

Referat

Hygienisering av torkat bioavfall

Malin Svensson

Projektet *Torrkonservering av matavfall från hushåll* innefattar en ny teknik för torkning och lagring av bioavfall, hushållens sortering och vidare användning av det torkade materialet. För att sluta det naturliga kretsloppet utreds om det torkade bioavfallet kan användas som ett jordförbättringsmedel. När organiskt avfall ska användas som ett jordförbättringsmedel ställs krav på hygienisk säkerhet. Examensarbetets syfte var att, genom litteraturstudier, utreda lämplig hygieniseringsmetod att vidare testa praktiskt, samt att testa om en hygieniseringsprocess medför några förändringar på det torkade bioavfallens materialegenskaper. Ett befintligt standardrecept på matavfall vidareutvecklades och användes.

Resultaten tyder på att upphettning av det torkade bioavfallet förmodligen är den mest lämpliga hygieniseringsmetoden. Tre olika tid- temperaturförhållanden testades, 55, 70 och 80°C. Laborationer och analyser tyder på att det torkade bioavfallet genomgår en viss förändring av den kemiska sammansättningen vid upphettning, vilket är tydligast för den högsta hygieniseringstemperaturen. Bland annat sker kväveförluster på upp till 21 % av totalkvävet. Komposteringstester visar på att nedbrytningsgraden är högst för bioavfall som hygieniserats vid den högsta temperaturen. Det verkar inte som om hygienisering, genom upphettning, minskar möjligheten att använda torkat bioavfall som ett jordförbättringsmedel.

Nyckelord: hygienisering, torkat bioavfall, torkning, kompostering, kväve, matavfall, hushållsavfall

Abstract

Hygienic safety aspects concerning dried biowaste

Malin Svensson

The main project *Dry preservation of food waste from households* includes a new technique concerning drying and storage of dried biowaste as well as a study of the sorting of household waste and further usage of the dried biowaste. A question asked in the project is, can the dried biowaste be used as a soil amendment? If organic waste is used as a soil amendment, precaution concerning hygienic safety risks has to be accounted for. The objective of this M. Sc. Thesis Work was to first find a suitable method to attain hygienic safety through a literature study, to test and evaluate the method and to test if a method changes the composition or structure of the material. An existing recipe for food waste was developed and used throughout the work.

Heating of the dried biowaste is probably the most suitable method to reach and attain a hygienically safe product. Three time-temperature proportions were tested, 55, 70 and 80°C. The results show that a raise in temperature lead to a change in the composition of the dried biowaste, most distinctively for the highest temperature. Nitrogen losses of 21% of the total nitrogen content were noticed. A composting experiment showed that the biowaste heated to the highest temperature was decomposed to a higher degree. It does not, however, seem like a heating process will decrease the possibility to use dried biowaste as a soil improvement.

Keywords: hygienic safety, dried biowaste, drying, composting, nitrogen, food waste, household waste

FÖRORD

Detta examensarbete omfattar 20 högskolepoäng och har genomförts inom civilingenjörsprogrammet miljö- och vattenteknik vid Uppsala universitet. Examensarbetet ingår i huvudprojektet *Torrkonservering av matavfall från hushåll* som drivs av Smedlund Miljösystem AB i Göteborg. Lars Smedlund på Smedlund Miljösystem AB har varit handledare och Cecilia Sundberg vid Institutionen för Biometri och teknik, SLU, har varit ämnesgranskare.

Tack Lasse Smedlund och Olle Ternald på Smedlund Miljösystem för att jag har fått genomföra det här examensarbetet för er, det har varit intressant, lärorikt och roligt! Till min ämnesgranskare Cecilia Sundberg vill jag rikta ett stort tack för all hjälp med upplägg, litteraturtips, resultatanalys och rapportskrivning. Tack Sofia Blad för ett gott samarbete i labbet och trevliga och givande diskussioner rörande våra examensarbeten.

Tack till Peter och gänget på Renova för att jag fått tillgång till laboratoriet ute på Marieholms komposteringsanläggning. Ett stort tack till Hanna Hellström för all hjälp med att få rätsida på de kluriga lagarna och förordningarna mm. Jag vill tacka Margareta och Tony på Kungsbacka reningsverk för information om er verksamhet och ett trevligt studiebesök. Jag vill även passa på att rikta ett tack till Hanna Gustavsson och Therese Lager som ställt upp med logi och rapportläsning under arbetets gång.

Malin Svensson

Göteborg, mars 2007

Copyright © Malin Svensson och Institutionen för biometri och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet.

UPTEC W 07 007, ISSN 14015765

Tryckt hos Institutionen för geovetenskaper, Geotryckeriet, Uppsala universitet, Uppsala, 2007.

ORDLISTA

Adiabatisk: en process där värme varken tillförs eller avges (Andersen, 1991)

Animaliska biprodukter (ABP): hela kroppar eller delar från djur eller animaliska produkter som inte är avsedda att användas som livsmedel (EG-förordning 1774/2002).

Avfall: varje föremål, ämne eller substans som ingår i en avfallskategori och som innehavaren gör sig av med eller avser eller är skyldig att göra sig av med (Miljöbalken, 15 kap 1 §)

Aerob behandling: Behandling av bioavfall med tillgång till/tillförsel av syre, exempelvis kompostering (RVF, 2006)

Anaerob behandling: behandling av bioavfall utan tillgång till/tillförsel av syre, exempelvis rötning (RVF, 2006)

Bioavfall: biologiskt lättnedbrytbart avfall, dvs den del av det organiska avfallet som på begränsad tid kan brytas ner i biologiska processer, exempelvis mat- och trädgårdsavfall (RVF, 2006)

Biologisk behandling: återvinning av humus, näring och/eller energi ur bioavfall genom aerob eller anaerob behandling (RVF, 2006)

Denaturering: förändring av ett ämnes struktur så att det inte längre är funktionellt (Inger et al., 1997)

Hushållsavfall: avfall som kommer från hushåll samt därmed jämförligt avfall från annan verksamhet (Miljöbalken, 15 kap 2 §)

Hygieniserande behandling: behandling som avser att reducera eventuellt förekommande patogener i materialet till i det närmaste obefintliga nivåer eller till nivåer där de inte utgör en förhöjd risk, dvs. där användningen av produkterna inte medför en ökad förekomst av sjukdomsfall (RVF, 2005:11)

Lättnedbrytbart avfall: avfall som lämpar sig för kompostering eller rötning (RVF, 2006)

Matavfall: livsmedelsavfall från livsmedelskedjan (hushåll, restauranger, storkök, butiker och livsmedelsindustrin) som av kommersiell eller annan orsak inte gått till konsumtion (RVF, 2006)

Organiskt avfall: avfall som innehåller organiskt kol, exempelvis biologiskt avfall och plastavfall (RVF, 2006, se avfallsförordningen)

Substrat: ämne som mikroorganismer lever av, ämne som enzymer verkar på (Thourgaard H. m.fl., 2001)

Torkat bioavfall: begreppet används, i detta examensarbete, som benämning för avfall som genomgått torkningsprocessen i Smedlund Miljösystems torkningssystem för biologiskt avfall

Vattenaktivitet (a_w): mått på vattnets relativa tillgänglighet i ett substrat. Rent vatten har a_w 1.00 (Thourgaard H. m.fl., 2001)

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1 HUVUDPROJEKTET TORRKONSERVERING AV MATAVFALL FRÅN HUSHÅLL	1
1.2 FRÅGESTÄLLNING OCH SYFTE	1
1.3 BAKGRUND	2
1.3.1 Svensk avfallshantering	2
1.3.2 Smedlund Miljösystem AB	3
2. TEORI	4
2.1 ORGANISKT MATERIAL I JORDEN	4
2.1.1 Organiskt material i jorden	4
2.1.2 Kompostering	5
2.2 TORKNING AV BIOAVFALL	5
2.2.1 Vatten i livsmedel	5
2.2.2 Torkning	6
2.3 MIKROORGANISMER I BIOAVFALL	6
2.3.1 Mikroorganismers tillväxt	7
2.3.2 Mögel- och jästsvampar	7
2.3.3 Smittspridning från organiskt avfall	7
2.4 HYGIENISERING OCH LAGEN	8
2.5 HYGIENISERINGSMETODER	10
2.5.1 Fysikalisk påverkan	10
2.5.2 Kemisk påverkan	12
2.5.3 Biologisk påverkan	13
2.5.4 Riskfri användning av det processade materialet	14
3. METODER	14
3.1 UTVECKLING AV STANDARDRECEPT FÖR MATAVFALL	14
3.2 TORKNING	15
3.3 HYGIENISERINGSMETOD (TID-TEMPERATURFÖRHÅLLANDEN)	16
3.4 HYGIENISERING	16
3.5 NÄRINGSANALYS	17
3.6 MÖGELTESTER	17
3.6.1 Fuktigt torkat bioavfall i burkar utan lock	17
3.6.2 Fuktigt torkat bioavfall i burkar med lock	17
3.6.3 Torrt torkat bioavfall i hög luftfuktighet	18
3.7 KOMPOSTERINGSTEST	18
3.8 KRAMTEST	20
3.9 TORRSUBSTANS	20
3.10 GLÖDGNINGSREST	21
3.11 BERÄKNING NEDBRYTNINGSGRAD	22
3.12 STATISTIK	22
4. RESULTAT	23
4.1 STANDARDRECEPT OCH TORKNING	23
4.1.1 Standardreceptet	23
4.2 HYGIENISERING	24
4.3 NÄRINGSANALYS	25
4.4 MÖGELTEST	28
4.4.1 Fuktigt torkat bioavfall i burkar utan lock	28
4.4.2 Fuktigt torkat bioavfall i burkar med lock	29

4.4.3 Torrt torkat bioavfall i hög luftfuktighet	29
4.5 KOMPOSTERINGSTEST	29
5. DISKUSSION	31
5.1 HYGIENISERING	31
5.2 STANDARDRECEPT OCH TORKNING	32
5.3 LABORATIONER OCH ANALYSER	32
5.4 FÖRSLAG TILL FORTSATTA UNDERSÖKNINGAR.....	34
5.5 SAMMANFATTANDE SLUTSATS	35
6. REFERENSER	36
BILAGOR	38
BILAGA 1	38
BILAGA 2	39
BILAGA 3	40
BILAGA 4	41
BILAGA 5	43

1. INLEDNING

1.1 HUVUDPROJEKTET TORRKONSERVERING AV MATAVFALL FRÅN HUSHÅLL

I dagens system för insamling och behandling av utsorterat matavfall från hushåll finns problem med behandlingsprocessen och med höga kostnader för täta hämtningsintervall (pers. komm. Smedlund, 2006). Problemen uppstår i huvudsak på grund av att det biologiska avfallet kommer in i en oönskad nedbrytningsprocess, som kan innebära problem med till exempel dålig lukt och energiförluster i väntan på att det ska behandlas. Inom projektet utvecklas och pilottestas ett nytt system för hantering och lagring av bioavfall från flerfamiljshus. Projektet innefattar en ny teknik för torkning och lagring av bioavfall, för hushållens sortering samt för vidare användning av det torkade materialet. Processen går ut på att torka och hantera biologiskt lättnedbrytbart material som, förpackat i papperspåsar, lämnats av hushållen. Det utgående materialet skall vara biologiskt inaktivt och kunna lagras under lång tid.

Ett delmål i projektet är att utreda inom vilket/vilka slutanvändningsområden det torkade bioavfallet kan användas. För att sluta det naturliga kretsloppet ställs bland annat frågan om denna produkt kan användas som ett jordförbättringsmedel utan att först komposteras.

1.2 FRÅGESTÄLLNING OCH SYFTE

Examensarbetets syfte var att, genom litteraturstudier, ge förslag på lämplig hygieniseringsmetod att vidare testa praktiskt, samt att testa om en hygieniseringsprocess medför några förändringar på det torkade bioavfallets materialegenskaper, genom att utreda följande huvudfrågor:

- Vilka hygieniseringsmetoder är applicerbara på det torkade bioavfallet? I vilket skede är det lämpligt att hygienisera materialet?
- Medför hygienisering några förändringar på det torkade bioavfallets materialegenskaper? Har en hygieniseringsprocess negativ inverkan på materialets biologiska aktivitet vid återfuktning? Ändras materialets förutsättningar för mikrobiell nedbrytning?

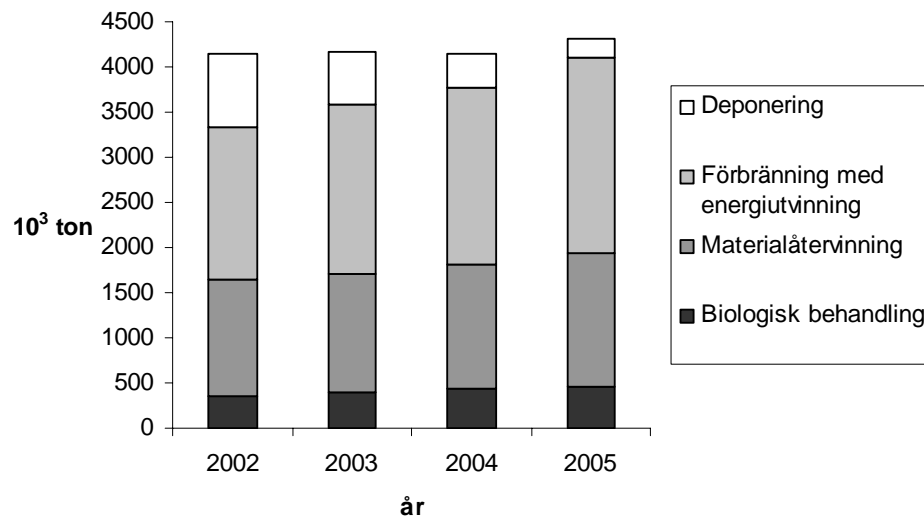
I arbetet vidareutvecklades ett befintligt standardrecept på bioavfall i samarbete med Sofia Blad, examensarbetare för Smedlund Miljösystem. Standardreceptet användes för att försöken ska vara upprepningsbara och resultaten jämförbara.

Eftersom detta är en ny form av avfallshantering innebar examensarbetet betydande metodutveckling och anpassning av befintliga standarder. Arbetet inleddes med en litteraturstudie av hygienisering inom befintlig biologisk behandling (kompost- och slamhantering). Resultatet av litteraturstudien användes som underlag för upplägget av det fortsatta, praktiska, arbetet där hygienisering utfördes, och nedbrytningsegenskaper och kemiska förändringar undersöktes.

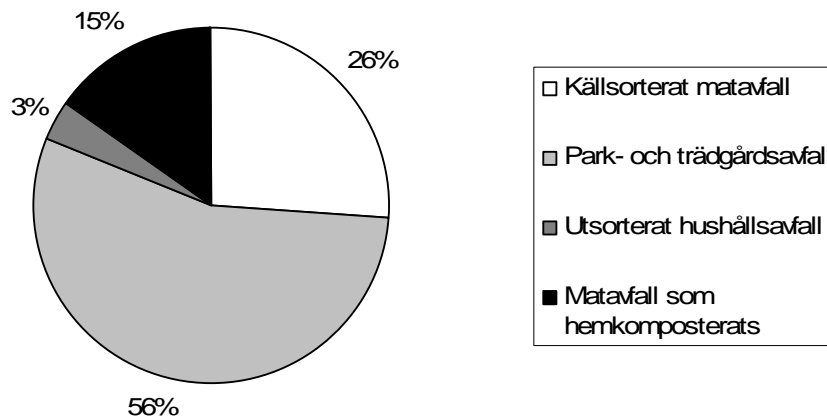
1.3 BAKGRUND

1.3.1 Svensk avfallshantering

Internationellt sett är Sverige framstående inom minimering och omhändertagande av avfall (RVF, 2006). På grund av att konsumtionen ökar i snabb takt så ökar den totala mängden avfall. För att inte människor och natur ska ta skada ska avfallet tas om hand på rätt sätt, beroende på dess egenskaper. Den så kallade avfallshierarkin beskriver hanteringen och enligt den är återvinning i första hand att föredra: om möjligt produktåtervinning, annars materialåtervinning, energiåtervinning eller återvinning genom biologisk behandling. I sista hand kan avfallet gå till deponi, men endast om inget annat är möjligt. Det är kommunen som ansvarar för hanteringen av hushållens avfall, där effektivitet och minimala skadeverkningar på miljön eftersträvas. I figur 1 kan man se att antalet deponerade ton har minskat de senaste åren och mängden biologiskt behandlat material har ökat. Figur 2 visar sammansättningen av avfallet för biologisk behandling 2005.



Figur 1. Behandling av hushållsavfall de senaste fyra åren (källa: RVF, 2006)



Figur 2. Avfallsfraktioner (i procent) som gick till biologisk behandling 2005 (källa: RVF, 2006). Den totala vikten var 454 440 ton. Med ”Utsorterat hushållsavfall” menas hushållsavfall som är från två komposteringsanläggningar som tar emot blandat avfall och maskinellt sorterar ut matavfallet (pers. komm. Hellström, 2006).

Totalt behandlades ungefär 4,3 miljoner ton hushållsavfall år 2005 vilket motsvarar cirka 480 kg per person (RVF, 2006). Av detta gick totalt ca 10 % till biologisk behandling. Det betyder att år 2005 gick ca 50 kg per person till någon form av biologisk behandling.

Idag återvinns ca 16 % av matavfallet genom biologisk behandling (RVF, 2006). Miljömålet ”God bebyggd miljö” innefattar delmålet att 35 % av matavfallet ska återvinnas genom biologisk behandling senast år 2010. För att nå målet behöver ytterligare 200 000 ton matavfall gå till biologisk behandling, jämfört med idag.

1.3.2 Smedlund Miljösystem AB

Smedlund Miljösystem AB är ett innovationsföretag inom källsortering och avfallshantering, stationerat i Göteborg. Företaget utvecklar och säljer produkter och system i samarbete med kommuner, bostadsföretag och tillverkningsindustri.

Smedlunds har utvecklat ett system kallat ”Öppet System”, för hantering av komposterbart material. ”Öppet System” innebär att matavfallet förvaras väl ventilerat, vilket medför minimala luktproblem, lägre vikt och enklare behandling. Till detta har Smedlunds tagit fram en förmultningsbar papperspåse som monteras i en speciell hållare. Om bioavfallet istället förvaras instängt, i till exempel plastpåsar eller plastkärl, kan anaeroba processer ta överhand.

Påsarna med bioavfall placeras i en speciell maskin för torkning. Där sönderdelas avfallet först i en kvarn till grov grötconsistens varefter det, tillsammans med strömmaterial, placeras i en torkapparat för lufttorkning. Materialet bearbetas långsamt i apparaten genom vändning och blandning samtidigt som en luftström passerar genom materialet. Processen sker under 4-5 dagar i rumstemperatur vilket resulterar i ett material som endast har kvar det hårt bundna vattnet.

2. TEORI

2.1 ORGANISKT MATERIAL I JORDEN

2.1.1 Organiskt material i jorden

Nedbrytning av organiskt material i jorden frigör näring för växterna (FAGUS, 2005). Det är en samverkan mellan biologiska, kemiska och fysikaliska processer. Det finns många positiva effekter av organiskt material i jorden:

- Ökad förmåga att lagra och leda vatten
- Bra struktur och stabilitet
- Buffrande mot plötsliga förändringar i jordmiljön
- Näringsämnen frigörs vid nedbrytning
- Minskar risken för erosion

För de flesta svenska odlingar är det främst gödselmedlens innehåll av kväve i mineralform (ammonium och nitrat) som påverkar skörden (Jönsson et al, 2003). I kompost utgör mineralkvävet oftast mindre än 20 % av det totala kväveinnehållet. Det övriga kvävet är bundet i organisk form och måste omsättas innan växterna kan utnyttja det. Det organiska kvävet frigörs under längre tid och i jämnare takt än kvävet i mineralgödselmedel. Utöver ovan nämnda punkter bidrar även det organiska materialet i jorden till en ökad mikrobiell aktivitet, vilket medför att jorden lättare bryter ner oönskade organiska miljökemikalier. En annan fördel med ökad mikrobiell aktivitet är att smittoämnen får hård konkurrens. Nackdelen med stor tillförsel av organiskt material till jorden är att utlakningen av kväve kan öka. Kompost, rötrest, urin och fekalier innehåller alla de mikro- och makronäringsämnen som växterna behöver. Ibland kan dock en kombination av flera gödselmedel behövas för att tillgodose en viss grödas behov.

Matavfall innehåller mycket kväve och det organiska materialet bryts snabbt ner (FAGUS, 2005). C/N-kvoten är ett mått på hur snabbt ett material bryts ner (se tabell 1).

Tabell 1. Nedbrytningstakt och kvävetillgänglighet för olika värden på C/N-kvoten (FAGUS, 2005).

C/N	
> 30	Långsam nedbrytning. Kväve binds.
20 - 30	Balans, nedbrytning sker i ungefär samma takt som ny biomassa byggs upp. Lite bindning eller frigörelse av kväve
< 20	Snabb nedbrytning. Frigörelse av kväve

2.1.2 Kompostering

I princip kan vilket organiskt material som helst komposteras (FAGUS, 2005). Vid nedbrytning av organiskt material i en komposteringsprocess sker en värmeutveckling och avgivning av koldioxid (CO₂), vatten (H₂O) och ammoniak (NH₃). Organiska syror (nedbrytningsprodukter) produceras vilket medför en sänkning av pH-värdet. Kompostering är en aerob process och syre är nödvändigt för att mikroorganismerna, som bryter ner komposten, ska kunna hålla processen igång. När komposten är mogen avges inte några syror och pH-värdet stiger igen.

Den aeroba nedbrytningen kan förenklat beskrivas (Inger m.fl., 1997):



↓



Komposteringsförloppet beror på flera faktorer (Inger m.fl., 1997). Om vatteninnehållet är för lågt avstannar nedbrytningsprocessen. Om det är för högt kan problem med luftningen uppstå och temperaturen blir för låg. Ett för blött material kan även kompakteras under sin egen tyngd. Tillräcklig syretillförsel och materialets struktur är också avgörande.

2.2 TORKNING AV BIOAVFALL

2.2.1 Vatten i livsmedel

Vattenhalten i livsmedel varierar mycket mellan olika grupper (Andersen, 1991). Socker och vissa matfetter innehåller inte något vatten alls medan frukt och grönsaker har en vattenhalt på 85-90%. Ungefär 2-10% är starkt bundet vatten. För att avlägsna starkt bundet vatten krävs stora energimängder.

Vattenaktiviteten (a_w) är ett mått på hur tillgängligt vatten är i en lösning (Thougaard m.fl., 2001). Definitionen är

$$a_w = \frac{\text{ångtrycket över mediet}}{\text{ångtrycket över destillerat vatten}}$$

För rent vatten är vattenaktiviteten 1,0 och för ett helt torrt ämne noll. Ett ökat innehåll av lösta ämnen (salter m.m.) medför att vattenaktiviteten sjunker på grund av att de lösta ämnena binder vattnet så att det inte avdunstar och vattenaktiviteten minskar.

2.2.2 Torkning

Tillgång till vatten är nödvändigt för alla former av liv (Thougaard m.fl., 2001). Vissa bakteriesporer kan överleva torra under lång tid, de är mycket resistent. Bakterieceller utan sporer är däremot mycket känsliga för torkning. Torkning kan alltså användas för att stoppa mikroorganismernas tillväxt men inte för att avdöda dem. Det är vattentillgängligheten, snarare än mängden vatten, som avgör om en mikroorganism kan tillväxa. Tillgängligheten beror av den osmotiska potentialen, koncentrationen av lösta ämnen. Den konserverande effekten av torkning beror på en sänkning av vattenaktiviteten.

Vid torkning som konserveringsmetod bygger principen på att vattenhalten reduceras tills vattenaktiviteten blir så låg att mikroorganismer inte kan föröka sig och att hastigheten hos enzymatiska och kemiska reaktioner minskar (Andersen, 1991).

Den torkade produktens struktur beror till stor del på torkhastigheten och temperatur (Andersen, 1991). Vid snabb torkning uppstår ofta stora inre spänningar och ibland även skalbildning. Skalbildningen kan bli så stor att den medför långsammare torkning, då blir kanske inte materialet genomtorkat. Under lagring fördelas sedan vattenhalten jämnt i hela produkten och det finns en risk för tillväxt av mikroorganismer. Vid långsam torkning däremot, blir det inte några större skillnader i vattenhalt inom materialet. Inga stora spänningar uppstår och strukturen bevaras. Det torkade materialet har porös struktur och stor volym.

Rehydreringsförmågan beror både på kemiska och fysikaliska egenskaper (Andersen, 1991). De betydande kemiska egenskaperna är framförallt graden av denaturering hos proteiner eftersom det är de odenaturerade proteinerna som kan binda vatten. När det gäller fysikaliska egenskaper som påverkar materialets förmåga att rehydratisera, och med vilken hastighet detta sker, är det partikelstorlek och porositet som är betydande. Små, kompakta partiklar har svårt att befuktas.

2.3 MIKROORGANISMER I BIOAVFALL

Ur livsmedelssynpunkt kan mikroorganismer delas in i fyra grupper (Andersen, 1991):

- Nyttiga, vissa arter utnyttjas inom livsmedelsindustrin för till exempel jäsnings
- Livsmedelsförstörande
- Sjukdomsframkallande (patogena)
- Andra mikroorganismer

2.3.1 Mikroorganismers tillväxt

Bakterier förökar sig genom enkel celledelning, vilket kan gå mycket snabbt (Andersen, 1991). Svampar däremot förökar sig långsammare eftersom kopiering av kromosomer tar längre tid för dem. Jästsvampar, som vanligtvis är runda, separata celler (Thougaard m.fl., (2001), förökar sig oftast genom knoppning. Enligt Thougaard m.fl. (2001) ökar inte alltid cellantalet vid mögelsvampars tillväxt eftersom den sker i spetsen av deras trådar, genom förlängning.

För många mikroorganismer har pH-värdet i omgivningen stor betydelse för tillväxten, eftersom pH inne i cellen ofta är neutralt (Andersen, 1991). Om omgivningens pH-värde avviker alltför mycket krävs energi för att upprätthålla den inre miljön. Optimalt är, för de flesta bakterier, ett intervall på 6,5 – 7,5, och för de flesta svampar ligger intervallet mellan pH 4,5 – 6.

Vatten är nödvändigt för mikroorganismers tillväxt (Andersen, 1991). Allt vatten är inte tillgängligt för mikroorganismerna utan det viktiga är mängden fritt vatten.

2.3.2 Mögel- och jästsvampar

Svampar använder organiska ämnen som energikälla (Thougaard m.fl., 2001). Så kallade förruttnelsesvampar lever på dött organiskt material, de utsöndrar enzymer som bryter ner komplicerade organiska molekyler till mindre molekyler som tas upp. Förruttnelsesvampar finns i stora mängder på växtrester såsom blad och trä. Svampar angriper även livsmedel. Generellt blir angreppen bara betydande om bakterietillväxten är hämmad, t.ex. genom låg vattenaktivitet eller lågt pH. Svampar har varierande krav när det gäller fuktighet men de är generellt mindre fuktighetskrävande än bakterier, de kan alltså växa vid en lägre vattenaktivitet än bakterier. Bakteriers tillväxt är vanligtvis begränsat till en vattenaktivitet mellan 1,0 och 0,95, men jäst- och mögelsvampar tål ner till 0,7, den så kallade mögelgränsen. Jästsvampar är encelliga och kräver en lättillgänglig kolhydratkälla. De finns bland annat på söta frukter och i blommornas nektar. De finns även i jord samt i matspjälkningskanalen hos människor och djur.

2.3.3 Smittspridning från organiskt avfall

Enligt RVF-rapport 1996:8 innebär hantering och behandling av den komposterbara fraktionen av hushållsavfallet en risk för smittspridning av växt-, djur- och humanpatogener.

Smittspridning kan ske direkt eller indirekt (Steineck m.fl., 2000). Direkt smittspridning kan ske från behandlingssystemet vid all form av transport och hantering. När det gäller direkt spridning är aerosoler sannolikt det största problemet. Indirekt smittspridning innebär att smitta sprids från avfallets restprodukter efter att dessa spridits som gödsel. Då kan smittspridning ske till djur som vistas på den gödslade marken, med

jordpartiklar som blåser i väg, med ytavrinning till vattendrag eller med foder och livsmedel som skördats från den gödslade marken. Det finns flera faktorer som avgör risken för smittspridning vid ett kretslopp av organsikt avfall:

- Vilken mikroorganism som avses
- Hur stor koncentration av patogenen som fanns i avfallet från början
- I hur stor utsträckning patogenen reducerats eller späts ut under behandling och lagring
- Om patogenen har möjlighet att tillväxa i behandlingssystemet eller miljön
- Hur länge den kan överleva i miljön
- I vilken omfattning transport av patogenen sker efter spridning, med vektordjur, yt- eller grundvatten och med jordpartiklar och vind

Salmonella

Av de bakteriella patogenerna är salmonella den mest relevanta då de kan infektera eller kontaminera nästan alla vektorer, från insekter till däggdjur. Salmonella kan finnas i organiskt avfall. (Böhm, 2004). Enligt Livsmedelsverket (2006) kan salmonella finnas i tarmen hos djur och människor. Om man blivit smittad drabbas man av diarréer, kräkningar, magkramper och feber. Salmonella kan även orsaka följsjukdomar som till exempel ledbesvär.

Sporbildande bakterier

Sporbildande bakterier är mikroorganismer som under goda förhållanden är vegetativa bakterier men som under sämre livsbetingelser går in i en vilofas som sporer (SVA, 2006). De flesta sporbildande bakterier är inte några kända patogener och betraktas som miljöbakterier, men en del är patogena för människor och/eller djur.

2.4 HYGIENISERING OCH LAGEN

Torkning av bioavfall är, liksom kompostering och rötning, en biologisk behandling. På grund av Sveriges medlemskap i Europeiska unionen är vi beroende av EG-rätten (Michanek, 2004). Detta innebär bland annat att EG-rättsliga förordningar omedelbart gäller för enskilda och för domstolar och andra myndigheter. Matavfall kan innehålla animaliska biprodukter och omfattas av EG-förordning 1774/2002. I EG-förordning 1774/2002, om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter som inte är avsedda att användas som livsmedel avses med:

Kategori 3-material: vissa animaliska biprodukter, till exempel i matavfall.

Organiska gödningsmedel och jordförbättringsmedel: olika material av animaliskt ursprung som, vart och ett för sig eller tillsammans, används för att bibehålla eller förbättra växternas näringsupptag samt jordens fysikaliska och kemiska egenskaper och biologiska aktivitet; dessa material kan bestå av naturgödsel, mag- och tarminnehåll, kompost och rötrest.

Tekniska produkter: produkter som direkt framställs av vissa animaliska biprodukter och som inte är avsedda att användas som livsmedel eller foder, till exempel [...] organiska gödningsmedel, jordförbättringsmedel [...].

Enligt EG-förordning nr 208/2006 (om ändring av bilagorna VI och VIII till EG-förordning nr 1774/2002 när det gäller bearbetningskrav för biogas och komposteringsanläggningar och krav för naturgödsel) gäller följande:

Om kategori 3-material ska användas som råvara i biogas/komposteringsanläggningar ska följande minimikrav vara uppfyllda:

- Maximal partikelstorlek före inträdet i enhet/reaktor: 12 mm
- Minimitemperatur för allt material i enheten/reaktorn: 70°C
- Minimitid i enheten/reaktorn: 60 minuter

Det står även att ”den behöriga myndigheten får dock tillåta andra standardiserade bearbetningsparametrar, förutsatt att en sökande kan påvisa att dessa parametrar garanterar minsta möjliga biologiska risk.” I förordningen anges även vilka krav som ska uppfyllas för att en alternativ metod ska vara godtagbar.

Det finns dock undantag från kravet på hygienisering. Enligt Hellström (pers. komm, 2006) gäller undantaget för matavfall från hushåll, restauranger och storkök men inte från butiker. För dessa undantag gäller nationell lagstiftning. I Naturvårdsverkets allmänna råd (NFS 2003:15) finns rekommendationer.

Naturvårdsverkets allmänna råd till 2 kap. 3§ miljöbalken (1998:808) om metoder för yrkesmässig lagring, rötning och kompostering av avfall är avsedda att ge vägledning om försiktighetsmått vid tillämpning av metoder för bland annat

- Yrkesmässig anmälnings- eller tillståndspliktig mellanlagring av källsorterat matavfall, livsmedelsrelaterat verksamhetsavfall, park- och trädgårdsavfall mm.
- Yrkesmässig rötning och kompostering i tillståndspliktiga anläggningar som mottar källsorterat matavfall, livsmedelsrelaterat verksamhetsavfall samt avloppsslam.

När det gäller hygienisering så säger råden att det inkommande avfallet först bör sönderdelas och att rötresten eller komposten efter behandling och före användning bör uppfylla kravet på att *Salmonella* är frånvarande i ett prov om 25 g (våtvikt) av materialet.

Vidare bör hanteringen av det hygieniserade materialet ske på ett sådant sätt att risken för återkontaminering och återväxt av smittämnen begränsas. Fordon och behållare, som inte genomgått rengöring eller desinfektion, bör inte användas för transport av obehandlat respektive behandlat avfall. Vid utformning och uppföljning av arbetsmiljön, vid hantering av avfall och material, bör smittskyddet beaktas.

I de allmänna råden finns rekommendationer gällande tid/temperatur-förhållanden för rötning och kompostering. Under förutsättning att likvärdigt resultat uppnås, kan även andra metoder godtas. Separat hygienisering före rötning eller kompostering är också godtagbart.

När det gäller frågor rörande behandling och spridning av torkat bioavfall direkt på fastigheten finns i nuläget inga direkta svar. Enligt Johnsson på Göteborg Stads miljöförvaltning (pers. komm., 2006) är det en fråga från fall till fall. Det går bra att sprida hemkompost (pers. komm. Hellström (2006)), men det råder anmälningsplikt.

Sammanfattningsvis är det alltså Naturvårdsverkets allmänna råd som är vägledande vid biologisk behandling av matavfall, så länge det inte kommer från butiker då EG-förordning 1774/2002 gäller. Även för matavfall av blandat ursprung, där matavfall från butiker ingår, är det EG-förordning 1774/2002 som gäller (pers. komm. Hellström, 2006).

2.5 HYGIENISERINGSMETODER

Avdödning av mikroorganismer kan ske på flera olika sätt. Det finns fysikaliska, kemiska och/eller biologiska metoder.

2.5.1 Fysikalisk påverkan

Temperaturförändring

Många hygieniseringsmetoder bygger på en rent termisk behandling (Inger m.fl., 1997). Temperaturen som krävs för avdödning är direkt kopplad till exponeringstiden. I en artikel av Vinnerås m.fl. (2002) redovisas matematiska formler för inaktivering av vissa sjukdomsframkallande mikroorganismer (formel 1-3 och figur 3).

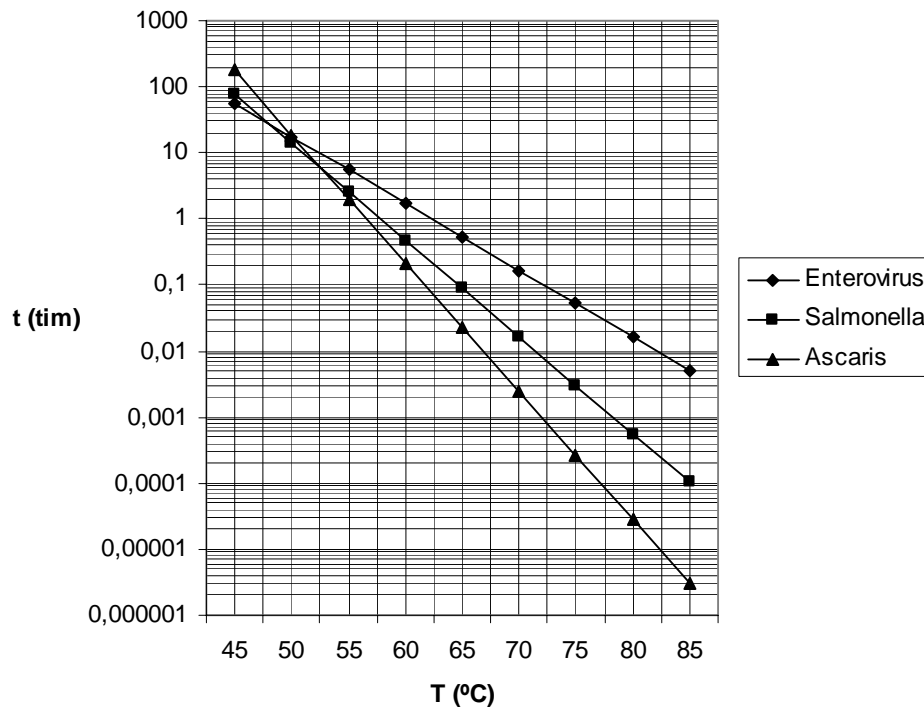
$$\text{Enterovirus: } t = 55,9 \times 10^{-0,101(T-45)} \quad (1)$$

$$\text{Salmonella: } t = 75,4 \times 10^{-0,1466(T-45)} \quad (2)$$

$$\text{Ascaris: } t = 177 \times 10^{-0,1944(T-45)} \quad (3)$$

T: temperaturen i °C

t: tiden i timmar som krävs för att inga levande organismer ska kunna detekteras



Figur 3. Tid- temperaturförhållanden för inaktivering av några sjukdomsframkallande organismer beräknat enligt formel (1-3). Området ovanför kurvorna anses vara säkert.

Vid temperaturer över eller under det optimala mattas mikroorganismernas tillväxthastighet av (Inger m.fl., 1997). Vid höga temperaturer leder strukturförändringar i till exempel proteiner och nukleinsyror i cellerna till döden. Det kan bero på förändringar hos vissa enzymer eller kemiska strukturförändringar i exempelvis cellmembranet. Även torka kan leda till celledöd.

Lägre temperaturer och kortare uppehållstider kan användas vid upphettning av fuktigt material än av torrt (Inger m.fl., 1997). Värmen tränger in snabbare i fuktigt material än i torrt då vatten är en bättre värmeledare än luft. Fuktig värme denaturerar proteinerna i mikroorganismen. Denatureringen innebär att bindningar som håller ihop proteinet i en tredimensionell struktur bryts och proteinet antar en tvådimensionell struktur, proteinet koagulerar då och förlorar sin funktion.

Uppvärmningen av avfallet kan ske på många olika sätt beroende på praktiska förutsättningar (Inger m.fl., 1997). Förutom termisk uppvärmning kan mikrovågor användas för att värma upp olika material. Enligt Zettergren (pers. komm. 2006) kan mikrovågor ta död på bakterier, mögel och grobara frön. En stor fördel med mikrovågor är att uppvärmningen är mycket snabb (Inger m.fl., 1997). Effekten på mikroorganismerna beror dels på yttre faktorer, som frekvens och intensitet hos strålningen, dels på temperatur. Vid experiment med en mikrovågskälla med 1 kW och 2450 MHz var en uppehållstid på 7,04 sekunder och en erhållen temperatur på 69°C tillräckligt för att salmonella inte skulle kunna påvisas. Experimentet utfördes på flytgödsel med en TS-halt på 1,21-1,98 %.

Bestrålning

Avdödning genom bestrålning kan ske med ultraviolet- eller gammastrålning (Inger m.fl., 1997). När mikroorganismerna utsätts för UV-ljus blockeras den normala replikationen av DNA och förstör proteinsyntesen vilket tillsammans medför en inaktivering av organismerna. Gammastrålning slår ut elektronerna ur banorna kring atomkärnan och det bildas joner, jonerna attraheras därefter av varandra och det kan bildas jonföreningar som orsakar kemiska förändringar i cellen. Det kan också bildas ämnen som är giftiga för cellen.

2.5.2 Kemisk påverkan

Vissa kemiska substanser åstadkommer skador på cellstrukturen, medan andra påverkar den metaboliska aktiviteten i cellerna (Inger m.fl., 1997).

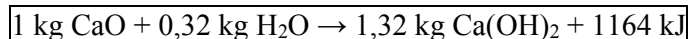
Kalkning

En faktor som påverkar mikroorganismerna är omgivningens pH-värde (Inger m.fl., 1997). Det finns bakterier som klarar extrema pH-värden (ca 2 eller 9), men de flesta skadas på grund av denaturering och koagulering vid pH-nivåer utanför det neutrala.

Behandling med kalk används för att hygienisera avloppsslam och ibland även inom lantbruket vid sjukdomsutbrott på enskilda gårdar för desinfektion av gödsel och djurkroppar (Inger m.fl., 1997). Det är ovanligt med kalkning av annat organiskt avfall (tex hushållsavfall). Två former av kalk finns som handelsvara (Inger m.fl., 1997):

- Kalciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) som benämns släckt kalk blandas i oavvattnat avloppsslam.
- Kalciumoxid (CaO) som oftast benämns osläckt (eller bränd) kalk blandas i avvattat avloppsslam. Bränd kalk tillverkas genom upphettning av krossad kalksten till ca 1100°C (Kalkföreningen, 2006).

När släckt kalk löses sker en pH-höjning på grund av de fria hydroxidjonerna. Kalciumjonerna binds normalt i svårlösliga föreningar (Inger m.fl., 1997). Osläckt kalk måste omvandlas till släckt kalk (vilket snabbt sker vid kontakt med vatten) för att pH ska höjas. Vid omvandlingen, enligt kemisk formel nedan, sker en betydande värmeutveckling.



Materialets vatteninnehåll måste vara begränsat för att en tillräcklig värmeeffekt ska uppnås (Inger m.fl., 1997). För att mikroorganismerna ska inaktiveras krävs en kalkdos som medför att pH stiger till en nivå över 12, då upphör den biologiska aktiviteten och stabilisering och luktreducering sker. Men om pH-värdet sjunker kan den biologiska nedbrytningsprocessen komma igång igen och då även luktproblemen. För att uppnå en tillräckligt hög hygieniseringstemperatur krävs normalt en kalkdos på ca 500-600 kg CaO /ton TS men för att uppnå tillräckligt högt pH räcker det med ca 200-300 kg

CaO/ton TS. Det krävs dock ytterligare kalk för att undvika att pH-värdet sjunker för snabbt under en längre lagringsperiod. Inblandning av osläckt kalk till avvattat slam är en hygieniseringsmetod med relativt låga anläggningskostnader, men driftkostnaderna kan bli höga om kalk ska tillsättas så att en hög hygienisk standard skall säkerställas. Enligt Olars på Nordkalk (pers komm 20060803) kostar osläckt kalk ungefär 1000 kr/ton. Ett vanligt problem (enl norska tester) är att det är svårt att dosera rätt, ett annat är den ammoniakrika luft som frigörs (Inger m.fl., 1997).

Kalkinblandning i organiskt material leder inte till någon reduktion av organiskt material då den biologiska aktiviteten avbryts och hindras så länge en hög pH-nivå hålls (Inger m.fl., 1997). Däremot kan växtnäringsvärdet minska på grund av okontrollerad ammoniakdrivning.

Vid Kungsbacka reningsverk hygieniseras slammet sedan 70-talet med osläckt kalk. Risken för korrosion måste beaktas vid val av byggnadsmaterial. Vid ett studiebesök på Kungsbacka reningsverk berättade Lundin och Mauritsson (2006) att kalken frätte sönder rören. Detta kunde förhindras genom att de täcktes med ett plastlager på insidan, men frammatningsskruvarna fräts bort helt och måste bytas ut med jämna mellanrum

Kalkbehandlat material ger en kalkverkan på jorden (Inger m.fl., 1997). Det är sällan brist på Ca som växtnäringsämne i jorden. Kalkbehovet är knutet till lågt pH. Enligt FAGUS (2005) kan högt pH innebära en risk för att mikronäringsämnen såsom järn och mangan blir så starkt bundet till jordpartiklarna att de inte är tillgängliga i vattnet för växtupptag.

Andra kemiska behandlingar

Även andra kemiska medel kan medföra en pH-höjning (Inger et al., 1997). Exempel på medel är natriumhydroxid (lut), ammoniumhydroxid och kaliumhydroxid. Det är dock svårt att finna erfarenheter med användning av andra ämnen än kalk i litteraturen.

Inblandning av perättiksyra tas upp av Inger et al (1997) som ett exempel på en hygieniseringsmetod där pH-värdet i stället sänks. Detta är dock en behandling som används på urin, gödselvatten och flytgödsel. Även inblandning av formalin nämns av Inger et al.

Gemensamt för inblandning av kemikalier är att materialet behöver ha en viss vattenhalt för att kemikalien ska kunna lösas och jämnt fördelad effekt uppnås.

2.5.3 Biologisk påverkan

Det finns aeroba (syrerika) och anaeroba (syrefria) biologiska behandlingsmetoder (Inger et al., 1997). Det som sker är att det organiska materialet bryts ned. Bakterier utsätts bland annat för predation av andra mikroorganismer. Men det är svårt att bedöma om en biologisk behandling verkligen innebär avdödning. Det är temperaturen som är den viktigaste hygieniseringsfaktorn även vid biologisk behandling.

2.5.4 Riskfri användning av det processade materialet

Enligt Böhm (2004) är följande en bra strategi för att kunna säkerställa en riskfri hygienisk användning av det processade materialet:

- Utvärdering av behandling
- Kontinuerlig registrering av relevanta processparametrar (tex temp, pH, exponeringstid)
- Mikrobiologisk övervakning av slutprodukten (indikatorer)
- Restriktioner för användandet av slutprodukten

3. METODER

I laborationerna utvecklades och användes ett standardrecept på matavfall. Detta för att underlätta analys och resultatolkning samt möjliggöra upprepning av försöken. Bioavfallet torkades och hygieniserades sedan vid olika tid-temperaturförhållanden. För att testa om hygieniseringen medför några förändringar på det torkade bioavfallet gjordes näringsanalys, mögeltester samt komposteringstester.

3.1 UTVECKLING AV STANDARDRECEPT FÖR MATAVFALL

Göransson och Jacobsson (2006) har, i sitt examensarbete, tagit fram ett standardrecept på matavfall (se bilaga 5). Receptet grundar på en plockanalys gjord av Smedlund Miljösystem på matavfall som samlades in från fyra olika bostadsområden i Göteborg, i mars 2005. Standardreceptet togs fram utifrån vikttabeller och foton.

I ett första försök användes Göransson och Jacobssons standardrecept i stort sett rakt av, omräknat efter de mängder som behövdes för detta och Blads examensarbeten. Med hjälp av bilder och efter samtal med Göransson förbereddes ingredienserna. En del råvaror var råa, andra var tillagade. Alla råvaror vägdes in och delades upp i två plastsäckar för omblandning. Därefter fördelades råvarorna i 35 st förmultningsbara papperspåsar, ca 1 kg i varje. Påsarna placerades i speciellt anpassade hållare och fick stå på golvet i laboratoriet (som är lokaliserat i källaren i Smedlunds lokaler) i två och ett halvt dygn. Detta för att simulera den tid avfallet normalt står i köket innan det slängs i det gemensamma soprummet. Temperaturen varierade mellan ca 22 - 24°C och luftfuktigheten mellan ca 56-70%. På måndagen vägdes påsarna och placerades i maskinen för malning och torkning. Redan efter några timmar i maskinen uppstod klumpning och kulbildning, vilket bara blev värre och värre. Torkningsprocessen avbröts då.

Inför det andra försöket gjordes en utvärdering av vad som gått fel i försök 1, samt en ordentlig genomgång av resultatet från den plockanalys Smedlund Miljösystem utfört. Bilder tagna vid plockanalysen visade att materialet var betydligt torrare. För att få ett torrare utgångsmaterial justerades receptet:

- Gräddfilen plockades bort och ersattes med äggskal (vilket fanns med på bilderna från plockanalysen men inte i Göransson och Jacobssons recept) och utökad mängd ost.
- Enligt bilderna låg inte fiskbullarna i sås så de inhandlades i buljong som hälldes bort.
- Fruktkött innehåller mycket vätska och ersattes därför med skal och skrottar, vilket stämde bättre med bilderna från plockanalysen.
- Smöret togs bort från brödet eftersom bilderna visade på torrt (gammalt) bröd.

Råvarorna iordningställdes under dag ett och två för att de skulle hinna torka mer innan de placerades i kompostpåsarna. Ungefär 40 kg råvaror vägdes upp. Råvarorna stod på golvet i labbet fram till tredje dagen, då de placerades i 31 kompostpåsar med ca 1 kg i varje. Råvarorna placerades slumpvis i påsarna, alla sorters råvaror fanns alltså inte i alla påsar. Påsarna fick stå på golvet i labbet, dag fyra och fem, för att simulera den tid de normalt står i köket. På måndag morgon vägdes de på nytt.

Påsarna lades i maskinen dag sex. Efter att ungefär hälften av påsarna lagts i tycktes det vara orimligt mycket hushållspapper (pers. komm. Smedlund) bland avfallet och åtgärder diskuterades. Det bestämdes att förhållandet mellan hushållspapper och vatten skulle räknas om (efter att ha testat ungefär hur mycket vatten som tas upp av pappret då vätska torkas upp (tex. vid spill)). Papper togs ut ur påsarna och ersattes med vatten. Påsarna placerades i maskinen där de först maldes i kvarnen (till en partikelstorlek på maximalt 12 mm). Strömmaterial (halm) tillsattes tillsammans med avfallet i kvarnen. Enligt Smedlunds tidigare erfarenhet behövs ca 2,5 vikt% strömmaterial (dvs. 1 kg halm per 40 kg avfall). Maskinen tömdes efter två dygn. Efter mätning av TS konstaterades det att bioavfallet inte torkat riktigt ordentligt så det spreds ut på en presenning på laboratoriegolvet. En avfuktare fick stå på och två dygn senare var bioavfallet torkat. Torkningstiden bestämdes genom mätning av TS. Ca 2 kg togs ut efter malning och placerades i frysen för att kunna skicka prover på analys för jämförelse.

3.2 TORKNING

Torkning av bioavfallet utfördes i Smedlund Miljösystems prototypmaskin i laboratoriet (figur 4). Påsarna med bioavfall placerades i maskinen där de först maldes innan torkning.



Figur 4. Bioavfall torkas i maskinen.



Figur 5. Hygienisering av torkat bioavfall i låg glasskål i laboratorieugn. På bilden syns även temperaturgivare kopplade till dator samt en termometer.

3.3 HYGIENISERINGSMETOD (TID-TEMPERATURFÖRHÅLLANDEN)

Följande hygieniseringsmetoder testades:

- Uppvärmning till 55°C i 5 timmar och 30 minuter
- Uppvärmning till 70°C i en timme
- Uppvärmning till 80°C i 30 minuter

I fortsättningen används benämningar enligt tabell 2. Till grund för dessa val ligger figur 3, en viss säkerhetsmarginal har använts.

Tabell 2. Benämningar

Benämning	Förklaring
Ohyg	Ohygieniserat, torkat bioavfall
Hyg55	Torkat bioavfall, hygieniserat i 55 °C i 5 tim 30 min
Hyg70	Torkat bioavfall, hygieniserat i 70 °C i 1 tim
Hyg80	Torkat bioavfall, hygieniserat i 80 °C i 30 min

3.4 HYGIENISERING

Material

- Laboratorieugn
- Låg glasskål
- Temperaturgivare, kopplade till dator för loggning
- Torkat bioavfall

40g torkat bioavfall vägdes in i en låg glasskål, i ett ca 2 cm tjockt lager. Glasskålen placerades på ett galler i nedre delen av ugnen (se figur 5) som var förvärmad till bestämd temperatur. Temperaturgivare placerades så att de mätte temperaturen i luften samt på ytan och i mitten av materialet. Givarna var kopplade till en dator som hämtade information var 30:e sekund. Hygieniseringstiden räknades från och med att hela materialet har uppnått bestämd temperatur. Temperaturen loggades vid varje upprepning av hygienisering. Det hygieniserade materialet förvarades i slutna papperspåsar.

3.5 NÄRINGSANALYS

Prover från varje hygieniseringsmetod skickades till laboratoriet (institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala) för extern analys av TS, total-C, total-N, ammonium-N, nitrat-N, P och K. Tre slumpvisa prover togs för varje hygieniseringsmetod samt ohygieniserat material, de tre proverna blandades sedan väl till ett prov och vägdes in i påsar. För hyg70 beställdes även analys av B, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, S och Zn. Påsarna skickades med post till laboratoriet. För analys av ammonium-N och nitrat-N skickades ca 10 g per substrat, för övriga analyser skickades 30 g per substrat.

3.6 MÖGELTESTER

3.6.1 Fuktigt torkat bioavfall i burkar utan lock

Material

- 12 små plastlådor utan lock (ca 250 ml)
- 12 små skakflaskor (ca 150 ml)
- Substrat (fyra olika substrat, enligt tabell 2)
- Vatten

3 burkar för varje substrat, enligt tabell 2, iordningställdes. 5 g av substratet vägdes in i plastflaska och skakades med 15 ml vatten. Materialet fördes över till de små plastlådorna utan lock. Rummets temperatur och luftfuktighet mättes. Burkarna kontrollerades dagligen och anteckningar gjordes över synlig mögelbildning.

3.6.2 Fuktigt torkat bioavfall i burkar med lock

Material

- 12 små plastlådor med lock (ca 250 ml)
- 12 små skakflaskor (ca 150 ml)

- Substrat (fyra olika substrat, enligt tabell 2)
- Vatten

För varje substrat ställdes 3 lådor i ordning. Ca 5g av substratet vägdes in och skakades i flaska med 20 ml vatten. Blandningen placerades i burkarna och locken sattes på. Burkarna öppnades för inspektion efter ca 12, 24 och 48 timmar.

3.6.3 Torrt torkat bioavfall i hög luftfuktighet

Material

- 12 stora plastlådor med lock (ca 8 l)
- 24 små plastburkar (12 med lock (ca 500 ml) och 12 utan (ca 250 ml))
- Trasor
- Substrat (fyra olika substrat, enligt tabell 2)
- Vatten

För att uppnå hög luftfuktighet (ungefär 98%) fylldes de stora plastlådorna med ett några cm djupt vattenlager och våta trasor hängdes utmed lådväggarna (för uppställning se figur 6). Tre lådor iordningställdes för varje substrat. Ca 5 g torrt material placerades i små plastburkar, som i sin tur placerades på plastburkar förslutna med lock. Plastlådorna förslöts med lock. I en av plastlådorna placerades en fukt- och temperaturmätare. Lådorna öppnades en gång om dagen och mögelbildningen noterades. Temperatur och luftfuktighet lästes av regelbundet.



Figur 6. Uppställning mögeltest, i hög luftfuktighet, innan locken lades på lådorna.

3.7 KOMPOSTERINGSTEST

Material

- 12 st komposteringskärl (mattermosar med stor öppning)
- 12 termometrar
- 12 st trasor

- Hushållspapper
- Substrat (fyra olika substrat, enligt tabell 2)
- Ymp (mogen kompost från Renova, Marieholm)
- Vatten

Tabell 3. Uppställning komposteringskärl

kärl	substrat	Benämning
1	Ohyg	Ohyg1
2	Ohyg	Ohyg2
3	Ohyg	Ohyg3
4	Hyg70	Hyg70_1
5	Hyg70	Hyg70_2
6	Hyg70	Hyg70_3
7	Hyg55	Hyg55_1
8	Hyg55	Hyg55_2
10	Hyg80	Hyg80_1
11	Hyg80	Hyg80_2
12	Hyg80	Hyg80_3
13	endast ymp	ymp

Innan försöken med de fyra substraten ställdes i ordning sattes två testkärl med olika koncentration av ohygieniserat substrat. Kärl 1 innehöll 60 g substrat, 255 g ymp och 120 ml vatten. Kärl 2 innehöll 30 g substrat, 255 g ymp och 90 ml vatten. Kärlen fick stå i åtta dagar och temperaturen noterades några gånger om dagen. För de fortsatta försöken användes uppställning nr 2 eftersom vattenmängden var lagom och samma komposteringsförlopp kunde avläsas även om halten substrat var lägre.

Kärlen innehöll substrat, ymp och vatten (uppställning enligt tabell 3). Tre kärl av varje substrat, förutom hyg55 (som på grund av brist på substrat endast räckte till två) förbereddes. De innehöll 250 g ymp, 30 g substrat och 90 ml vatten. En termos innehöll 280 g ymp och 90 ml vatten. Ympen vägdes upp i fyra olika plastkärl (ett för varje hygieniseringsmetod samt ohygieniserat). Rätt mängd substrat vägdes in i fyra glaskärl. Substratet blandades ned i ympen och vatten tillsattes. Alltihop blandades väl och delades upp i komposteringskärlen. Ca 50 g av varje blandning lades i plastpåsar, som placerades i kylan, för mätning av torrsbstans och glödningsförlust. Komposteringskärlen fylldes till ungefär två tredjedelar. Termometrarna hängdes i luften ovanför kompostblandningen, en boll av hushållspapper sattes som kork, en trasa lades över och termosens ytterlock placerades ganska löst ovanpå (se figur 7). Komposteringskärlen slöts inte helt tätt eftersom det är bra för komposteringsprocessen om lite luft kan sippra igenom (pers. komm. Sundberg, 2006). Termometrarna lästes av dag två. Tredje dagen öppnades kompostkärlet som vägdes och innehållet blandades försiktigt med en gaffel. Termometrarna lästes av (även max- och minvärden) och nollställdes. Dag fyra lästes termometrarna av igen och nollställdes. Termosarna öppnades igen dag fem, de vägdes, blandades och termometrarna lästes av. Innan omblandning mättes temperaturen mitt i blandningen med en vanlig ugnstermometer

(sticka) för att jämföra temperaturen med den i luften ovanför blandningen. Några slumpvisa kramtest gjordes, inget vatten tillsattes. Termometrarna nollställdes. Termometrarna lästes av och nollställdes dag sju, åtta och nio. Dag tio öppnades termosarna igen för vägning och omblandning. Termometrarna lästes återigen av och nollställdes, temperaturen i rummet noterades också för jämförelsevärden då komposteringsprocessen verkade avta.

Innan försöket utfördes lästes alla termometrarna av i rumstemperatur. Det skilde 0,7 grader mellan den högsta och den lägsta termometern.



Figur 7. Uppställning komposteringsförsök

3.8 KRAMTEST

En näve kompostmaterial kramas hårt i handen (Vinnerås, Sundberg, 2006):

- Om vatten eller en grötaktig substans rinner mellan fingrarna är kompostmaterialet för blött.
- Faller materialet isär när handen öppnas är materialet för torrt.
- Om kompostmaterialet är som en boll när man öppnar handen, och om den formade bollen lätt faller isär till mindre bitar när man petar på den, så är materialets fukthalt optimal.

3.9 TORRSUBSTANS

Material

- Ugn
- Våg
- Degel
- Substrat

Mätningarna utfördes enligt svensk standard SS 02 81 13. Substratet vägdes upp i degel och fick stå i 105°C i minst 20 timmar. Indunstningsåterstoden vägdes sedan och torrsubstansen beräknades enligt formel nedan.

$$TS = \frac{1000 * a}{b} \quad (4)$$

TS = torrsubstans i g/kg prov
a = vikten av indunstningsåterstod i g
b = uttagen provmängd i g

TS-mätningar för de olika substraten utfördes externt av institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala.

3.10 GLÖDGNINGSREST

Material

- Ugn
- Våg
- Degel
- Substrat (indunstningsåterstod)

För mätning av glödgningsrest användes svensk standard SS 02 81 13. Indunstningsåterstoden från torrsubstansmätning placerades i ugn i 550°C i två timmar. För att det inte skulle börja brinna i substratet ställdes det in i ugnen och temperaturen höjdes successivt. Uttaget prov vägdes och glödgningsresten och glödgningsförlusten beräknades enligt formler nedan.

$$GR = \frac{1000 * c}{a} \quad (5)$$

GR = glödgningsrest i g/kg TS
a = vikten indunstningsåterstoden i g
c = glödgningsrestens vikt i g
d = vikten av degeln med glödgningsrest i g

$$VS = TS - GR \quad (6)$$

VS = glödgningsförlust i g/kg

3.11 BERÄKNING NEDBRYTNINGSGRAD

$$n = \frac{VS_{in} - VS_{ut}}{VS_{in}} \quad (7)$$

n = nedbrytningsgrad

VS_{in} = VS för substratet innan kompostering i kg

VS_{ut} = VS för komposterat substrat i kg

3.12 STATISTIK

t-testet beräknades för att statistiskt avgöra om det rådde skillnader mellan två olika substrat efter kompostering. Medelvärden (μ) och standardavvikelser (s) beräknades för de uppmätta värdena på VS_{ut}. Som nollhypotes sattes att det inte råder någon skillnad mellan de två substraten. t-värdet beräknades enligt formel (8) och (9) och jämfördes med tabellvärde.

1. Nollhypotes: $\mu_1 - \mu_2 = 0 = \delta$
Alternativ nollhypotes: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$
2. Signifikansnivå $\alpha = 0,1, 0,05, 0,01$
3. Ur tabell: $v = n_1 + n_2 - 2$ frihetsgrader, läser av värde på $t_{\alpha/2}$

t beräknas enligt:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \delta}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (8)$$

där

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (9)$$

n_1, n_2 : antal prov

s_1, s_2 : standardavvikelsen

4. RESULTAT

4.1 STANDARDRECEPT OCH TORKNING

4.1.1 Standardreceptet

För recept se bilaga 1.

Försök 1

När påsarna vägdes hade en del mögelbildning skett. Efter några timmar i maskinen upptäcktes att materialet tenderade att bilda kulor, något som förvärrades allteftersom timmarna gick. Detta problem medför att torkningsprocessen inte fungerar som den ska. Problemet berodde troligtvis på att det ingående materialet var för blött (med en torrsubstanshalt på ca 26%) och strömmaterial (halm tillsattes). Den ingående torrsubstanshalten brukar ligga mellan 30-35 % (pers. komm. Smedlund L, 2006). Dag 2 hade kulbildningen ökat. För att kunna få ut så bra resultat som möjligt bestämdes att försöket skulle upprepas efter omarbetning och justering av standardreceptet och förberedningsmetodiken.

Försök 2

I tabell 4 redovisas de invägningar som gjordes under torkningsprocessen av bioavfallet. Tabell 5 visar uppmätta TS-halter under torkningsförloppet.

Tabell 4. Vägningar gjorda under torkningsprocessen.

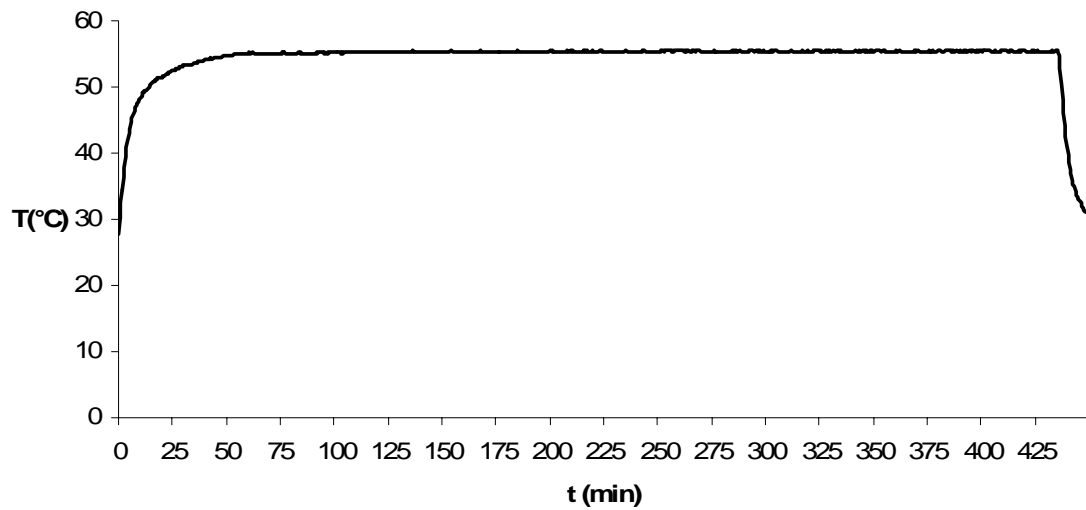
	Massa (g)
Uppvägda råvaror	41 660
Efter förvaring på brickor på golvet i labbet	30 553
Efter förvaring i kompostpåsar på golvet i labbet	27 762
Efter att 1 950 g tagits ur maskinen och placerats i frysen	25 812

Tabell 5. TS-halt för materialet i olika skeden under torkningsprocessen.

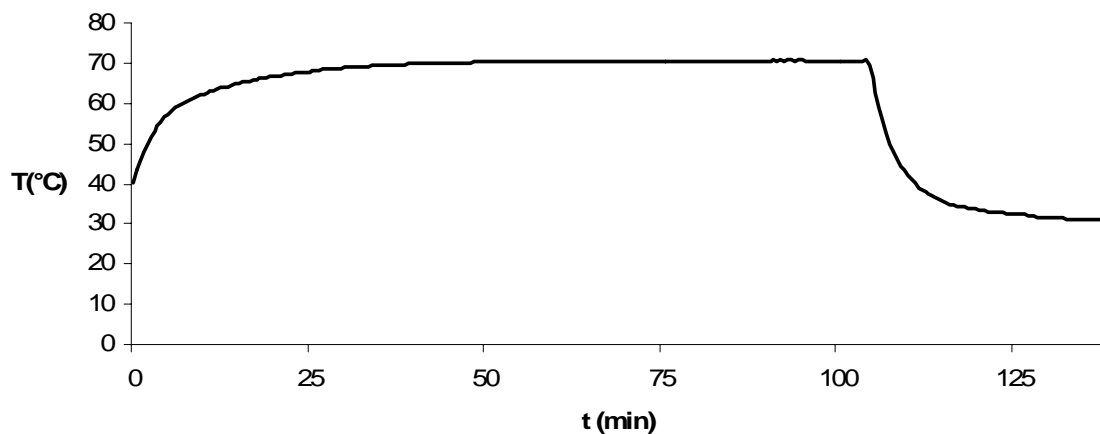
	TS-halt (%)
Ingående material	45
Material vid uttag ur maskin	76
Torkat bioavfall	92

4.2 HYGIENISERING

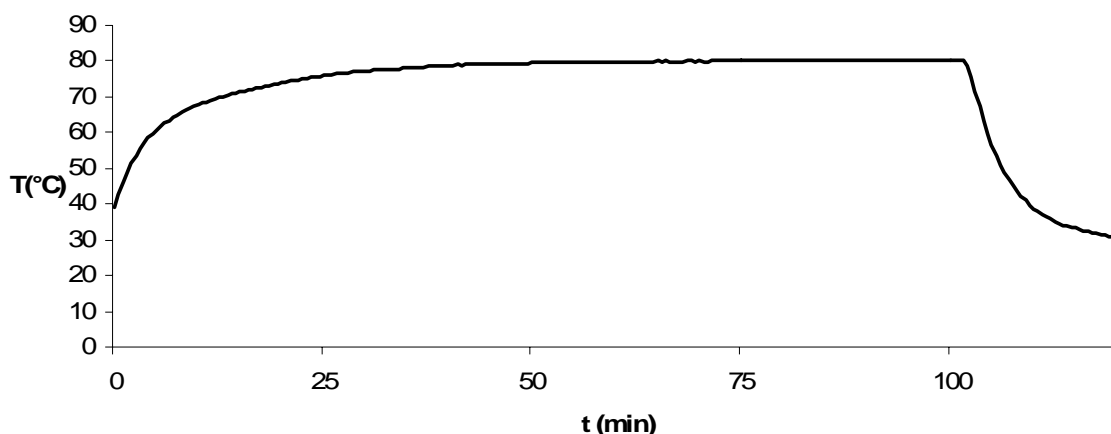
Exempel på uppvärmning av det torkade bioavfallet illustreras i figur 8-10. Diagrammen är ritade utifrån temperaturen som loggades mitt i materialet. Dataserien är utklippt från och med det att den givare som mätte ugnstemperaturen visade önskad hygieniseringstemperatur till och med att materialet svalnat till ungefär 30°C.



Figur 8. Uppvärmning, hygienisering vid 55°C.



Figur 9. Uppvärmning, hygienisering vid 70°C.



Figur 10. Uppvärmning, hygienisering vid 80°C.

TS-halten för de olika substraten kan ses i tabell 6 nedan. Hygieniseringen innebar ingen ytterligare torkning av materialet.

Tabell 6. TS-halt för ohygieniserat samt efter de olika hygieniseringsmetoderna.

Prov	Ts %
Ohyg.	92,1
hyg55	92,1
hyg70.	92,5
hyg80.	92,5

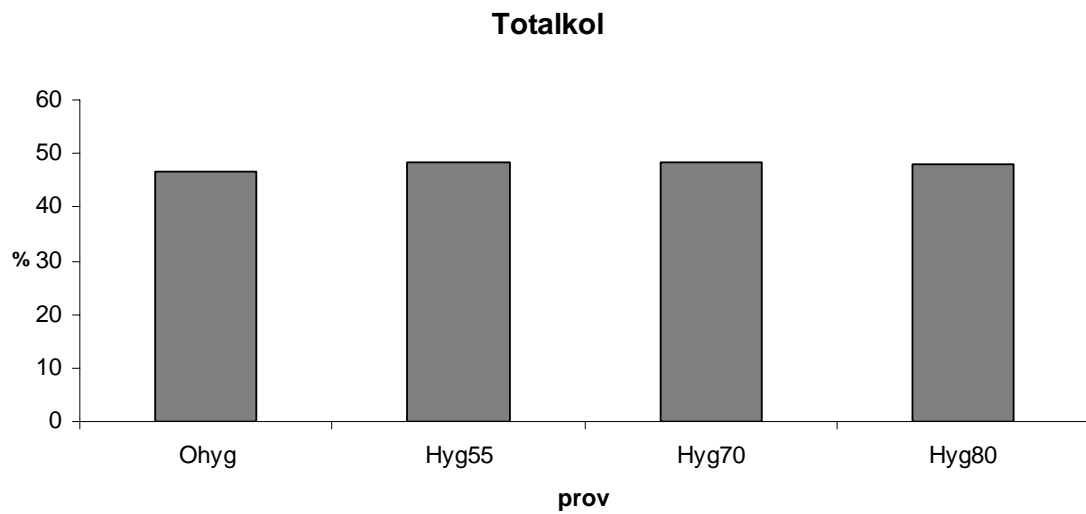
4.3 NÄRINGSANALYS

Analys av ohygieniserat, torkat bioavfalls innehåll av olika ämnen redovisas i bilaga 2.

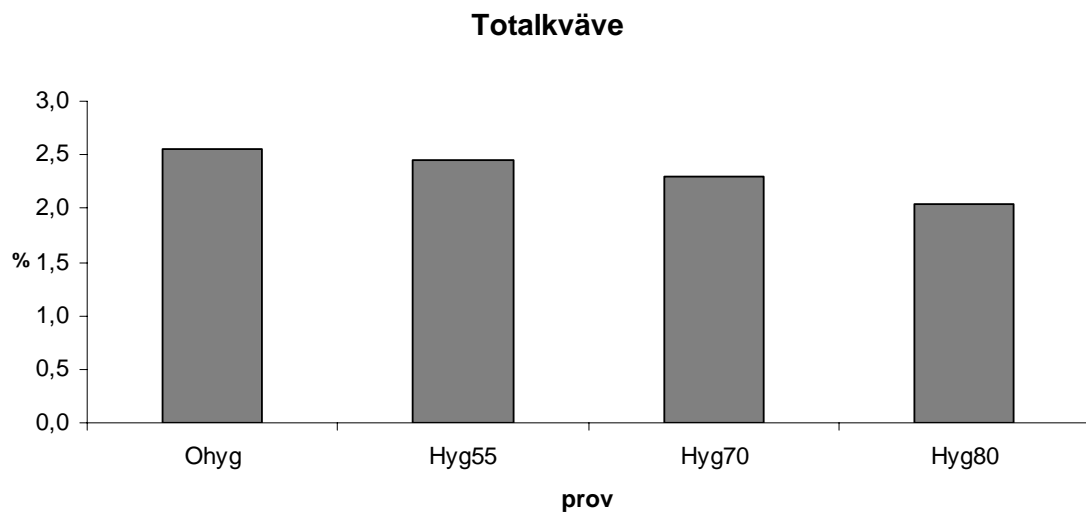
Figur 11 respektive figur 12 visar innehållet av totalkol respektive totalkväve. Kolinnehållet är ungefär lika för de olika proverna medan kvävet visar på en minskning med ökad hygieniseringstemperatur. C/N-kvoten för det torrkonserverade bioavfallet ökar med ökande hygieniseringstemperatur (se figur 13) till följd av minskat kväveinnehåll.

Det ohygieniserade materialet har högst innehåll av ammonium-N (figur 14), och hyg80 har det lägsta innehållet. För nitrat-N (figur 15) är det inte lika tydligt men hyg80 har det lägsta värdet på nitrat-N. Ammonium-N och nitrat-N adderades för att titta på den totala halten lättillgängligt (mineral) kväve. Det syns, i figur 16, att det under

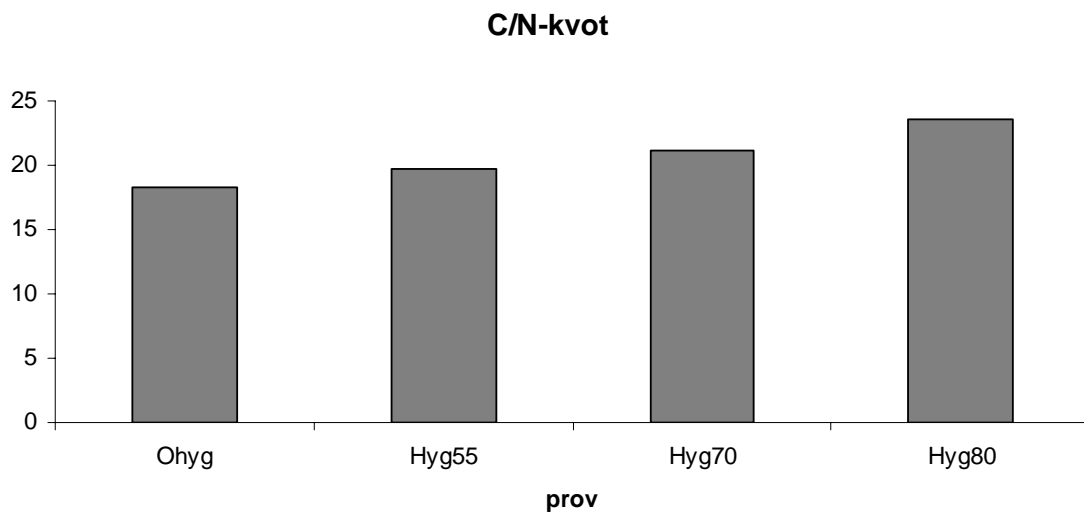
hygieniseringsprocessen avgår lättillgängligt kväve under hygieniseringen. Det har avgått mest lättillgängligt kväve för hyg80 och näst mest för hyg55.



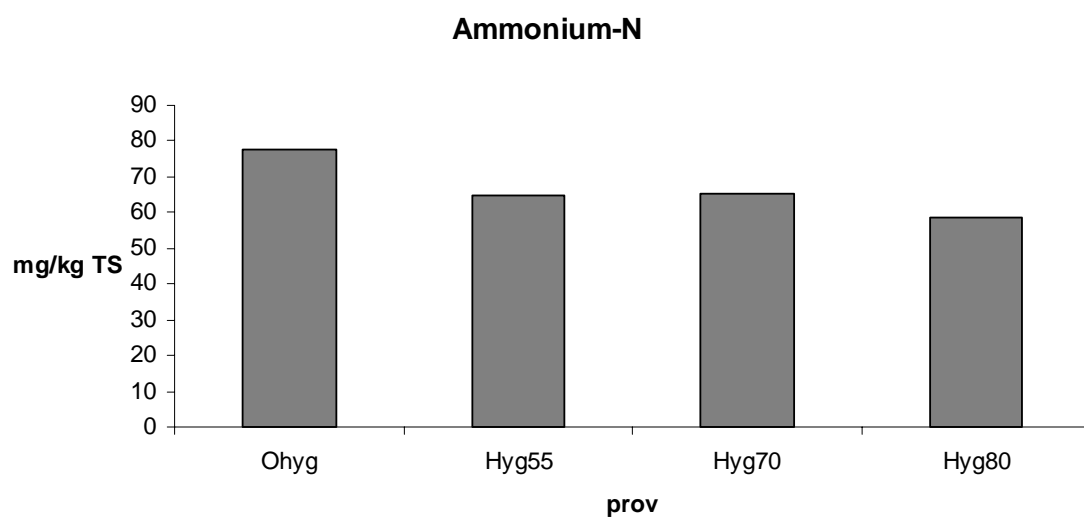
Figur 11. Totalkol i % av TS.



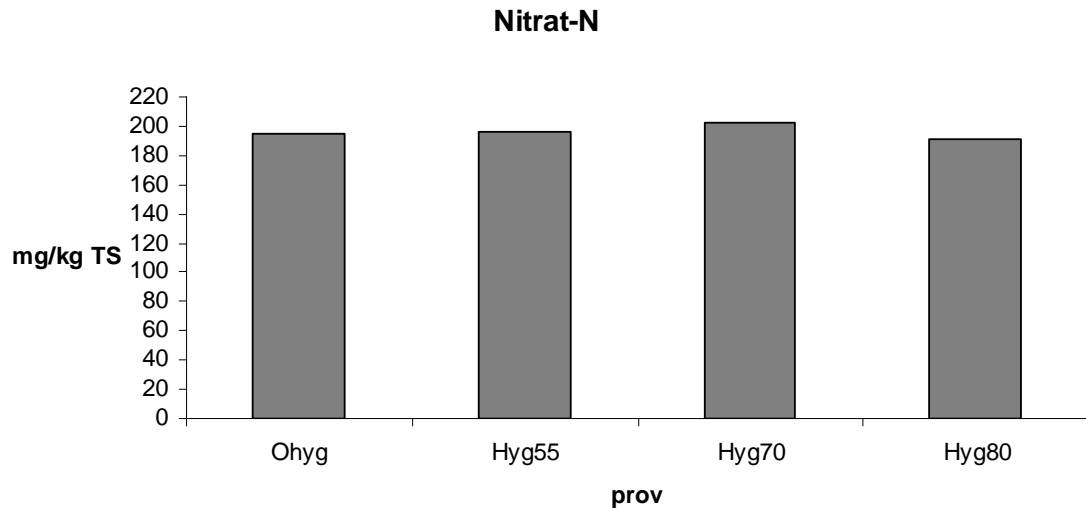
Figur 12. Totalkväve i % av TS.



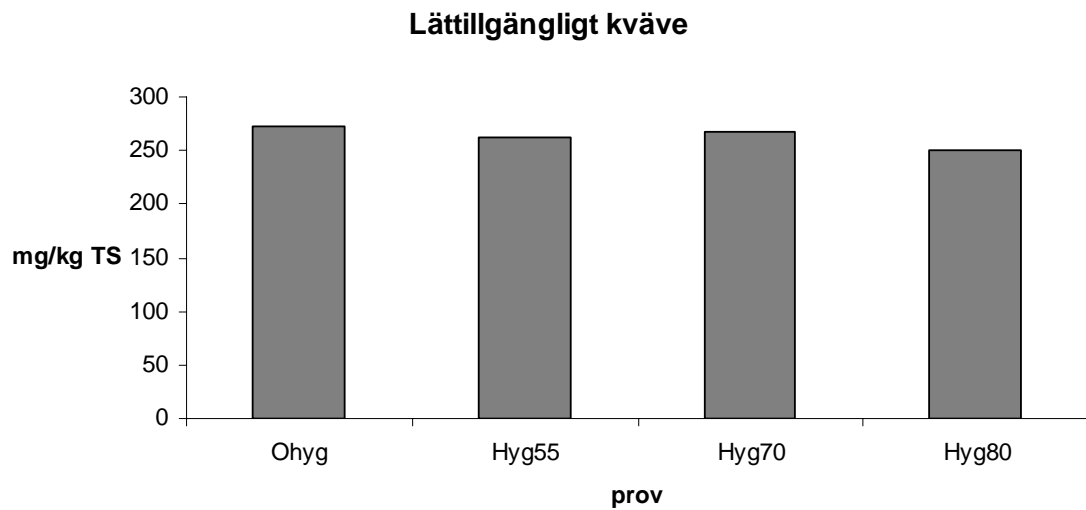
Figur 13. C/N-kvot för de olika proverna.



Figur 14. Ammonium-N för de olika proven.



Figur 15. Nitrat-N för de olika proven.



Figur 16. Lättilgängligt kväve, nitrat-N + ammonium-N, i de olika proverna.

4.4 MÖGELTEST

4.4.1 Fuktigt torkat bioavfall i burkar utan lock

Efter ungefär två dygn hade det bildats mögel i alla burkar. Det var lite olika mycket men det gick inte att utläsa några tydliga skillnader mellan de olika substraten.

4.4.2 Fuktigt torkat bioavfall i burkar med lock

Efter 24 timmar syntes fortfarande ingen mögelbildning i någon av burkarna. Efter ca 48 timmar syntes tydlig mögelbildning i alla burkarna. Det var olika mycket i burkarna men det syntes inga tydliga skillnader mellan de olika substraten.

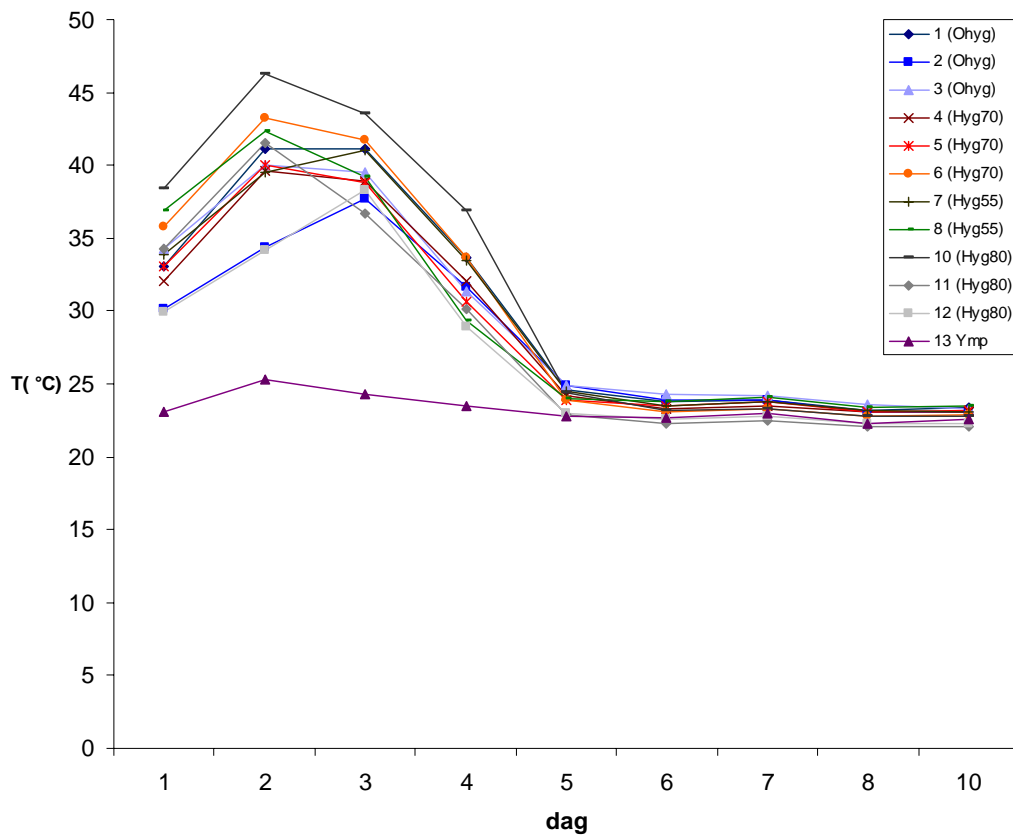
4.4.3 Torrt torkat bioavfall i hög luftfuktighet

Efter några timmar var luftfuktigheten 90 % och efter ungefär ett dygn var fuktigheten 97 %. De övriga dagarna noterades en luftfuktighet på 98 %. Det tog ungefär 7 dygn innan något mögel kunde detekteras. Mögelbildning hade skett i alla proverna men det var inga tydliga skillnader mellan de olika substraten.

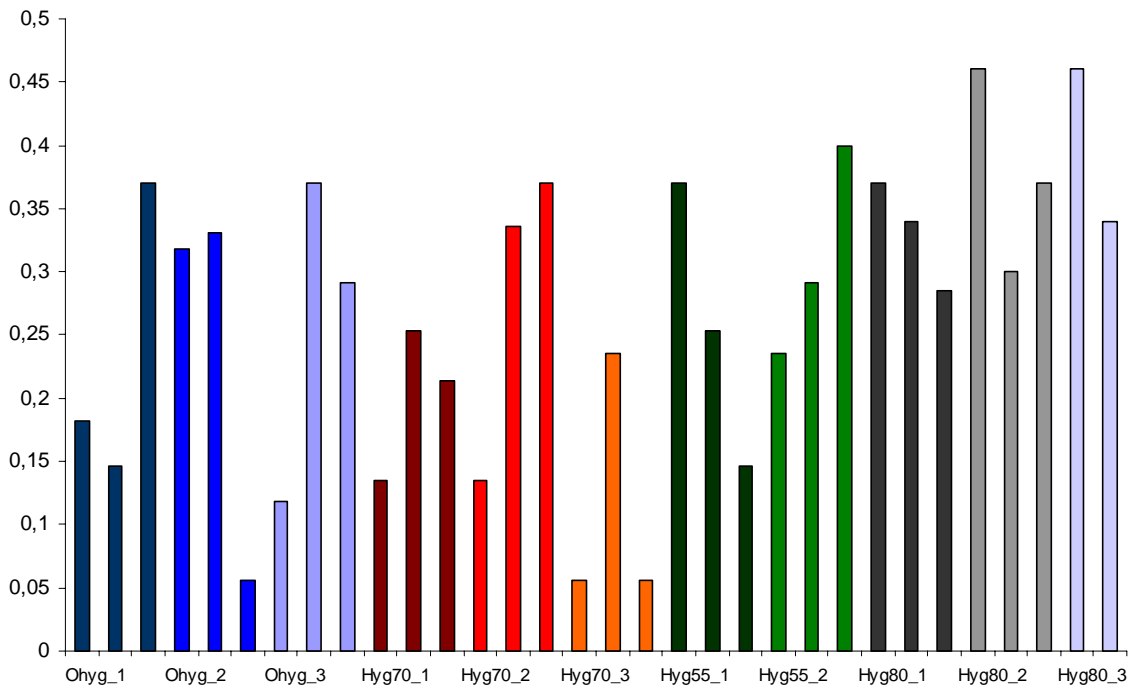
4.5 KOMPOSTERINGSTEST

De båda testkärlen visade på ungefär samma temperaturutveckling, men kärlet med mindre substrat och vatten var luftigare och lättare att blanda om i efter åtta dagar.

Komposteringsprocess med markant temperaturhöjning och sänkning skedde i alla termosar utom den med endast ymp (figur 17). Ingen tydlig skillnad i temperaturutveckling mellan de olika substraten kunde urskiljas. Nedbrytningsgraden illustreras i figur 18. Enligt figuren finns det en antydning till att nedbrytningsgraden är högst för de komposteringskärl som innehöll substrat av hyg80. Den statistiska analysen ger stöd för att hyg80 skiljer sig från de övriga men att de andra inte skiljer sig från varandra (se tabell 7, för beräkning se bilaga 4).



Figur 17. Temperaturutvecklingen för de olika termosarna, numrerade 1-13.



Figur 18. Nedbrytningsgraden, n, för de olika komposteringskärlen.

Tabell 7. Statistisk analys (t-test) av VS_{ut} , parvis för de olika substraten.

prov	
ohyg - hyg55	nollhypotesen kan ej förkastas
ohyg - hyg70	nollhypotesen kan ej förkastas
ohyg - hyg80	nollhypotesen förkastas med 95% säkerhet
hyg55 - hyg70	nollhypotesen kan ej förkastas
hyg55 - hyg80	nollhypotesen förkastas med 95% säkerhet
hyg70 - hyg80	nollhypotesen förkastas med 99% säkerhet

5. DISKUSSION

5.1 HYGIENISERING

Att hetta upp materialet till lämplig temperatur i tillräckligt lång tid, i slutskedet av torkningsprocessen (i maskinen), verkar vara ett lämpligt sätt att hygienisera. Upphettning är ett effektivt sätt att få ett hygieniskt säkert material och det borde vara praktiskt möjligt att utföra i maskinen, då omblandning redan sker. Då är materialet redo att användas som ett jordförbättringsmedel direkt när det hämtas från lagring. Det ställer dock krav på att lagring och hantering sker på ett sådant sätt att riskerna för återkontaminering minimeras.

Ett problem med hygienisering i samband med kompostering/rötning är, enligt Hellström (pers. komm. 2006) att det är svårt att garantera att temperaturen uppnås under tillräckligt lång tid i hela materialet. Detta borde vara lättare i torkningsmaskinen då materialet hela tiden omblandas.

Kalkning (eller en kombination av kalkning och uppvärmning) skulle kunna vara en alternativ hygieniseringsmetod, men att testa metoden skulle innebära olägenheter ur arbetsmiljösynpunkt då rätt utrustning saknas. Därför tas metoden endast upp teoretiskt i detta examensarbete. Jag anser dock att kalkning är en mindre intressant metod att använda för hygienisering av torkat bioavfall. För att kalkning ska fungera som hygieniseringsmetod krävs att materialet har en högre vattenhalt än när det är torkat. Kalk skulle alltså behöva tillsättas redan med det ingående materialet. Ett stort problem med användandet av kalk är dess frätande egenskaper. Ett annat alternativ är att det torrkonserverade bioavfallet hämtas för central biologisk behandling och då hygieniseras i samband med kompostering eller rötning, dvs att hygienisering sker i samband med en central efterbehandling.

Zettergren (pers. komm., 2006) hävdar att mikrovågor tar död på mögel, bakterier och grobara frön. Zettergren menar också att det inte är några problem att värma upp ett torrt material och att det inte har någon betydelse om det finns metallrester i materialet (vilket kan finnas eftersom det alltid finns en viss del felsorterat material i avfallet). Detta skulle kunna vara intressant att utreda vidare.

UV-strålning tränger inte igenom materialet, utan strålar bara på ytan, och är således inte någon lämplig metod för hygienisering av bioavfall. UV-strålning är i huvudsak en metod som används för att desinficera dricksvatten (Inger et al, 1997).

5.2 STANDARDRECEPT OCH TORKNING

För att försöket skulle vara lätt att upprepa avser receptet färska (och ibland tillagade, tex köttfärs och pommes frites) råvaror. Det är inte särskilt troligt att en stor del matavfall slängs färskt utan det mesta är gammal mat. Detta, samt tiden påsarna normalt står i köket, simulerades genom att påsarna fick stå i några dagar innan de matades in i maskinen.

När vi utförde det första torkningsförsöket fick vi problem med kulbildning, förmodligen på grund av att TS-halten var för låg. Att inte Göransson och Johansson fick det kan bero på att de utförde torkningen med mindre mängder. Vi konstaterade att det var för mycket vatten i bioavfallet och utförde därför vissa justeringar i standardreceptet. Detta har aldrig varit ett problem tidigare, då biologiskt avfall hämtats från flerfamiljshus (pers. komm. Smedlund, 2006). Att TS halten på det ingående materialet var högre än normalt vid det andra försöket har, enligt Smedlund (pers. komm., 2006), ingen betydelse för det fortsatta torkningsförloppet.

Under torkningsprocessen försvann väldigt mycket material. En del avgick i form av damm, men det mesta har troligtvis försvunnit i hanteringen eftersom det torkade bioavfallet flyttades mellan olika kärl under torkningsprocessen.

5.3 LABORATIONER OCH ANALYSER

Tid och temperatur loggades vid varje hygieniseringstillfälle, tiden beräknades från och med det att hela materialet var genomvarmt. I framtida storskaligt bruk får en upphettningstid tas fram utifrån den utrustning som används. Att det i figur 8-10 ser ut som om hygieniseringen varat längre än utsatt tid beror på att tidtagningen togs från och med det att termometern mitt i materialet stabilt uppvisade önskad temperatur.

Bakgrunden till mögeltesten var en misstanke om att hygieniserat material skulle vara mer mögelkänsligt än ohygieniserat. I ett försök, som inte har med det här examensarbetet att göra, blandades torkat bioavfall (Ohyg samt Hyg70) med destillerat vatten och filtrerades. Proverna fick stå kvar i filtren och skakflaskorna över helgen (ca 65 h). Mögelbildning hade skett i det hygieniserade provet, både i filtret och i flaskan (luktade även jäst i flaskan). I det ohygieniserade provet syntes ingen mögelbildning i filtret men däremot i flaskan (inte lika mycket som för det hygieniserade provet). Därför fattades misstanke om att det hygieniserade materialet kanske tenderar att mögla lättare och det bestämdes att testa om så var fallet. Resultaten tyder på att man inte behöver oroa sig för ökad mögelrisk efter hygienisering, men att det oavsett hygieniseringsmetod är stor risk för mögelbildning vid återfuktning.

I mögeltestet med fuktigt substrat i burk utan lock torkade materialet ganska fort, då syntes ingen tillväxt av mögel efter det att materialet verkade torrt. Därför gjordes testet om i burkar med lock.

Kolhalten bör rimligtvis inte vara lägre för det ohygieniserade materialet än det hygieniserade. Att analysresultaten visar på det kan bero på att förhållandet är procentuellt (fig. 11) och kväve försvinner. Även om mängden kol är oförändrad kan den procentuella kolhalten öka. Det kan även bero på att provet varit orepresentativt eller på något fel vid analysen på laboratoriet. För en bättre statistisk säkerhet bör fler parallella prover testas samtidigt.

C/N-kvoten för ohygieniserat material var 18,3, vilket är lägre än det värde (25,6) som Göransson och Jacobsson (2006) fick fram under sitt examensarbete. Att värdena skiljer sig åt kan till viss del bero på de justeringar av standardreceptet som vi gjorde.

När det gäller kväveinnehållet kan en jämförelse göras med värden för mätningar från några olika kompostanläggningar och processer (se tabell 8). Att totalkvävet är relativt högt för det torkade bioavfallet är inte så konstigt eftersom det inte har skett någon större nedbrytning under torkningsprocessen. Det är svårt att dra några slutsatser eftersom kväve hela tiden omvandlas, en ”stillbild” kanske inte säger så mycket.

Tabell 8. Några jämförelsevärden för kväveanalys. Data är hämtade ur RVF rapport 2005:06

Kväveform	Variation för några kompostanläggningar (mg/kg TS)	Variation från analys av torkat bioavfall (både hygieniserat och ohygieniserat) (mg/kg TS)
Total-N	10 000 – 30 000	20 300 – 25 600
Ammonium-N	15 – 3 330	59 – 77
Nitrat-N	180 – 200	191 - 202

De slutsatser som kan dras utifrån komposteringstesterna är att det torrkonserverade bioavfallet har goda nedbrytningsegenskaper oavsett hygieniseringstemperatur. Resultaten tyder på att det är skillnad i nedbrytningsgrad mellan hyg80 och de andra substraten men inte mellan de övriga. Vad det beror på rent kemiskt kan jag bara spekulera i, men det kan bero på gelatinisering av stärkelse och/eller denaturering av proteiner.

Både gelatinisering och denaturering innebär att stora molekyler bryts ner till mindre, detta kanske innebär att de blir mer lättillgängliga för mikroorganismerna. Enligt Ahrné på SIK (pers. komm. 2006) kan torkningsprocesser vid olika temperaturer ge olika kvalitet på det torkade materialet. Gelatinisering av stärkelse (”tänk redning”) kräver vatten, men det kan räcka med lite för att partiell gelatinisering ska ske. Enligt Ahrné kan materialegenskaperna förändras och näringen kanske till och med blir mer lättillgänglig. Även vid denaturering av proteiner kan strukturen förändras på ett sätt som skulle kunna vara positivt ur odlingsynpunkt. En ”tumregel” (pers. komm. Ahrné, 2006) är att denaturering sker vid ca 50 grader men att det är olika för olika proteiner.

Det finns ingen anledning att misstänka att rehydreringsförmågan påverkas negativt av hygieniseringen. Materialet bryts lätt ner (komposteringstest) och suger upp vatten.

För beräkning av nedbrytningsgrad användes ett medelvärde på VS för allt ingående material. Eftersom de ingående substraten är mycket lika, och andelen ymp dessutom är mycket stor, finns anledning att tro att skillnaden mellan det ingående materialet i de olika kärnen är liten och därför kan försummas. Detta medför antagandet att alla skillnader i VS mellan det utgående materialet i kärnen har uppstått under komposteringen.

I figur 18 syns det att det är stora skillnader mellan upprepningarna av försöken, vilket tyder på osäkerheter i metoden. Att mängden ymp i kärnen är hög kan göra att skillnader mellan substraten kan döljas, och kan därför innebära att det kan finnas skillnader som jag inte upptäckt.

Det torkade bioavfallet är ganska homogent i stor skala, men i liten skala kan det vara väldigt heterogent, vilket medför att resultatet kan vara missvisande när små prover tas ut. Jag har därför försökt att ta så representativa prov som möjligt genom att ta flera små prover och blanda dem.

5.4 FÖRSLAG TILL FORTSÄTTA UNDERSÖKNINGAR

Det skulle vara intressant att testa högre temperatur och/eller längre tidsintervall, än de som testats i detta examensarbete, för att se om till exempel extra säkerhetsmarginaler har någon påverkan på materialegenskaperna. Om det till exempel finns något kritiskt värde för högsta temperatur innan alltför mycket kväve försvinner.

Eftersom det lättillgängliga kvävet har betydelse för användandet av ett gödningsmedel var det intressant att se att hygienisering genom uppvärmning gör att mängden lättillgängligt kväve i det torkade bioavfallet minskar. Frågan är viktig och bör undersökas mer.

Jag skulle gärna se att ytterligare komposteringsförsök, med mer substrat och mindre ymp, genomförs och jämförs med mina resultat.

Det skulle vara väldigt intressant om en energibalans gjordes för olika hygieniseringsmetoder, och jämfördes med dagens behandlingsmetoder, när det gäller process, transporter mm.

Det torkade bioavfallet har låg värmeledningsförmåga, på grund av att ett torrt material leder värme sämre än ett blött. Det tar lång tid innan allt är genomvarmt om volymen är stor. Det är, som tidigare nämnts, viktigt att omblandning sker vid upphettning av större volymer än i laboratorieförsöken.

I litteraturen tas det i huvudsak hänsyn till att en hygieniseringsmetod är tillräckligt bra med avseende på humanpatogener. Det skulle vara intressant med vidare undersökningar av tex avdödning av grobara frön och växtdelar, som kan finnas i bioavfallet.

5.5 SAMMANFATTANDE SLUTSATS

Efter litteraturstudie och laborationer anser jag att upphettning av det torkade bioavfallet är den mest lämpade hygieniseringsmetoden. Vilket tid-temperatur förhållande som är bäst är en fråga om vilken teknisk lösning man väljer och vilket alternativ som är det mest energi- och kostnadseffektiva, så länge hygienisk säkerhet kan säkerställas och inte en lagändring medför hårdare (mer specifika) direktiv. Jag kan utifrån mina laborationer och analyser anta att en upphettning av det torkade bioavfallet innebär en viss förändring av den kemiska sammansättningen, bland annat sker kväveförluster. Det verkar inte ha någon större inverkan på materialets tillgänglighet för mikroorganismer och nedbrytningsförmåga, det kan till och med innebära positiva effekter. Det verkar alltså inte som om hygienisering, genom upphettning, minskar möjligheten att använda torkat bioavfall som ett jordförbättringsmedel.

6. REFERENSER

Tryckta källor:

Andersen P. E., Risum J., (1991), *Livsmedelsteknologi 1, Konserveringsmetoder*, Studentlitteratur, Lund. ISBN 91-44-31761-1

Böhm R. (2004), *Hygienic safety in organicwaste management*, utdrag ur: Lens P., Hamelers B., Hoitink H., Bidlingmaier W., Resource Recovery and Reuse in Organic Solid Waste management, TJ International, UK.

FAGUS, (2005). *Brukerveiledning for kompost og slam i grøntanlegg*, Norge.

Göransson S., Jacobsson A., (2006). *Biogasutvinning vid rötning av matavfall i labbskala*, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

Inger M., Norin E., Mathisen B., (1997). *Hygienisering av biologiskt avfall*. JTI-rapport Kretslopp & Avfall Nr10, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala 1997.

Jönsson H., Eklind Y., Albihn A., Jarvis Å., Kylin H., Nilsson M., Nordberg Å., Pell M., Schnürer A., Schönning C., Sundh I., Sundqvist J., (2003). *Samhällets organiska avfall – en resurs i kretsloppet*. Fakta jordbruk nr 1-2, SLU.

Michanek G., Zetterberg C., (2004). *Den svenska miljörätten*, Författarna och Iustus förlag AB, Uppsala. ISBN 91-7678-512-2

Mitscherlich E., Marth E.H., (1984). *Microbial Survival in the Environment, Bacteria and Rickettsiae Important in Human and Animal Health*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo

Norin E., (1997). *Hygienisering av biologiska restprodukter*. Biologik nr 2, Movium/SLU, 1997.

RVF, (2006). *Svensk Avfallshantering 2006*, Malmö.

RVF, (2005), *Smittspridning via kompost och biogödsel från behandling av organiskt avfall. Litteratursammanställning och riskhantering*, RVF Utveckling, RVF Service AB.

RVF Utveckling 2005:06, (2005). *Utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall*, RVF Utveckling, RVF Service AB.

RVF Rapport nr 96:8, (1996). *Beskrivning av biologiskt avfall, vägledning vid val av biologisk behandlingsmetod*, Svenska Renhållningsverks-föreningens Service AB, Malmö. ISSN 1103-4092.

Steineck S., Gustavson A., Richert Stintzing A., Salomon E., Myrbeck Å., Albihn A.,

Sundberg M., (2000). *Växtnäring i kretslopp*. SLU kontakt 11, Uppsala, ISSN 1402-7445, ISBN 91-576-6000-X.

Thourgard H., Varlund V., Madsen R. M., (2001). *Grundläggande Mikrobiologi med livsmedelsapplikationer*, Studentlitteratur, Lund. ISBN 91-44-01569-0

Vinnerås B., Björklund A., Jönsson H., (2002). *Thermal composting of faecal matter as treatment and possible disinfection method-laboratory –scale and pilot-scale studies. Department of Agricultural Engineering, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.*

Vinnerås B., Sundberg C., (2005). *Kompostlaboration, laborationshandledning*, Institutionen för biometri och teknik, SLU, Uppsala.

Personliga meddelanden:

Ahrné Lilia, Institutet för Livsmedel och Bioteknik Ab, (oktober 2006)

Eriksson Rose-Marie, laboratorietekniker, Växtnäringlära, SLU Uppsala, (november 2006)

Hellström Hanna, teknisk handläggare biologisk behandling, Renhållningsverksföreningen, (löpande 2006)

Johnsson Bengt-Åke, miljöinspektör, Miljöförvaltningen, Göteborg (november 2006)

Lundin Margareta, miljöingenjör, Kungsbacka reningsverk (juli-oktober 2006)

Mauritsson Tony, drifttekniker, Kungsbacka reningsverk (augusti-oktober 2006)

Olars Jan, försäljningschef, Nordkalk AB, Stockholm (2006-08-03)

Smedlund Lars, Smedlund Miljösystem AB, (löpande 2006)

Sundberg Cecilia, Biometri och teknik, SLU (löpande 2006)

Zettergren Leif, Microz, Gävle (november 2006)

Internetsidor

Statens Veterinärmedicinska Anstalt, www.sva.se (2006)

Svenska kalkföreningen, www.kalkforeningen.se/ (2006)

Livsmedelsverket, www.slv.se (2006)

BILAGOR

BILAGA 1

Standardrecept

Grupp	Märke, ursprung	Beredning	Invägning per 10kg avfall [g]
rotfrukter			
morötter	Vallamorot, Sverige	hela, skivade och skal	146
palsternacka	- , Sverige	hela, skivade och skal	79
rotselleri	- , Sverige	hela, skivade och skal	67
potatis			
skal	- , Sverige		159
kokt	- , Sverige	skalade	380
hela råa	- , Sverige	oskalade	270
friterade, pommes	Gården, Holland	stekta i smör	417
grönsaker			
tomat	- , Holland	skivad	463
gurka	- , Sverige	skivad	242
isbergsallad	- , Sverige	uppskuren	1013
gul lök	- , Sverige	skivad och hel	463
frukt			
äpple	Discovery, Sverige	skal och bitar	265
apelsin	Mimosa, -	enbart skal	1455
banan	Bajelle, Columbia	enbart skal	485
spannmål			
bröd (mjuk)	Lyxsnoddas, Trollhättans finbageri	skivad	298
bröd (hård)	Wasa Rågi	hela skivor	109
ris	långkorningt ris, Uncle Ben`s	kokt	61
pasta	idealmakaroner, Kungsörnen	kokt	140
kött och fisk			
korv	Falukorv, Scan	rå	243
blandfärs	Scan, Sverige	stek i smör	156
fiskbullar (med buljong)	Buffé, Norge	råa utan buljong	390
mejeri			
ost (hård)	mager hushållsost, Arla	riven	394
smör (normalsaltat)	Bregott	för stekning	
äggskal	Stjärnägg, Sverige	enbart skal	42
kaffe och te			
kaffe	Brygg mellanrost, Gevalia	sump	835
te (lösvikt)	Svartvinbär, Lipton Sun tee	sump	159
papper			
hushållspapper	ekonomi köks, Serla	delvis våt	629
kaffefilter	oblekt, ICA	delvis våt	106
tidningar	morgontidning	torr	232
blommor			
jord, stjälkar och blad	Blandat växtavfall		312
Strömateri			
halm		2,5 % av ingående material	250
		Summa	10260

BILAGA 2



ANALYSRAPPORT

Institutionen för markvetenskap
Sveriges lantbruksuniversitet
Box 70 14
Uppsala

Datum:	2006-11-29
Analysansvarig:	Inger Juremalm Tel: 018-671229 / 070-7224696
Uppdragsgivare:	Sofia Bladh
Provtyp:	Humus, Kompost
Analysmetoder:	CNS 2000 torrförbränning / ICP Optima 3000 DV Halter i % av Ts,

Prov Id	Ts %	Tot N %	Tot C %	Karb-C%
M Ohyg.	92,10	2,56	46,80	
M 70.	92,5	2,29	48,31	
M 80.	92,50	2,03	48,03	
M 55	92,1	2,44	48,30	
B.0.4	91,18	2,11	48,59	0,03
T.0.1	90,54	1,97	50,14	0,06
B.1.4	90,83	2,12	49,77	0,05
T.1.1	90,59	1,95	49,87	0,15

Prov Id	B mg/kg	Ca mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	K mg/kg
M Ohyg.					10118,92
M 70.	15,79	9566,07	17,63	295,05	11064,37
M 80.					10269,58
M 55					10391,22

Prov Id	Mg mg/kg	Mn mg/kg	P mg/kg	S mg/kg	Zn mg/kg
M Ohyg.			2762,63		
M 70.	1112,20	70,30	2869,82	1982,37	31,23
M 80.			2824,13		
M 55			2813,40		

BILAGA 3

MARKVETENSKAP AVD. VÄXTNÄRINGSLÄRA VATTENHALTS- och KVÄVEBESTÄMNINGAR

ID-nr Försöksserie Försök Provdatum Analysdat. ADB-nr
260102
Smedlund Miljöanalys
Nya Varvet 97. 426 71 Västra Frölunda
Malin Svensson

LÖPNR	LED	MARK- SKIKT	VATTENHALT %	MG N / KG AMMO- NIUM	MG N / KG NITRAT
2607	M.OHYG.3	-10	7,9	77,422	194,821
2608	M.70.3	-10	7,5	65,128	202,260
2609	M.80.3	-10	7,5	58,499	191,062
2610	M.55.3	-10	7,9	64,940	196,659

BILAGA 4

Statistiska beräkningar av t-test för VS_{ut} för komposteringstesterna. Beräkningarna är gjorda enligt steg 1-3, stycke 3.11.

A. Ohyg – hyg55

$$\begin{array}{lll} n_1 = 9 & \bar{X}_1 = 70,33 & s_1 = 3,01 \\ n_2 = 6 & \bar{X}_2 = 70,04 & s_2 = 2,10 \\ S_p = 2,70 & t = 0,20 & \end{array}$$

$$v = 13 \text{ frihetsgrader} \quad t_{0,05} = 1,771 \quad t_{0,025} = 2,160 \quad t_{0,005} = 3,012$$

→ nollhypotesen kan ej förkastas

B. Ohyg – hyg70

$$\begin{array}{lll} n_1 = 9 & \bar{X}_1 = 70,33 & s_1 = 3,01 \\ n_2 = 9 & \bar{X}_2 = 71,54 & s_2 = 2,78 \\ S_p = 2,70 & t = -0,885 & \end{array}$$

$$v = 16 \text{ frihetsgrader} \quad t_{0,05} = 1,746 \quad t_{0,025} = 2,120 \quad t_{0,005} = 2,921$$

→ nollhypotesen kan ej förkastas

C. Ohyg – hyg80

$$\begin{array}{lll} n_1 = 9 & \bar{X}_1 = 70,33 & s_1 = 3,01 \\ n_2 = 8 & \bar{X}_2 = 66,69 & s_2 = 2,23 \\ S_p = 2,67 & t = 2,80 & \end{array}$$

$$v = 15 \text{ frihetsgrader} \quad t_{0,05} = 1,753 \quad t_{0,025} = 2,131 \quad t_{0,005} = 2,947$$

→ nollhypotesen förkastas med 95% säkerhet

D. Hyg70 – hyg55

$$\begin{array}{lll} n_1 = 9 & \bar{X}_1 = 71,54 & s_1 = 2,78 \\ n_2 = 6 & \bar{X}_2 = 70,04 & s_2 = 2,10 \\ S_p = 2,54 & t = 1,12 & \end{array}$$

$$v = 13 \text{ frihetsgrader} \quad t_{0,05} = 1,771 \quad t_{0,025} = 2,160 \quad t_{0,005} = 3,012$$

→ nollhypotesen kan inte förkastas

E. Hyg70 – hyg80

$$\begin{array}{lll} n_1 = 9 & \bar{X}_1 = 71,54 & s_1 = 2,78 \\ n_2 = 8 & \bar{X}_2 = 66,69 & s_2 = 2,23 \end{array}$$

$$S_p = 2,54 \quad t = 3,92$$

$v = 15$ frihetsgrader $t_{0,05} = 1,753$ $t_{0,025} = 2,131$ $t_{0,005} = 2,947$
→ nollhypotesen förkastas med 99% säkerhet

F. Hyg55 – hyg80

$$n_1 = 6 \quad \overline{X}_1 = 70,04 \quad s_1 = 2,10$$

$$n_2 = 8 \quad \overline{X}_2 = 66,69 \quad s_2 = 2,23$$

$$S_p = 2,18 \quad t = 2,84$$

$v = 12$ frihetsgrader $t_{0,05} = 1,782$ $t_{0,025} = 2,179$ $t_{0,005} = 3,055$
→ nollhypotesen förkastas med 95% säkerhet

BILAGA 5

Standardrecept ur Göransson och Johansson (2006).

	Märke, ursprung	m (g)
Rotfrukter (+skal)		
Morötter	ICA soppblandning	90
Rotselleri	ICA soppblandning	48
Palsternacka	ICA soppblandning	42
Potatis		
Skal	King Edward, Sverige	70
Kokt	King Edward, Sverige	220
Mos pulver	Felix Potatismos 6 port	60
Hela råa	King Edward, Sverige	116
Friterade	Felix fryspåse 900 g	240
Grönsaker (+skal)		
Tomat	ICA, Spanien	280
Gurka	ICA, Spanien	149
Isbergsallad	Prima, Spanien	598
Lök gul	ICA, Sverige	280
Frukt (+skal)		
Äpple	Golden Delious, ICA, Spanien	154
Apelsin	ICA, Spanien	881
Banan	Chiquita	291
Spannmål		
Bröd mjukt	Polarbröd Hällebaka	196
Bröd hårt	Wasa Rågi	72
Ris	Uncle Ben's 20 min långkornigt	40
Pasta	Kungsörnen idealmakaroner 7-8 min	90
Kött och fisk		
Korv	ICA Falukorv	140
Brynt blandfärs	20%, Sverige	90
Fiskbullar	Abba fiskbullar i dillsås	230
Mejeri		
Ost	Arla köket riven gratängost 24%	120
Gräddfil	Arla gräddfil 12%	138
Kaffe och te		
Kaffesump	Gevalia brygg mellanrost	458
Te lösvikt	Lipton Sun tea svartvinbär	90
Papper		
Hushållspapper	Edet Extra	252
Kaffefilter	Swedfilter oblekt	42
Tidningar	GT	92

Blommor	Plants for people ICA Kalanchoe	200
Jord	se ovan	
Stjälkar	se ovan	
Blad	se ovan	

Summa:

5769