

104

*Riitta Kemppainen*

**Siitakkeen kannat ja  
viljelytekniikka**



*Riitta Kemppainen*

---

# **Siitakkeen kannat ja viljelytekniikka**

**Shiitake strains and cultivation technique**

---

**Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus**

ISBN 951-729-643-6 (Painettu)  
ISBN 951-729-644-4 (Verkkajulkaisu)  
ISSN 1239-0852 (Painettu)  
ISSN 1239-0844 (Verkkajulkaisu)  
<http://www.mtt.fi/asarja>

*Copyright*

MTT

Riitta Kemppainen

*Julkaisija*

MTT, 31600 Jokioinen

*Jakelu ja myynti*

MTT, Tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen  
Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339  
sähköposti [julkaisut@mtt.fi](mailto:julkaisut@mtt.fi)

*Painatus*

Jyväskylän yliopistopaino 2001

Sisäsivujen painopaperille on myönnetty pohjoismainen Joutsenmerkki.  
Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

# Tiivistelmä

*Avainsanat: ruokasienet, siitake, Lentinula edodes, sato, sadon laatu*

Tutkimuksen tavoitteena oli saada viljelyyn sekä laadullisesti että määrällisesti nykyistä paremman sadontuotantokyvyn omaavia siitakekantoja ja löytää ratkaisuja viljelyketjun biologisiin ja teknisiin ongelmiin. Kolmivuotisen projektin aikana testattiin 24 siitakekannan sadontuotanto-ominaisuuksia.

Siitakekantojen sadontuotantokykyä mitattiin laskemalla niiden biologinen tehokkuus, joka ilmaisee kannan kykyä muuttaa kasvualustaa sieniksi. Testattujen kantojen biologinen tehokkuus vaihteli välillä 2–97 %. Vain kahden kannan biologinen tehokkuus oli selvästi parempi kuin käytössä olevan tuotantokannan sadontuotantopotentiaali. Näiden kahden runsassatoisen kannan laadulliset ominaisuudet eivät kuitenkaan olleet riittävän hyviä, jotta ne olisi valittu uusiksi tuotantokannoiksi. Korkealaatuista satoa tuottava kanta onnistuttiin kuitenkin löytämään jo ensimmäisten kantavertailukokeiden aikana. Tämä johti siihen, että kauppasiemenin tuotantokanta vaihdettiin. Näin voitiin siir-

tyä poimimaan suoraan myyntirasioihin. Kantavertailukokeet osoittivat, että sekä määrällisesti että laadullisesti korkean sienisadon tuottavaa ominaisuutta ei löytynyt samasta kannasta.

Yleisimpiä kasvualustaa kontaminoivia sieniä olivat *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp. ja *Penicillium* sp.. *Trichoderma* on näistä nopeakasvuisin, joten se voitiin havaita kasvualustasta jo 4–6 vuorokauden kuluttua steriloinnista. Kontaminaatioita esiintyi keskimäärin 10 %:lla kasvualustoista. Kontaminoituminen johtui joko riittämättömästä steriloinnista tai kasvualustan suojakalvon reikiintymisestä.

Projektin yhtenä tavoitteena oli löytää nopeampikasvuisia kantoja, joilla rihmasto-vaihetta saataisiin lyhennetyksi ja sadontuotantocykliä nopeutetuksi. Testatuista kannoista löytyi muutamia nopeampikasvuisia kantoja kuin vertailukanta, mutta niiden tuottamat sienet eivät olleet riittävän laadukkaita. Tutkimuksessa ei löydetty yksinkertaista tapaa määrittää kasvualustan kypsyyttä sadontuotantovaihetta varten.

---

**Kemppainen, R.** 2001. Shiitake strains and cultivation technique. MTT publications. Series A 104. Jokioinen: MTT Agrifood Research Finland. 21 p. ISSN 1239-0852 (Printed version), ISSN 1239-0844 (Electronic version), ISBN 951-729-643-6 (Printed version), ISBN 951-729-644-4 (Electronic version). <http://www.mtt.fi/asarja>

MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Plant Protection, FIN-31600 Jokioinen, Finland, [riitta.kemppainen@mtt.fi](mailto:riitta.kemppainen@mtt.fi)

---

## Abstract

---

*Key words: shiitake, Lentinula edodes, edible mushrooms, strains, biological efficiency value, mushroom yield, mushroom quality, contaminants, spawn run time*

---

The aim of the study was to enhance the cultivation of shiitake mushroom in Finland by identifying more effective and better-quality shiitake strains and to find solutions to some biological and technical problems in cultivation. We evaluated the cultivation properties and mushroom production efficiency of 24 different shiitake strains in experiments. The experiments were carried out in a commercial mushroom house, so the results could be compared to normal production. The yield potential of the strains was measured by the biological efficiency value (B.E. %), which is the ratio between the weight of harvested fresh mushroom per amount of dry substrate, expressed as a percentage. The biological efficiency of the tested strains was 2–97 %. Only two of the strains yielded clearly better results than the strain commonly used in commercial production, but their quality was not adequate. However, in the first experiment we succeeded in finding a strain which produced mushrooms of very

high quality, as a consequence of which the commercial mushroom house changed its production strain. We were unable to find a strain having both of the desired properties, high productivity and high quality.

The most common fungi which cause contamination of shiitake logs belong to the families *Aspergillus*, *Trichoderma* and *Penicillium*. *Trichoderma* grows very fast and could be observed on the medium already after 4 to 6 days after sterilization of the log. Contamination occurred in about 10% of the logs. Contamination may result from insufficient sterilization or a damaged protective cover of the log.

We also tried to find fast-growing strains in order to shorten the spawn run time. Some fast-growing strains were identified, but the quality of the mushrooms was not good. The mushrooms were watery and most of them were of abnormal shape. No simple method for determining the maturity of the substrate for the mushroom production phase could be found.

# Sisällys

Tiivistelmä .....	3
Abstract .....	4
1 Johdanto .....	7
1.1 Tutkimushankkeen tausta ja tavoitteet .....	7
2 Siitakkeen kasvatus ja viljely .....	7
2.1 Perinteinen viljely puupölkyissä .....	7
2.2 Viljely sahanpurupötköissä .....	8
2.3 Siitakkeen tuotanto maailmalla ja Suomessa .....	9
3 Kokeet ja niiden tulokset .....	9
3.1 Kasvualustojen sterilointi .....	9
3.1.1 Aineisto ja menetelmät .....	9
3.1.2 Tulokset .....	9
3.2 Kantavertailukokeet .....	9
3.2.1 Aineisto ja menetelmät .....	9
3.2.2 Kasvualustan painon, happi- ja hiilidioksidipitoisuuden sekä lämpötilan muutokset rihmastokasvatuksen aikana .....	11
3.2.3 Kantavertailukokeiden satotulokset .....	13
3.3 Kasvualustan koostumuksen analysointi .....	15
3.3.1 Aineisto ja menetelmät .....	15
3.3.2 Tulokset .....	16
3.4 Siitakesienen koostumuksen analysointi .....	16
3.4.1 Aineisto ja menetelmät .....	16
3.4.2 Tulokset .....	16
3.5 Home- ja bakteerikontaminaatioiden tunnistaminen kasvualustasta ja sienistä .....	17
3.5.1 Aineisto ja menetelmät .....	17
3.5.2 Tulokset .....	17
3.6 Kaasuja läpäisevien kalvojen testaus .....	18
3.6.1 Aineisto ja menetelmät .....	18
3.6.2 Tulokset .....	19
4 Tulosten tarkastelu .....	19
Kirjallisuus .....	20





# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimushankkeen tausta ja tavoitteet

Siitakesienen tuotanto- ja markkinointiprojekti käynnistettiin tutkimuksen ja käytännön viljelytoiminnan yhdistämiseksi. Tavoitteena oli löytää ratkaisuja viljelyketjun biologisiin ja teknisiin ongelmakohtiin. Lähtökohtana hankkeen käynnistämiseksi olivat koko kotimaisen siitakeviljelyn historian aikana esiintyneet odottamattomat ongelmat, jotka suurelta osin johtuivat soveltuvan tutkimustiedon puutteesta. Aiheesta tehtiin vuonna 1994 MTT:n Kasvinsuojeluosastolla kirjallisuuskatsaus (Mustamäki 1994), jossa selvitettiin viljeltävillä sienillä esiintyviä tauteja ja tuholaisia. Lisäksi tehtiin viljelysienitalouden olosuhdekartoitus (Mustamäki et al. 1994). Näiden esiselvitysten ja siitakkeen viljelijöiden tekemien aloitteiden pohjalta laadittiin hankehakemus Varsinais-Suomen TE-keskuksen maaseutuosastolle 5b-tavoiteohjelman mukaisen maaseudun kehittämishankkeen käynnistämiseksi. Hankeorganisaatioon kuuluivat Agropolis Oy, MTT/ Kasvinsuojelu, Mikkolan Sienituote Ky ja VTT/Bio- ja elintarviketekniikka. Agropolis Oy:n tehtävänä oli selvittää tuotannon laajentuessa siitakkeen markkinointimahdollisuuksia erityisesti Venäjän alueelle. MTT/ Kasvinsuojelun tehtävänä oli löytää ratkaisuja siitakkeen kasvualustan käyttäytymisen hallintaan. Mikkolan Sienituote Ky:n tehtävänä oli organisoida siitakkeen tuotantoketju projektin antamien tietojen pohjalta niin, että perheyrittysvaltainen sienituotanto voidaan toteuttaa kannattavasti. VTT/Bio- ja elintarviketekniikan roolina oli tuottaa ja testata sienirihmastokantoja koekasvatuksiin, osallistua tutkimuksen konsultointiin ja koekasvatusten analysointiin.

Hanke aloitettiin 1.9.1996 ja se päättyi 31.3.2000. Projektin rahoittajana ovat olleet Euroopan maatalouden ohjaus- ja tukirahaston lisäksi Varsinais-Suomen TE-keskus, MTT, Mikkolan Sienituote Ky ja VTT.

Tässä tiedotteessa esitellään hankkeen MTT:ssa tehdyn tutkimukset ja niiden tulokset.

## 2 Siitakkeen kasvatus ja viljely

Siitake, *Lentinula edodes* (Berk.) Pekler on puuta lahottava sieni, joka saa ravintonsa hajottamalla entsyymaattisesti kasvualustan puuosasta suurimolekyylisiä yhdisteitä. Puuta lahottavat sienet jaetaan ruskolahottajiin ja valkolahottajiin sen mukaan, käyttävätkö ne ensisijaisesti puun selluloosaa vai ligniiniä. Siitake kuuluu valkolahottajiin, sillä se pystyy hajottamaan selluloosan ohella myös ligniiniä. Siitake on ns. primaarilahottaja, joten se tarvitsee lahoamatonta, mutta kuitenkin kuollutta puuainesta kasvaakseen. Siitakkeen kasvualustaksi soveltuvat monet lehtipuulajit kuten tammi, kastanja, valkopyökki ja shii-puu, josta siitake on saanut nimensä. Suomessa yleisesti kasvavista lehtipuista siitakkeen rihmasto kasvaa parhaiten lepässä ja koivussa (Fujimoto & Pellinen 1985).

Siitakkeen luonnollisia menestymisalueita ovat Kaukoidän maat, lähinnä Japani, Kiina, Korea ja Taiwan.

### 2.1 Perinteinen viljely puupölkyyssä

Siitakkeen viljely ihmisravinnoksi aloitettiin jo yli 800 vuotta sitten Kiinassa (Chang & Miles 1987). Kiinasta viljely siirtyi jo varhaisessa vaiheessa Japaniin, missä viljelytekniikka varsinaisesti kehitettiin. Varhaisin viljelymuoto oli siitakkeelle soveltuvien puunrunkojen ja oksien pinnan vioittaminen siten, että lähistöllä olevien siitakesienten itiöt pääsivät tunkeutumaan puuhun (Fujimoto & Pellinen 1985). Jos sienirihmasto lähti kasvamaan, sieniä oli odotettavissa 2–3 vuoden kuluttua.

1900-luvun alussa kehitettiin menetelmä, jossa siitakkeen itiöitä sisältävää liuosta

siirrettiin voitettuihin kohtiin. Myöhemmin opittiin myös viljelemään siitakkeen rihmastoja puhdasviljelmänä, jolla sitten siirrostettiin puutappeja. Lehtipuun kaadetut rungot sahattiin noin 1 metrin pituisiksi pölkyiksi, joihin porattiin reikiä. Sienirihmasto kasvatetaan puutapit naputeltiin reikiin. Pölkyt ladottiin metsään suojaiseen paikkaan, jossa puusto suojasi tuulelta ja auringon kuivattavilta säteiltiltä. Tämä lahotamis- ja rihmastokasvuvaihe kesti keskimäärin 2 vuotta. Seuraavien kevätateiden aikana pölkyjen sisäosat kostuivat, jolloin sopivassa kehitysvaiheessa oleva sienirihmasto alkoi tuottaa itiömiä eli sieniä. Kun tuotantoa tehostettiin, pölkyt upotettiin muutamaksi vuorokaudeksi kylmään veteen, jolloin pölkyjen vesipitoisuus nousi nopeasti ja sieniä alkoi ilmestyä 5–8 vuorokauden kuluttua upotuksesta.

Varhaisilla rihmastokannoilla tuotanto oli mahdollista vain syksyisin ja keväisin. Nykyisin on käytössä sellaisia siitakkeen rihmastokantoja, joilla sieniä voidaan tuottaa kaikkina vuodenaikoina. Viljelymenetelmiä on vuosikymmenten saatossa kehitelty ja tuotantoa nopeutettu. Siitakkeen tärkeimpiä tuotantomaita ovat Japani, Kiina, Taiwan sekä Etelä- ja Pohjois-Korea. Näissä maissa siitaketta viljellään edelleen perhevilmillä perinteisin menetelmin lehtipuiden pölkyillä ulkona luonnossa vuoren rinteillä (Chiu et al. 1999). Suurilla ammattimaisilla viljelmillä on tuotanto siirretty kasvatushuoneisiin eli sienimöihin.

## 2.2 Viljely sahanpurupötköissä

Euroopassa siitakkeen viljely oli melko tuntematon asia aina 1970-luvulle asti. Täällä ilmasto-olosuhteet eivät ole suotuisat ulkona tapahtuvalle kasvatukselle, joten siitakkeen viljely perinteisin menetelmin on hyvin hidasta ja kannattamatonta. Viljely tehostui ja nopeutui huomattavasti, kun USA:ssa kehitettiin 1970-luvun lopulla uusi viljelymenetelmä, jossa kasvatusta tapahtuu sahanpurualustassa sisätiloissa kontrolloiduissa olosuhteissa (Murata et al.

1991). Tämän uuden viljelymenetelmän käyttöönotto mahdollisti siitakkeen viljelyn muuallakin kuin lauhkean vyöhykkeen maissa, joissa ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus ovat riittävän korkeat siitakkeen kasvuun.

Suomessa siitakkeen viljelytutkimukset aloitettiin Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa vuonna 1979. VTT:n kehittämässä menetelmässä kasvualusta valmistetaan koivun tai lepän sahanpurusta (75 %), vehnän puinti- ja kuivausjätteestä (20 %) ja turpeesta (5 %) (Pellinen et al. 1987). Alustan vesipitoisuus säädetään välille 60–70 % ja se pakataan koneellisesti 35–40 cm pituiseen ja halkaisijaltaan 8–10 cm:n HD-polyeteenimuoviin sekä suljetaan ja pastroidaan kuumentamalla siten, että alustan sisälämpötila nousee vähintään 80 °C:een, mieluiten 100 °C:een. Jäähtyneet kasvualustapötköt siirrostetaan injektioimalla nestemäistä siitakkeen rihmastovilmää alustaan. Siirrosta käytetään vähintään 0,5 % alustan painosta. Rihmasto kasvatetaan pimeässä 23–25 °C:n lämpötilassa ja 60–80 % suhteellisessa kosteudessa 3–4 kuukauden ajan (vegetatiivinen kasvuvaihe), jona aikana rihmasto kasvaa läpi koko alustan hajottaen puun aineosia ravinnokseen ja rakennusainekseen itiömiä eli varsinaisten sienten muodostamista varten. Muovikalvooon tehdään rei'ityksiä jo rihmastokasvatuksen alkuvaiheessa kaasujen vaihdon parantamiseksi. Rihmastokasvatuksen loppuvaiheessa alustan pintaan muodostuu ruskeaa pigmenttiä, jonka värissä ja peittävytydessä esiintyy suurta vaihtelua siitakekantojen välillä. Tässä vaiheessa pötköjen pinta peittää tiivis nahkamainen valkoinen rihmastokerros, josta työntyy esiin sienten alkuja eli primordioita. Tämä on merkki siitä, että on aika poistaa muovikalvot ja siirtää pötköt sadontuotantotilaan. Sadontuotantotilassa lämpötila on 15–18 °C, suhteellinen kosteus 70–95 % ja valaistus 8–9 tuntia vuorokaudessa valomäärän ollessa 200 luxia/m<sup>2</sup>. Ensimmäinen sato on poimitavissa 5–7 päivän kuluttua. Sadon valmistuessa sieniä poimitaan päivittäin 1–2 viikon ajan. Yhdestä kasvualustasta saadaan 3

satoa. Satojen välillä pötköjen annetaan le-  
vätä 3–4 vuorokautta, jonka jälkeen ne in-  
dusoidaan uudelle satokaudelle kylmävesi-  
käsitteilyllä.

### **2.3 Siitakkeen tuotanto maailmalla ja Suomessa**

Siitake on herkkusienen jälkeen toiseksi eni-  
ten viljelty sieni maailmassa. Sen vuosi-  
tuotanto on noin 700 000 tonnia, josta yli  
50 % tuotetaan Japanissa (Courvoisier  
1999). Suomessa siitaketta viljeltiin vuonna  
1999 Maa- ja metsätalousministeriö tieto-  
palvelukeskuksen keräämien tietojen mu-  
kaan 19 tilalla, jotka ovat pääasiassa per-  
heyrityksiä. Suomen vuosituotanto on noin  
173 000 kg. Viljeltyjen sienten kysyntä on  
meillä lisääntynyt vuosi vuodelta.

## **3 Kokeet ja niiden tulokset**

### **3.1 Kasvualustojen sterilointi**

#### **3.1.1 Aineisto ja menetelmät**

Laboratoriokokeissa selvitettiin eri lämpötila- ja aikayhdistelmien riittävyttä siitakkeen kasvualustojen (pötköjen) steriloinnissa. Käsitteilyt tehtiin autoklaavissa ja käytetyt lämpötila- ja aikayhdistelmät olivat 121 °C/1 tunti, 105 °C/90 min ja 105 °C/2 × 90 min. Lämpökäsittelyt tehtiin sekä turvetta sisältäville että ilman turvetta valmistetuille kasvualustoille. Steriloinnin ja jäähdytyksen jälkeen kasvualustoista otettiin aseptisesti näytteet ravinnealustoille lämpökäsittelyn onnistumisen selvittämiseksi. Käytetyt ravinnealustat olivat perunadekstroosiagar, maissiagar ja sädesienialusta. Maljoja kasvatettiin viikko huoneenlämmössä. Vastaavat maljaviljeltyt tehtiin myös viljelijän itsensä steriloinnista kasvualustoista sekä steriloinnista alustoista. Pötköjä säilytettiin kuukauden ajan kylmähuoneessa, jonka jälkeen viljelykoe uusittiin.

### **3.1.2 Tulokset**

Ravinnealustoille ei syntynyt kasvua kummallakaan viljelykerralla, joten kaikki kolme lämpötila- ja aikayhdistelmää osoittautuivat riittäviksi tuhoamaan kasvualustasta sekä bakteerit että sienet. Myös viljelijän steriloinnista kasvualustasta otetut näytteet olivat puhtaita. Steriloimattomista kasvualustoista viljellyillä maljoilla kasvoi runsaasti sekä sieniä että bakteereja.

Käytännön viljelmillä kasvualustojen sterilointi suoritetaan tila-autoklaaveilla, joihin mahtuu useita satoja pötköjä kerrallaan. Useassa tapauksessa höyrystimet/autoklaavit ovat prototyyppisiä, eikä niissä ole lämpötilan seurantaan tarvittavia mittauslaitteita. Sterilointi suoritetaankin 'varman päälle' eli käytetään hyvin pitkiä kuumenusaikoja (8–10 tuntia), jotta kaikki alustat saataisiin steriileiksi. Jos lämmön johtuminen höyrytimen sisällä on epätasaista tai lämpötila ei nouse riittävän korkealle, saatavat korkea lämpötilaa sietävien sienten itiöt jäädä elinkelpoisiksi ja kontaminoida kasvualustan.

### **3.2 Kantavertailukokeet**

#### **3.2.1 Aineisto ja menetelmät**

Projektin aikana toteutettiin viisi kantavertailukoetta, joissa tutkittiin 24 siitakekannan kasvuominaisuuksia ja sadontuotantokykyä. Kasvatuksissa mukana olleet siitakekannat, niiden alkuperä ja kokeen kesto esitetään taulukossa 1. Kukin kasvatusta kesti 18–20 viikkoa, josta vegetatiivinen kasvuvaihe (rihmaston kasvu) 10–14 viikkoa ja sadontuotantovaihe 4–9 viikkoa. Kutakin tutkittavaa kantaa siirrostettiin 80–90 kasvualustaa (pötköä). Ensimmäisen kantavertailukokeen aineisto jaettiin ympäryksen jälkeen kahtia siten, että kunkin kannan pötköistä puolet kasvatettiin Mikkolan sienimössä Kuusjoella ja toinen puoli VTT:n koesienimössä Otaniemessä. Vegetatiivisen kasvatuksen aikana VTT:llä olevia pötköjä punnittiin viikoittain ja niiden happi- ja hii-

**Taulukko 1.** Kantavertailukokeissa mukana olleet siitakekannat ja niiden alkuperä ja kokeen kesto.

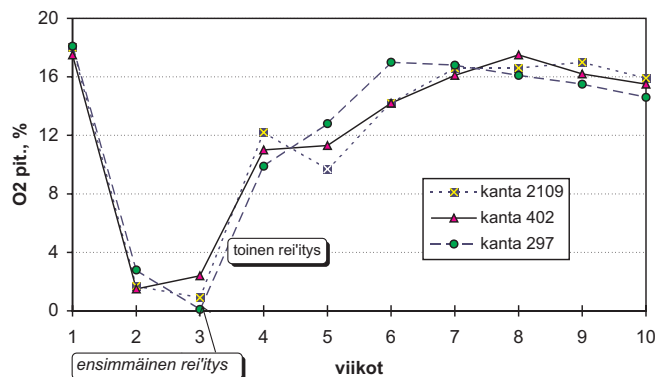
	Kannan nro	Alkuperä	Kokeen kesto
Koe 1.	2109	VTT:n kantakokoelma	4.4.-18.8.97
	402		
	297		
Koe 2.	322	VTT:n kantakokoelma	8.9.97-30.1.98
	345		
	346		
	347		
	398		
	399		
	400		
	402		
	404		
	405		
Koe 3.	342	VTT:nkantakokoelma	8.4.-11.9.98
	402K		
	402		
	401		
	324		
	327		
	404		
Koe 4.	342	VTT:n kantakokoelma	12.11.98-29.3.99
	402K	"	CaSO <sub>4</sub> +2H <sub>2</sub> O
	402	"	
	402T	"	Takkisen kanta
	684	CPS Hollanti	
	685	ATCC USA	
	686	ATCC USA	
Koe 5.	654321	Seppälän kanta	
	685	ATCC USA	
	622	FP W6 PV 22	Fungi Perfecti, USA
	50719	FP 705 PV19	Fungi Perfecti, USA
	402		
Erill	425	FP W4 PV 25	Fungi Perfecti, USA

lidioksidipitoisuudet mitattiin kaasuanalysaattoreilla (Servomex I.R. Gas Analyser PA 404 CO<sub>2</sub> ja Servomex O<sub>2</sub> 570 A). Kasvatusalustojen lämpötilan muutoksia rihmastokasvatuksen aikana seurattiin lämpötila-antureiden ja tallentavan tiedonkeruulaitteen avulla. Samalla otettiin näytteitä kasvualustassa tapahtuvien muutosten analysointia varten. Viimeinen kasvualustanäyte otettiin sadonpoiminnan päätyttyä. Mikkolan sienimössä kasvatettuja pötköjä punnittiin ja näytteitä otettiin keskimäärin kolmen viikon välein. Ensimmäisestä kasvatuskokeesta saatujen tulosten perustella todettiin, että aineiston jakaminen kahteen eri sienimöön ei ole tarkoituksenmukaista,

joten kaikki seuraavat kantavertailut kasvatettiin kokonaisuudessaan Mikkolan sienimössä.

Sadontuotantotilaan siirretyt pötköt alkoivat tuottaa sieniä 5–7 päivän kuluttua siirrosta. Sienisadot poimittiin päivittäin, punnittiin ja määritettiin I- ja II-luokan sadon osuus kokonaissadosta. Pötköistä korjattiin 3 satoa. Sadontuotantojaksojen välillä pötköt saivat levätä muutaman vuorokauden, jonka jälkeen vanhat sienenalat leikattiin pois ja pötköt upotettiin kylmään veteen 10–24 tunniksi. Tällä upotuskäsittelyllä pötköt viritettiin tuottamaan seuraava sato. Kantojen sadontuotantokykyä mitattiin määrittämällä niiden biologinen te-

**Kuva 1.** Kasvualustan happipitoisuuden vaihtelu rihmastokasvatuksen aikana ensimmäisessä kantavertailukeeassa.



hokkuus, B.E., joka ilmaisee kannan kykyä muuttaa kasvualustan substraattia sieniksi (B.E. = sienisadon tuorepaino  $\times$  100 / kasvualustan kuivapaino) (Royse 1985).

Kolmannen ja neljännen vertailukokeen yhteydessä kokeiltiin kasvualustan modifiointin vaikutusta vertailukannan 402 sadontuottookykyyn. Puuhake + vilja -seokseen (ilmakuiva seos) lisättiin 3 % kalsiumsulfaattia eli kipsiä. Aikaisemmissa tutkimuksissa kalsiumin on todettu lisäävän sienirihmaston kasvua ja haarautumista kasvualustassa ja lisäävän sienisatoa (Schmid & Harold 1988, Raaska 1993). Satotulostaulukoissa kipsiä sisältävällä alustalla tuotetut sadot on merkitty K-kirjaimella.

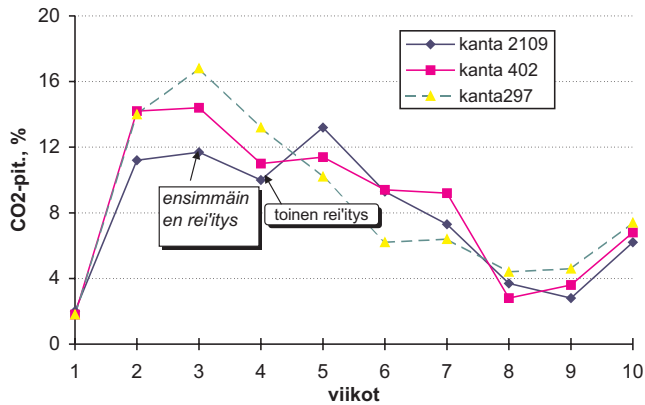
### 3.2.2 Kasvualustan painon, happi- ja hiilidioksidipitoisuuden sekä lämpötilan muutokset rihmastokasvatuksen aikana

Pian siirrostamisen jälkeen siitakesieni alkaa hajottaa puuainesta yksinkertaisemmiksi yhdisteiksi, joita se käyttää rakennusaineinaan kasvattaessaan rihmastoaan läpi koko kasvualustan. Kasvun ja hajottamiseen yhteydessä tapahtuvat monivaiheiset biokemialliset prosessit kuluttavat happea ja tuottavat hiilidioksidia ja lämpöä. Kasvualustan happi- ja hiilidioksidipitoisuuden sekä lämpötilan muutoksia mittaamalla voidaan välillisesti seurata rihmaston kasvun etenemistä ja voimakkuutta alustassa.

Kasvualustan painon väheneminen rihmastokasvatuksen aikana aiheutuu puuaineksen hajoamisesta ja kosteuden haihtumisesta alustasta. Kasvualustan kokonaispainohävikki oli 10 viikkoa kestäneen rihmastokasvatuksen aikana siitakekannasta riippuen 14–18 %. Kolmen ensimmäisen viikon aikana ennen suojakalvon rei'itystä paino väheni vain 0,1–0,2 % /viikko, mutta rei'ityksen jälkeen rihmaston kasvu ja siihen liittyvä puuaineksen hajottaminen vilkastuivat voimakkaasti, jolloin painohävikkin nousi 0,2–0,3 prosenttiin/viikko.

Kasvualustan happipitoisuus laski voimakkaasti toisen rihmastokasvatusviikon aikana ollen alimmillaan alle 1 % (Kuva 1). Suojakalvon rei'itykseen asti happipitoisuus pötkössä oli hyvin alhainen, sillä kasvava rihmasto käytti alustasta lähes kaiken hapen. Rei'ityksen jälkeen happipitoisuus nousi nopeasti 10–12 prosenttiin. Toinen rei'itys viikkoa myöhemmin paransi happi-tilannetta edelleen, jonka jälkeen kasvualustan sisällä oli happea käytettävissä lähes yhtä paljon kuin ympäröivässä ilmassa. Voimakkaimmin kasvavalla kannalla 2109 hapen kulutus oli niin suurta, että happipitoisuus kääntyi väliaikaisesti laskuun vielä toisenkin rei'ityskerran jälkeen, mutta nousi 6 viikon kuluttua siirrostamisesta 14 prosenttiin.

Kasvualustan hiilidioksidipitoisuus oli ensimmäisen kasvatusviikon jälkeen vain 1–2 % (Kuva 2). Kun rihmaston kasvu pääsi vauhtiin ja puuaineksen lahotustoiminta vilkastui, muodostui alustaan runsaasti hii-

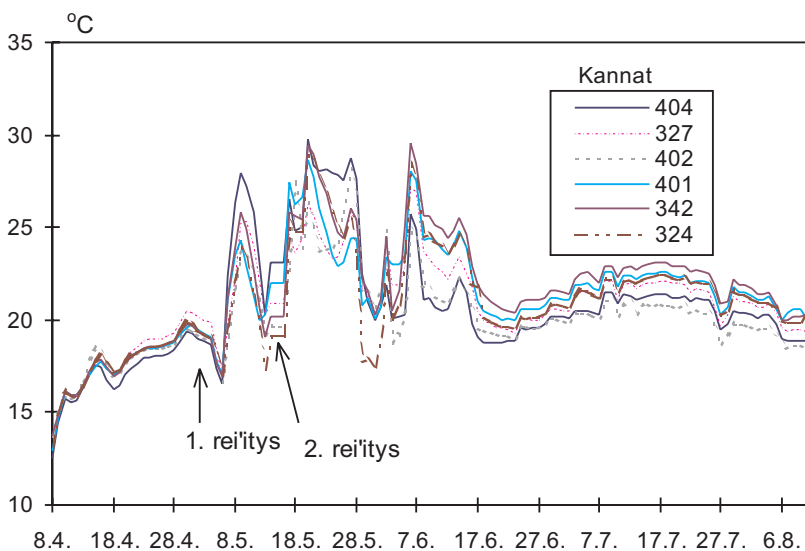


**Kuva 2.** Kasvualustan hiilidioksidipitoisuuden vaihtelu rihmastokasvatuksen aikana ensimmäisessä kantavertailukokeessa.

liidioksidia. Ennen ensimmäistä rei'itystä hiilidioksidipitoisuus nousi kannasta riippuen 12–16 prosenttiin. Ensimmäinen rei'itys laski hiilidioksidipitoisuutta kaikilla kannoilla ja lasku jatkui edelleen toisen rei'ityksen jälkeen kannoilla 402 ja 297. Kannalla 2109 kasvurytmi poikkesi kahdesta muusta kannasta, sillä voimakas hiilidioksidin tuottaminen jatkui vielä toisen rei'ityksen jälkeenkin ollen korkeimmillaan vasta 5 viikon kasvatuksen jälkeen.

Kuvassa 3 esitetään kolmannessa kantavertailukokeessa mukana olleiden 6 siitake-

kannan kasvualustan lämpötilamittauksien tulokset 4 kuukautta kestäneen rihmastokasvatuksen ajalta. Pötköjen lämpötila nousi tasaisesti ensimmäisten viikkojen aikana, lämpötilaerot kantojen välillä olivat vain 1–2 astetta. Suojakalvojen ensimmäinen rei'ittäminen kiihdytti biologisia prosesseja ja aiheutti voimakkaan lämpötilan nousun pötkön sisällä. Lämpötilaerot kantojen välillä olivat 2–4 astetta. Tässä vaiheessa kasvualustat siirrettiin viileämpään välivarastointitilaan, mikä näkyy lämpötilakäyrissä lämpötilan laskuna. Toinen



**Kuva 3.** Kasvualustan lämpötilat rihmastokasvatuksen aikana kolmannessa kantavertailukokeessa.

**Taulukko 2.** Ensimmäisen kantavertailukokeen satotulokset.

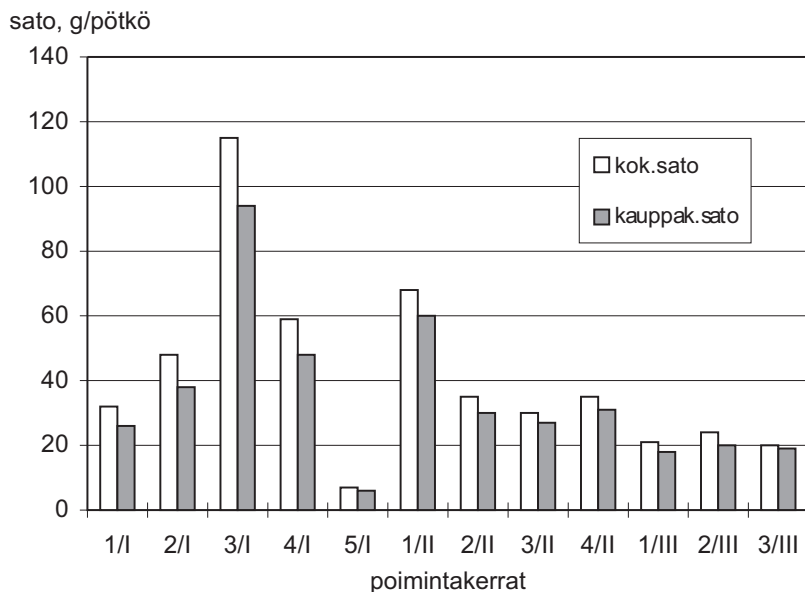
	Kannan nro	Sienisato, g/pötkö	Biologinen tehokkuus, %	1. luokan sadon osuus, %
Mikkola	2109	342	67	68
	297	390	83	84
	402	280	57	89

rei'itys aiheutti taas voimakkaan lämpötilan nousun, korkeimmillaan lämpötila kävi lähes 30 asteessa kannoilla 404 ja 342. Kolmas lämpötilojen nousu tapahtui siinä vaiheessa, kun rihmastokasvatus oli kestänyt 2 kuukautta. Tämän jälkeen lämpötilat tasaantuivat 20–23 asteen välille.

### 3.2.3 Kantavertailukokeiden satotulokset

Ensimmäisen kantavertailukokeen satoisin kanta oli 297, joka tuotti sieniä 390 g/pötkö (Taulukko 2). Sen biologinen tehokkuus oli 83 % ja I-luokan sadon osuus 84 %. Kannan 297 sienisadosta 53 % muodostui en-

simmäisen sadon aikana (Kuva 4). Tämän kannan sienet eivät kuitenkaan olleet maultaan eikä rakenteeltaan riittävän laadukkaita. Kannan 402 sienisato oli 280 g/pötkö ja I-luokan sadon osuus 89 %. Kannan 402 sienet olivat tasakokoisia ja -laatuisia ja ulkonäöltään virheettömiä ja helposti poimittavia sekä maultaan ja rakenteeltaan erinomaisia (Kuva 5). Näiden ominaisuuksien perusteella kanta 402 valittiin jatkossa Mikkolan tuotantokannaksi ja seuraavien koekasvatusten vertailukannaksi. Sienten tasalaatuisuuden ja -kokoisuuden ansiosta poimintakäytäntöä voitiin muuttaa siten, että kannan 402 sienet poimittiin suoraan myyntirasioihin. Sienten erillinen lajittelu



**Kuva 4.** Kannan 297 sienisato, g/pötkö esitettyä poimintakerroittain (merkintä 1/I tarkoittaa ensimmäisen sadon ensimmäistä poimintakertaa, 1/II toisen sadon ensimmäistä poimintakertaa jne).



**Kuva 5.** Siitakesienet kasvavat sahanpurupötköissä, kuvassa kanta 402. (kuva: Riitta Kempainen)

eli yksi käsittelykerta jäi pois, mikä säästää sekä aikaa että edistää sienten säilymistä hyvalaatuksina.

Toinen kantavertailukoe, jossa kasvatettiin VTT:n kantakokeelmasta valittua yhdeksää kantaa, toteutettiin ns. haravakokeena eli kullakin kannalla ympättiin 92 pötköä, mutta kaikkia aloituksia ei tehty samanaikaisesti vaan ne ympättiin muuttaman kannan erissä Mikkolan normaaliin tuotantoon parhaiten sopivana ajankohtana. Tämän haravakokeen paras kanta 404 otettiin sitten mukaan seuraavaan kantavertailuun.

Kolmas, neljäs ja viides kantavertailukoe toteutettiin varsinaisina kokeina. Kantojen sadontuotantokyky vaihteli suuresti. Biologinen tehokkuus oli heikoimmalla kannalla vain 2 % ja satoisimmalla 97 %. I-luokan sadon osuus oli parhaimmillaan 81 % ja heikoimmillaan 44 %.

Kolmannessa kokeessa satoisin kanta oli 342, joka tuotti 523 g sienä/pötkö ja jonka biologinen tehokkuus oli peräti 97 % (Taulukko 3). Ensimmäisen luokan sadon osuus oli kuitenkin vain 54 %. Sienet kasvoivat suurina ryppäinä, jolloin niiden lakit jäivät monesti liian pieniksi ja muotopuoliksi toistensa puristuksissa. Lisäksi sienien jalka oli vetinen ja leikattaessa hieman sitkeä. Tällä kannalla tuntui kuitenkin olevan niin hyvä kasvupotentiaali, että se otettiin mukaan vielä seuraavaan vertailukokeeseen.

Kipsin käyttö ei kolmannessa kokeessa lisännyt sienisatoa ja neljännessäkin kokeessa sadon lisäys oli vain 17 g/pötkö (Taulukot 3 ja 4).

Neljännessä kokeessa paras kanta oli edelleen 342, vaikka sen sadontuotantokyky jäikin selvästi edellistä koetta heikommaksi ja I-luokan sadon osuus oli vain 44 % (Taulukko 4). Odotukset kohdistuivat kansainvälisistä kantakokeelmista tilattuihin uusiin kantoihin 98685, 98684 ja 98686. Ne eivät täyttäneet odotuksia: ensin mainitun sienisato oli keskimääräinen, toisen hyvin vaatimaton ja kolmas kanta ei ollut lainkaan siitaketta vaan todennäköisesti osterivinokasta.

Viides kantavertailukoe jouduttiin sienimössä tehtyjen muutostöiden takia toteuttamaan eri huoneessa kuin aikaisemmat kasvatukset. Uuden huoneen lämmitys- ja ilmastointijärjestelmiä ei saatu aluksi toimimaan moitteettomasti, minkä seurauksena kasvualustat kuivuivat liikaa varsinkin ylimmillä hyllyillä. Viidennen kokeen sienisato jäikin kaikkien kantojen osalta aikaisempia kasvatuksia selvästi heikommaksi (Taulukko 5). Viidenteen kokeeseen tilattiin kolme uutta kantaa (70519, 622 ja 425) kaupallisesta sieniyrityksestä USA:sta. Kannan 70519 sienisato oli vain 167 g/pötkö ja kaksi muuta kantaa eivät tuottaneet hyvästä rihmastosta kasvusta huolimatta satoa lainkaan.



**Taulukko 3.** Kolmannen kantavertailukokeen satotulokset.

Kannan nro	Sienisato, g/pötkö	Biologinen tehokkuus, %	1. luokan sadon osuus, %
342	523	97	54
402K	376	72	62
402	379	70	69
401	311	57	71
324	262	47	70
327	77	14	76
404	60	11	65

**Taulukko 4.** Neljännen kantavertailukokeen satotulokset.

Kannan nro	Sienisato, g/pötkö	Biologinen tehokkuus, %	1. luokan sadon osuus, %
342	367	70	44
402K	325	67	63
402	308	61	76
402T	308	61	67
98685	264	51	79
98684	9	2	71
98686	0	0	0

**Taulukko 5.** Viidennen kantavertailukokeen satotulokset.

Kannan nro	Sienisato, g/pötkö	Biologinen tehokkuus, %	1. luokan sadon osuus, %
402	181	44	81
Seppälä	174	42	73
70519	167	41	58
98685	164	40	69
622	14	4	65
425	0	0	0

### 3.3 Kasvualustan koostumuksen analysointi

#### 3.3.1 Aineisto ja menetelmät

Ensimmäisen kantavertailukokeen kasvualustoista määritettiin kuiva-aine, kuitu-,

tuhka-, sokerit (tärkkelys-, fruktoosi- ja glukoosipitoisuudet) ja pH. Määritykset tehtiin MTT:n Elintarvikkeiden tutkimuksen kemian laboratoriossa. Käytetyt analyysimenetelmät esitetään taulukossa 6.

**Taulukko 6.** Kasvualustan koostumuksen analysoinnissa käytetyt menetelmät.

kuiva-aine	A.O.A.C.:n menetelmä 7.007 ja 14.004 (Horwitz ed. 1980)
ravintokuitu	modifioitu Lee et al. (1992)
tuhka	muhveliuunipoltto
sokerit	kaasukromatografia, Kemian laboratorion sisäinen menetelmä 5.1 (Haila et.al.1992, Li & Schuhmann 1980)
tärkkelys	entsyymaattis-spektrofotometrisesti
pH	pH -elektrodi

**Taulukko 7.** Siitakkeen koostumuksen analysoinnissa käytetyt menetelmät.

kuiva-aine	A.O.A.C.:n menetelmä 7.007 ja 14.004 (lisää viite)
ravintokuitu	modifioitu Lee et al. (1992)
tuhka	muhveliuunipoltto
sokerit	kaasukromatografia, Kemian laboratorion sisäinen menetelmä 5.1 (Haila et.al.1992, Li & Schuhmann 1980)
tärkkelys	entsyymaattis-spektrofotometrisesti
typpi	Kjeldahl-menetelmä
rasva	hydrolyysi + eetteriuutto
kivennäiset	märkäpoltto, ICP-mittaus

### 3.3.2 Tulokset

Kasvualustojen pH laski rihmastokasvatuksen aikana 5,2:stä 3,7:ään. Alustan kuiva-aine laski keskimäärin 40 prosentista 30 prosenttiin ja kuitupitoisuus 50 prosentista 40–45 prosenttiin kuiva-aineesta. Tuhkapitoisuus oli kokeen alussa 0,9–1,1 % kuiva-aineesta ja se nousi vähitellen rihmastokasvatuksen aikana ollen sadonpoiminnan päättyessä 2,1 %. Kasvualustan tärkkelyspitoisuus oli rihmastokasvatuksen alkuvaiheessa 14–16 % kuiva-aineesta ja se laski ensimmäisen kahdeksan viikon aikana 8–10 prosenttiin ja edelleen seuraavan kahdeksan viikon kuluessa 2–5 prosenttiin. Kasvualustan sokeripitoisuus (fruktoosi, glukoosi ja sakkaroosi) oli rihmastokasvatuksen alussa 14 mg/g, nousi ensimmäisen kuukauden aikana kannoilla 2109 ja 402 23–25 mg/g:aan ja laski sitten rihmaston kasvun edistyessä 5–10 mg/g:aan. Kokeessa olleiden kolmen siitakekannan välillä oli pieniä eroja siinä, miten kasvualustasta mitatut kemialliset ominaisuudet kehittyivät

rihmaston kasvun edetessä. Erot eivät kuitenkaan olleet oleellisia, eivätkä ne korreloineet kantojen sadontuotantokyvyn kanssa.

## 3.4 Siitakesienen koostumuksen analysointi

### 3.4.1 Aineisto ja menetelmät

Siitakkeen koostumus analysoitiin määrittämällä kuiva-aine-, typpi-, rasva-, tuhka-, hiilihydraatti-, tärkkelys ja kuitupitoisuudet sekä kivennäisaineista Mg, Ca, P, K, Cu, Zn, Mn, Fe, ja Na MTT:n Elintarvikkeiden tutkimuksen kemian laboratoriossa. Käytetyt analyysimenetelmät esitetään taulukossa 7.

### 3.4.2 Tulokset

Siitakkeen tuorepainosta 92 % on vettä ja sen rasvapitoisuus on alhainen, vain 0,4 prosenttia tuorepainosta (Taulukko 8). Si-

**Taulukko 8.** Siitakesienen ravintoainesisältö 100 g:ssa tuoreita sieniä.

Energiaa, kJ	134,0
Vettä, g	92,0
Proteiinejä, g	1,9
Rasvaa, g	0,4
Hiilihydraatteja, g	3,5 joista ravintokuituja 3,0 g sokereita 0,4 g tärkkelystä 0,1 g
Tuhkaa, g	0,5

**Taulukko 9.** Siitakesienen kivennäis- ja hivenainepitoisuus 100 g:ssa tuoreita sieniä.

Kalsium, mg	1,0
Magnesium, mg	12,0
Kalium, mg	232,0
Fosfori, mg	68,0
Natrium, mg	1,0
Sinkki, mg	0,9
Kupari, mg	0,0
Mangaani, mg	0,2
Rauta, mg	0,2
Rikki, mg	43,0

takkeen hiilihydraateista suurin osa on imeytymättömiin hiilihydraatteihin kuuluvia ravintokuituja. Siitake sisältää enemmän kuituja kuin useimmat kasvikset ja hedelmät. Kivennäisaineista siitake sisältää runsaasti kaliumia, fosforia, rikkiä ja magnesiumia (Taulukko 9). Vähäkalorisuutensa ja korkean ravintokuitupitoisuutensa ansiosta siitake on ravitsemuksellisesti arvokas ruoka-aine.

### 3.5 Home- ja bakteerikontaminaatioiden tunnistaminen kasvualustasta ja sienistä

#### 3.5.1 Aineisto ja menetelmät

Kasvualustoja havainnointiin rihmastokasvatusvaiheen aikana viikoittain mittausten yhteydessä ja kontaminoituneet pötköt

poistettiin kasvatustiloista. Näytteet tuotiin laboratorioon sienten ja bakteerien tunnistamista varten. Sieninäytteiden tunnistaminen tehtiin mikroskopoimalla ja viljelemällä näytteet PDA- (peruna-dekstroosiagar) ja/tai maissiagarilla. Bakteerinäytteiden tunnistamisessa käytettiin Biologin bakteerientunnistusmenetelmää (MicroStation System 1993). Analyysimenetelmällä testataan tunnistettavan mikroorganismin hiilen hapetuskyky 95 eri hiilenlähteen suhteen.

#### 3.5.2 Tulokset

Siitakkeen viljelyalustalla viihtyvät myös monet muut sienet, jotka alustaan päästyään kasvavat nopeammin kuin siitakkeen rihmasto ja siten valloittavat kasvualustan jo rihmastokasvatuksen alkuvaiheessa. Koekasvatuksissa näitä ei-toivottuja sieniä

esiintyi keskimäärin 10 %:lla ympätyistä kasvualustoista kolmen ensimmäisen kasvatusviikon aikana. Yleisimpiä kontaminaation aiheuttajia olivat *Penicillium* sp. (26 %), *Trichoderma* sp. (24 %) ja *Aspergillus* sp. (19 %). Lisäksi vähäisemmässä määrin esiintyi *Paecilomyces* sp. ja *Mucor*-sieniä (2 %).

Syynä kasvualustan kontaminoitumiseen on joko riittämätön sterilointi tai alustaa suojaavan muovikalvon reikiintyminen, jolloin ilmassa leijuvat sienten itiöt pääsevät tunkeutumaan kasvualustaan (Stames & Chilton 1983). Kontaminoitunut kasvualusta on käyttökelvoton.

Kantaverailukokeiden aikana kontaminaatioita aiheuttaneet sienet tunnistettiin ja niistä laadittiin kuvalliset esitelysivut, joilla kerrotaan lyhyesti sienen ominaisuuksista, leviämistavasta ja torjuntamahdollisuuksista.

Siitakesienet ovat yleensä hyvin terveitä sieniä eikä niillä juurikaan esiinny homeiden tai bakteerien aiheuttamia tauteja (Samson et al. 1981). Edellä mainitut kasvualustassa viihtyvät sienet eivät yleensä leviä poimittaviin sieniin, vaikka esim. aikaisemmin poimitun sienen kasvualustaan jäänyt jalka olisi kontaminantin saastuttama.

Bakteerikontaminaatiota löytyi tämän projektin aikana vain yhdestä kasvatuksesta. Siitakkeen lakissa ja myös kasvualustan pinnassa esiintyi tummia, lähes mustia pilkkuja, jotka laajentuivat ja painuivat koloiksi. Laikuista tehtiin eristys pertimaljoille, joista tehtiin puhdasviljely Nutrient-maljoille. Saatiin kahdentyyppisiä pesäkkeitä, joiden tunnistamiseen käytettiin Biolog'in bakteerintunnistusmenetelmää Eristysmaljoilla vallitsevana oleva pesäketyyppi tunnistettiin Gram-negatiiviseksi *Pseudomonas gladioli* pv. *agariciola*-bakteeriksi (synonyymi *Burkholderia gladioli*). Gillin ja Tsunedan (1997) tutkimusten mukaan kyseinen bakteeri on viljeltyjen sienten taudinaiheuttaja. Bakteeri pystyy tuottamansa kitinaasin avulla liuottamaan rihmaston soluja ja näin estämään rihmaston kasvun laajalla alueella. Koska bakteeri on patogeeninen useille viljelyille sienilajeille, sitä pidetään potenti-

aalisena uhkatekijänä suurilla teollisilla sieneniljelmillä Japanissa sekä trooppisissa ja subtrooppisissa maissa.

### 3.6 Kaasuja läpäisevien kalvojen testaus

Ympättyjen kasvualustojen happipitoisuuksien mittaukset osoittivat, että keskimäärin kahden viikon kuluttua ympäyksestä kasvualustan happipitoisuus laskee nopeakasvuisilla kannoilla jopa alle 1 prosentin. Vaikka puuta hajottavat sienet ovat sopeutuneet kasvamaan alhaisessa happipitoisuudessa, tarvitsevat ligniinin hajotukseen osallistuvat entsyymit happea. Entsyymien toimintaedellytysten ylläpitämiseksi kaasujen vaihtoa parannetaan rei'ittämällä suojakalvoja ensimmäisen kerran 2–3 viikon ja toisen kerran 4 viikon kuluttua ympäyksestä eli siinä vaiheessa, kun rihmasto on kasvanut läpi koko kasvualustan. Rei'ittäminen kuitenkin lisää huomattavasti alustan kontaminaatioalttiutta, joten rei'ittämistä ei voida juurikaan aikaistaa, vaikka pötkön happipitoisuus olisikin laskenut hyvin alas. Toinen mahdollisuus kaasujen vaihdon parantamiseksi on käyttää suodattimella varustettuja erikoiskalvoja, joiden soveltuvuutta testattiin tämän hankkeen aikana.

#### 3.6.1 Aineisto ja menetelmät

Erikoiskalvoilla järjestettiin ensin alustava koe, jonka aikana testattiin kahta kalvotyyppiä, joissa oli läpäisykyvyltään erilaisia suodattimia. Alustavan kokeen perusteella tilattiin 100 kpl 3 litran polypropeeni pusseja, joissa oli 160 mm levyiset suodatinkalvot läpi koko pussin pituuden. Ranskalaiselta tehtaalta meille kuitenkin toimitettiin 5 litran pusseja, jotka osoittautuivat Suomessa käytössä olevaan alustan valmistusmenetelmään ja rihmastonkasvatuskäytäntöihin huonosti sopiviksi. Ongelmia syntyi pussien sulkemisessa, alustan steriloinnissa ja siirrostamisessa.

### 3.6.2 Tulokset

Suurissa pusseissa rihmasto kasvoi epätasaisesti, jolloin osa kasvualustasta jäi rihmastoitumatta. Sadasta kasvualustasta 69 kontaminoitui jo ensimmäisen kuukauden aikana ja sadontuotantovaiheeseen asti säilyneistä 31 kasvualustasta vain 8 tuotti satoa ensimmäisen poimintaviikon aikana. Näidenkin osalta sienisato jäi hyvin vaatimattomaksi. Kontaminoitumattomana säilyneistä kasvualustoista mitattiin kuitenkin happi- ja hiilidioksidipitoisuutta rihmastokasvatuksen aikana. Happipitoisuus laski kolmen viikon kuluttua siirrostamisesta keskimäärin 3,5 %:iin, pysyi sillä tasolla kuukauden ja nousi rihmastokasvatuksen loppuvaiheessa 5 %:iin. Hiilidioksidipitoisuus nousi kahden viikon kuluttua siirrostamisesta 13–14 %:iin ja pysyi yhtä korkeana koko rihmaston kasvatuksen ajan. Kasvualustojen happi- ja hiilidioksidipitoisuuksissa ei siis tapahtunut niin suuria muutoksia kuin normaalien kalvojen rei'ittämisen yhteydessä, mutta toisaalta kaasujen pitoisuudet eivät palautuneet rihmastokasvatuksen loppuvaiheessa alkulukemiin kuten tapahtui normaalikalvoja käytettäessä. Kaasujen vaihto oli kuitenkin ilmeisesti riittävä, eikä rihmaston epätasainen kasvu johtunut hapen puutteesta tai liian korkeasta hiilidioksidipitoisuudesta.

## 4 Tulosten tarkastelu

Testattujen kantojen biologinen tehokkuus vaihteli välillä 2–97 %. Vain kahden kannan sadontuotantokyky oli selvästi parempi kuin vertailukantana käytetyn perustuotantokannan. Näiden kahden runsassatoisen kannan laadulliset ominaisuudet eivät kuitenkaan olleet riittävän hyviä, jotta ne olisi valittu uusiksi tuotantokannoiksi. Korkealaatuista satoa tuottava kanta onnistuttiin kuitenkin löytämään jo ensimmäisten kantavertailukokeiden aikana, mikä johti siihen, että kauppasienimön tuotantokanta vaihdettiin. Näin voitiin siirtyä poi-

mimaan suoraan myyntirasioihin ja erillinen lajittelu poiminnan jälkeen jättää pois. Kantavertailukokeiden tulokset osoittivat, että sekä määrällisesti että laadullisesti korkean sienisadon tuottavia ominaisuuksia ei löytynyt samasta kannasta. Tuotantokantaa valittaessa joudutaan siis tekemään kompromissi, jolloin laatuominaisuuksien merkitys korostuu ja valinta tehdään ensisijaisesti sienten tasalaatuisuuden ja -kokoisuuden, ulkonäön, rakenteen ja maun perusteella.

Suuri hajonta kantojen sadontuottokyvyssä ei ole yllätyksellistä. Kirjallisuudesta löytyy runsaasti viitteitä vastaavanlaisista kantavertailukokeista, joissa on tutkittu eri genotyyppiä olevien siitakekantojen sadontuottokykyä sahanpurualustalla. Raaskan (1993) tutkimuksissa kuuden VTT:n kantakokeelmasta olevan siitakekannan biologinen tehokkuus vaihteli 2,6 %:n ja 53,6 %:n välillä. Kanadalaisen Rinkerin (1991) tutkimuksessa testattiin kymmenen siitakekannan sadontuottokykyä ja todettiin, että genotyyppien välillä on suurta vaihtelua. Biologisen tehokkuuden vaihtelu kantojen välillä oli 0–64 %. Gramssin kokeissa (1979) satotulokset jäivät huomattavasti heikommiksi, testattujen kantojen biologinen tehokkuus oli vain 0–2%. Diehle ja Royse (1991) selvittivät substraatin lämpökäsittelyn vaikutusta siitakekannan biologiseen tehokkuuteen ja saivat hyvin korkeita B.E.-tuloksia, ensimmäiselle sadolle 139 % ja toiselle 153 %.

Kasvualustojen kontaminoituminen rihmastokasvatuksen alkuvaiheessa on eräs pahimpia ongelmia siitakeviljelyssä. Syy kasvialustan kontaminoitumiseen on joko riittämätön sterilointi tai alustaa suojaavan muovikalvon reikiintyminen, jolloin ilma-ssa leijuvat sienten itiöt pääsevät tunkeutumaan kasvialustaan. Näitä ei-toivottuja sieniä esiintyi keskimäärin 10 %:lla ympäristystä kasvualustoista. Yleisimpiä kontaminaation aiheuttajia olivat *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp. ja *Aspergillus* sp.. Jos sienitilalla on käytettävissä varsinainen autoklaavi (121 °C/ 1 bar paine), 1 tunnin käsittely riittää steriloimaan kasvialustat, mutta jos hy-

gienisointi suoritetaan höyrytyslaitteella, jossa lämpötila nousee vain 100 °C:een, tarvitaan ainakin 6–7 tunnin käsittely, jotta myös termofiiliset, itiöitä muodostavat bakteerit saadaan tuhoutumaan (Lelley 1991). Kilpailevien sienten tuhoamiseen riittää jo kahden tunnin käsittely edellyttäen, että lämpö jakautuu tasaisesti laitteen sisällä.

Bakteerikontaminaatiota löytyi tämän projektin aikana vain yhdestä kasvatuksesta.

Siitakkeen rihmastonkasvatusvaihe kestää 3–3,5 kuukautta. Projektin yhtenä tavoitteena oli löytää nopeampikasvuisia kantoja, joilla rihmastovaihetta saataisiin lyhennetyksi ja sadontuotantosykliä nopeutetuksi. Testatuista kannoista löytyi kyllä muutamia nopeampikasvuisia kantoja kuin vertailukanta, mutta niiden tuottamat sienet eivät olleet riittävän laadukkaita. Ongelmana oli sienten vetisyys ja ulkonäkö. Tavoitteena oli myös löytää sellainen yksinkertainen mittaustapa, jolla pystyttäisiin

määrittämään ajankohta, jolloin rihmasto on 'kypsää' eli alustat voitaisiin siirtää sadontuotantovaiheeseen. Kasvualustoista mitattiin lämpötilaa, painohävikkiä, happi- ja hiilidioksidipitoisuutta ja sokeripitoisuutta. Mikään näistä mitatuista suureista ei kuitenkaan kertonut riittävällä tarkkuudella kasvualustan kypsyyttä, joten jatkosakin tärkeimpänä tekijänä viljelyrytmiin liittyviä päätöksiä tehtäessä on viljelijän kokemus ja hänen käyttämänsä siitakekannan ominaisuuksien tuntemus.

Kaasuja läpäisevien kalvojen kokeessa ei varsinaisesti päästy tutkimaan suodatinpussien toimivuutta, koska liian suuresta pussikoosta aiheutuneet ongelmat supistivat koemateriaalin liian pieneksi. Jo rihmastokasvatusvaiheessa voitiin kuitenkin havaita, että polypropeeni alustan kalvomateriaalina on epäkäytännöllisempi kuin polyeteenikalvo. Se on paksu, jäykkä ja kaasuja läpäisemätön ja muovipussin saumauslaitteella suljettaessa ilmeisesti aivan liian tiivis.

## Kirjallisuus

**Chang, S. T. & Miles, P.** 1987. Historical record of the early cultivation of *Lentinula* in China. *Mushroom Journal of the Tropics* 7: 31–37.

**Chiu, S. W., Wang, Z. M., Chiu, W. T. & Moore, D.** 1999. An integrated study of individualism in *Lentinula edodes* in nature and its implication for cultivation strategy. *Mycological Research* 103 6: 651–660.

**Courvoisier, M.** 1999. Les champignons comestibles dans de monde. *Bulletin de la federation nationale des syndicats agricoles d cultivateurs de champignons* 82: 829-834. in: Valtonen, M. 2000. Viljeltyjen sienten ominaisuudet ja käyttö. Pyhäjärvi-instituutin julkaisu 24. 151 p. Eura. ISBN 952-9682-23-9.

**Diehle, D.A. & Royse, D. J.** 1991. Effect of substrate heat treatment on biological efficiency (BE) and size of a selected line of *Lentinula edodes*. In: Mahler, D. (ed.). *Science and Cultivation of Edible*

*Fungi*. Rotterdam: Balkema. p. 517–521. ISBN 90-5410-021-4.

**Fujimoto, T. & Pellinen, M.** 1985. Siitakkeen viljely puupölykyissä. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT. 103 p. ISBN 951-38-2488-8.

**Gill, W.M. & Tsuneda, A.** 1997. The interaction of the soft rot bacterium *Pseudomonas gladioli* pv. *agaricicola* with Japanese cultivated mushrooms. *Canadian Journal of Microbiology* 43: 7, 639–648.

**Gramss, G.** 1979. Some differences in response to competitive micro-organisms deciding on growing success and yield of wood destroying edible fungi. *Mushroom Science* X: 265–285.

**Haila, K., Kumpulainen, J., Häkkinen, U. & Tahvonon, R.** 1992. Sugar and organic acid contents of vegetables consumed in Finland during 1988-1989. *Food composition and analysis* 5: 100–107.

- Horwitz, W.** (ed.). 1980. Official methods of analysis. 13th edition. Washington DC: Association of official analytical chemists. 1118 p. ISBN 0-935584-14-5.
- Lee, S. C., Prosky, L. & DeVries, J. W.** 1992. Determination of total soluble and insoluble dietary fiber in foods – enzymatic-gravimetric method, MES-TRIS buffer: collaborative study. *Journal of AOAC International* 75: 3, 395–405.
- Lelley, J.** 1991. Pilzanbau, Biotechnologie der Kulturspeisepilze. 2.vol. Stuttgart: Ulmer. 404 p. ISBN 3-8001-5131-6.
- Li, B. W. & Schumann, P. J.** 1980. Gas-liquid chromatographic analysis of sugars in ready-eat-cereals. *Food Science* 45: 138–141.
- MicroStation System 1993. Biolog, Inc. 3938 Trust Way. Hayward, CA94545. 325 p.
- Pat. U.S. 1991. Process of shiitake *Lentinus edodes* cultivation. Kanebo Foods Ltd., Japan. (Murata, H. Yamauchi, M. & Tanaka, H.) Appl. 779,517. 24.9.1985.
- Mustamäki, P.** 1994. Osterivinokkaan, siitakkeen ja herkkusienien taudit ja tuholaiset. *Moniste*. 19 p. Saatavilla MTT:n kasvinsuojeluosastolla.
- , **P., Hannukkala, A. & Tahvonen, R.** 1994. Viljelysienitalouden olosuhdekartoituksen yhteenveto. *Moniste*. 18 p.. Saatavilla MTT:n kasvinsuojeluosastolla.
- Pat. U.S.4,637,163. 1987. Method of growing edible mushrooms. Technical Research Centre of Finland, Finland. (Pellinen, M. J., Mälkki, Y. & Niskanen, A.) Appl. 709,689, 14.6.1984.
- Raaska, L.** 1993. Cultivation and spawn production of the wood-decaying fungus, shiitake (*Lentinula edodes*) Optimization of spawn growth, production of degradative enzymes and interaction with wood inhabitants. VTT Publications 157. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 84 p. ISBN 951-38-4395-5.
- Rinker, D. L.** 1991. The influence of heat treatment, genotype and other cultural practices on the production of Shiitake mushrooms on sawdust. In: Mahler, D. (ed.) *Science and Cultivation of Edible Fungi*. Rotterdam: Balkema. p. 497–502. ISBN 90-5410-021-4.
- Royse, D. J.** 1985. Effect of spawn run time and substrate nutrition on yield and size of the shiitake mushrooms. *Mycologia* 77: 756–752.
- Samson, R. A., Hoekstra, E. S. & van Oorschot, C. A. N.** 1981. Introduction to food-borne fungi. The Netherlands: Baarn. 247 p. ISBN 90-70351-02-1.
- Schmid, J. & Harold, F. M.** 1988. Dual roles for calcium ions in apical growth of *Neurospora crassa*. *Journal of General Microbiology* 134: 2623–2631.
- Stames, P. & Chilton, J. S.** 1983. *The Mushroom Cultivator. A practical guide to growing mushrooms at home*. Washington: Agarikon press. 415 p. ISBN 0-9610798-0-0.



31600 JOKIOINEN

Tekijä(t) Riitta Kempainen	Julkaisun sarja ja numero MTT:n julkaisuja. Sarja A 104
	Julkaisuaika (kk ja vuosi) Joulukuu 2001
	Tutkimushankkeen nimi
	Toimeksiantaja(t) MTT
<b>Nimike</b> Siitakkeen kannat ja viljelytekniikka	
<b>Tiivistelmä</b> <p>Tutkimuksen tavoitteena oli saada viljelyyn sekä laadullisesti että määrällisesti nykyistä paremman sadontuotantokyvyn omaavia siitakekantoja ja löytää ratkaisuja viljelyketjun biologisiin ja teknisiin ongelmiin. Kolmivuotisen projektin aikana testattiin 24 siitakekannan sadontuotanto-ominaisuuksia. Siitakekantojen sadontuotantokykyä mitattiin laskemalla niiden biologinen tehokkuus, joka ilmaisee kannan kykyä muuttaa kasvualustaa sieniksi. Testattujen kantojen biologinen tehokkuus vaihteli välillä 2–97 %. Vain kahden kannan biologinen tehokkuus oli selvästi parempi kuin käytössä olevan tuotantokannan sadontuotantopotentiaali. Näiden kahden runsas-satoisen kannan laadulliset ominaisuudet eivät kuitenkaan olleet riittävän hyviä, jotta ne olisi valittu uusiksi tuotantokannoiksi. Korkealaatuista satoa tuottava kanta onnistuttiin kuitenkin löytämään jo ensimmäisten kantavertailukokeiden aikana. Tämä johti siihen, että kauppasiemenin tuotantokanta vaihdettiin. Näin voitiin siirtyä poimimaan suoraan myyntirasioihin. Kantavertailukokeet osoittivat, että sekä määrällisesti että laadullisesti korkean sienisadon tuottavaa ominaisuutta ei löytynyt samasta kannasta. Yleisimpiä kasvualustaa kontaminoivia sieniä olivat <i>Aspergillus</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp. ja <i>Penicillium</i> sp.. <i>Trichoderma</i> on näistä nopeakasvuisin, joten se voitiin havaita kasvualustasta jo 4–6 vuorokauden kuluttua steriloinnista. Kontaminaatioita esiintyi keskimäärin 10 %:lla kasvualustoista. Kontaminoituminen johtui joko riittämättömästä steriloinnista tai kasvualustan suojakalvon reikiintymisestä. Projektin yhtenä tavoitteena oli löytää nopeampikasvuisia kantoja, joilla rihmastovaihetta saataisiin lyhennetyksi ja sadontuotantosykliä nopeutetuksi. Testatuista kannoista löytyi muutamia nopeampikasvuisia kantoja kuin vertailukanta, mutta niiden tuottamat sienet eivät olleet riittävän laadukkaita. Tutkimuksessa ei löydetty yksinkertaista tapaa määrittää kasvualustan kypsyyttä sadontuotantovaihetta varten.</p>	
<b>Avainsanat</b> ruokasienet, siitake, <i>Lentinula edodes</i> , sato, sadon laatu	
<b>Toimintayksikkö</b> MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen	
<b>ISSN</b> 1239-0852 <b>ISBN</b> 951-729-643-6 (Painettu) 1239-0844 951-729-644-4 (Verkojulkaisu)	<b>Saatavuus</b> <a href="http://www.mtt.fi/asarja">http://www.mtt.fi/asarja</a>
<b>Myynti</b> MTT, Tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN Puhelin (03) 4188 2327 Telekopio (03) 4188 2339 Sähköposti <a href="mailto:julkaisut@mtt.fi">julkaisut@mtt.fi</a>	<b>Sivuja</b> 21 s.



Jyväskylän yliopistopaino 2001

ISBN 951-729-643-6 (Painettu)  
ISBN 951-729-644-4 (Verkkojulkaisu)  
ISSN 1239-0852 (Painettu)  
ISSN 1239-0844 (Verkkojulkaisu)

<http://www.mtt.fi/asarja>