

Miljenko HOČURŠČAK*

KOMPOSTIRANJE IN PREŽIVETJE MIKROORGANIZMOV V KOMPOSTU

UVOD

Ravnanje z odpadki predstavlja v Sloveniji eden od slabše rešenih problemov varstva okolja in pomeni vir onesnaževanja in ogrožanja vseh sestavin okolja. Problemi pri ravnanju z odpadki so večplastni in izvirajo iz dosedanjega družbenega odnosa do odpadkov in ravnanja z njimi, iz pomanjkljive upravne in strokovne organiziranosti in usklajenosti, pomanjkanja pravnih predpisov in nadzora nad njihovim izvajanjem.

Z ločenim zbiranjem odpadkov zmanjšamo količino odpadkov, ki konča na odlagališču, do 60 %. Zato ločeno zbiramo biološke odpadke, papir, steklo, kovine, nevarne in ostale odpadke.

Preostale odpadke odlagamo na odlagališču, kjer konča približno 40 % zbranih komunalnih odpadkov iz gospodinjstev. Na ta način se dalj časa ohrani dragocen deponijski prostor, industriji pa se vrnejo sekundarne surovine.

Aerobno, v prisotnosti kisika, termofilno kompostiranje je splošno metoda za odlaganje organskih odpadkov. Pomembna higijenska vprašanja so vezana na kompostiranje, kjer je možna prisotnost potencialnih patogenov v svežih odpadkih.

ZAKONODAJA

USEPA (Agencija ZDA za varovanje okolja) zahteva preventivno uporabo procesa za odstranitev patogenov, pred uporabo komposta ki vsebuje mulj iz ČN na kmetijskih površinah. Ta predhodni proces odstranitve patogenov vključuje ohranitev temperature pri kompostiranju nad 55°C v času 15 dni pri kompostiranju v sistemu prezračevanja in 5 dni pri kompostiranju v posodah. Ta proces se smatra kot adekvaten postopek za zagotovitev mikrobiološke varnosti izdelka. Pred kratkim je USEPA modificirala predpise in zdaj zahteva kvantifikacijo fekalnih bakterij in *Salmonelle* v finalnem kompostu ki vsebuje blato ČN. Ne obstajajo zakonski predpisi ki bi določali stopnjo higijene biološkega odpadka. Avstrijski predpisi (FFnorm 2000) zahtevajo doseganje temperature > 65°C v času 3 dni za kompost ki vsebuje več kot 40% tekoče snovi. V Švici, predpisi zahtevajo temperaturo > 55°C v času najmanj 3 tedne oz. 60 °C v času najmanj 1 tedna. V Danski, predpisi zahtevajo temperaturo > 55°C v času najmanj 2 tednov. Nemška zakonodaja zahteva za kompostiranje bioloških odpadov temperaturo > 55°C v času najmanj 1 teden v zaprtih posodah oz. temperaturo >60 °C v času najmanj 2 tednov in temperaturo >65 °C v času najmanj 1 tedna.

S projekcijo velike rasti uporabe kompostiranja kot procesa obdelave organskih odpadkov postaja potrebno dodatno raziskati prisotnost in odstranitev patogenov oz. indikatorjev bakterij patogena v procesu kompostiranja.

MATERIALI IN METODE

V tem članku je raziskano preživetje *Salmonelle* in *E. Coli* v kompostu ki vsebuje snovi komunalnega odpada, z uporabo komercialnih genetskih testov (Gene Trak, Framingham, Massachusetts). Z uporabljanjem laboratorijskega modela kompostiranja, je nadzirana izguba žive *Salmonelle typhimurimu* in *E. Coli* v procesu kompostiranja bioloških gospodinjstevskih odpadkov in blata rastlinske ČN.

* M. Hočurščak univ.dipl.inž.gradb., DRAVA Vodnogospodarsko podjetje Ptuj d.d., Sektor vodno gospodarstvo, Ljubljanska 9 Maribor

A) Vrste bakterij

Izvirna vrsta bakterij *Salmonella typhimurium* Q in *E. Coli* B za katere je predhodno dokazano da mutirajo z naraščanjem na 54°C se uporabljajo za raziskavo značilnosti dviganja temperature do uničenja teh organizmov v procesu kompostiranja.

B) DNA Genetski testi

DNA testi uporabljajo specialne delce za identifikacijo bakterij. Selektivno se izločajo in *Salmonella* in *E. Coli* in to je komercialni produkt, ki je povečano občutljivejši v primerjavi s prejšnjimi metodami testiranja. Raziskave za *E. coli* obenem identificirajo in *E. coli* in *Sigella*. Ta identifikacija raziskav genetskih preizkusov je bila omejena z 1 celico na 25 g komposta. V primeru če prisotnost *E. coli* ni evidentna, testiramo te rezultate z inkubacijo v 5 g/l hranljive raztopine. Ti prilagojeni postopki kažejo da so te metode odgovarjajoče za identifikacijo *E. coli* v materialih z ostankom sestavin iz mulja ČN. Da bi se potrdil vsak pozitiven gen dobljen iz testnega vzorca je izolirana skupina *Salmonella* na Hectoen Enteric agar in identificirana z Enterotube II (cev). *E. coli* se potrjuje z uporabo MacConkey agarom in Entertube I.

C) Preizkusi v industrijskem kompostu

Vzorci komunalnega komposta in sestavine komposta za kateri opravljajo študije so dobljeni iz komercialnih izvirov. Vzorci blata odpadnih voda na ČN so vzeti iz Camdena. Vzorci odpadne hrane so vzeti iz restavracij, kjer se odpadna hrana redči in melje.

D) Relativna lestvica laboratorijskih preizkusov

V prvem primeru se sekundarni mulj odpadnih vod meša v razmerju 2267 g blata z 1333 g žagovine. Organizmi *E. coli* B in *Salmonella typhimurium* Q so dodani v mešanico v koncentraciji preračunani na 10^7 po gramu. Ta mešanica komposta je podeljena na pol in količine so dane v termične posode za kompostiranje ali v vodne kopeli s konstantno temperaturo. Temperatura je redno spremljana in preživetje cepljene bakterije kontrolirano z genetskim testi.

V drugem primeru je simulirano kompostiranje gospodinjstskih odpadkov, mešanica odpadkov hrane in listja v razmerju 2675 g odpadkov hrane in 400 g osušenega listja. Mešanica je bila cepljena z približno 10^7 celic/ml s *Salmonella typhimurium* Q in z *E. coli* B. Ta mešanica je vstavljena v termične posode za poskus kompostiranja z namenom kontroliranja usode bakterije s pomočjo genetskih testov. Ti eksperimenti so izvedeni za tri vlažnostna nivoja, nizki, srednji in visoki.

REZULTATI

1. Dokaz o prisotnosti *E. coli* in *Salmonelle* v izhodnih sestavinah komposta

V procesu genetskih preiskav je odkrito da od osem različnih vzorcev blata (industrijskega ali iz ČN), ki se uporabljajo v kompostiranju, jih pet vsebuje *Salmonelle* in pet *E. coli*. Trije vzorci so vsebovali in *Salmonello* in *E. coli*.

Od 22 vzorcev, k so prikazali prisotnost *Salmonelle*, 100% prikazuje *Salmonello* z njenim biokemijskimi in razvojnimi karakteristikama. Od 24 vzorcev, ki prikazujejo prisotnost *E. coli*, 87 % jih prikazuje prisotnost *E. coli* in 13 jih prikazuje prisotnost *Shigele* z biokemijskimi in razvojnimi karakteristikama.

B) Analize komercialnega komunalnega projekta kompostiranja

Kompleksen preizkus uporabljen pri testiranju kompostiranja izvorno ločenih odpadkov (SSW) je bil raziskan z genetsko metodo preiskave, da bi se določila možnost preživljanja *Salmonelle* v post fazi

kompostiranja (premešanje plasti). Prisotnost ali ne prisotnost *E. coli* analizirana je z MUG testom in pozneje z DNA preizkusom prisotnosti *E. coli*. V prvih petnajstih dneh je aktivni proces kompostiranja v notranjih kanalih za prezračevanje. Potem je bila narejena analiza te bakterije. Kot je razvidno iz Tabele 1, in *E. Coli* in *Salmonella* sta bili še vedno prisotni. Menimo da je kompost v procesu obdelave ohranil vsaj temperaturo 59°C v naslednjih 44 dneh. Prisotnost bakterij *E. coli* in *Salmonella* v teh 44 dneh je prikazana v Tabeli 1.

Šele po 56 dnevih, ko se je temperatura kopice spustila na 44°C, *Salmonello* ni bilo mogoče odkriti. *E. coli* je potrebovala daljši čas da postane nezaznavna, ampak ni bila odkrita z DNA testi v 90 dneh.

Tabela 1. PRISOTNOST *E. coli* in *Salmonelle* V LOČENO ZBRANIH GOSPODINJSKIH ODPADKIH

TRAJANJE OBDELAVE KOMPOSTA V DNEH	MUG TEST ^a		GENETSKI TESTI				TEMPERATURA KOMPOSTNE KOPICE
	PRED MIX ^b	PO MIX ^c	<i>E. coli</i> / <i>Shigella</i>		<i>Salmonella</i>		
			PRED MIX ^b	PO MIX ^c	PRED MIX ^b	PO MIX ^c	
15	-	+	NE	NE	+	+	59°C
22	+	+	NE	NE	+	+	60°C
29	-	-	NE	NE	+	+	62°C
44	-	+	NE	NE	+	+	62°C
56	-	+	+	+ -	-	-	40°C
90	-	-	-	-	-	-	40°C

^a Testiranje *E. coli* v sodium lauryl sulfatni raztopini vsebuje MUG (methylumbelliferyl-B-D glucuronide)

^b Vzorec vzet iz jedra komposta pred premešanjem

^c Vzorec vzet iz kupa po premešanju

(-) ne odkrito
(+) odkrito
(++) odkrito v enem od dva vzorca
ne ni analizirano

C) Preživetje *E. Coli* B in *Salmonella typhimurium* Q na temperaturi 55°C v različnih stopnjah vlažnosti v aerobnih in anaerobnih pogojih

Kot je prikazano v Tabeli 2, in *E. Coli* B in *Salmonella typhimurium* Q preživijo pet dni pri temperaturi 55°C pri kompostiranju v posodah. Do devet dni od inkubacije niso odkrili *Salmonello* ne glede na pogoje. *E. Coli* je bila odkrita v devetih dneh le pri nizki vlažnosti v primeru aerobnega procesa in v nizki in srednji vlažnosti v primerih anaerobnega procesa. Do 20-ega dneva niso bili nobeni testi za odkrivanje *Salmonelle* in *E. Coli* pozitivni.

Tabela 2. PREŽIVETJE *E. coli* in *Salmonelle typhimurium* Q NA VZORCIH RAZLIČNE VLAŽNOSTI V AEROBNIH IN ANAEROBNIH POGOJIH V BLATU RASTLINSKIH ČN IN LESOVINE

DNEVI OBDELAVE V AEROBNIH IN ANAEROBNIH POGOJIH	TEMPERA TURA	<i>E. coli</i> / <i>Shigella</i>			<i>Salmonella</i>		
		Stopnja vlažnosti					
		nizka visoka	srednja	visoka	nizka	srednja	visoka
		Aerobni proces (prisotnost zraka)					
5	55°C	+	+	+	+	+	+
9	40°C	+	-	-	-	-	-
20	40°C	-	-	-	-	-	-
		Anaerobni proces (brez prisotnosti zraka)					
5	55°C	+	+	+	+	+	+
9	40°C	+ -	+ -	-	-	-	-
20	40°C	+	-	-	-	-	-

^a Testiranje *E. coli* v sodium lauryl sulfatni raztopini vsebuje MUG (methylumbelliferyl-B-D glucuronide)

^b Vzorec vzet iz jedra komposta pred premešanjem

^c Vzorec vzet iz kupa po premešanju

(-) ne odkrito

(+) odkrito

(+ -) odkrito v enem od dva vzorca

ne ni analizirano

D) Analize za odstranitev *E. Coli* in *Salmonelle* iz laboratorijskih vzorcev za kompostiranje, ki vsebujejo odpadke hrane ali odpadne vode rastlinske ČN

Kot je razvidno iz Tabele 3, in *E. Coli* in *Salmonella* preživijo 7 dni v eksperimentu kompostiranja odpadkov hrane, kljub temu da je temperatura v tem obdobju dosegla 69°C. V tem eksperimentu *E. Coli* preživi vsaj do 11 dni, do 21 -tega dneva pa postaneta obe nezaznavni z genetskimi preizkusi. Temperature kompostiranja so prikazane na grafu 1 in je slučajno da so ostale povišane do 27. dneva.

Tabela 3. PREŽIVETJE *E. coli* in *Salmonelle typhimurium* Q V KOMPOSTIRANJU
LOČENIH ODPADKOV HRANE V TERMIČNIH KONTEJNERIH

MATERIAL	TEMPERATURA	<i>E. coli</i> / <i>Shigella</i>	<i>Salmonella</i>
KONTROLA, NEKOMPOSTIRANO	22°C	-	-
Dan 0 ^a	22°C	+	+
Dan 7	5 dni ^b na 60-70 °C	+	+
Dan 11	9 dni na 60-70 °C	+	-
Dan 20	še 9 dni na 50-60 °C	-	-

Kot je razvidno v Tabeli 4 in E. Coli in Salmonello je bilo mogoče odkriti vsaj v prvih 11 dneh pri kompostiranju odpadkov iz ČN. Kljub temu so med 11 in 20 dnevom postale obe bakterije nezaznavne. Ta opažanje je v zvezi s padcem temperature med 11 in 20 dnevom, kot je razvidno v grafu 2. Temperatura je slučajno ostala povečana do približno 18 .dneva, ko se je začelo ohlajevanje.

Tabela 4. PREŽIVETJE *E. coli* in *Salmonelle typhimurium* Q V KOMPOSTIRANJU
BLATA ČN V TERMIČNIH POSODAH

MATERIAL	TEMPERATURA	<i>E. coli</i> / <i>Shigella</i>	<i>Salmonella</i>
KONTROLA, NEKOMPOSTIRANO	22°C	-	-
Dan 0 ^a	22°C	ne	+
Dan 7	5 dni ^b na 60-70 °C	+ ^c	+
Dan 11	še 4 dni na > 60 °C	+ ^c	+
Dan 20	9 in več dni na 60-30 °C	-	-

^a Število dni v termalnih kontejnerih

^b Indikator dneva, ko je bila dosežena ta temperatura

^c Vzorec dobljen v hranljivi raztopini

ZAKLJUČEK

Ugotovljeno je bilo, da sta *Salmonella* in *E. Coli* v industrijskem kompostu preživele 59 dni pri temperaturi 60°C. Bakterije so postale neopazne potem, ko se je temperatura spustila iz 62°C na 40°C v postopku zorenja komposta.

Raziskave so pokazale da *E. Coli* preživi vsaj 9 dni na temperaturi 60-70°C v kompostu, ki vsebuje biološke odpadke hrane, ali v kompostu, ki vsebuje mulj odpadnih voda.

Salmonella typhimurium Q preživi vsaj 9 dni na temperaturi nad 60°C v biološkem kompostu, ki vsebuje odpadke hrane in vsaj 5 dni v kompostu, ki vsebuje blato odpadnih voda.

Iz pridobljenih podatkov je razvidno da temperaturo oz. čas visokih temperatur ni možno povezati z uničenjem patogena *Salmonelle*, ali patogena *E. Coli*. Ti rezultati sugerirajo, da je način za odstranitev teh mikroorganizmov v postopku aerobnega kompostiranja kompleksen in ni le rezultat termično-fizikalnega okolja. Mehanizem s pomočjo katerega te bakterije preživijo v termičnem okolju pa še ni znan v tem trenutku.

LITERATURA

1. MARY L. DROFFNER and WILLIAM F. BRINTON, Survival of *E. coli* and *Salmonella* Populations in aerobic Thermophilic Composts as Measured with DNA Probe. Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin 197(5): 387-397, 1995
2. JAN BOELEN, BRUNO DE WILDE and LUC DE BAERE, Comparative Study in Biowaste Definition: Effects on Biowaste Collection, Composting Process and Compost Quality. Compost Science & Utilization 4(1):60-72, 1996
3. ROSEMARY BORDER, Recycling, Oxford University Press, 1996