aar i Foraaret. Carlsberg Laboratoriets Bestyrelse bevilgede godhedsfuldt den Sum, der var nødvendig til Bestridelsen af de med en saadan Undersøgelse forbundne ekstra-

ordinære Udgifter. Jeg begyndte Analyserne ved Gøschenen og fortsatte dem opad mod St. Gotthardts Passet, derefter paa Sydskraaningen nedad mod Airolo, senere ved Lago maggiore, paa nogle Punkter i den lombardiske Slette, fremdeles ved Gardone paa Gardasøens sydvestlige Bred og endelig op gennem Brennerpasset, navnlig paa et af de her værende Bjerge, Postalpe, indtil en Højde af c. 1800 Meter. Resultatet var fuldstændigt i Overensstemmelse med Theorien. Arter af Ellipsoideus- og Pastorianus-Gruppen optraadte i rigelig Mængde i Vinhaverne og i Haverne med andre søde, saftige Frugter, ligesom ogsaa i disses Nærhed, opad Bjærgene fandt en Aftagen Sted, og tilsidst forsvandt de fuldstændigt.

Mine Analyser fra Nord-Italien viste, at saavel *Sacch. apiculatus* som de egentlige *Saccharomyceter* overvintre i Jorden i et Klima, der er betydeligt varmere end det, vi have omkring København. Jeg fremhæver dette, da der i den nyeste Tid fra en enkelt Side er bleven fremsat den Paastand, at det ikke skulde være Tilfældet.

Grundlinierne i Kredsløbet ere bestemte af de normale Opfostrings- og Overvintringssteder og af Transportmidlerne mellem disse. Foruden det normale Opfostringssted, Frugterne, findes der selvfølgelig andre Opfostringssteder i Naturen; vi kunne kalde dem de sekundære; de vigtigste ere Vædskerne i Jorden, navnlig Vandudtræk af Plantedele og af Gødning. Der er her alle Grader i Næringsværdien, lige fra den Vædske, der er rig paa Sukker og anden Næringsaft fra de nedfaldne Frugter, og til rent Vand. Ved de sammenlignende Forsøg har det vist sig, at Gærcellernes Formering foregaar med stor Kraft i Frugtsafter og kun svagt eller slet ikke i de andre Vædsker, som findes i Jorden. Frugtsafter ere ogsaa gunstig Næringsbund for alle Arterne, Jordens andre Vædsker derimod ikke. Arterne ere i den Henseende forskellige, i det nogle stille større Fordringer end andre til Næringsbunden og ikke finde disse fyldestgjorte overalt i Jorden. Iblandt de sekundære

Næringsvædsker er i hvert Fald for nogle Arter Ekstrakt af frisk Hestegødning ret gunstig; men ogsaa den staar langt under Frugtsaft, og dette gælder i endnu højere Grad om det almindelige Vand. Det er for en Del ved Hjælp af de sekundære Opfostringssteder, som disse Vædsker i Jorden danne, at Gærarterne kunne optræde i saa store Afstande fra de egentlige Opfostringssteder, som Tilfældet er.

De fra forskellige Sider anstillede Undersøgelser viste alle, at den af mig opstillede Theori om Gærcellernes Kredsløb i Naturen ikke blot har Gyldighed for *Sacch. apiculatus*, men ogsaa for de egentlige *Saccharomyces*. Mellem Kredsløbet hos *Sacch. apiculatus* og hos de egentlige *Saccharomyceter* er der kun den Hovedforskel, at de sidstnævnte brede sig ud i langt længere Radier fra Opfostringsstederne end den førstnævnte Art. Spørgsmaalet, som nu skal besvares, er, hvad Grunden hertil er.

Naar Gærcellerne ved Hjælp af Vinden og Insekterne føres bort fra Arnestederne og fra Jorden i disses Nærhed, hvor de blive aflejrede, udsættes de selvfølgelig for en stærkere eller svagere Indtørring. Sporen gør under disse Omstændigheder længere Modstand end den vegetative Celle. Alene af den Grund ere altsaa de egentlige *Saccharomyceter* i Stand til at foretage en længere Rejse gennem Luften uden at dø end *Sacch. apiculatus*, der jo, som vi have hørt, ikke danner den Slags Forplantningslegemer. Alle de Arter af egentlige *Saccharomyceter*, som jeg i Frugttiden om Efteraaret anbragte i Overfladejorden, udviklede her hurtigt Sporer. Naar disse tørre ind i de Jordpartikler, som omgive dem, og i denne Tilstand hvirvles op i Luften med Støvskeer, ville de uden at dø kunne føres langt bort fra det Sted, hvorfra Rejsen tog sin Begyndelse. Af Betydning er det ligeledes, at de egentlige *Saccharomyceter* med større Lethed end *Sacch. apiculatus* formere sig i de Vædsker, hvoraf Overfladejorden er gennemtrængt. Ogsaa et langt Ophold i Vand udholde de egentlige *Saccharo-*

myceter bedre end Sacch. apiculatus. De kunne derfor ligesledes med Vædskerne i Jorden føres længere bort i levende Tilstand end denne Art.

Alle disse Forhold vise det Samme og give os en Forklaring af, at de egentlige Saccharomyceter udbrede sig i længere Radier fra Hovedarnestederne end *Sacch. apiculatus*.

Ogsaa for disse Undersøgelser vil der i den udførlige Afhandling blive gjort nærmere Rede.