

Projekt forskerspirer 2021

Brug af svampe til nedbrydning af cigaretskod

William Vindahl Lüders, Sønderborg Statsskole

NAT



Indhold

Indledning.....	3
Problemformulering og formål	3
Afgrænsning	3
Teori.....	4
Svampe generelt.....	4
Nedbrydning.....	4
Dyrkelse af svampe.....	5
Cigaretskod.....	5
Metode.....	6
Valg af svampe	6
Svampesporer på agar.....	6
Projektets udførelse	7
Fremstilling af myceliumsinficeret substrat	7
Videre dyrkning af mycelium i forskellige substratblandinger	7
Måling af nedbrydelse.....	8
Tidsramme og budget	8
Tidsramme.....	8
Budget	8
Konklusion og perspektivering	9
Forsøgets resultater	9
Anvendelsesmuligheder i samfundet.....	9
Tak	10
Litteraturliste.....	10
Bøger	10
Hjemmesider	10

Indledning

Med det stigende fokus på klima og bæredygtig omstilling opstår et behov for nye ideer og metoder til en bæredygtig omstilling. En vigtig del af omstillingen er bæredygtig håndtering af affald med fokus på genanvendelse.

I mit projekt vil jeg fokusere på håndtering af cigaretskod. Cigaretskod er et stort affaldsproblem, da de bliver efterladt i naturen og havene og tager mange år om at blive nedbrudt. Selv når de opsamles, fx i offentlige askebægere, ender de i forbrænding og i bunker på udendørs lossepladser [7]. Jeg vil med projektet undersøge muligheden for at bruge svampe til at nedbryde cigaretskod og omdanne dem til anvendelige produkter. Jeg vil undersøge hvilke svampearter der er mest egnede og hvilken blanding af cigaretskod og andet vækstmateriale der er mest optimal. Forhåbentligt vil denne viden kunne bruges til en implementering i samfundet, hvor cigaretskod affaldssorteres og genanvendes i produktion.

Problemformulering og formål

Jeg vil undersøge følgende problemstilling:

I hvilket omfang kan svampe bruges til at nedbryde og omdanne cigaretskod?

Formålet med min problemstilling er at undersøge om svampe kan bruges til cigaretskodsnedbrydning, samt hvilke svampe og betingelser der giver det bedste resultat, med hensigt på at bruge svampe i affaldshåndtering.

Afgrænsning

I mit projekt skal forskellige svampearter og substratblandinger testes for deres effekt på nedbrydelse. Da der findes millioner af svampearter og grænseløse muligheder for blanding af substrat, må vi afgrænse vores forsøg til et par lovende svampe og nogle få substratblandinger.

For at forsøget skal være økonomisk realistisk, skal det enten være muligt at bestille sporer til de valgte svampearter hjem til en fornuftig pris, eller være muligt at finde svampene i naturen og selv uddrage sporerne. Derfor er vi begrænset til populære, dyrkelige svampe, eller svampe der er i sæson på det tidspunkt forsøget udføres.

Mit projekt vil fokusere på hvor vidt svampe kan bruges til nedbrydning af cigaretskod. Hvis det viser sig at svampe i tilstrækkelig grad kan anvendes, opstår nye problemstillinger omkring implementering i samfundet. For at afgrænse projektet kommer jeg ikke til at gå i dybden med disse problemstillinger, og jeg vil udelukkende fokusere på hvorvidt nedbrydning med svampe kan anvendes.

Teori

Svampe generelt

Når vi tænker på svampe, tænker vi ofte på de synlige frugtlegemer, der gror fra jorden og træstammer, men dette er dog kun en lille del af svampen. Svampe består af et stort underjordisk rodnet af svampeceller kaldt et mycelium. De enkelte celler kaldes hyfer og sidder forbundet i lange rækker og danner samlet myceliet. Hyferne har mulighed for at transportere næring imellem sig og til en vis grad kommunikere, hvilket gør svampen, som en samlet organisme, så effektiv [2].

Nedbrydning

Svampe er heterotrofe organismer, dvs. at de ikke er i stand til at opbygge organiske stoffer fra uorganiske stoffer (som fx planter gør), men bliver i stedet nødt til at nedbryde og omdanne allerede dannede organiske stoffer. Når svampene skal nedbryde et stof, udskilles enzymer som nedbryder stoffet til mindre stykker, som derefter kan diffundere ind i svampecellen. Stoffer som cellulose er relativt nemme for svampe at nedbryde, mens stoffer, som hemicellulose og lignin kræver flere forskellige enzymer til nedbrydelsen [1].

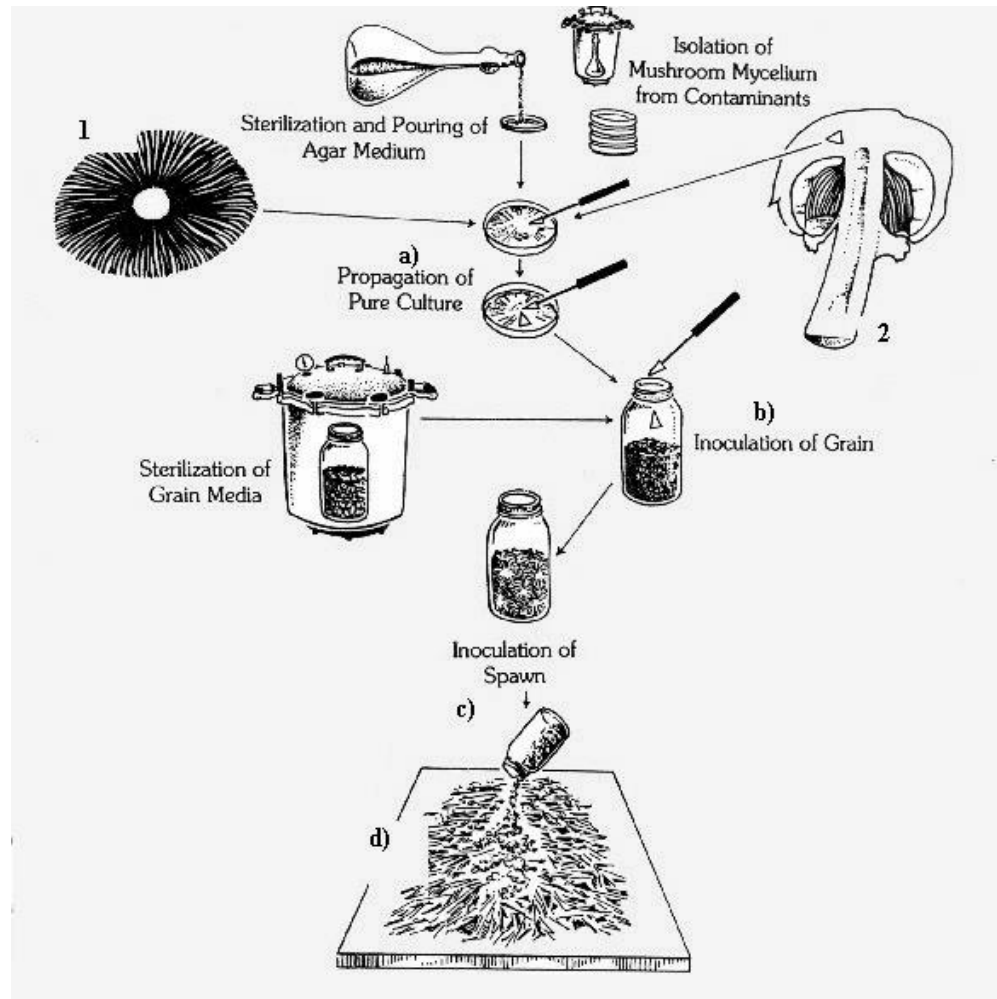
Generelt kan svampe etablere sig på to måder: Fra **sporer** og fra **mycelium**:

Etablering via sporer bliver brugt i naturen til spredning over lange afstande. Sporer svæver gennem luften indtil de lander på et substrat, hvorfra de formerer sig og starter et mycelium. Sporerne har dog svært ved at kolonisere et substrat, ved mindre det er meget tilpasseligt og uden konkurrenter. Denne form for etablering kræver derfor også ekstra hygiejne i laboratoriet.

I de fleste tilfælde sker etablering fra mycelium. Mycelium spreder sig indtil det finder et substrat, som det begynder at omdanne. Vækstmaterialet behøver ikke være særligt godt, da myceliet også kan få næring fra mycelienettet. Denne form for etablering vil også anvendes i vores forsøg, for at få de bedste chancer for ren kolonisering. [1]

Dyrkelse af svampe

Når man skal dyrke svampe i et laboratorie og få dem til at overtage et vækstmateriale, skal man igennem flere stadier, for at sikre sig at ens ønskede svamp alene overtager væksten. Denne proces kan også ses i *figur 1*. Man bestiller ofte svampesporer i små mængder. Hvis man tilføjer svampesporerne til et vækstmateriale, fx fugtigt savsmuld, vil konkurrencen fra andre svampe og bakterier være for høj, og ens ønskede svamp vil hurtigt blive udkonkurreret og dø. Derfor tilføjer man først sine sporer til en mindre mængde steril vækst. Man lader sporerne sprede sig i væksten i en periode mellem nogle dage og nogle uger, indtil det har



Figur 1 Proces ved svampedyrkning

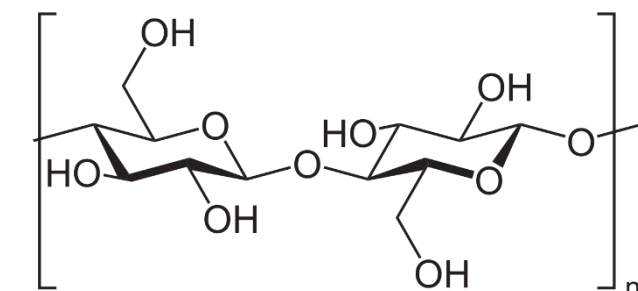
koloniseret sig fuldstændigt. Det sterile vækstmateriale kan selv laves ved at tilføje noget vækstmateriale (ofte rugkorn) til en plastikpose med luftfiltre og sterilisere det i en trykkoger. Når man har sit koloniseret materiale, kan man tilføje det til sit egentlige vækstmateriale. Dette materiale behøver ikke at være fuldstændigt sterilt, og ofte lægger man det bare i kogende vand i ca. 24 timer, for at tage den værste kontamination. Nu vil myceliet fra sit koloniserede materiale sprede sig i væksten, og forhåbentligt udkonkurrere kontamination.

Cigaretskod

Cigaretskod består overordnet af 3 dele: rullepapir, filter og rester af tobak.

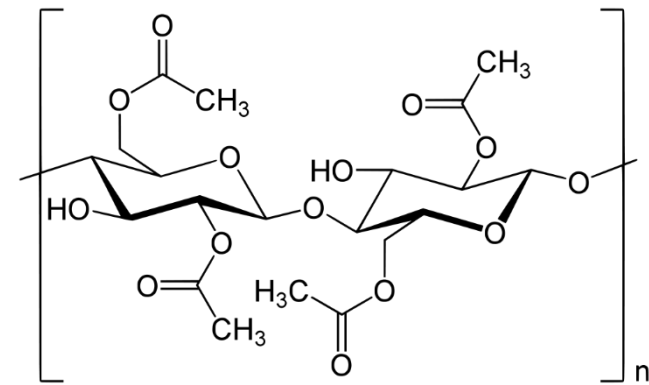
Rullepapiret består i største grad af cellulose, set på *figur 2*, og bør derfor ikke være noget problem for svampene at nedbryde.

Tobakken består i høj grad af cellulose og andre organiske materialer som svampe nemt kan nedbryde i naturen. Tobakken består dog også af mange giftige kemikalier og tungmetaller, og det er ikke sikkert at svampene kan nedbryde eller trives omkring disse stoffer.



Figur 2 Cellulose

Filteret er den mest væsentlige del, da det udgør klart den største andel af skoddet. Filteret består af kæder af celluloseacetat, hvilket er en type bioplast der tager udgangspunkt i cellulose. Celluloseacetat, ses på *figur 3*, minder meget om cellulose, med den forskel at OH-grupperne er erstattet med acetat [5]. Ligheden mellem stofferne tyder på at nogle svampe kunne have de nødvendige enzymer til nedbrydelse af celluloseacetatet. Faktisk er det allerede vist at arter af østershat til en vis grad kan nedbryde celluloseacetat [4].



Figur 3 Celluloseacetat

Metode

Valg af svampe

Til projektets udførelse er valget af svampe vigtigt. De valgte svampe skal udfylde tre hovedkriterier:

- Svampene skal have enzymer der er i stand til at nedbryde celluloseacetat og andre stoffer i cigaretskod.
- Svampene skal kunne dyrkes i et billigt vækstmateriale, uafhængigt af symbiose med andre organismer (skal ikke være mutualister).
- Svampene skal kunne dyrkes hurtigt og kunne konkurrere med kontamination i vækstmateriale.

Derudover ville det være ønskeligt, at de valgte svampe kunne danne spiselige frugtleger.

Jeg vælger udelukkende at kigge på hvidmuldsvampe, da de er i stand til at producere mange forskellige enzymer og kan nedbryde en stor variation af substrater.

Jeg har til mit forsøg valgt 3 svampe: Almindelig østershat, Ægte honningsvamp og Broget læderporesvamp. De tre svampe er hvidmuldssvampe, og kræver ikke symbiose med træer for at klare sig og kan alle findes i Danmark [1]. Østershat og honningsvamp er også valgt ud fra deres aggression, hvilket er vigtig ift. at få en succesfuld kolonisering af substratet, og tyder også på at de kan klare kemikalierne i brugte cigaretskod. Østershat har vist at kunne nedbryde celluloseacetat [4], men det er dog ikke undersøgt om honning- og læderporesvamp kan nedbryde celluloseacetat.

Derudover producerer honningsvamp og især østershat spiselige frugtleger, hvilket kunne udvide anvendelsesmulighederne af projektet [1].

Svampesporer på agar

Fra nogle populære spisesvampe, såsom østershat er det muligt at bestille vandopløste svampesporer i sprøjter, hvilket er praktisk, da de ønskede svampesporer kan sprøjtes ind i et substrat uden at kontaminere det. For mange svampearter er det dog kun muligt at købe

et sporeprint, og for mange andre, er det slet ikke muligt at købe sporer. Derfor kan man blive nødt til at opsamle sporer fra friske svampe, og dyrke videre på dem.

Til videredyrkning fra selvsamlede svampe, skal den indsamlede svamps hat skæres af, og lægges med lamellerne/porerne ned mod et rent papir og tildækkes med et glas for at undgå kontamination fra luften. Efter 24 timer vil der på papiret være et sporeprint. Sterilt agar i petriskåle forberedes, og sporerne overføres med steril kniv til agarpladerne i stinkskab. Svampen får lov at sprede sig på agarpladen indtil et klart mycelienet kan ses på hele pladen. Herefter udskæres og overføres en skive inficeret agar til et sterilt substrat i stinkskab. [3]

Projektets udførelse

For at finde den optimale blanding af vækstmateriale og svampearter, skal der opstilles en række forsøg på lille skala. Før forsøgene skal der dannes myceliumssubstrat af vores forskellige valgte svampe. Derefter skal myceliumssubstratet sprede sig videre i forskellige substratblandinger, hvorefter graden af nedbrydning kan undersøges.

Fremstilling af myceliumsinficeret substrat

Hvis det ikke var muligt at bestille svampesporer i sprøjter hjem, ville vi her starte med at gro vores svampesporer fra sporeprint på agar som forklaret i metodeafsnittet. Vi vil derefter lave myceliumsinficeret substrat fra vores valgte svampearter. Generelt er det ideelt at startsubstratet er steriliserede rugkorn, og dette vil vi også bruge. Her gennemblødes rug i en spand koldt vand i 24-timer. Derefter kommes rugkornene i dyrkningsposer, som steriliseres i trykkoger. Når poserne er kølet ned, indsprøjtes vores svampesporer gennem lufthullet med en steril sprøjte (hvis vi starter med at dyrke på agar, lægges et stykke inficeret agar i poserne med steril kniv i stinkskab). Poserne står nu ved 24°C i nogle dage, indtil en synlig del af substratet er inficeret. Poserne rystes for at sprede de inficerede korn mellem de andre, og poserne står igen nogle dage, indtil at hele substratet er inficeret.

Videre dyrkning af mycelium i forskellige substratblandinger

Derefter vil vi lave nogle forskellige substratblandinger, som vores mycelium skal "gro" videre i. Disse blandinger består af vores myceliumssubstrat, forskellige mængder cigaretskod samt savsmuld som har lagt i blød i kogende vand. Ved det ene forsøg vil vi starte med at tilføje "rene" cigaretfiltere og senere tilføje brugte cigaretfiltere, for at se om en mindre radikal introduktion af de brugte cigaretfiltere har en effekt.

Blandingerne skal være i sterile glaskrukker, med hul prikket i låget og vat i hullet som luftfilter. Dette lader os følge nedbrydelsesprocessen. Blandingerne skal holdes fugtige, og vand sprøjtes jævnlige i krukkerne hvis nødvendigt.

Følgende blandinger laves, med hver en samlet vægt på 40 g. Hver blanding laves 2 gange:

32g savsmuld + 8g myceliumssubstrat

2g cigaretskod + 30g savsmuld + 8g myceliumssubstrat

4g cigaretskod + 28g savsmuld + 8g myceliumssubstrat

8g cigaretskod + 24g savsmuld + 8g myceliumssubstrat

12g cigaretskod + 20g savsmuld + 8g myceliumsubstrat

2g brugt cigaretskod + 30g savsmuld + 8g myceliumsubstrat

2g cigaretskod + 28g savsmuld + 8g myceliumsubstrat + 2g brugt cigaretskod tilsat senere

Disse forsøg gentages med myceliumsubstrat fra vores 3 svampearter. Der vil i alt udføres 42 forsøg.

Måling af nedbrydelse

For at måle graden af nedbrydelse, vejes cigaretskoddene før og efter forsøget, hvorefter den procentvise afvigelse kan ses. Man skal dog tænke på at nedbrudt cigaretskod ikke forsvinder, men i stedet bliver omdannet til mycelium, og afvigelsen i vægt derfor ikke giver et komplet billede af hvor meget der er blevet nedbrudt. En kvalitativ vurdering er derfor også vigtig, hvor man ved at åbne skoddene og se på dem vurderer graden af nedbrydelse. Derudover tørres cigaretskoddene før og efter forsøget, så opsuget vand ikke påvirker vægten.

Tidsramme og budget

Tidsramme

Tidsrammen varierer ud fra om det er muligt at bestille sporesprøjter hjem, eller svampene selv skal samles og dyrkes på agar.

Evt. indsamling af sporeprint	1 dag
Evt. spredning på agar	Ca. 10 dage
Inokulering af startsubstrat	Ca. 14 dage
Kolonisering af substrat samt cigaretskod	Ca. 30 dage
Samlet	Ca. 44-55 dage

Budget

Jeg har valgt at tage agar og petriskåle med i budgettet, da de skal bruges hvis de valgte svampe ikke skulle være tilgængelige til bestilling under forsøgets udførelse.

200 stk OPAL cigaretfilter fra Coop	27 kr.
20 stk Marlboro cigaretter fra Coop	51 kr.
5kg rugkorn fra hjemmeriet.com	110 kr.
2x 1 kg bøgesavsmuld fra svampefarm.dk	58 kr.
10x 10ml østershat sprøjte fra gourmetmushrooms.co.uk	880 kr.
10x 10ml honningsvamp sprøjte fra out-grow.com	772 kr.
10x 10ml broget læderporesvamp sprøjte fra out-grow.com	772 kr.
2x 250ml maltekstraktsagar i flaske fra frederiksen-scientific.dk	176 kr.
2x 20stk petriskåle fra frederiksen-scientific.dk	68 kr.

45 stk dyrkningsposer fra fynsoesvampe.dk	250 kr.
42 stk glaskrukker fra flaskelandet.dk	250 kr.
Samlet	3.414 kr.

Det er vigtigt at notere at fragt, told og toldafgifter ikke er taget med i budgettet, og at den rigtige pris derfor ligger over 4000 kr.

Budgettet går også ud fra at man gratis kan låne laboratorium, udstyr og trykkoger, og hvis dette ikke er muligt, stiger prisen.

Selv med de ekstra omkostninger ligger vores budget langt lavere end de 20.000 der er til rådighed. Dette lader os gentage forsøget flere gange med andre svampe og blandinger.

Konklusion og perspektivering

Forsøgets resultater

Efter forsøget forventer jeg at have noget brugbar data på de forskellige svampes nedbrydningsevner og substratets påvirkning. En vigtig del af forsøget er at bruge resultaterne til at få et indblik i hvor meget cigaretskod man kan tilsætte til et substrat før man ser et væsentligt fald i nedbrydningsevne, hvilket er vigtigt ift. anvendelse i samfundet.

Forsøget er dog ikke stort nok til at afgøre hvilken svamp der er bedst at anvende i virkeligheden. Forsøget lægger derfor også op til viderearbejde, da vi med forsøget vil få et indblik i hvilken af vores valgte svampe der er mest effektiv og derefter kan genskabe forsøget med nært beslægtede arter.

Anvendelsesmuligheder i samfundet

Hvis forsøget tyder på at cigaretskods nedbrydelse via svampe er muligt, åbner det nye problemstillinger ift. anvendelse i samfundet. Hvis cigaretskod skal nedbrydes i nedbrydningscentre, kræver det at cigaretskod sorteres fra andet restaffald og transporteres til et center hvor det nedbrydes. Dette virker først som en uoverskuelig opgave, men mange cigaretskod sorteres allerede gennem udendørs askebægere, hvor de ender i en beholder for sig selv. Der vil selvfølgelig stadig være en pris på at transportere cigaretskod separat fra restaffald, og det er ikke sikkert at denne metode er økonomisk realistisk.

En anden mulighed er fremstillingen af udendørs askebægere, hvor undersiden af beholderen bestod af en plade mycelieinficeret substrat. Cigaretskoddene der smides i beholderen, vil lande på myceliet og blive omdannet til mycelium direkte i askebægeret. Når beholderen er fyldt, skal den skiftes med en ny mycelium-plade, mens den fyldte plade kan komposteres. Der er også problemstillinger med denne mulighed, bl.a. om cigaretskoddene vil blive nedbrudt nok til at komme i kompost og om prisen bliver for høj. Et mycelium-askebæger er allerede blevet udviklet i Belgien, hvilket styrker denne mulighed [6].

Hvis cigaretskod kan omdannes af svampe, kan dette udnyttes til at lave brugbare produkter. Det mest åbenlyse produkt er de spiselige frugtlegemer. Der opstår dog en bekymring om at giftstofferne fra cigaretskoddene kan ende i fødevarer, og forskning kræves derfor på området, for at finde ud af hvor stort dette problem er.

Et andet produkt kunne være svampe-byggematerialer, såsom mursten. Disse produkter

bliver allerede lavet kommercielt, og muligvis ville man kunne indblende cigaretskod i substratblandingen af murstenene [8]. Her undgår man bekymringer om forgiftning.

Tak

Tak til min forskerkontakt Rasmus Kjøller for rådgivning og for at stå til rådighed

Tak til Lea fra Sønderborg Statskole for lån af bøger og materialer

Litteraturliste

Bøger

[1] Petersen, Jens H. (1995) *Svamperiget*. Aarhus Universitetsforlag. 1. Udgave

[2] Sheldrake, Merlin (2020) *Svampenes forunderlige liv*. Random House

[3] Stamets, Paul (2000) *Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms*. Ten Speed Press

Hjemmesider

[4] <https://www.youtube.com/watch?v=fCAX9P50SNU> Nedbrydning af cigaretskod med østershat

[5] <https://tekstilbiologi.dk/cellulose-acetat/> Gennemgang af celluloseacetat

[6] <https://www.brusselstimes.com/brussels/79223/living-ashtray-digests-cigarette-butts-in-only-two-months/> Mycelium askebægere

[7] <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/cigarettes-story-of-plastic> Cigaretskod

[8] <https://www.certifiedenergy.com.au/emerging-materials/emerging-materials-mycelium-brick> Mycelium byggematerialer