

Svampodling i restprodukter – Kan ostronskivling odlas på kartong?

Growing Mushroom in Waste Products – Could Oyster Mushrooms
be Cultivated on Cardboard?

Elin Jonsson



Svampodling i restprodukter – kan ostronskivling odlas på kartong?

Growing Mushroom in Waste Products – Could Oyster Mushrooms be Cultivated on Cardboard?

Elin Jonsson

Handledare: Malin Hultberg, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Examinator: Helena Karlén, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi, G2E

Kurskod: EX0855

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2019

Omslagsbild: Malin Hultberg, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: *Pleurotus ostreatus*, Ostronskivling, Oyster Mushroom, Kartong, Cardboard

Förord

Detta examensarbete skrivs inom kandidatprogrammet Trädgårdsingenjör - Odling vid SLU Alnarp, och har inriktning biologi. Arbetet är ett sidoprojekt kopplat till projektet ”Stadens matavfall blir ny mat” som är ett samarbete mellan SLU Alnarp, SLU Ultuna och LTH.

Jag vill tacka min handledare Malin Hultberg för idén till arbetet samt alldeles lagom mycket hjälp och styrning under skrivandets gång. Jag vill även rikta ett tack till de vänner och familj som bidragit med synpunkter, intresse och peppande ord under tiden jag skrivit min uppsats.

Elin Jonsson,

10 mars 2019

Sammanfattning

I en tid av ökat fokus på resurssnåla, cirkulära och effektiva sätt att producera näringsrik mat, behövs nya tankesätt kring odling och näringsintag. Här kommer svamp in som en anpassningsbar och näringsrik produkt, som enkelt och snabbt kan odlas i mer eller mindre mekaniserade miljöer. Ostronskivling (*Pleurotus ostreatus*) är en svampart som är mycket lättodlad, och som skulle kunna vara ett alternativ till kött för att minska köttkonsumtionen. Dessutom utgör svampen en billigare källa till protein som dessutom är relativt enkel att producera småskaligt vilket skulle kunna gynna människor som lever på knappa resurser.

Ostronskivling odlas idag främst på ved (stockar alternativt sågspån) eller på halm. Intressant vore att istället kunna odla i stor skala på någon form av restprodukt, för att skapa ett mer cirkulärt system. Sågspån och halm är i viss mån restprodukter men används även till andra ändamål som bränslepellets (sågspån) och djurfoder (halm). Det vore därför intressant att odla på andra typer av restprodukter som idag inte har ett tydligt användningsområde. Testodlingar har gjorts på till exempel kaffesump, skal från kaffeböna och rester från dadelproduktion. I denna studie undersöks genom både litteraturstudier och ett praktiskt försök möjligheten att odla ostronskivling på kartong, en produkt gjord på förnybar råvara vars fibrer generellt går att återvinna cirka sju gånger innan de är utslitna. Tanken är att svampodlingssubstrat skulle kunna tillverkas av sådan kartong som inte längre går att återvinna. I försöket tillsätts också en kvävekälla i form av biogödsel för att undersöka om det ger ökad skördemängd. Även produktionen av biogödsel är ett exempel på ett cirkulärt system, då det främst tillverkas av avfall från hushåll och livsmedelsindustri.

Resultatet av efterforskningarna och det praktiska försöket i denna studie visar att odling av ostronskivling med kartong som substrat är fullt möjligt. Vidare studier krävs dock för att säkerställa att fruktkropparna odlade på kartong är lämpliga för konsumtion, med tanke på eventuella skadliga ämnen som svampen kan ha tagit upp från kartongen.

Abstract

In a time of increased focus on resource-efficient, circular and effective ways to produce nutritious food, new ways of thinking about cultivation and nutritional intake are needed. Here, fungi come in as a protein and nutritious product, which can easily and quickly be grown in more or less mechanized environments. Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) is a fungal species that is adaptable and easy to grow, and which could be an alternative to meat for reducing meat consumption. In addition, the fungus could function as a cheaper source of protein that is also relatively simple to produce on a small scale, which could benefit people living on scarce resources.

Oyster mushroom is currently grown mainly on wood (logs or sawdust) or on straw. It would be interesting with a large scale production of these mushrooms on some form of residual product, in order to create a more circular system. Sawdust and straw are to some extent residual products, but are also used for other purposes such as fuel pellets (sawdust) and animal feed (straw). Therefore, other types of residual products that are not being used today, would be of interest. Previously, coffee grounds, coffee bean shells and dates from date production, have been tested as substrates. In this study, both literature studies and a practical experiment investigate the possibility of growing oyster mushroom on cardboard, a product made from renewable raw material whose fibers can generally be recycled approximately seven times before they are worn out. The idea is that mushroom cultivation substrates could be manufactured from the kind of cardboard that can no longer be recycled. In the experiment, a nitrogen source in the form of bio-fertilizer is also added to investigate whether it provides increased fruiting. The production of bio-fertilizers is another example of a product that comes from a circular system, since it is mainly made of wastes from households and from the food industry.

The results of the investigations and the practical experiment in this study show that cultivation of oyster mushroom with cardboard as a substrate is fully possible. However, further studies are required to ensure that the fruit bodies grown on cardboard are suitable for consumption, considering any harmful substances that the fungus may have absorbed from the carton.

Innehåll

1. Introduktion	6
1.1 Syfte och frågeställningar	8
1.2 Teori	8
1.2.1. Svampens näringsupptag	8
1.2.2 Odlingsbetingelser för <i>Pleurotus ostreatus</i>	10
1.3 Avgränsningar	12
2. Metod och material	13
3. Resultat	15
3.1. Litteraturstudien	15
3.1.1 Vad består kartong av?	15
3.1.2. Odling på kartong och papper	16
3.2. Odlingsförsöket	18
4. Diskussion	20
4.1 Myceltillväxt	21
4.2 Kartong som substrat	22
4.3 Förbättringar och vidare studier	24
4.4 Slutsats	24
Litteraturlista	25
Bilaga 1	29

1. Introduktion

Svampsläktet *Pleurotus* (ostronskivlingar) består av vednedbrytande svampar som naturligt lever på död ved i tempererade zoner, och bryter ned lignin, hemicellulosa och cellulosa för sin kolförsörjning (Chang & Miles 1989). *Pleurotus* har under hundratals år odlats och varit en viktig födokälla i stora delar av världen, och har använts både som mat och medicin (Chang & Miles 2004). En av de vanligaste odlade arterna är *Pleurotus ostreatus*, och anledningen till denna arts spridning har enligt Chang & Miles (2004) varit att den är enkel och billig att odla samt att den lätt anpassar sig till olika typer av substrat och klimat.

I Sverige har svampkonsumtionen historiskt varit låg; först under senare delen av 1900-talet började man konsumera matsvamp i större volymer (Hansson & Hansson 2014).

Svenskproducerad ostronskivling introducerades på 1980-talet och år 2013 fanns enligt Hansson & Hansson (2014) ett förhållandevis lågt antal producenter av ostronskivling i Sverige. I Europa har det primära substratet för odling av *P. ostreatus* länge varit halm medan man i asiatiska länder (främst Kina) till stor del använt sig av trädstammar, stockar och grenar som substrat (Herrström 1992; Chang & Miles 2004). Historiskt har substrat för främst champinjonodling, men även för odling av ostronskivling (*P. ostreatus*), tillverkats i Sverige men runt 1990 försvann denna tillverkning som en följd av ett förändrat marknadsläge och ökad konkurrens med importerad svamp från övriga Europa (Hansson & Hansson 2014). Svenska producenter importerar idag i hög grad svampsubstrat från länder som Tyskland och Nederländerna för sin odling (Hansson & Hansson 2014) även om åtminstone två producenter idag tillverkar sitt eget substrat främst av halm med eller utan tillförsel av lusern (Hansson & Hansson 2014; Tolgs Ostronskivling u.å.). En annan intressant lösning vore att använda organiska restprodukter och restavfall från olika verksamheter som svampsubstrat för att möjliggöra ett kretslopp. Dessa restprodukter skulle då behöva livsmedelsgodkännas för att säkerställa att det inte föreligger någon risk för konsumtion.

Svamp generellt innehåller höga halter protein i förhållande till sin vikt, vilket gör dem till dels ett passande substitut för kött och dels en möjlig proteinkälla i länder med hög fattigdom där andra proteinkällor är förhållandevis dyra (Chang & Miles 1989). Dessutom innehåller svamp många viktiga vitaminer och mineraler samt essentiella aminosyror (Chang & Miles 2004).

Mot bakgrund av detta är en möjlig odling av matsvamp på restprodukter, både små- och storskaligt, också mycket intressant och *P. ostreatus* är med sina lättodlade egenskaper en god kandidat till sådan odling.

Bland restprodukter lämpliga för odling av svamp nämner Chang & Miles (2004) bland annat kaffesump, skal från kaffeböner och sisal. En annan vanlig restprodukt från olika verksamheter är kartong (exempelvis wellpapp och livsmedelsförpackningar) vilket tillverkas av pappersmassa från skogsindustrin och därför bör innehålla mycket av det som *P. ostreatus* behöver för sin tillväxt och fruktsättning. Enligt Återvinning Stockholm (u.å.) klarar pappers- och kartongfibrer att återvinnas upp till sju gånger innan de är utslitna. För att få ut mesta möjliga användning av resurserna skulle svampodling på de utslitna kartongfibrerna kunna vara ett alternativ. Förmodligen krävs dock ett tillskott av kväve. I följande studie kommer biogödsel att användas som kvävekälla, då det bildas som en biprodukt vid framställning av biogas, vilket görs på bland annat matavfall från hushåll och därför har förutsättning att ingå i ett kretslopp (C4 Energi u.å.).

Efter sista svampskörden är det uttjänta substratet en potentiell jordförbättrare som kan tillföra organiskt material till jorden i exempelvis grönsaksodling. Enligt Chang & Miles (2004) skulle substrat av exempelvis halm kunna användas som djurfoder i ett första led medan gödseln från djuren i sin tur används för produktion av grödor. En annan variant är att använda substratet direkt som jordförbättring, utan att gå via djur, vilket Tolgs Ostronskivling (u.å.) exempelvis gör. I sistnämnda system skulle kartong eventuellt kunna användas för att tillföra organiskt material och porositet till jorden.

1.1. Syfte och frågeställningar

Syftet med denna studie är att undersöka om det är möjligt att odla svampen *Pleurotus ostreatus* i en restprodukt bestående av wellpappkartong. Följande frågeställningar har formulerats:

- Vad består kartong av?
- Kan ostronskivling (*P. ostreatus*) odlas på substrat av kartong eller papper?
- Kan biogödsel användas som tillsats till kartong för att förbättra *P. ostreatus* tillväxt och fruktkroppsproduktion?
- Skulle kartongens innehåll kunna utgöra en hälsorisk vid konsumtion av svampen?

1.2. Teori

1.2.1. Svampens näringsupptag

Svampar är heterotrofer, vilket betyder att de absorberar organiska och icke-organiska ämnen från substratet de lever på och att de till skillnad från växter måste få tag i allt sitt kol från sitt substrat (Chang & Miles 1989). Detta sker genom en process som kallas osmotrofi och innebär att svampen utsöndrar enzymer som bryter ned komplexa organiska material och absorberar de fragmenterade molekylerna (Brooker *et al.* 2014).

Ett exempel på ett sådant komplext organiskt material är lignin, vilket ingår i växters cellväggar, och de svamparter som mest effektivt bryter ned lignin kallas vitrötesvampar (Jennings & Lysek 1996). Till denna grupp hör svamparter tillhörande både sporsäckssvampar och basidiesvampar, varav släktet *Pleurotus* tillhör de senare (Deacon 2006). Uppskattningsvis 20 % av jordens årliga produktion av landbaserad biomassa består av lignin och ingen annan känd organismgrupp kan lika effektivt bryta ned detta material vilket gör vitrötesvamparna till en mycket viktig organismgrupp i ekosystemen (Jennings & Lysek 1996).

För att komma igenom växtcellväggen utsöndrar svampen ett flertal enzymer som i olika processer, bland annat oxidering, bryter ned ligninet (Deacon 2006). Inne i cellväggen finns polysackariden cellulosa vilken är svampens primära energikälla - nedbrytningen av lignin är alltså främst en sideeffekt av svampens jakt på energi (Jennings & Lysek 1996). Cellulosan bryts i sin tur också ned, och kolet används till organiska föreningar i svampen och som energi och byggstenar i anabola processer (Chang & Miles 1989).

Svampen behöver förutom kol även en rad andra näringsämnen för sin tillväxt, och enligt Jennings & Lysek (1996) utgörs dess makronäringsämnen av fosfor (P), svavel (S), magnesium (Mg) och kalium (K). Dessutom är kväve (N) ett mycket viktigt näringsämne för svampens överlevnad, vilket tas upp från substratet på samma sätt som kol och övriga näringsämnen (Chang & Miles 1989). Alla svamparter kan använda aminosyror för sin kväveförsörjning, antingen genom att använda dem direkt eller genom att omvandla dem till andra aminosyror (Deacon 2006). De flesta svampar kan även använda nitrat (NO_3^-) och ammonium (NH_4^+), men ammonium är inte en optimal kvävekälla eftersom svampen vid upptag av ammoniumjonerna släpper ifrån sig vätejoner, vilket effektivt kan sänka pH i substratet och därmed försämra svampens tillväxt (ibid.). Dessutom kan ammonium hindra svampens upptag av andra kvävekällor genom att blockera syntesen av viktiga membranbundna protein som behövs för att ta upp aminosyror och nitrat (ibid.).

När kvävet i substratet tagit slut behöver svampen en alternativ strategi för att klara sin näringsförsörjning. Vissa arter har visat sig återanvända cellulärt kväve genom exempelvis autolys av gamla celler, andra allokerar kväve mellan cellerna så att de viktiga metabola processerna kan fortsätta (Deacon 2006). Basidiesvampar, dit *Pleurotus* hör, kommer i naturliga nedbrytningsprocesser in sent i successionen, och många av dem har visat sig använda proteiner från andra organismer som

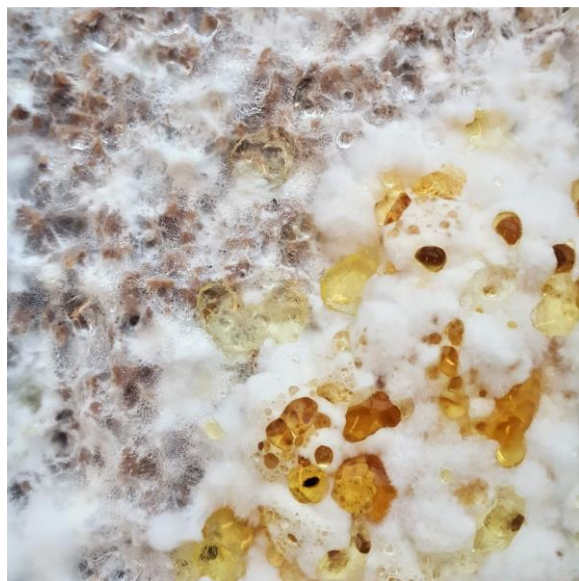


Bild 1: Exudat från svampmycel kultiverat på alspån

kvävekälla (ibid.). Detta lär vara speciellt betydelsefullt för svampar som växer på vedartat substrat eftersom ved har en hög C/N-kvot - ofta mellan 300–1000:1 (Barron & Thorn 1987). I dessa substrat är kväve en trolig begränsande faktor för tillväxt vilken kan ha framtvingat en anpassning som innebär parasitism på andra organismer. Det är känt att *P. ostreatus* har en förmåga att attackera och konsumera nematoder genom att utsöndra ett paralyserande exudat kallat ostreatin (Chang & Miles 2004). Enligt Stamets (2000) är dessa droppar orangefärgade och kan främst ses på äldre delar av mycelet (se bild 1). Förmågan att utvinna näring ur nematoder har bland annat observerats i ett försök av Barron och Thorn (1987): mycel av *P. ostreatus* odlat på näringsfattig agar producerade mikrodroppar innehållande toxin, vilket snabbt förlamade de nematoder som kom i kontakt med dropparna. Svampens hyfer koloniserade sedan nematoderna och bröt ned dem inifrån. I studien av Barron och Thorn (1987) undersöktes även hur bakterier av släktena *Pseudomonas* och *Agrobacterium* påverkades av *P. ostreatus* närvaro. Bakterierna attackerades på liknande sätt som nematoderna i försöket – de koloniserades och lyserades av svampens hyfer. Författarna drar därför slutsatsen att *P. ostreatus*, speciellt vid låga kväveförhållanden, kan använda annan levande biomassa än växtbiomassa för att få tag i kväve, fosfor och mineraler.

En annan viktig parameter vid val av substrat är innehåll av tungmetaller. *Pleurotus* har i flera försök visat sig mer eller mindre benägna att ackumulera tungmetaller som bly och kadmium från substratet (Jain *et al.* 1988; Stihl *et al.* 2011; Javeed *et al.* 2015).

1.2.2. Odlingens betingelser för *Pleurotus ostreatus*

För odling av *Pleurotus* krävs precis som vid odling av andra svampar rätt temperatur för optimal tillväxt, både i luften och i substratet. *Pleurotus* räknas, liksom de flesta andra basidiesvampar, till de mesofila svamparna (Chang & Miles 1989). Detta betyder att de kan överleva i temperaturer mellan 0 och + 50 grader. I odlingsförsöket i denna studie används stam M2191. För denna stam är optimal rumstemperatur + 20 - 22 grader för inkubering, + 6 - 15 grader för fruktinducering och + 5 - 20 grader för fruktkroppsbildning och -tillväxt (Mycelia u.å.). Temperatur utgör en av de viktigaste abiotiska faktorerna då den styr tillväxt, metabolism och sporulering hos svampen (Chang & Miles 1989).

Även ljusförhållandena är viktiga, främst under senare delen av tillväxttiden. *Pleurotus* mycel kan enligt Chang & Miles (1989) växa i totalt mörker, men för fruktbildning och -utveckling samt pigmentering av svamphattarna behövs ljus. Rekommendationer för ljusstyrka skiftar dock kraftigt mellan olika författare. Stamets (2000) rekommenderar en ljusstyrka på 1000–1500 lux, medan Jordbruksverkets odlingsbeskrivning av *Pleurotus* förordar en ljusstyrka på 100–200 lux (Andreasson 2005).

En annan mycket vital parameter inom svampodling är den relativa luftfuktigheten (RH). Enligt Andreasson (2005) är en optimal RH för *Pleurotus* 80–90%. En för hög luftfuktighet kan öka risken för bakterieangrepp medan en för låg torkar ut svampen och leder till sprickor i fruktkropparna (ibid.). Myceltillväxten kräver också att substratet håller en viss fukthalt för att hyferna ska kunna växa. Det krävs att koncentrationen av lösta ämnen är lägre utanför svampens hyfer än inuti dem (Brooker *et al.* 2014). Vid tillväxt strömmar vatten in i hyfens tipp vilket höjer trycket inne i den så att den utvidgas och sträcks ut (ibid.).

Syre behövs i både substrat och luft för svampens tillväxt och metabolism, exempelvis i de oxidativa reaktionerna vid nedbrytning av organiska material (Jennings & Lysek 1996). Vid nedbrytningen bildas koldioxid (Kirchmann 1988). En god ventilering behövs därför i odlingsrummet för att syrehalten inte ska bli för låg i förhållande till koldioxidhalten. Mycelet verkar kunna klara av att växa i en koldioxidhalt i luften på upp till 20 %, men fruktkropparna är känsligare och högre koldioxidkoncentration än 0,06 % leder till missbildningar (Chang & Miles 1989). För att en god syrehalt ska kunna upprätthållas i svampsubstratet krävs en viss porositet.

Ett optimalt pH i svampsubstratet vid odlingsstart av *Pleurotus ostreatus* ligger mellan 5,4 och 6,0 (Chang och Miles 2004). I ett försök publicerat år 2012 av Romero-Arenas *et al.* visade man dock att mycel av *Pleurotus ostreatus* kan tillväxa även i pH långt över optimumgränsen. Försökets syfte var att undersöka hur man vid odling av ostronskivling skulle kunna kontrollera förekomsten av den vanliga mögelsvampen *Trichoderma viride* genom att höja pH till en nivå där möglet inte trivdes. Man använde *Pleurotus ostreatus* av stam CP-50. I försöket av Romero-Arenas *et al.* (2012) klarade mycel av *Pleurotus* att växa i ett pH så högt som pH 11. Man testade också att odla i pH 5,7 (kontroll), 7 och 9. Även om ostronskivlingens mycel växte

i pH 11 i försöket var tillväxten högre i proverna ju närmare pH 5 – 6 de kom. Någon undersökning av fruktsättning vid högt pH gjordes inte. Stamets (2000) skriver att även om pH vid substratberedningen kan ligga på 6,0 till 8,0 bör det sjunka till ett värde på 5,0 vid fruktsättning för optimal svampproduktion. Under nedbrytningsprocessen som sker då svampen växer sänks pH något; i Romero-Arenas (2012) odlingsförsök sänktes pH i de olika odlingssubstraten med mellan 0,2 och 1,9 pH-enheter.

Slutligen krävs att substratet har rätt förhållanden mellan kol och kväve. Enligt Deacon (2006) är en balanserad kol-kväveknot för svampsubstrat generellt runt 30:1 – en högre andel kol ökar risken för kvävebrist i svampen och därmed minskad tillväxt. *Pleurotus* är dock som nämnts i inledningen till denna rapport ett naturligt vedlevande släkte. Eftersom ved består till stora delar av lignin och har låga kvävehalter, indikerar det att *Pleurotus* kan växa och upprätthålla sin metabolism även vid låga kvävehalter (Chang & Miles 2004). Dessutom har svampen antagligen, som tidigare nämnt, en förmåga att tillgodogöra sig kväve även från andra organismer som lever i veden den konsumerar.

1.3. Avgränsningar

Detta arbete lägger främst fokus på odlingsförsöket med kartong som svampsubstrat, samt på litteraturstudier av tidigare försök på kartong och papper och på studier av vad kartongen kan tänkas innehålla. Odlingsförsöket omfattar på grund av tidsramen inte tester av innehåll av exempelvis näring eller eventuella gifter i substrat och svamp. För kvävetillförsel testas endast biogödsel i två olika koncentrationer. Inga fortsatta studier av det uttjänta substratets eventuella användningsområden görs.

2. Metod & material

Litteraturstudien:

Litteraturstudien baseras delvis på vetenskapliga artiklar relevanta för ämnet, funna genom sökningar i databaserna Primo och Web of Science. Den baseras även på tryckta källor om svampodling och svampens biologi av bland andra Chang & Miles, Deacon, Stamets och Jennings & Lysek, och på s.k. branschlitteratur. Utöver detta har information inhämtats på relevanta hemsidor om papper och kartong samt genom mailkontakt med kunniga inom kartongindustrin.

Odlingsförsöket:

Kartong av typen wellpapp fördelades för hand till ca 5 x 5 centimeter stora bitar. Dessa vägdes sedan upp i 9 plastbehållare, av typen Microbox (Sac O₂, Belgien), med 180 gram kartong i varje box. Kartongen förbereddes sedan enligt schema nedan, med tre replikat per substratprov.

E: 3x 180g kartong + 400 ml vatten

F: 3x 180g kartong + 200 ml vatten + 200 ml flytande biogödsel

G: 3x 180 g kartong + 300 ml vatten + 100 ml flytande biogödsel.

Den dominerande kväveformen i biogödseln är ammoniumkväve och dess pH ligger vanligen runt 8 (C4 Energi 2018).

En kontroll (A) förbereddes också, enligt Stamets (2000) rekommendationer, bestående av 180 g substrat – 74 % alspån, 24 % vetekli, 2 % CaSO₄ – samt 400 ml vatten.

Från varje box togs 15 g substrat ut och placerades i petriskålar, vilka sedan autoklaverades i + 121 grader under 15 minuter. pH mättes i petriskålarna innan de inokulerades med agarbitar om 1,5 cm i diameter koloniserade med mycel av *Pleurotus ostreatus* stam M2191. Petriskålarna placerades därefter i + 25 grader för myceltillväxt.

De substratfyllda boxarnas vikt noterades, och de pastöriserades sedan i + 65 grader under 8 timmar varefter pH mättes. Därefter blandades substraten med 40 gram rågkärnor, koloniserade med svampmycel från företaget Ecofungi (Malmö, Sverige) i vardera box och placerades sedan i ett mörkt skåp i + 25 grader för tillväxt.

Myceltillväxten mättes regelbundet i petriskålarna fram till dag 8 och tillväxten i boxarna övervakades. Dag 16 placerades boxarna i kylrum, + 7–10 grader, under 4 dagar för att inducera fruktkroppsbildning. Därefter togs locken av och boxarna placerades i odlingsrum med en temperatur på + 24 grader och med en relativ luftfuktighet på 90 %. Produktion av fruktkroppar följdes visuellt. Resultaten i de olika svampsubstraten jämfördes sedan genom en beräkning av biologisk effektivitet, BE. Beräkningen gjordes med hjälp av följande formel:

$$BE = \frac{\text{Färskvikt svamp}}{\text{Torrsvikt substrat}} \times 100$$
, där "färskvikt svamp" i detta försök avser den första skördeomgången (s.k. första flushen).

3. Resultat

3.1 Litteraturstudien

3.1.1. Vad består kartong av?

Papper och kartong framställs av cellulosa-fibrer, huvudsakligen från ved. De träslag som främst används vid svensk kartongtillverkning är gran och tall (Skogssverige u.å.) Barrfiber används eftersom de är långa och starka och därmed bidrar till att göra produkten stark och tålig, medan kortare fibrer från lövträd används till finare pappersprodukter (Föreningen Skogen u.å.) De färska massafibrerna kallas nyfiber och utgör den största delen av pappers- och kartongproduktionen – returfiber utgör enligt Skogsindustrierna (u.å.) ungefär 15 procent av den totala fiberförbrukningen.

Vilka egenskaper den slutliga produkten får beror på fiberslag och massaprocess samt på dess uppbyggnad och bstrykning (Skogssverige 2012a). Kartong- och pappersprodukter är relativt lika innehållsmässigt; det som skiljer dem åt är att kartong ofta är uppbyggt av ett antal skikt och därför har en högre ytvikt än papper (Skogssverige, 2012a). Wellpapp är en produkt uppbyggd av flera sådana skikt. Dess vågiga mellanlager kallas *fluting* och de plana ytlagren kallas *liner*, och dessa hålls samman av ett lim som huvudsakligen är baserat på majsstärkelse (Davpack 2019).

När träfibren förbereds för att ingå i pappersmassa används generellt två olika typer av processer för fiberseparering; den mekaniska massaprocessen och den kemiska massaprocessen (Iggesund Paperboard u.å.a). De olika processerna ger upphov till olika typer av papper – den mekaniska processen ger ett papper som på grund av en stor mängd kvarvarande lignin är styvt och relativt svagt, men med en hög renhet eftersom det i princip bara består av träfibrer och vatten (Iggesund Paperboard u.å.b). Den kemiska processen innebär att ligninet till stor del tas bort från lignocellulosan, och även hemicellulosan försvinner i processen genom hydrolys (Holtzaple 2003). Kvar i pappersmassan, och därmed i kartongen, finns alltså främst cellulosa. Denna process ger ett starkt pappers- eller kartongark, men å andra sidan används ett antal kemikalier (Iggesund Paperboard u.å.a). Den vanligaste kemiska processen vid framställning av pappersmassa är sulfatmassaprocessen (Holtzaple 2003). Vid kokning av massa enligt sulfatprocessen är de vanligaste verksamma beståndsdelarna natriumsulfid och

natriumhydroxid, men även andra kemikalier används (Skogssverige 2012b).

Vanligen blandas massa från de olika processtyperna, tillsammans med returfiber massa, för att framställa olika typer av pappers- och kartongprodukter (Skogsindustrierna u.å.). Detta gäller även framställning av wellpapp (Davpack 2019). Returpapper utgör en större osäkerhet jämfört med nyproducerade pappers- och kartongprodukter, eftersom returpapper ofta innehåller föroreningar som plast, metaller och trycksvärta (Skogssverige 2012c). I en magisteruppsats av Afradi (2011) undersöks olika pappersprodukters toxicitet för vattenlevande organismer (kräftdjuret *Daphnia magna*). De olika wellpapptyper som undersöktes i arbetet visade sig ha förhållandevis låga halter av ämnen toxiska för kräftdjuren medan andra typer av papper (exempelvis tidningspapper) hade betydligt högre halter av dessa ämnen (Afradi 2011).

I Sverige finns ett antal producenter av kartong och pappersmassa, och ett företag som producerar den typen av wellpappkartong som används i försöket är SCA (Svenska Cellulosa AB). Enligt Lise-Lotte Jaktlund (mailkontakt, 2019-02-19), på SCA, uppfyller deras produkter de lagstadgade kraven för "direkt kontakt med våta, feta, torra icke-feta livsmedel och sådana som skalas eller tvättas innan konsumtion". Halten av bly, kadmium och kvicksilver i deras kartongprodukter ska ligga under 100 ppm (SCA 2018).

3.1.2. Odling på kartong och papper

Flera tidigare studier har tidigare undersökt möjligheten att odla *Pleurotus ostreatus* på kartong eller returpapper, med och utan inblandning av kväverikt material (Bisht & Harsh 1984; Owaid *et al.* 2015; Mandeel *et al.* 2005).

Bisht och Harsh undersökte redan år 1984 möjligheten att odla *Pleurotus ostreatus* på en blandning av restpapper och eldkrona (*Lantana camara*). Eldkrona, som är en invasiv art på många platser, kan utgöra ett hot mot den naturliga floran i och med sin kraftiga spridning. Den röjs därför ofta intensivt vilket ger upphov till stora mängder kväverikt växtmaterial. Försöket utgick från ett svampsubstrat med 33 viktprocent papper och resten eldkrona, och jämfördes med en kontroll bestående av sågspån blandat med fröskal av ris. Resultatet av försöket visar att papper utgör ett möjligt substrat för *Pleurotus ostreatus* att växa på, men att fruktkropparna

odlade på papper och eldkrona fick en långsmalare form än de som odlats på sågspån.

Ett mer nutida försök, utfört av Owaid *et al.* (2015) undersökte fyra olika svampsubstrat med olika andel vetehalm och kartong för att undersöka vilket som gav bäst skörd. De fyra substraten bestod av (1) endast vetehalm, (2) endast kartong, (3) 50 % vetehalm och 50 % kartong och (4) 30 % vetehalm och 70 % kartong. I substraten blandades också in 5 % torrsvikt av CaSO_4 vilket ofta tillsätts till svampsubstrat för att höja pH under tillväxten (Stamets, 2000). Studien av Owaid *et al.* visar att odling av *Pleurotus* med kartong som substrat är möjligt. Resultaten indikerar också att odling på kartong skulle kunna vara mer effektivt än odling på endast halm. Odlingseffektivitet mättes i försöket som biologisk effektivitet, BE. För kartongsubstratet uppmättes BE till 68,1 % efter två skördar på samma substrat medan det för halm endast uppgick till 9,1 %. Inte heller de två olika blandningarna av halm och kartong kom upp i samma biologiska effektivitet som endast kartong (49,5 % i substratet med 50/50 halm och kartong respektive 36,5 % i substratet med 30/70 halm och kartong). I studien nämner författarna att det dessutom skulle kunna uppstå konkurrens om halmen i och med att den även kan användas som djurfoder, och att kartong skulle kunna vara ett bättre substratalternativ även ur resurssynpunkt.

I en tredje studie, utförd av Mandeel *et al.* (2005) jämfördes olika typer av lignin- och cellulosahaltigt avfall för odling av olika arter av *Pleurotus*. *Pleurotus ostreatus* visade sig här ge högre avkastning och biologisk effektivitet på kartong och papper än på de övriga undersökta substraten (sågspån och växtrester från dadelproduktion i form av stödblåd från dadelblommor). I studien blandades de olika svampsubstraten med hönsgödsel, CaCO_3 och CaSO_4 . Kalciumkarbonat och kalciumsulfat tillsattes för höjning av pH. Den första skörden i försöket gjordes 18 dagar efter inkubering på kartong respektive 20 dagar efter inkubering på papper. BE för kartong var i denna studie 117,5 %, för papper 112,4%, efter sex skördar. Mandeel *et al.* utförde även tester av näringsinnehåll i svampen, och visade att kartongsubstraten producerade svamp med minst lika höga halter av protein och kolhydrater som de andra substraten.

3.2 Odlingförsöket

Myceltillväxt av *Pleurotus ostreatus* i petriskålarna kunde endast observeras för prov E (utan biogödsel). Prov F (biogödsel utgör 50 % av vätskan) och G (biogödsel utgör 25 % av vätskan) visade ingen tillväxt (se tabell 1). I petriskålarna hade dessa substrat vid försöksstart något högre pH än prov E (utan biogödsel) (tabell 1). Dag 4 efter inokulering hade mycelet i prov E vuxit lika långt ut i kanterna på petriskålen som i kontrollprovet A, men var betydligt glesare än kontrollen (bild 2).

Tabell 1: Substratens pH i petriskålarna vid försöksstart, myceltillväxt i petriskålarna efter 4 respektive 8 dagar samt BE för svampkropparna som vuxit i boxarna efter 27 dagar (samtliga är medelvärden)

Prov	pH	Tillväxt petriskål dag 4 (cm)	Tillväxt petriskål dag 8 (cm)	BE (%) i boxarna
A (kontroll)	5,67	4,5	7,3	44,8
E (kartong)	7,56	4,1	8	28,0*
F (kartong + 50 % biogödsel)	8,14	0	0	50,0
G (kartong + 25 % biogödsel)	8	0	0	44,8

* Baserat på endast substrat E3



Bild 2: Myceltillväxt i prov E1 jämfört med kontrollprov A1, dag 4

Då prov E2 (kartong) endast hunnit få början till svampkroppar vid försökets slut, och E1 inte hunnit producera någon svamp alls, utslöts dessa från beräkningarna av BE. Kompletta siffror finns i tabell 2 i bilaga 1.

I boxarna växte mycelet i alla replikat av prov E (kartong), F (kartong + 50 % biogödsel) och G (kartong + 25 % biogödsel), men mycelet i kontrollen växte betydligt kraftigare (bild 3).



Bild 3: Myceltillväxt i boxarna dag 16 efter inokulering (fr. v: substrat A, E F & G)

25 dagar efter inokulering kunde små svampkroppar (bild 4) urskiljas i substrat E3, G3, F1 och F2 samt i A2. Efter 27 dagar fanns svamp även i G1, G2, F3 och A3. Svamparna skördades och vägdes 4 dagar efter uppkomst i respektive substrat (bild 5), varefter BE beräknades.



Bild 4 & 5: Nybildade svampkroppar respektive skördeklara svampar, båda i substrat F (50 % biogödsel)

4. Diskussion

Litteraturstudien såväl som odlingsförsöket visar att odling av *Pleurotus ostreatus* på kartong är möjlig. Odlingsförsöket indikerar att kvävetillförsel ger en ökad tillväxt av mycel i svampsubstratet samt ökad biologisk effektivitet i svampproduktionen – substratet med endast kartong och vatten hade ett BE på 28 % i det enda replikat som hunnit få fullt utvecklade svampkroppar vid försökets slut, jämfört med ett snitt på 50 % i substrat F (kartong + 50/50 biogödsel och vatten) och 44,8 % i substrat G (kartong + 25/75 biogödsel och vatten). Siffrorna i bilaga 1, tabell 2 indikerar dessutom att substrat F, med en högre tillförsel av biogödsel, presterar något bättre än substrat G men att ett lågt resultat i replikat F3 håller nere medelvärdet. Fler replikat hade eventuellt kunnat ge ett tydligare resultat. Resultatet av litteraturstudien ger inte ett lika tydligt resultat gällande huruvida biogödsel ger en ökad skörd. Owaid *et al.* (2015) erhöll ett BE på 68,1 % i ett svampsubstrat med endast kartong, på två skördar. Mandeel *et al.* (2005) uppmätte visserligen ett BE på 117,5 % i ett svampsubstrat bestående av kartong med inblandad hönsködsel, men dessa beräkningar gjordes på sex skördeomgångar. Enligt Mandeel *et al.* (2005) erhöles mer än hälften av skördevikten från de två första skördarna i försöket – BE för två skördar bör alltså i de båda nämnda försöken vara relativt lika. En jämförelse mellan endast försöken utförda av Owaid *et al.* och Mandeel *et al.* indikerar alltså att en tillförsel av kväve till kartongen inte alltid ökar skörden av *P. ostreatus* även om så var fallet i detta försök. En mer omfattande litteraturstudie, eller fler odlingsförsök, skulle dock vara önskvärd då BE i de olika försöken skulle kunna påverkas av faktorer som exempelvis olika typer av kartong, olika miljöfaktorer i odlingen samt olika stammar av *P. ostreatus*.

Med ett BE på runt 50 % efter en skörd, som i detta försök, måste kartongen blandad med biogödsel anses godkänd som svampsubstrat när det gäller skördeutbyte. Jämfört med kontrollsubstratet, som ju förbereddes enligt Stamets (2000) rekommendationer, gav kartong blandad med biogödsel ett minst lika högt skördeutbyte av *P. ostreatus* i odlingsförsöket. Enligt Chang & Miles (1989) är ett BE på 50 – 70 % under några få veckors tid utmärkande för högavkastande stammar av *Pleurotus*, men då boken gavs ut redan 1989 lär nya mer förädlade stammar finnas på marknaden idag. Stamets (2000) menar att odlad *P. ostreatus* har ett potentiellt BE på 75 – 200 % beroende på antal skördar som tas ut samt på storlek hos de fruktkroppar som plockas.

4.1 Myceltillväxt

Mycelet täckte vid fruktinducering allt substrat i alla tio odlingsboxarna. I petriskålarna däremot såg resultatet helt annorlunda ut. I de petriskålar som innehöll kväveberikat substrat kunde ingen som helst myceltillväxt observeras, medan det i petriskålarna med endast kartong och vatten växte snabbare, om än betydligt glesare, än i petriskålarna med kontrollsubstrat.

I en studie av Hoa *et al.* (2015) undersöks förhållandet mellan kol-kväveknot (C/N) och tillväxt av mycel och fruktkroppar hos bland annat *P. ostreatus*. Resultaten i studien pekar på att en högre C/N-kvot i svampsubstratet visserligen ger en snabbare myceltillväxt än i substratet med mer kväve, men att en lägre C/N-kvot ger en större biologisk effektivitet och därmed högre avkastning. Mina prover uppvisar ett liknande mönster – proverna utan tillsatt kväve hade en snabb tillväxt av mycel i petriskålarna medan den biologiska effektiviteten i substraten med biogödsel var högre. I boxarna var dock myceltillväxten som nämnt betydligt kraftigare i de kväveberikade substraten.

Att mycelet växer glesare vid lägre näringshalter, och mer koncentrerat vid bättre näringsförhållanden, beror enligt Deacon (2006) på att när mycelet stöter på en näringsrik plats i substratet det växer på börjar det producera en mängd hyfer för att kunna exploatera näringen så effektivt som möjligt. Detta är en möjlig förklaring till att mycelet i prov E, utan tillsatt biogödsel, växte så mycket glesare än i kontrollprovet – i kontrollen fanns så pass mycket näring att svampen lade fokus på att förgrena sitt mycel istället för att fortsätta växa utåt kanterna i petriskålen.

Att myceltillväxten helt uteblev i proverna F och G i petriskålarna skulle kunna bero på högt pH (pH ca 8,2 i F med 50 % biogödsel respektive pH 8 i G med 25 % biogödsel). Dock kunde en relativt stark tillväxt observeras i boxarna som innehöll exakt samma substrat som petriskålarna. En förklaring till detta skulle eventuellt kunna vara att petriskålarna autoklaverades medan boxarna pastöriserades, och att det under pastöriseringen avgick mer ammoniak till luften än under autoklaveringen på grund av att pastöriseringen pågår under en längre tid och därför hinner ge upphov till högre avdunstning. Inget pH-test gjordes i det pastöriserade svampsubstratet vilket gör denna teori svår att belägga. Romero-Arenas *et al.*

(2012) har dock visat att mycel av *Pleurotus ostreatus* kan växa i ett pH så högt som 11 (jämfört med mitt pH som låg runt 8). Tilläggas ska att man i försöket av Romero-Arenas *et al* använde en annan stam av *Pleurotus* (stam CP-50). Något som tyder på att inte endast högt pH var anledningen till den dåliga tillväxten är att substrat E också hade relativt högt pH; i snitt ca 7,6 jämfört med kontrollsubstratet som låg på ca 5,7 (bilaga 1, tabell 2). En annan faktor som skulle kunna påverka myceltillväxten är koncentrationen av lösta ämnen i substratet. Enligt Brooker *et al.* (2014) krävs en lägre koncentration av lösta ämnen i svampens substrat än i dess hyfer för att osmosen, och därmed tillväxten, ska fungera. Om teorin om att mer ammoniak avgår till luften under pastörisering än vid autoklavering stämmer, skulle mängden lösta ämnen i form av ammoniumjoner i petriskålarna kunna vara en förklaring till den uteblivna tillväxten på det sättet att överskottet av ammoniumjoner i substratvätskan hindrar eller minskar osmosen. Denna teori behöver dock utredas närmre för att kunna stödjas. Slutligen inokulerades svampen med hjälp av koloniserade rågkärnor i odlingsboxarna, medan det mycel som tillsattes i petriskålarna växte på agar. En teori skulle därför kunna vara att mycelet på rågkärnorna var mer livskraftigt – dock syntes inga skillnader i myceltillväxt mellan agar och rågkärnor på kontrollsubstraten.

4.2 Kartong som svamps substrat

Vid försökets start fanns en farhåga kring att kartongen, när den blöttes med vatten och biogödsel, skulle bli för kompakt och därmed hindra gasutbyte och tillväxt hos svamphyferna. I detta avseende verkade dock wellpapp vara ett bra svamps substrat – den så kallade flutingen utgör ”naturliga” porer i kartongen.

Enligt Chang & Miles (1989) ställs högre krav på substrat vid svampodling än vid växtodling, eftersom svampar är heterotrofer. Därför är det extra viktigt att svamps substratet är passande både kemiskt (rätt C/N-kvot och fritt från föroreningar) och fysiskt (poröst för att ge hyferna tillgång till syre och vatten). En osäkerhet i min studie är substratets eventuella innehåll av tungmetaller. Då wellpapp ofta innehåller återvunnet material vilket ofta är förorenat av tryckfärg, lim och andra kemiska produkter (Davpack 2019) är risken att det innehåller tungmetaller, och andra ämnen som innebär en risk för humankonsumtion, relativt stor. De tungmetaller som har gränsvärden i SCA's Declaration of Compliance (2018) gällande livsmedelsklassad kartong, och därför får antas utgöra en risk, utgörs av bly, kadmium,

kvicksilver och krom.

Släktet *Pleurotus* är känt för att kunna anrika bland annat bly. En studie av Javeed *et al.* (2016) mätte blyhalt i svampkroppar av *Pleurotus florida* producerade på ett substrat bestående av tryckt restpapper. Studien visade att svamparna som vuxit på restpapper innehöll mer än tio gånger det rekommenderade intaget av bly, medan kontrollen som vuxit på risskal hade ett blyvärde långt under gränsvärdet. I denna studie var det antagligen trycket på pappret som innehöll höga blyhalter och studien innehåller inga tester av blyhalt i papperssubstratet vilket gör det svårt att veta hur stor andel av papprets bly som anrikades i svampen.

Kartongprodukter godkända för livsmedelskontakt får i Sverige maximalt innehålla 100 ppm bly (SCA 2018) och för Svanenmärkt tryckfärg för papperstryck är gränsvärdet också 100 ppm (Nordisk Miljömärkning 2009). 100 ppm är i livsmedelssammanhang högt. Livsmedelsverkets rekommendationer säger exempelvis att gränsvärdet för bly i ägg är 0,05 ppm (Livsmedelsverket 2012), och för dricksvatten ligger det på 0,01 ppm (Livsmedelsverket 2019). Här vore det därför också intressant att veta hur stor andel av de eventuella tungmetallerna i substratet som tas upp och anrikas i svampen.

Gällande frågeställningen om vad kartong egentligen är finns enligt min litteraturstudie inget enkelt svar. Kartong görs förstås av träfiber, men de olika pappersmassorna tillverkas på olika sätt beroende på producent och olika typer av kartong har olika betrykningar och lager. Mekaniskt tillverkad kartong är enligt det jag funnit i litteraturstudien den renaste kartongtypen eftersom den görs av rena träfibrer utan inblandning av kemikalier (Iggesund Paperboard u.å.b). Förekomst av returpapper innebär en risk som svampsubstrat eftersom returfibrerna ofta är kontaminerade (Skogssverige 2012c). Dock försvinner den cirkulära aspekten om återvunnen kartong inte kan användas. Ren, ny kartong som används att odla svamp i måste ses som resursslöseri. Mot bakgrund av detta är det än viktigare att ta reda på dels hur mycket tungmetaller den återvunna kartongen innehåller, dels hur mycket av dessa svampen absorberar.

4.3. Förbättringar och vidare studier

Gällande förändringar i försökets upplägg vore det intressant att mäta pH även i de pastöriserade substraten i boxarna för att ta reda på orsaken till varför mycelet växte bättre i boxarna än i petriskålarna. Det skulle också vara önskvärt med fler replikat; vid mätning av myceltillväxt i prov E uppstod ett extremvärde i ett av proverna (enligt mätning hade mycelet krympt från dag 4 till dag 8 vilket inte får anses troligt) vilket gör att medelvärdet baseras på endast två prov. En större säkerhet hade kunnat ställas vid ett högre antal substratprover. Detta skulle å andra sidan ge en högre arbetsbelastning, men att strimla kartongen i exempelvis en dokumentförstörare istället för att finfördela den för hand som i detta försök skulle kunna bidra till att spara tid.

Då biogödsel håller ett så pass högt pH, och dessutom beroende på råvaror i processen även den kan innehålla tungmetaller (C4 Energi 2018; Avfall Sverige u.å.), vore det intressant med en testodling av ostronskivling på kartongsubstrat berikad med en annan kvävekälla. Då ostronskivling uppvisat en preferens för organiskt bundet kväve framför ammonium (Deacon 2006) skulle ett mindre nedbrutet material, exempelvis lusern vilket ofta används för kvävetillförsel till halmsubstrat (Hansson & Hansson 2014), kunna vara lämpligt.

En annan idé för vidare studier vore som nämnt att göra en analys av exempelvis tungmetaller dels i substratet före odling och dels i svampen efter skörd för att se om en ackumulering sker i fruktkropparna. I denna studie läggs främst fokus på bly eftersom *Pleurotus* i försök visat sig anrika bly i sina fruktkroppar, men även upptag av de andra nämnda metallerna (kadmium, kvicksilver och krom) vore intressanta att studera. Det kunde även vara intressant att gräva ännu djupare i kartongens innehåll.

4.4. Slutsats

Slutsatsen av både min litteraturstudie och mitt odlingsförsök visar att det går att odla ostronskivling på kartong. Kväveberikad kartong verkar ge högre skördar än ren kartong och man bör använda kartong som är fri från gifter om svampen ska användas för humankonsumtion.

Litteraturlista:

Afradi, M. (2011). *Gifter i papper*. (Magisteruppsats). Göteborg: Institutionen för växt-och miljövetenskaper, Göteborgs Universitet. Tillgänglig:

https://bioenv.gu.se/digitalAssets/1337/1337546_meral-afradi.pdf?fbclid=IwAR39Of5McSYYQy2pTW93re9Jkq1TM0z5rtrsQLD_icoNcH7kMKujv-bzDis [2019-03-07].

Andreasson, P.O. (2005). *Ekologisk odling av ostronskivling*. Jordbruksverket.

(Jordbruksinformation, 2005:10). Tillgänglig:

<http://www.vaxteko.nu/html/sll/sjv/jordbruksinfo/JIN05-10/JIN05-10META.HTM> [2019-02-28].

Barron, G. L., & Thorn, R. G. (1987). Destruction of nematodes by species of *Pleurotus*. *Canadian Journal of Botany*, vol. 65(4), ss. 774-778.

Bisht, N. S., & Harsh, N. S. K. (1984). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Fr. by utilising *Lantana camara* and waste paper. *Agricultural wastes*, vol. 11(2), ss. 99-103. DOI:

[https://doi.org/10.1016/0141-4607\(84\)90024-6](https://doi.org/10.1016/0141-4607(84)90024-6).

Brooker, R.J., Widmaier, E. P., Graham, L. E. & Stiling, P.D. (2014). *Biology*. Uppl. 3. New York: McGraw-Hill Education.

C4 Energi (2018). *Innehållsdeklaration för Karpalunds biogödsel*. Tillgänglig:

<https://www.c4energi.se/globalassets/biogodsel/2019-02-02--innehallsdeklaration-nov-dec.pdf>. [2019-03-06].

C4 Energi (u.å.). *Om Biogas*. Tillgänglig: <https://www.c4energi.se/sv/biogas/>. [2019-03-02].

Chang, S.T. & Miles, P.G. (1989). *Edible Mushrooms and Their Cultivation*. Boca Raton: CRC Press.

Chang, S.T. & Miles, P.G. (2004). *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact*. Uppl. 2. Boca Raton: CRC Press.

Davpack (2019). *Hur tillverkas wellpapp?* Tillgänglig: <https://www.davpack.se/blogg/hur-tillverkas-wellpapp/>. [2019-03-04].

Deacon, J. (2006). *Fungal Biology*. Uppl. 4. Oxford: Blackwell Publishing.

Föreningen Skogen (u.å.). *Skogsencyklopedin: Papper*. Tillgänglig:

<https://www.skogen.se/glossary/papper>. [2019-03-01].

Hansson, G. & Hansson, L. (2014). *Information om ostronskivling*. [Broschyr]. Harplinge: Fungigården. Tillgänglig:

https://fungigarden.files.wordpress.com/2014/06/fungi_broschyr_web.pdf. [2019-03-02].

Herrström, G. (1992). *Ostronskivling - Grundkurs i praktisk svampodling*. Hässleholm.

Hoa, H. T., Wang, C. L., & Wang, C. H. (2015). The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*, vol. 43(4), ss. 423-434. DOI:

<https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.4.423>.

Holtzapfle, M.T. (2003). Lignin. I: Trugo, L. & Finglas, P.M. (red). *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Uppl. 2. Elsevier Science. DOI: <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00699-4>.

Iggesund Paperboard (u.å.a). *Vad är kartong?* [Broschyr]. Tillgänglig:

https://www.iggesund.com/globalassets/iggesund-documents/pitw/ptiw-se/kapitel_2_vad_ar_kartong.pdf. [2019-03-04].

Iggesund Paperboard (u.å.b). *The Paperboard Process*. [Broschyr]. Tillgänglig:

https://www.iggesund.com/globalassets/iggesund-documents/pitw/ch_3_the_paperboard_process.pdf. [2019-03-03].

Jain, S. K., Gujral, G. S., Jha, N. K., & Vasudevan, P. (1988). Heavy metal uptake by *Pleurotus sajor-caju* from metal-enriched duckweed substrate. *Biological Wastes*, vol. 24(4), ss. 275-282. DOI: [https://doi.org/10.1016/0269-7483\(88\)90113-9](https://doi.org/10.1016/0269-7483(88)90113-9).

Javeed, S., Sunitha, N., & Nandini, N. (2016). Absorption of lead by oyster mushroom cultivated on printed waste paper with rice husk as a supplementary substrate. *Environment and Ecology*, vol. 34(3A), ss. 1134-1138. Tillgänglig:

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/FullTextPDF/2016/20163245613.pdf> [2019-02-25].

Jennings, D.H. & Lysek, G. (1996). *Fungal Biology – Understanding the Fungal Lifestyle*. Oxford: BIOS Scientific Publishers.

Kirchmann, H. (1988). *Några principiella skillnader mellan aerob och anaerob nedbrytning av stallgödsel under lagring*. Växteko. Fakta – Mark/växter (3). Sveriges Lantbruksuniversitet.

Livsmedelsverket (2012). *Livsmedelsverkets föreskrifter om främmande ämnen i livsmedel*. (LIVSFS 2012:3). Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/om-oss/lagstiftning/frammande-amnen---oonskade/livsfs-2012-3-kons.pdf>. [2019-03-02].

Livsmedelsverket (2019). *Bly*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/metaller1/bly>. [2019-03-03].

Mandeel, Q. A., Al-Laith, A. A., & Mohamed, S. A. (2005). Cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) on various lignocellulosic wastes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 21(4), ss. 601-607. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-004-3494-4>.

Mycelia (u.å.). *Pleurotus ostreatus – Winter oyster mushroom – strain: M 2191*. Tillgänglig: <https://www.mycelia.be/en/strain-list/m-2191-pleurotus-ostreatus> [2019-02-28].

Nordisk Miljömärkning (2009). *Svanenmärkning av tryckerier*. Version 4.3. [Broschyr]. Stockholm: SIS Miljömärkning. Tillgänglig: http://www.svanen.se/Global/Pdf-dokument/Kriteriedokument_41_Svenska.pdf?fbclid=IwAR0LmqZMAGN4I96hIOD8ivMPzXN5yvvd-xVORwKwYsIjWkR4cu_YeH1YLTEE. [2019-03-07].

Owaid, M. N., Abed, A. M., & Nassar, B. M. (2015). Recycling cardboard wastes to produce blue oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* in Iraq. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. Ss. 537-541. DOI: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2015.04.118>.

Romero-Arenas, O., Huato, M. A. D., Trevintilde, I. H., Lezama, J. P., García, A. A., & Arellano, A. D. V. (2012). Effect of pH on growth of the mycelium of *Trichoderma viride* and *Pleurotus ostreatus* in solid cultivation mediums. *African Journal of Agricultural Research*, vol. 7(34), ss. 4724-4730. Tillgänglig: http://www.academicjournals.org/app/webroot/article/article1380875759_Arenas%20et%20al.pdf. [2019-02-25].

SCA (2018). *Declaration of Compliance*. Obbola: SCA.

Skogsindustrierna (u.å.). *Papper och kartong*. Tillgänglig: <https://www.skogsindustrierna.se/skogsindustrin/produkter/papper-kartong/>. [2019-03-01].

Skogssverige (2012a). *Om kartongtillverkning*. Tillgänglig:

<https://www.skogssverige.se/papper/fakta-om/om-kartongtillverkning>. [2019-03-01].

Skogssverige (2012b). *Sulfatmassaprocessen*. Tillgänglig:

<https://www.skogssverige.se/papper/fakta-om/massa-och-papperstillverkning/sulfatmassaprocessen>. [2019-03-01].

Skogssverige (2012c). *Returpappersmassa*. Tillgänglig:

<https://www.skogssverige.se/papper/fakta-om-papper-och-massa/massa-och-papperstillverkning/returpappersmassa>. [2019-03-01].

Skogssverige (u.å.). *Massa- och pappersindustrin*. Tillgänglig:

<https://www.skogssverige.se/massa-och-pappersindustrin>. [2019-03-01].

Stamets, P. (2000). *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Kalifornien: Ten Speed Press.

Stihi, C., Radulescu, C., Busuioc, G., Popescu, I. V., Gheboianu, A., & Ene, A. (2011). Studies on accumulation of heavy metals from substrate to edible wild mushrooms. *Romanian Journal of Physics*. Vol. 56, ss. 257-264. Tillgänglig:

https://www.researchgate.net/profile/Claudia_Stihi/publication/221875787_STUDIES_ON_ACCUMULATION_OF_HEAVY_METALS_FROM_SUBSTRATE_TO_EDIBLE_WILD_MUSHROOMS/links/0046352cd96129cfde000000/STUDIES-ON-ACCUMULATION-OF-HEAVY-METALS-FROM-SUBSTRATE-TO-EDIBLE-WILD-MUSHROOMS.pdf. [2019-03-02].

Tolgs Ostronskivling (u.å.). Tillgänglig: <http://tolgsostronskivling.se/>. [2019-03-04]

Återvinning Stockholm (u.å.). *Pappersåtervinning*. Tillgänglig: [http://www.xn--](http://www.xn--tervinningstockholm-zwb.se/atervinningsprocessen/pappersatervinning/)

[tervinningstockholm-zwb.se/atervinningsprocessen/pappersatervinning/](http://www.xn--tervinningstockholm-zwb.se/atervinningsprocessen/pappersatervinning/). [2019-02-28].

Bilaga 1

Tabell 2: Rådata från försöket

Behandling	Substrat	pH	Mycel petri-skål dag 4 (cm)	Mycel petri-skål dag 8 (cm)	Första fruktkroppen (dag efter inokulering)	BE odlingsbox (%) 4 dagar efter uppkomst
A1	Kontroll	5,67	4,5	5,5	Dag 27	38,6
A2	"	-	4,5	8	Dag 25	49,3
A3	"	-	4,5	8,5	Dag 27	46,4
E1	180 g kartong + 400 ml vatten	7,34	4	8	-	-
E2	"	7,78	3,8	8	Dag 28	-**
E3	"	-	3,3	8*	Dag 25	28,0
F1	180 g kartong + 200 ml vatten + 200 ml biogödsel	8,34	0	0	Dag 25	52,0
F2	"	7,93	0	0	Dag 25	76,2
F3	"	-	0	0	Dag 27	21,9
G1	180 g kartong + 300 ml vatten + 100 ml biogödsel	8,01	0	0	Dag 27	46,5
G2	"	7,99	0	0	Dag 27	41,6
G3	"	-	0	0	Dag 25	46,2

* Uppmätt dag 11

** Hann inte sköras före försökets slut