

A HOCl alkalmazásának hatékonyságának értékelése a szagcsökkentés és a giliszta populáció növekedése terén az élelmiszer-hulladék során vermikomposztálása Eisenia fetida felhasználásával

Chanwoo Kim, Younggu Her, Yooan Kim, Chanhoo Jung, Hangkyo Lim, Kyo Suh

PLoS ONE 14(12): e0226229. Szerkesztő: Sartaj Ahmad Bhat, Gifu Egyetem, JAPÁN
Közzétéve: 2019. december 19 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226229>

Absztrakt

A vermikomposztálást mint környezetbarát módszert javasolták a szerves hulladék tápanyagforrásokká történő átalakítására minimális energiefelhasználással. Az ezzel a módszerrel kapcsolatos szag- és kártevők azonban korlátozzák a vermikomposztálás használatát, különösen beltéri körülmények között. Ez a tanulmány értékelte a hipoklórsav (HOCl) alkalmazásának hatékonyságát a vermikomposztálási folyamat szagtalanítására és a földgiliszták (szaporodási környezetének javítására Eisenia fetida). A HOCl szagtalanítási teljesítményét ammónia (NH₃) mennyiségének mérésével hasonlították össze: a HOCl-mal (3) és a nem kezelt hulladékok (NTW). Megmértük a HOCl-al kezelt hulladékban lévő giliszták össz- és egyedi tömegét, hogy értékeljük a giliszta-szaporodásra gyakorolt hatást a HOCl alkalmazása után. Az eredmények azt mutatták, hogy a HOCl alkalmazásával az NH₃ 40%-kal, az R-NH₂ pedig 80%-kal csökkenthető, a giliszta populáció mérete és össztömege pedig akár 29%-kal, illetve 92%-kal növelhető a kontrollcsoportéhoz képest. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a HOCl alkalmazása potenciálisan hatékony módszer a szagok szabályozására és a giliszta szaporodásának fokozására, és ezáltal megkönnyíti a vermikomposztálást az élelmiszer-hulladék kezelésének és a környezet minőségének javítása érdekében.

Copyright: © 2019 Kim et al. Ez egy nyílt hozzáférésű cikk a feltételei szerint Creative Commons Attribution License, amelyet terjesztenek, és amely lehetővé teszi a korlátlan felhasználást, terjesztést és reprodukálást bármilyen médiában, feltéve, hogy az eredeti szerzőt és forrást feltüntetik.

Adatok elérhetősége: Minden lényeges adat a kéziratban található.

Finanszírozás: Ezt a kutatást a Koreai Nemzeti Kutatási Alapítvány (NFR) támogatta, amelyet a Koreai kormány (Tudományos és ICT-minisztérium) finanszírozott (NRF-2017R1E1A1A01078227).

Versengő érdekek: A szerzők kijelentették, hogy nem léteznek egymással versengő érdekek.

Bevezetés

Az élelmiszer-hulladék feldolgozásának fenntartható módszerei jelentős figyelmet kaptak, mivel az elmúlt néhány évtizedben a globális élelmiszer-pazarlás gyorsan növekedett [1]. Dél-Koreában az egy főre jutó élelmiszer-pazarlás több mint 14,3%-kal nőtt az elmúlt 10 évben [2, 3]. Így a környezetbarát élelmiszer-hulladék-kezelés kritikus fontosságú a jobb környezetminőség szempontjából. Mindazonáltal csak néhány ország dolgozza fel az élelmiszer-hulladékot a többi hulladéktól elkülönítve. Sok országban az élelmiszer-hulladékot más hulladéklerakó hulladékkal együtt ártalmatlanítják, és/vagy kizsárválással és kiegészítő tüzelőanyaggal elégetik. Az égetés azonban viszonylag drága, és káros gázokat termel [4]. Így továbbra is az élelmiszer-hulladék lebomlása a

szeméttlerakókban a preferált megoldás, még akkor is, ha a szerves anyagok és a hulladéklerakókból származó élelmiszer-hulladék csurgalékvizei szennyezhetik a talajt és a vizet, és környezeti problémákat okozhatnak.

Graff (1974) [5] kimutatta, hogy az élelmiszer-hulladék földigiliszták felhasználásával történő feldolgozására szolgáló vermikomposztálás potenciálisan hatékony és hatékony módszer az élelmiszer-hulladék kezelésére. A vermikomposztálást környezetbarát eljárásnak ismerik el, mert nem igényel közvetlen energiabevitelt [6]. Számos tanulmány vizsgálta a lehetséges vermikomposting feldolgozni nemcsak az élelmiszer-hulladék, hanem az iszapot és istállótrágya [1 , 7- - 10-]. Amellett, hogy a hulladék lebontása, a kutatás bebizonyította, hogy vermikomposting elősegítheti növényi tápanyag felvételét és a talaj mikrobiális aktivitás, és javítja a talaj szerkezetét és minőségét [11- - 15-]. Földigiliszták aktivitás a talajban is javítja a talaj aggregáció és szerkezet, valamint gilisztahumusz alkalmazása javíthatja mikrobiális sokféleség és populációk [16- - 19-]. Ez a módszer azonban korlátozott volt a hosszú feldolgozási idő, a helyigény, valamint a lehetséges szag- és kártevő-problémák miatt, különösen beltéri körülmények között. A vermikomposztálási folyamat hosszabb időt igényel a giliszták növekedéséhez, és megfelelő helyet igényel az élelmiszer-hulladék tömegének kezelésére. Emellett a folyamat során keletkező szag és kártevők kihívást jelenthetnek a kisméretű, beltéri, élelmiszer-hulladék-kezelő létesítmények számára [20].

Bár számos vermikomposting vizsgálat foglalkozott hatékonyságának növekvő férgék és feldolgozásának szerves hulladék [6 , 21- - 23-], néhány tanulmány középpontjában a szag probléma kapcsolódó vermikomposting. Mao és Tsai (2006) tanulmánya az elsők között vizsgálta, hogyan lehet több mérnöki módszerrel hatékonyan megszüntetni vagy ellenőrizni az élelmiszer-hulladék komposztálásából származó szagokat [24]. Edwards és Arancon (2010) később bemutatták, hogyan lehet kontrollálni a vermikomposztálásból származó szagokat tenyésztési doboz segítségével [20]. Módszerük alkalmazhatósága azonban korlátozott. Míg a zárt fedél szabályozni tudja a szaporítóedények szagát, a fedél kinyitása a nedvesség szabályozására és a takarmányellátásra eloszlatja a szagot. A mai napig nem végeztek nyomon követési vizsgálatokat a tenyészdoboz kísérletük hatékonyságának és alkalmazhatóságának javítására a szag csökkentésére.

Egy másik módszer a hipoklórsav (HOCl) alkalmazása, amely egy gyenge sav, amelyről ismert, hogy antimikrobiális hatása van [25 , 26]. Számos tanulmány megerősítette a sterilizáló funkciója HOCl és bizonyította hatékonyságát enyhítésében szag [25 , 27- - 30-]. Ugyanebben a koncentrációban a HOCl 80-szor nagyobb antibakteriális hatást fejt ki, mint a hipoklorit ion (ClO⁻) [31]. Cai (2016) azt is bebizonyította, hogy a HOCl-nak van vírusellenes mechanizmusa, így vírusfertőzések szabályozására használható [32]. 1998-ban az Egyesült Államokban a Környezetvédelmi Ügynökség (EPA) jóváhagyta a HOCl-t biztonságossága miatt magas szintű fertőtlenítőszerként [33], 2000-ben az Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hatóság (FDA) pedig ártalmatlan tartósítószerként hagyta jóvá sóoldat [34]. Ezek a tanulmányok és adminisztratív intézkedések bebizonyították, hogy a HOCl képes szag- és kártevőirtó szerként a vermikomposztálás során.

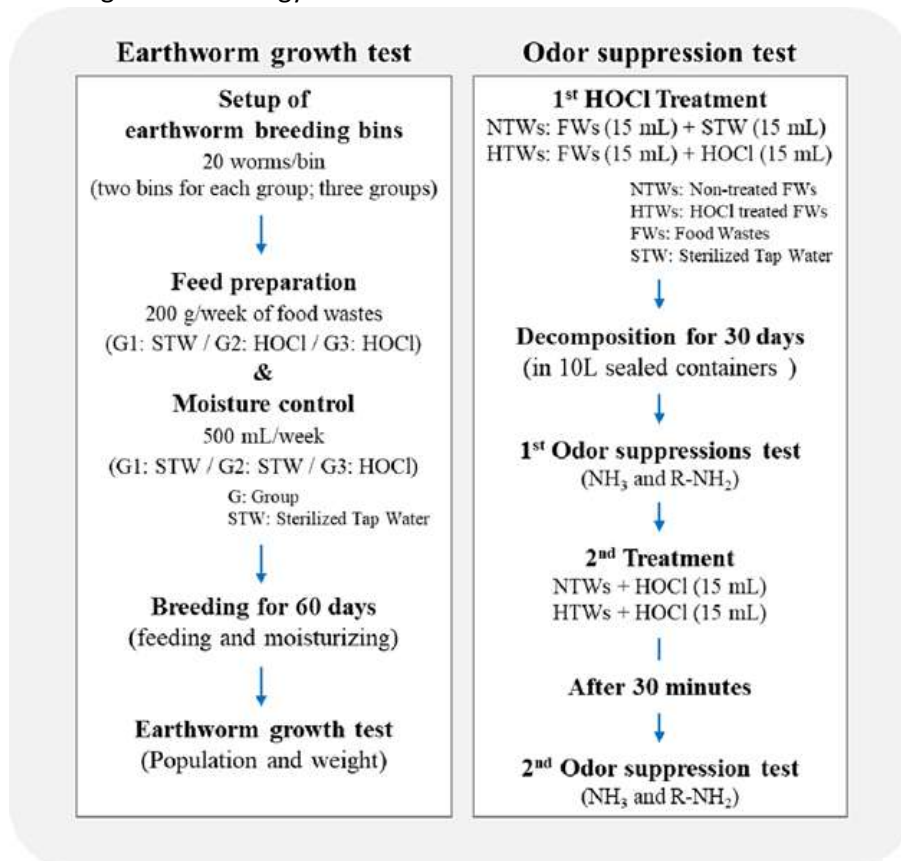
Majlessi et al. (2012) kimutatta, hogy az élelmiszer-hulladék földigiliszták segítségével történő vermikomposztálása stabilizálni tudja a vermikomposztálási folyamatot a növények növekedése érdekében a magcsírázási index, a C/N arány és más stabilitási és érettségi indexek összehasonlításával [35]. Ezenkívül bizonyos adalékanyagok a vermikomposztáláshoz elősegíthetik a vermikomposztálás hatékonyságát a giliszták gyors növekedése révén, és így leküzdhetik a vermikomposztálás egyes akadályait. Zarrabi et al. (2018) azt is megállapították, hogy a zeolit felhasználásával végzett vermikomposztálás pozitívan befolyásolta a giliszták növekedési mintázatát a vermikomposztálás minőségének javítása érdekében [36]. A korábbi tanulmányok azonban főként a HOCl sterilizáló funkciójára és a szagszabályozás hatékonyságára összpontosítottak. Egyetlen ismert

tanulmány sem vizsgálta a HOCl hatását mind a vermikomposztálási folyamatra, mind a giliszta növekedésére.

Ennek a tanulmánynak az volt a célja, hogy értékelje a HOCl alkalmazásának az élelmiszer-hulladék vermikomposztálási folyamatára gyakorolt hatásait a szag megszüntetése és a földgiliszták növekedésének növelése érdekében. Ez a tanulmány három vermikomposztálási körülményt tesztelt különböző HOCl-alkalmazásokkal a nedvességszabályozás és a takarmánykészítés céljából. A teszt három, azonos giliszta-tömegű és populációmérettel rendelkező csoporttal indult. A három csoportban bekövetkezett változásokat a kísérleti időszak (60 nap) után mértük. A szagcsökkenést a komposztálási folyamat során az élelmiszer-hulladékból kibocsátott ammónia és amin koncentrációjának mérésével mértük. Az eredményeket statisztikailag elemezték és összehasonlították más releváns tanulmányok eredményeivel.

Anyagok és metódusok

Két független kísérletet terveztek és végeztek a HOCl kijuttatásának a giliszta populáció növekedésére és a szagcsökkentésre gyakorolt hatásainak számszerűsítésére és elkülönítésére (1. ábra)



1. ábra: A tanulmányban végrehajtott két független kísérlet általános eljárása.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226229.g001>

Giliszta és élelmiszer-hulladék

A földgiliszták, az *Eisenia fetida* (Family Lumbricidae) tanulmányban használt képesek alkalmazkodni a bomló szerves anyagokhoz, és jól növekednek beltéri és laboratóriumi körülmények között [20 , 37]. Ezt a fajt széles körben használják különféle ipari szerves hulladékok vermikomposztálására, mivel képesek szerves anyagot biomasszává alakítani, aminek nagy a piaci értéke [20]. Ehhez a tanulmányhoz a gilisztákat a Sekyoung Farmtól vásárolták, amely egy giliszta-kiskereskedő Dél-Koreában.

A giliszta-takarmány gyümölcsből, köztük banánból, almából, görögdinnyéből és dinnyéből, valamint a Szöuli Nemzeti Egyetem étkezdéjének élelmiszerhulladékából állt, amelyet a 60 napos időszak során hetente gyűjtöttek. Mivel az élelmiszer-hulladék sótartalma korlátozhatja a giliszták növekedését, a kávézóból összegyűjtött élelmiszer-hulladékot három napig fermentálták a sótartalom csökkentése érdekében [38].

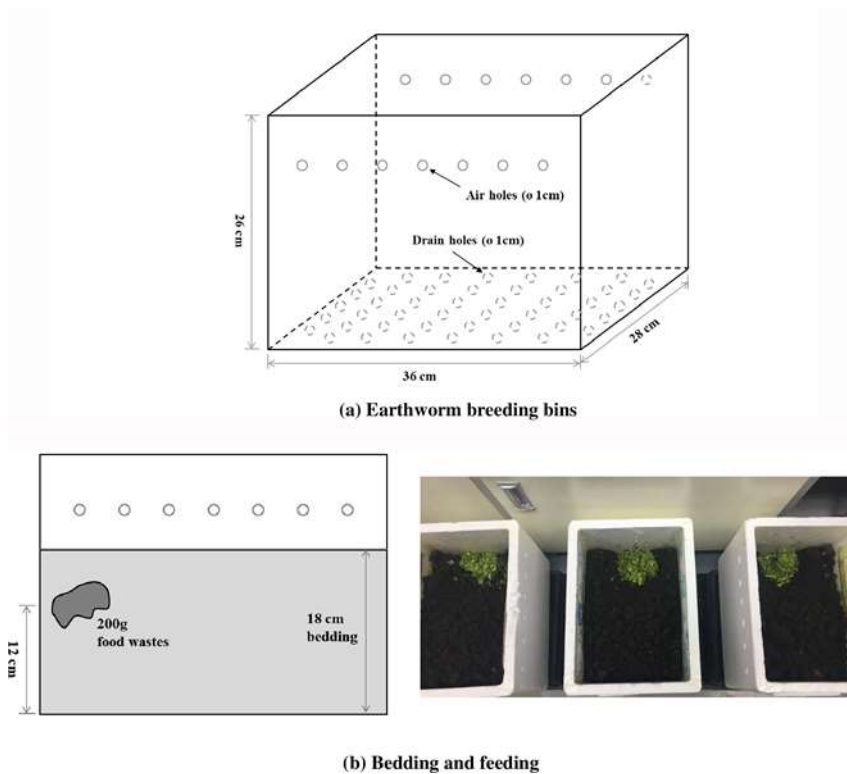
HOCl alkalmazása takarmánykészítésben

A giliszták könnyen alkalmazkodni tudtak, mert az erjedési folyamat az élelmiszer-hulladékot is elrontotta. A giliszta populáció növekedési tesztjében 500 ml HOCl-t kevertünk a 2. csoport takarmánykészítési céljára szolgáló élelmiszer-hulladékba, mielőtt azt a gilisztákkal etettük volna. A 3. csoportban HOCl-t használtunk nedvességszabályozásra és takarmánykészítésre egyaránt. Mivel az élelmiszer-hulladék tömegsűrűsége nagymértékben változik a hulladék típusától függően, ez a vizsgálat a kezelendő élelmiszer-hulladék térfogatát és tömegét figyelembe véve határozta meg az alkalmazandó HOCl mennyiségét. A nedvességszabályozás érdekében további HOCl-t szórtunk közvetlenül az aljzat felületére, hogy fenntartsuk a megfelelő talajnedvességet a tartályban: 50% és 70% között.

A HOCl-koncentráció és a savasság 40-50 ppm, a pH 5,5-6,0 tartományban volt. Ezek a mennyiségek megfeleltek az enyhén savas elektrolizált víz (SAEW), a 10-80 ppm koncentráció és az 5,0-6,5 közötti savasság pH-értékének [39 , 40].

Giliszta populáció növekedési teszt

A gilisztákat külön-külön tenyésztették ki hat hungarocell edényben, amelyek belső mérete L 36 × D 26 × H 28 cm (2A ábra .). Minden csoporthoz két tartályt rendeltek. Mindegyik kukában hét 1 cm átmérőjű légzőnyílás volt, amelyek mindkét fal alja felett 20 cm-rel voltak, és 45 1 cm átmérőjű vízvezető lyuk az alján. Minden edényt megtöltöttek gilisztákkal és 1250 g komposzttal a giliszta-kereskedőtől, ami egy 18 cm mély komposztréteget hozott létre, hogy almot biztosítson a férgek számára (2B ábra .).



2. ábra.

Tenyész edények kialakítása almozási és takarmányozási tervvel 60 napos vermikomposztáláshoz: (a) a giliszta-tenyésztési ládák kialakítását mutatja be. (b) megjeleníti az alom mélységét és az etetés helyét (élelmiszer-hulladék).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226229.g002>

A HOCl kijuttatás hatékonyságának tesztelésére HOCl-t juttattunk a talajra takarmány-előkészítés és nedvességszabályozás céljából. Ebben a vizsgálatban 500 ml HOCl-t vagy sterilizált csapvizet használtunk, amely megfelel az élelmiszer-hulladék tömegének (200 g). Sterilizált csapvizet (500 ml) használtunk a vízellátáson az 1. és 2. csoport nedvességszabályozására. Az 1. csoport volt a kontrollcsoport, ahol nem alkalmaztunk HOCl-ot, és csak sterilizált csapvizet (500 ml) használtunk a nedvesség szabályozására. A 2. csoport esetében HOCl-ot (500 ml) vittünk fel az élelmiszer-hulladéokra takarmánykészítés céljából, mielőtt a gilisztákkal etettük volna, és sterilizált csapvizet (500 ml) használtunk a nedvesség szabályozására. A 3. csoportban csak HOCl-t használtunk nedvességszabályozásra és takarmánykészítésre egyaránt. Más szóval, a 3. csoport tartályaiban a HOCl-os takarmány-előkészítés minden feltétele megegyezett a 2. csoportéval, de a kísérleti időszakban további 500 ml HOCl-t permeteztek az almozásra a tartályokban a nedvességszabályozás érdekében.

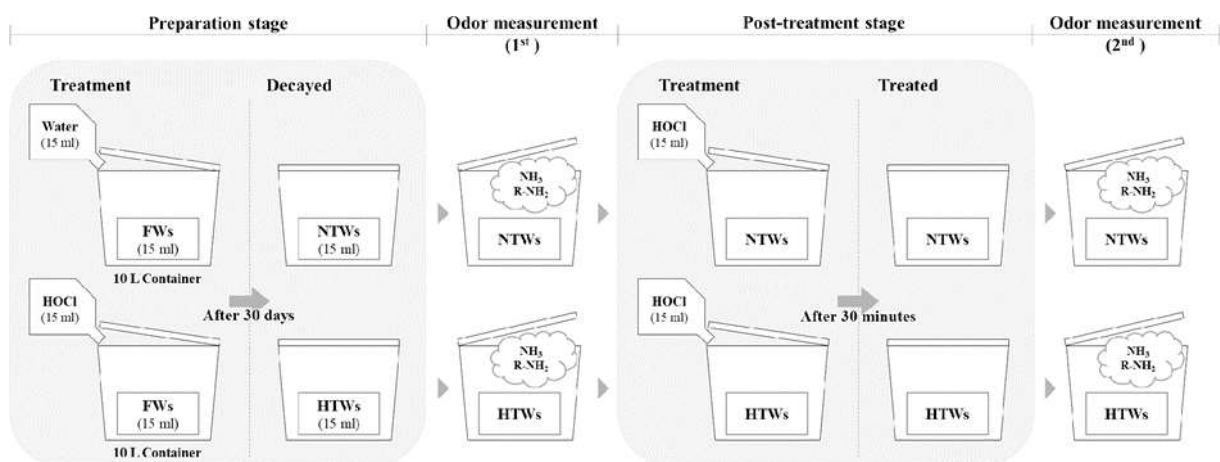
Hús gilisztát helyeztek el minden edényben a három csoport számára; minden giliszta átlagosan 0,5 g-ot nyomott, 0,2 g szórással. Az egyes giliszták súlyát az Appelhof és Olszewski (2017) által javasolt „dömping és kézi válogatás technika” módszere szerint mérték [41]. Élelmiszer-hulladékot adtunk minden kísérleti edénybe a kijelölt helyen, miután a takarmányt HOCl-dal készítették el hetente 60 napon keresztül (2B ábra .). A 60 napos kísérleti időszakot előre meghatározták a Warman és AngLopez által biztosított aktív reprodukciós időtartamot követően [6].

Szagelnyomási teszt

Az ammónia (NH_3) és az aminoszerek (R-NH_2) gázok a fő összetevői és okozói a vermikomposztálási folyamat során keletkező rossz szagnak. Az élelmiszer-hulladék mintákat 15 ml HOCl hozzáadásával kezeltük, amelyet HOCl-kezelt élelmiszerhulladéknak (HTW) nevezünk. A 15 ml-es HTW-t és a kezeletlen élelmiszer-hulladékot (NTW) 10 literes zárt edényekben 30 napig fermentálták $24\text{ }^\circ\text{C}$ és $26\text{ }^\circ\text{C}$ közötti szobahőmérsékleten és 38% és 49% közötti relatív páratartalom mellett.

Az NH_3 koncentrációját 3 és az R-NH_2 tartályokban a komposztálási folyamat során keletkező szagok szintjének számszerűsítésére Gastec GV-50ps gázérzékelő cső segítségével mérték. Ez a vizsgálat kétszer megismételte a koncentrációkat. A gázérzékelő cső gázmintavevő szivattyúból és gázérzékelő csőből áll, a koncentrációkra reagáló színváltó réteg leolvasásával a gázkoncentrációk skálázhatók. A gázérzékelő cső módszerének részletei Thompson és Lotter (2014) tanulmányában [42] található.

A HOCl szagcsökkentő hatásának ellenőrzésére a savat a HTW és NTW mintákra permetezték a gázkoncentráció mérése után. Az NH_3 és az R-NH_2 koncentrációját 30 perc elteltével ismét megmérték. Ezután összehasonlították a kezeléseket, a fermentációt és a HOCl alkalmazását. A szagcsökkentési tesztben földgilisztát nem vezettek be a HOCl alkalmazás szagra gyakorolt hatásának elkülönítésére (3. ábra).



3. ábra. Kísérleti eljárás a HOCl szagtalanító hatásának értékelésére.

Az ammónia (NH_3) és az aminoszerek (R-NH_2) gázok a fő összetevők és szagforrások: élelmiszerhulladék (FW), nem kezelt élelmiszerhulladék (NTW) és HOCl-mal kezelt élelmiszerhulladék (HTW).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226229.g003>

Analitikai módszerek és statisztikai elemzés

A földgiliszták populációjának méretét és egyedtömegét a három csoportban megfigyeltük a giliszta-növekedési teszt kísérletének elején és végén. Nem-paraméteres teszttel (Kruskal-Wallis teszt) hasonlították össze őket, mivel a változók nem normálisak. A Mann-Whitney tesztet is alkalmaztuk a post-hoc páronkénti összehasonlításhoz, amikor szignifikáns különbséget találtunk a csoportok között.

Eredmények és vita

A gilisztapopuláció növekedésének hatékonyságának vizsgálata

Az 1. táblázat összefoglalja a HOCl alkalmazásának hatékonyságát a gilisztapopulációra és súlyra. A kísérlet eredményei azt mutatták, hogy a giliszták száma és a giliszták összömege az összes szaporítódényben nőtt a 60 nap alatt. A kontrollhoz (1. csoport) képest a HOCl alkalmazási csoportok (2. és 3. csoport) nagyobb növekedést mutattak mind populációban, mind összömegekben. A 3. csoport a HOCl-alkalmazásokkal nedvességszabályozásra és takarmánykészítésre bizonyult a leghatékonyabbnak a giliszta szaporodása és növekedése szempontjából.

Categories		Control (Group 1)		Group 2		Group 3	
		Bin 1-1	Bin 1-2	Bin 2-1	Bin 2-2	Bin 3-1	Bin 3-2
Population (worms)	Day 0	20	20	20	20	20	20
	Day 60	75	76	95	103	118	129
	Difference (%)	55 (▲275)	56 (▲280)	75 (▲375)	83 (▲415)	98 (▲490)	109 (▲545)
Average Weight (g)	Day 0	0.497	0.470	0.505	0.510	0.473	0.501
	Day 60	0.255	0.279	0.306	0.276	0.312	0.259
	Difference (%)	-0.242 (▽49)	-0.191 (▽41)	-0.199 (▽39)	-0.234 (▽46)	-0.161 (▽34)	-0.242 (▽48)
Standard deviation (g)	Day 0	0.091	0.171	0.160	0.224	0.131	0.138
	Day 60	0.171	0.248	0.230	0.229	0.212	0.217
Total weight (g)	Day 0	9.937	9.396	10.100	10.193	9.450	10.026
	Day 60	19.134	21.218	29.068	28.435	36.771	33.395
	Difference (%)	9.197 (▲93)	11.822 (▲126)	18.968 (▲188)	18.242 (▲179)	27.321 (▲289)	23.369 (▲233)

Group 1 is the control group without any HOCl application. For group 2, HOCl (500 ml) was applied to food waste for feed preparation. For group 3, HOCl was used for both moisture control and feed preparation.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226229.t001>

1. táblázat: A HOCl alkalmazás hatékonyságának összefoglalása csoportonként a vermikomposztálási időszakban (60 nap).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226229.t001>

Ez a tanulmány összehasonlította a giliszták növekedésének (populációja és egyedsúlya) különbségét is a három csoport között (N = 3) (lásd 2. táblázat). A 3. csoport 64%-kal, illetve 25%-kal növelte a populációt a két tenyészedényben. A gilisztapopuláció 60 napos szaporodás után a 3. csoportban 57-72%-kal volt nagyobb, mint az 1. csoportban, és 24-35%-kal volt nagyobb, mint a 2. csoportban.

	Test Type	Test Results	
		Individual Weight	Population
Group 1, 2, and 3	Kruskal-Wallis	$p = 0.62 > \alpha$	$0.00 < \alpha$
Group 1 vs. Group 2	Mann-Whitney	$0.38 > \alpha$	$0.00 < \alpha$
Group 1 vs. Group 3	Mann-Whitney	$0.39 > \alpha$	$0.00 < \alpha$
Group 2 vs. Group 3	Mann-Whitney	$0.93 > \alpha$	$0.00 < \alpha$

Group 1 is the control without any HOCl application. Group 2 represents HOCl application only on feed preparation. Group 3 represents HOCl application to both feed preparation and moisture control.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226229.t002>

2. táblázat: A HOCl alkalmazások hatékonyságának megerősítésére végzett Kruskal-Wallis teszt és Mann-Whitney teszt eredményei (0,05 szignifikancia szint (α)).

A kísérleti időszakban a giliszták összömege is növekedett. A megnövekedett populációhoz hasonlóan a 3. csoport két kukájának összömege 233%-kal, illetve 289%-kal nőtt (1. táblázat). Az egyes giliszták átlagos súlya azonban a kísérleti időszak alatt mindhárom csoportban hasonló ütemben csökkent. A populáció méretében és egyedsúlyában bekövetkezett változások nyilvánvalóan az újonnan kikelt ivadékok számának tudhatók be, és hatása nagyobb volt a HOCl-mal kezelt kruppokban, különösen a 3. csoportban. kedvező feltételek a szaporodáshoz.

Eredményeink azt mutatják, hogy a HOCl alkalmazása közvetlenül és közvetve is javította a férgek általános életkörülményeit. HOCl ismert, hogy elnyomja a növekedés és fejlődés a néhány közös patogén mikrobák a talajban keresztül enzimmaktivitások [43 - 46]. Ezenkívül a vermikomposztáló féregfajok fenntarthatják a talajban az egészséges mikrobiális diverzitást a talaj mikroorganizmusainak elfogyasztásával vagy a mikrobióta szelektív csoportjának belső és külső táplálásával [47]. A HOCl klórozó hatása elősegítheti a gilisztának a talaj mikroorganizmusainak szabályozására gyakorolt közvetlen hatását azáltal, hogy elnyomja a talajban előforduló közönséges patogén baktériumok káros aktivitását, amit a nitrogén-metabolit gázok csökkent termelése bizonyít.

Az féregfajról *Eisenia fetida* is ismert, hogy legalább egy bélbaktériumot örököl szüleitől tojás kapszulákon keresztül [48], és a bélbaktériumok döntő tényezői a vermikomposztálási folyamatnak. Így valószínűsíthető, hogy a bél-mikrobiális összetételt és azok komposztáló aktivitását nem befolyásolta szignifikánsan a HOCl mikrobicid hatása a komposzt szubsztrátban. Mindeközben, bár a HOCl közvetlenül nem ad hozzá semmilyen új tápanyagot, amely hozzájárulna a férgek populációjának növekedéséhez, lehetséges volt, hogy az antimikrobiális hatás közvetve támogatta a vermikomposztálási folyamatot és a férgek szaporodását, legalábbis ebben a kísérleti időszakban (egy generációs a féregfaj hossza). A jelen tanulmányban azonban a talaj mikrobiális diverzitásának vagy a bélbaktériumok összetételének változása a HOCl-kezelések hatására nem volt közvetlenül érdekelt; ezért további tanulmányok szükségesek ebben a témában és a hosszú távú hatásokban.

Warman és AngLopez [6] megfigyelte, hogy a vizsgált giliszták súlya és populációja 150%-kal, illetve 60%-kal nőtt, amikor a gilisztákat 90 napig kezelés nélkül hagyták növekedni. Növekedési ütemük hasonló volt a vizsgálatunkban szereplő kontrolléhoz. Ebben a vizsgálatban azonban a 2. és 3. csoport növekedési üteme felülmúlta a nem kezelt kísérleti csoportot a gilisztatömeg és populáció tekintetében, ami megerősíti a HOCl-alkalmazások jelentőségteljes hatékonyságát a giliszta növekedésében.

A szagcsökkentés hatékonyságának tesztje

A HOCl szagcsökkentési teljesítményét a táblázat mutatja be 3. és 4. . Az NH átlagos koncentrációja a 3 és az R-NH 2 bomlott élelmiszer-hulladékban a HTW kezelésből mérve 15 ppm, illetve 6 ppm volt. Az NH átlagos koncentrációja 3 és az R-NH 2 NTW-ben 85 ppm, illetve 10 ppm volt. A HTW csökkentő hatása 82,3% és 40% volt az NTW-hez képest.

Categories	NTWs		HTWs		Comparison (%)
	Before decay	Decayed	Before decay	Decayed	
NH ₃ (ppm)	0	85 ± 5	0	15 ± 5	82.3
R-NH ₂ (ppm)	0	10 ± 0	0	6 ± 1	40

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226229.t003>

3. táblázat : A HOCl előkezelés hatása (átlag ± SE) az élelmiszer-hulladék szagkoncentrációjára 30 napos bomlás után (1. szagmérés): Az NTW-k és a HTW-k a kezeletlen élelmiszer-hulladékot, a HTW-k pedig a HOCl-mal kezelt élelmiszer-hulladékot jelölik.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226229.t003>

Categories	NTWs			HTWs		
	Before application	After application	Comparison (%)	Before application	After application	Comparison (%)
NH ₃ (ppm)	70 ± 0	40 ± 5	42.9	18 ± 0	8.7 ± 5	51.7
R-NH ₂ (ppm)	10 ± 0	10 ± 0	0	7 ± 0	4.5 ± 1	35.8

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226229.t004>

4. táblázat Effects (± SE) folyamatos HOCl alkalmazás a szag koncentrációja szuvas élelmiszer-hulladék (2 nd szag mérési 30 perc után): NTWs és HTWs jelzi a nem-kezelt élelmiszer-hulladék, és HOCl kezelt élelmiszer-hulladék, ill.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226229.t004>

Rayson et al. (2010) [49], valamint Tarade és Vrcek (2013) [50] kimutatták, hogy a HOCl reakcióba lép az NH₃ mal 3- és az R-NH₂ -vel, és klóramin anyagot képez, amely hatékony fertőtlenítőszer, a klór és az NH₃ arányától függően, 3 ill. R-NH₂ . A HOCl hatékony sterilizálása csökkentheti az élelmiszerek bomlási sebességét a mikroorganizmusok megzavarásával [51]. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a HOCl elnyomhatja a szagokat, mivel a HOCl megváltoztatja a romlást okozó mikroorganizmusok számát az élelmiszer-hulladékban, és módosítja a szagot okozó anyagokat [52].

A HOCl folyamatos alkalmazása csökkentette a romlott élelmiszer-hulladék szagát (4. táblázat). Az eredmények különösen azt mutatták, hogy a HOCl hatékonyabb volt NH₃ mal, 3- mint R-NH₂ (4. táblázat). Ez az eredmény annak tudható be, hogy a HOCl-dal végzett reakció során keletkező klór nagyobb klórozó hatást fejt ki az NH₃-ra, mint az R-NH₂-ra [53]. Az ammóniaeltávolító hatás különbségét az NH₃ koncentrációkülönbség miatt is vizsgáltuk 3 gáz elején bemutatott .

Következtetés

Ez a tanulmány azt vizsgálta, hogy a HOCl-alkalmazások hogyan befolyásolhatják a giliszta populáció növekedését és a szagokat kisléptékű beltéri vermikomposztálás során. A tenyésztési edényes tesztek azt mutatták, hogy a HOCl takarmányozási célú élelmiszer-hulladékon történő alkalmazása elősegítheti a giliszta szaporodását és csökkentheti a hulladékban lévő ammónia (NH₃ által képviselt szagokat 3) és amin (R-NH₂) gázkoncentrációja . Megnövekedett giliszta-szaporodás a HOCl alkalmazása után, javítva a vermikomposztálási folyamatot. Ezen túlmenően a HOCl és a két szaggáz reakciója során keletkező klóramin hatékonyan távolította el az NH₃-t, 3 mint az R-NH₂ . Ez a tanulmány kísérletileg igazolta, hogy a HOCl alkalmazása javíthatja a giliszta életkörülményeit és enyhítheti az élelmiszer-hulladék szagát. A tanulmány eredményei várhatóan hozzájárulnak a vermikomposztálás hatékonyságának és alkalmazhatóságának javításához, különösen kis léptékű beltéri körülmények között.

Hivatkozások

1. Lim PN, Wu TY, Shyang Sim EY, Lim SL. A szójahéj lehetséges újrafelhasználása az *Eudrilus eugeniae* alapanyagaként a vermikomposztálás során. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2011;91(14):2637–42. pmid:21725978
2. NEKEM. 2006 A hulladéktermelés és -ártalmatlanítás helyzete Koreában. Környezetvédelmi Minisztérium (KM); 2007.
3. A hulladékkeletkezés és -ártalmatlanítás helyzete 2016-ban Koreában [Internet]. Környezetvédelmi Minisztérium (KM). 2017.

4. 4. Gebreegziabher T, Oyedun A, Lam KL, Lee H, Hui CW. Az MSW betáplálásának optimalizálása a hulladékból energiává alakítandó gyakorlatokhoz. Vegyipari mérnöki tranzakciók. 2012;29:679–84.
5. 5. Graff O. Biomassza kinyerése hulladék anyagokból az Eisenia foetida komposzt giliszta termesztésével (Savigny 1826). Agrárkutatás Völkenrode. 2, 137-42 (1974)].
 6. 6. Warman P, AngLopez M. Különböző alapanyagokból származó vermikomposzt növényi táptalajként. Bioerőforrás technológia. 2010;101(12):4479–83. pmid:20153632
7. 7. Fornes F, Mendoza-Hernández D, García-de-la-Fuente R, Abad M, Belda RM. Komposztálás versus vermikomposztálás: a szerves anyagok fejlődésének összehasonlító vizsgálata egyenes és kombinált folyamatokon keresztül. Bioerőforrás technológia. 2012;118:296–305. pmid:22705537
 -
8. 8. Fernández-Gómez M, Díaz-Raviña M, Romero E, Nogales R. Üvegházi paradicsomtermésekből származó környezetileg problémás növényi hulladékok újrahasznosítása vermikomposztálás révén. International Journal of Environmental Science and Technology. 2013;10(4):697–708.
9. 9. Shak KPY, Wu TY, Lim SL, Lee CA. A rizsmaradványok fenntartható újrafelhasználása szerves trágya-előállítás céljára szolgáló vermikomposztálás során. Környezettudományi és környezetszennyezési kutatás. 2014;21(2):1349–59. pmid:23900949
10. 10. Gómez-Brandón M, Lores M, Domínguez J. Species-specific effects of epigeic earthworms on microbial Community structure during first stages of decomposition of organic matter. PloS one. 2012;7(2):e31895. pmid:22363763
11. 11. Pathak A, Singh M, Kumar V. Települési szilárd hulladék komposztálása: fenntartható hulladékkezelési technika az indiai városokban – Áttekintés. International Journal of Current Research. 2011;3(12):339–46.
12. 12. Singh RP, Singh P, Araujo AS, Ibrahim MH, Sulaiman O. Városi szilárd hulladék kezelése: A vermikomposztálás fenntartható megoldás. Erőforrások, megőrzés és újrahasznosítás. 2011;55(7):719–29.
13. 13. Wu TY, Lim SL, Lim PN, Shak KPY, szerkesztők. Biológiai lebomló szilárd hulladékok biotranszformációja szerves trágyává komposztálás és/vagy vermikomposztálás segítségével. 17. konferencia a folyamatintegrációról, modellezésről és optimalizálásról az energiamegtakarítás és a szennyezés csökkentése érdekében PRES; 2014.
14. 14. Swati A, Hait S. Átfogó áttekintés a kórokozók sorsáról a szerves hulladékok vermikomposztálása során. Környezetminőség folyóirat. 2018;47(1):16–29. pmid:29415111
15. 15. Cai L, Gong X, Sun X, Li S, Yu X. Kémiai és mikrobiológiai változások összehasonlítása a zöldhulladék aerob komposztálása és vermikomposztálása során. PloS one. 2018;13(11):e0207494. pmid:30475832
16. 16. Mainoo N-OK, Whalen JK, Barrington S. A talaj fizikai-kémiai és mikrobiális tulajdonságaival kapcsolatos földgiliszták abundanciája Accrában, Ghána. African Journal of Agricultural Research. 2008;3(3):186–94.
17. 17. Ret Michael F. Allen TAZ. Az ökológiai módosítások hatása a bolygatott parti zsálya cserjés élőhelyének helyreállítására. Helyreállítási ökológia. 1998;6(1):52–8.
18. 18. Azarmi R, Giglou MT, Taleshmikail RD. A vermikomposzt hatása a talaj kémiai és fizikai tulajdonságaira paradicsom (*Lycopersicum esculentum*) területen. African Journal of Biotechnology. 2008;7(14).

19. Pathma J, Sakthivel N. A hasznos mezőgazdasági tulajdonságokkal és hulladékkezelési potenciállal rendelkező vermikomposzt baktériumok mikrobiális sokfélesége. SpringerPlus. 2012;1(1):26.
20. Edwards CA, Arancon NQ, Sherman RL. Vermikultúra technológia: giliszta, szerves hulladékok és környezetgazdálkodás: CRC prés; 2010.
21. Garg P, Gupta A, Satya S. Különböző típusú hulladékok vermikomposztálása *Eisenia foetida* használatával: Összehasonlító vizsgálat. Bioerőforrás technológia. 2006;97(3):391–5. pmid:16168639
22. Liesch AM, Weyers SL, Gaskin JW, Das K. Két különböző bioszén hatása a földigiliszták növekedésére és túlélésére. *Annals of Environmental Science*. 2010;4(1):1–9.
23. Mohee R, Soobhany N. Komposzt nehézfém-tartalmának összehasonlítása szerves szilárd hulladék vermikomposztjával: múlt és jelen. Erőforrások, megőrzés és újrahasznosítás. 2014;92:206–13.
24. Mao IF, Tsai CJ, Shen SH, Lin TF, Chen WK, Chen ML. A szagok kritikus összetevői az élelmiszer-hulladék-komposztáló üzemek teljesítményének értékelésében. *A teljes környezet tudománya*. 2006;370(2–3):323–9. pmid:16863658
25. Goto K, Kuwayama E, Nozu R, Ueno M, Hayashimoto N. A hypochlorous acid oldat hatása a *Pseudomonas aeruginosa* fertőzés felszámolására és megelőzésére, a szérumbiokémiai változóra és a vakbél mikrobiotára patkányokban. *Kísérleti állatok*. 2015:14–0068.
26. Wu SH, Lin JF, Jiang RS. A hipoklórsav oldat antibakteriális hatása krónikus orrnyálkahártya-gyulladásban szenvedő betegek orrváladozására. *Nemzetközi fül-orr-gégészeti folyóirat*. 2018;2018.
27. Wang L, Bassiri M, Najafi R, Najafi K, Yang J, Khosrovi B és mások. A hipoklórsav, mint potenciális sebápoló szer: I. rész. Stabilizált hipoklórsav: a veleszületett immunitás szerves fegyverzetének komponense. *Égési sérülések és sebek naplója*. 2007;6.
28. Hakim H, Thammakarn C, Suguro A, Ishida Y, Kawamura A, Tamura M stb. A permetezett hipoklórsavas oldatok madárinfluenza vírus elleni virucid hatásának értékelése *in vitro* kísérletekkel. *Állatorvostudományi folyóirat*. 2014:14–0413.
29. Jafry AT, Lee C, Kim D, Han G, Sung WK, Lee J. Magas koncentrált, enyhén savas hipoklórsav-generátor fejlesztése élelmiszerbiztonságért. *Mechanical Science and Technology folyóirat*. 2017;31(9):4541–7.
30. Kim YR, Nam SH. Az enyhén savas HOCl szájvíz és a CHX szájvíz megelőző hatásának összehasonlítása szájbetegségekre. *Orvosbiológiai kutatás*. 2018;29(8):1718–23.
31. Hao X, Shen Z, Wang J, Zhang Q, Li B, Wang C stb. A sertés szaporodási és légúti szindróma vírusának és pszeudorabies vírusának *in vitro* inaktiválása enyhén savas elektrolizált vízzel. *Az Állatorvosi Lap*. 2013;197(2):297–301. pmid:23489846
32. Cai B. A hipoklórsav (HOCl) szerepe a vírusreplikáció nátrium-klorid által kiváltott gátlásában. 2016.
33. 40 CFR 180.1054 – Kalcium-hipoklorit; mentességek a tolerancia követelménye alól, (2018).
34. 21 CFR 173.315 – Mosáshoz vagy gyümölcsök és zöldségek hámozásának elősegítésére használt vegyszerek, (2018).
35. Majlessi M, Eslami A, Saleh HN, Mirshafiean S, Babaii S. Élelmiszerhulladék vermikomposztálása: a stabilitás és az érettség értékelése. Iráni környezet-egészségügyi tudományos és mérnöki folyóirat. 2012;9(1):25.

36. 36. Zarrabi M, Mohammadi AA, Al-Musawi TJ, Saleh HN. Természetes klinoptilolit zeolit alkalmazása az élelmiszer-hulladék vermikomposztálásában. *Környezettudományi és környezetszennyezési kutatás*. 2018;25(23):23045–54. pmid:29860684
37. 37. Ali U, Sajid N, Khalid A, Riaz L, Rabhani MM, Syed JH és mások. Áttekintés a szerves hulladékok vermikomposztálásáról. *Környezeti fejlődés és fenntartható energia*. 2015;34(4):1050–62.
38. 38. GF. Élelmiszer-hulladék vermikomposztálási műveletének megvalósíthatósága a Clearfield megyei börtönben. *Gannett Fleming (GF) 2002*.
39. 39. Bari M, Sabina Y, Isobe S, Uemura T, Isshiki K. Elektrolizált savas víz hatékonysága az *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Enteritidis és *Listeria monocytogenes* elpusztításában a paradicsom felszínén. *Élelmiszervédelmi folyóirat*. 2003;66(4):542–8. pmid:12696675
40. 40. Sheng X, Shu D, Tang X, Zang Y. Enyhén savas elektrolizált víz hatása a marhahús mikrobiális minőségére és eltarthatóságának meghosszabbítására hűtés közben. *Élelmiszertudomány és táplálkozás*. 2018;6(7):1975–81.
41. 41. Appelhof M, Olszewski J. A férgek megeszik a szemeteteimet: Féregkomposztáló rendszer felállítása és karbantartása: Élelmiszer-hulladék komposztálása, műtrágya előállítása szobanövények és kertek számára, valamint a gyerekek és a család oktatása: emeletes kiadó; 2017.
42. 42. Thompson S, Lotter C. Anyagmegőrzés az élettudományokban. *Tudomány hatóköre*. 2014;38(2):57.
43. 43. Albrich JM, McCarthy CA, Hurst JK. A hipoklórsav biológiai reaktivitása: következményei a leukocita mieloperoxidáz mikrobicid mechanizmusaira. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1981;78(1):210–4.
44. 44. McKenna SM, Davies K. A baktériumok növekedésének gátlása hipoklórsavval. *Lehetséges szerepe a fagociták baktericid aktivitásában*. *Biokémiai folyóirat*. 1988;254(3):685–92. pmid:2848494
45. 45. Ono T, Yamashita K, Murayama T, Sato T. A gyenge savas hipoklóros oldat mikrobicid hatása különböző mikroorganizmusokra. *Biokontroll tudomány*. 2012;17(3):129–33. pmid:23007104
46. 46. Barbieri F, Montanari C, Gardini F, Tabanelli G. Biogén amin termelés tejsavbaktériumok által: Áttekintés. *Élelmiszerek*. 2019;8(1):17.
47. 47. Medina-Sauza RM, Álvarez-Jiménez M, Delhal A, Reverchon F, Blouin M, Guerrero-Analco JA és mások. A talaj mikrobiótáját felépítő giliszták, áttekintés. *A környezettudomány határai*. 2019;7:81.
48. 48. Davidson SK, Stahl DA. Az *Eisenia fetida* giliszta nephridiális baktériumainak átvitele. *Appl Environ Microbiol*. 2006;72(1):769–75. pmid:16391117
49. 49. Rayson MS, Altarawneh M, Mackie JC, Kennedy EM, Dlugogorski BZ. Az ammónia-hipoklórsav reakció mechanizmusának elméleti vizsgálata. *The Journal of Physical Chemistry A*. 2010;114(7):2597–606. pmid:20112901
50. 50. Tarade T, Vrček V. Aminok reakcióképessége hipoklórsavval: Sztérikus, elektronikus és közepes hatások számítási vizsgálata. *International Journal of Quantum Chemistry*. 2013;113(7):881–90.
51. 51. Shin SP, Kim MS, Cho SH, Kim JH, Choresca CH Jr, Han JE és társai. A hipoklórsav antimikrobiális hatása a patogén mikroorganizmusokra. 2013.
52. 52. Smith WL, Arnt L, Mellett D. Carriers for hypochlorous acid vapor. *Google Patents*; 2010.
53. 53. Oxychem. Nátrium-klór-amin szagszabályozás. USA: Occidental Chemical Corporation, 2018.

