

Konyhai- és éttermi hulladékok anaerob kezelése
 Oláh József* – Palkó György* – Tarjányiné Szikora Szilvia*
 (* – Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.)

1. A kezelés célja

Anaerob rothasztással a szennyvíziszapon kívül az igen nagy szervesanyag-tartalmú, élelmiszeriparból származó melléktermékek (vágóhídi hulladék, törköly, zsír-leválasztó maradéka) és a konyhai, éttermi hulladékok is gazdaságosan használhatók biogáz-termelés céljára. A konyhai, éttermi hulladékok társított vagy ko-szubsztrát rothasztással kezelhetők. Ez kettő vagy több szubsztrátból készült homogén keverék közös rothasztását jelenti: az alap-szubsztráthoz (pl. állati trágya, szennyvíziszap) egyéb kiegészítő anyagokat (pl. konyhai hulladék, kerti hulladék stb.) adagolnak és közösen rothasztják azokat. Az alap-szubsztrát biztosítja az alapvető tápanyagokat (N, P) és mikroelemeket (Ca, Fe, Mg, Mn, Co stb.). A jó makro és mikro tápanyag ellátás következtében a ko-szubsztrát rothasztás hatékonyabb, mint a mono-szubsztrátok rothasztása.

2. A konyhai, éttermi hulladékok összetételének jellemzése

A konyhai hulladék kémiai jellemzésére elsősorban csoportparaméterek (KOI, BOI₅ stb.) a legalkalmasabbak. A kísérleteknél felhasznált konyhai hulladék kémia elemzésének eredményeit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat A konyhai hulladék kémiai minősítése

<i>paraméter</i>	<i>érték</i>
pH	5,0
Szárazanyag-tartalom (g/kg)	173
Szervesanyag-tartalom (g/kg)	165
KOI (mg/L)	337 033
BOI ₅ (mg/L)	101 078
TKN (mg/L)	3732
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	108
NO ₂ ⁻ N (mg/L)	0,05
NO ₃ ⁻ N (mg/L)	3,3
Összes P (mg/L)	324
Összes illósav (mg/L)	659
Lúgosság (mg/L)	1569
SZOE (mg/kg)	3086
Szénhidrát (mg/kg)	19,3

A konyhai, éttermi hulladékoknak igen nagy a KOI értéke (>100 000 mg/L), amelynek jelentős része biológiailag könnyen bontható szervesanyagot reprezentál. A konyhai hulladékok fő komponensei a fehérjék, szénhidrátok, és a zsírok. Az általunk vizsgált hulladékban a fehérjék és a zsírok voltak a meghatározóak. A szénhidrát frakció mennyisége elenyésző volt. A felsorolt vegyület csoportok aránya határozza meg a konyhai hulladékból keletkező biogáz mennyiségét. (Zhang Bo et al., 2007; Wen-Chien Kuo etbn al., 2007).

Az alap vegyületekre vonatkoztatott gáztermelést a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat Az alap vegyületekre vonatkoztatott gáztermelés

	<i>gázkihozatal</i> <i>m³/kg_{lebontott szerves}</i>	<i>metántartalom</i> <i>tf%</i>	<i>hivatkozás</i>
szénhidrát	0,83	50	Loll, 2001

	0,79	50	<i>Grüning et al., 1997</i>
fehérje	0,72	71	<i>Loll, 2001</i>
	0,70	71	<i>Grüning et al., 1997</i>
zsír	1,43	70	<i>Loll, 2001</i>
	1,25	68	<i>Grüning et al., 1997</i>

Ha a hulladék zömmel szénhidrátokat és fehérjéket tartalmaz, akkor a biogáz-termelés sebessége is gyorsabb lesz, mint a zsírok esetében. Ha KOI-ban kifejezve ugyanannyi zsírt, fehérjét, szénhidrátot szakaszosan rothasztunk, akkor a zsírok jelenlétében lesz a legkisebb a metántermelés sebessége, viszont az összes metán kihozatal a zsíroknál a legnagyobb (*Neves, 2008*). Ezenkívül az alacsony lebontási hatásfoknak köszönhetően igen nagy lesz a csurgalék-vízben a maradék KOI.

A konyhai hulladékok összetétele nagymértékben változik. A komponensek arányai nem állandóak, azaz a hulladék minőségi paraméterei napról-napra változnak. Ez nagymértékben megnehezíti az anaerob folyamat közben tartását.

Konyhai hulladékok esetén a betáplált szervesanyagra vonatkoztatott gázkihozatali érték összehasonlítva a többi szerves hulladékkal igen nagy érték ($0,8 - 1,3 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{betáplált szerves}}$), és a biogáz metántartalma is jelentős (60 – 65 %) (*Loll, 2001*). Ezek az eredmények összhangban vannak a *Behmel és Meyer-Pitthoff* (1996) által megállapított $0,5 - 0,6 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg}_{\text{szerves}}$ metán kihozatali értékkel. Sok esetben zavaró, hogy egyes szerzők hol összes gázra, hol metánra vonatkoztatják a gáztermelést. A metánra számolt fajlagos gáztermelés egzaktabb, mint az összes gáztermelésre vonatkoztatott érték.

A konyhai hulladék inhomogén összetételt (gyümölcs héj, csont darabok, darabos szerkezetű anyagok: burgonya, kenyér, zsír, műanyag zacskó stb.) mutat. Sok esetben a hulladékban fém tárgyak, például evőkanál is megtalálható. A konyhai hulladék és más anyagok (szennyvíziszap, élelmiszeripari hulladékok) közös rothasztásának feltétele, hogy a hulladék gyűjtése során a hulladékba ne kerüljön csont és fém tárgy. A konyhai és más inhomogén hulladékok (vágóhíd) őrlésére és homogenizálására van speciális berendezés, de ezek alkalmazása csak nagy mennyiségű hulladék feldolgozása esetében jöhet szóba. Fém tárgyak a hulladékban semmiféleképpen nem lehetnek.

3. Kísérleti módszer

A kísérleteket félüzemi, anaerob fermentorban (1. kép) végeztük ($V = 2 \text{ m}^3$) mezofil ($37 - 38 \text{ }^\circ\text{C}$) hőmérsékleten. A fermentor egy-lépcsős, teljesen elkevert rendszerű és a berendezés napi egyszerű rátáplálással üzemelt.

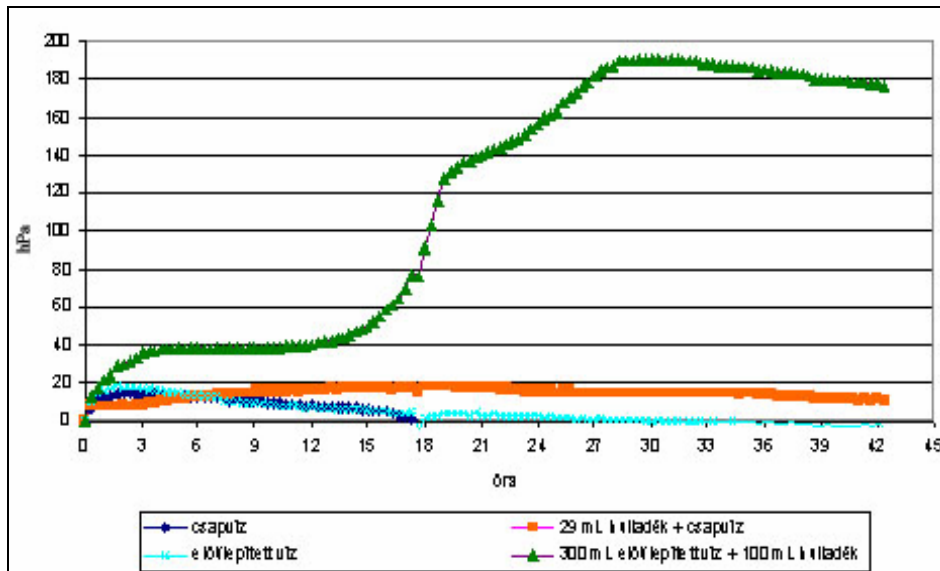


1. kép A fél-üzemi kísérleti reaktorok

A rothasztó ellenőrzésére pH, lúgosság és összes illósav paramétereiket használtunk (Oláh *et al.*, 2005). Egyéb kémiai paraméterek mérését (KOI, szárazanyag stb.) a Magyar Szabványnak megfelelően végeztük.

3.1. Anaerob bonthatóság vizsgálata

Annak eldöntésére, hogy a konyhai hulladék önmagában, oltóiszap nélküli rothasztása megvalósítható-e, az anaerob bonthatósági teszt a legmegfelelőbb. A konyhai hulladék rothasztásánál az anaerob oltó kultúrát előülepitett szennyvízzel biztosítottuk és mértük a fejlődött biogáz mennyiségét. Kontroll mintánál az oltó szennyvíz helyett csapvizet használtunk. A kísérleti eredmények azt mutatják, hogy a konyhai hulladék minta anaerob bontása az előülepitett vízzel kevert minta esetén elindul, azonban a csapvízzel kevert minta esetén nem (1. ábra). Az is jól látható, hogy az előülepitett vízben lévő minimális anaerob baktérium mennyiség számára igen hosszú (kb. 15 óra) adaptációs idő szükséges. A hulladék tartalmaz egy könnyen bontható fázist, amelynek bontása 15 – 21 óra alatt lezajlik, majd egy másik, vélhetően nehezebben bontható összetevő 24 – 28 óra alatt bomlik le. A csapvízzel kevert minta anaerob bontása ezzel szemben 42 óra alatt sem indul el, ami egyértelműen bizonyítja, hogy a konyhai hulladék oltóiszap nélküli anaerob rothasztása nem, vagy csak irreálisan hosszú idő alatt indítható el.



1. ábra A konyhai hulladék anaerob bonthatóságának vizsgálata

3.2. Hidrolízis és az illósav képződés

Az anaerob lebontás első lépése, hogy az oldott – és lebegőanyag formában lévő komplex nagymolekulákat a savtermelő baktériumok enzimek által kisebb molekulákká átalakítják. A hidrolizált kisebb molekulák oldatba mennek és az ilyen vegyületeket a savtermelő baktériumok szubsztrátként használják fel. A hidrolízis és a savképződés folyamata közös, együtt játszódik le és nem lehet a két folyamatot szétválasztani.

A hidrolízist és a savtermelést befolyásoló tényezők:

- *pH*. Ha a pH értékét 4,0 és 5,5 értékek között tartjuk a hidrolízis és a savtermelés igen intenzív, majd 6,0 pH érték felett a folyamat lelassul. Az illósav képződés, különösen az 5,5 – 6,5 pH tartományban, erőteljesen növekszik. Általában első lépcsőként egy folytonos keverésű anaerob reaktort alkalmaznak a hidrolízis növelése céljából. Az első lépcső elfolyóját a második lépcső reaktorába táplálják. A második reaktorban a metántermelés a meghatározó folyamat. Ezzel a megoldással a gyorsabb szaporodású savtermelő baktériumokat el lehet választani a lassúbb szaporodású metántermelő baktériumoktól.

- *Hőmérséklet.* Hőmérséklet a hidrolízis sebességét az Arrhenius összefüggés szerint befolyásolja.
- *A szubsztrát részecske mérete.* Palmowski et al. (2003) vizsgálatai szerint főként a szerves makromolekulákat tartalmazó szubsztrátok anaerob lebontásában a hidrolízis sebesség korlátozó lépés lehet. A különböző szubsztrátokat felaprították, ami elősegítette a hidrolízist. Az aprításnak két pozitív hatását tapasztalták: az egyik, hogy javult a lebontás hatásfoka az olyan szubsztrátok esetében, amelyeknek nagy volt a rosttartalma és ennél fogva nehezen bonthatóak, a másik, hogy a rostban gazdag szubsztrátok esetében a lebontási sebesség jelentősen megemelkedett. Mindkét hatás oka a nagyobb fajlagos felülettel magyarázható. Az aprítás végső célja a szerves szubsztrátok fajlagos felületének és ezen keresztül a biológiai lebontás hatásfokának a növelése. Az új felületek kialakulása három következményt von maga után. Az első és legnyilvánvalóbb, hogy az új felületeken a mikrobiológiai lebontás könnyebben megy végbe és ez gyorsabb lebontást, eredményez. Az új felületeknek második hatása, hogy segíti a szerves anyagok oldódását. Az új felületek létrejöttének harmadik következménye, hogy mikroorganizmusok és exoenzimek számára olyan felületek válnak hozzáférhetővé, amit egyébként a nem aprított mintában nem tudtak volna elérni.
- *Hidraulikai tartózkodási idő (HRT).* A minimálisan 16 h hidraulikai tartózkodási időt célszerű tartani a hatékony savképződés (acidogenezis) céljából. A HRT 16 h-ról 24 h-ra történő további növelése nem eredményez jelentős mértékű savképződést.

Az aerob és fakultatív anaerob baktériumok a rothasztó rendszer minden fázisában jelen vannak, de számszerűsített mennyiségük kevesebb, mint 1 %-a az összes savtermelő bakteriális populációnak. Obligát anaerob savtermelő baktériumok is jelen vannak az anaerob rendszer minden fázisában, rendszerint 100 – 200-szor nagyobb mennyiségben, mint az aerob és fakultatív anaerob baktériumok. A hidrolízist a legtöbb kutató elsődrendű kinetikával jellemzi, lebontható szubsztrátra, állandó pH -ra és hőmérsékletre alapozva a hidrolízis folyamatát az (1) egyenlet írja le (Pavlostathis et al., 1991):

$$\frac{dS_B}{dt} = -K_H S_B \quad (1)$$

ahol S_B – a szubsztrát koncentráció (kg/m^3); t – az idő (d); K_H – elsőrendű hidrolízis állandó ($1/\text{d}$). A hidrolízis folyamata elsőrendű reakció-rend szerint megy végbe, vagyis a hidrolízis sebességének nagysága a hidrolizáló anyag koncentrációjával arányos.

3.3. A konyhai hulladék semlegesítése

A beszállított konyhai hulladéknál a hidrolízis folyamata már a beszállítás előtt elindult. A beérkező hulladék pH-ja a 3 – 4 tartományban ingadozott, amely érték az anaerob rothasztást kedvezőtlenül befolyásolta. Ráadásul a különböző beszállítások között jelentős eltérés mutatkozott mind a pH, mind a szervesanyag-tartalom tekintetében.

A 3. táblázatban a kiindulási pH értéke és a különböző pH értékre történő beállításához szükséges mészmennyiség van feltüntetve (kiindulási pH értékből kiindulva). Természetesen ez az adat csak tájékoztató jellegű, hiszen minden beszállítás pH-ja változik.

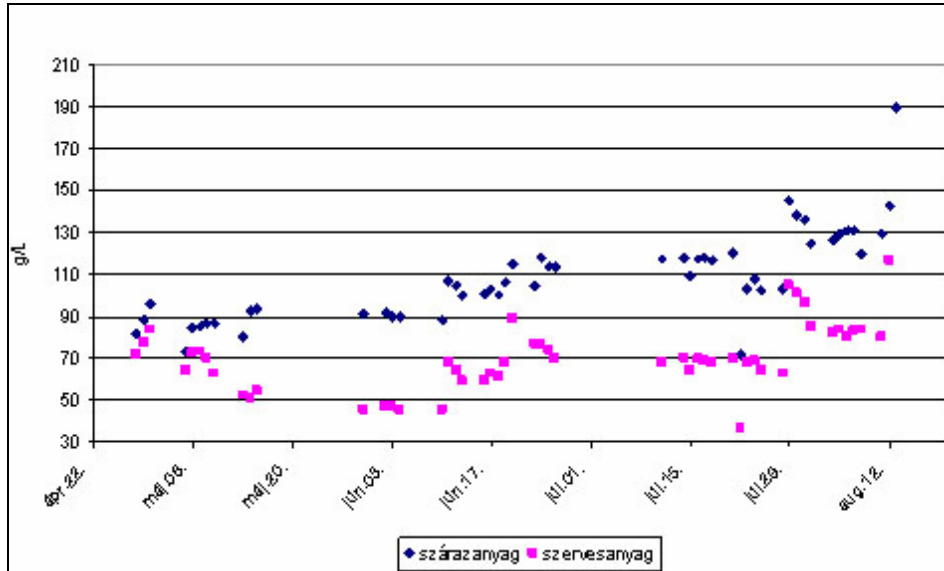
3. táblázat A semlegesítéshez szükséges mészmennyisége

Kiindulási pH	mészmennyisége kg/m^3
4,28	-
5,09	4,0
6,05	9,6
6,60	12,0
7,10	13,2
7,50	14,0

Ebben az esetben a konyhai hulladék semlegesítésére, a rothasztáshoz megfelelő pH = 7,5 értékig $14,0 \text{ kg}/\text{m}^3$ mészmennyiség bekeverése igen nehéz, köszönhetően a hulladék

kedvezőtlen fizikai tulajdonságainak. Jelentősen megnehezíti a homogenizálást a jelentős zsírtartalom, amely melegebb időben, mint felülúszó van jelen, hidegebb időben pedig kicsapódik a tartály falára. Ezenkívül az igen nagy szárazanyag-tartalom (72 – 189 g/L), és a hulladékban jelenlévő nagyobb csontdarabok, zöldség hulladékok is nehezítik a homogenizálást.

A beszállított hulladék szervesanyag-tartalma igen jelentősen ingadozott (50 – 88%), ezenkívül egy folyamatos növekedés volt tapasztalható a szárazanyag-tartalomban (2. ábra).



2. ábra A beszállított hulladék száraz- és szervesanyag-tartalma

4. A konyhai hulladék ko-subsztrát elven történő rothasztása

A hulladék rothasztását igen nagy tartózkodási idővel (100 nap) kezdtük meg az adaptáció megkönnyítése érdekében. Célunk a normál, üzemi tartózkodási idő elérése volt. A kísérleti periódusokban mért átlagos terhelés értékek a 4. táblázatban láthatók.

4. táblázat A tartózkodási idő és szervesanyag terhelés kapcsolata

<i>tartózkodási idő nap</i>	<i>fajlagos szervesanyag terhelés kg_{szerves}/m³/nap</i>
100	0,94
67	1,88
50	1,55
25	3,96

A redoxpotenciál értékek néhány kivételtől eltekintve a mezofil anaerob rothasztásnak megfelelően – 550 és – 600 mV körül ingadoztak. Ezek az értékek a mezofil tartományban teljesen normálisnak nevezhetők.

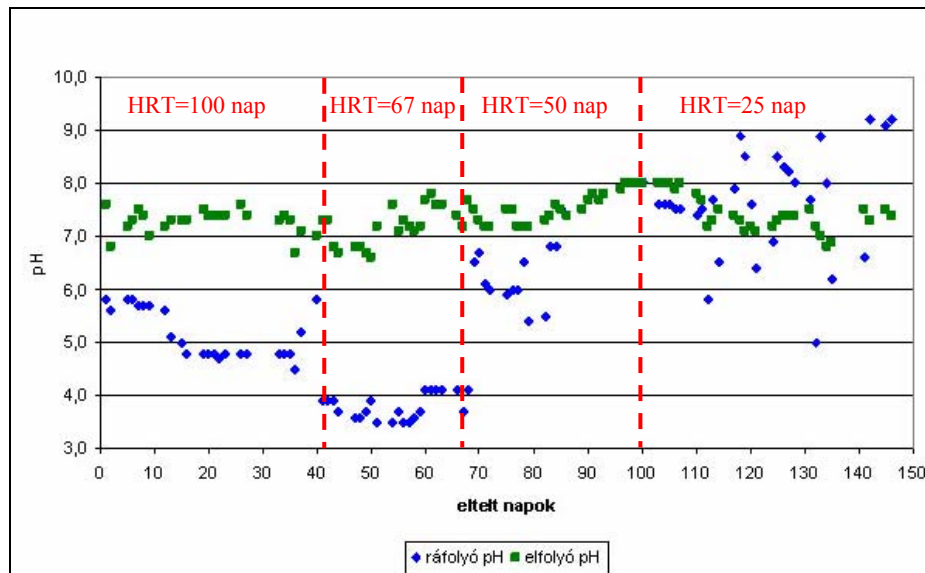
A beszállított hulladék pH-ja igen jelentősen ingadozott (3,6 – 5,9), ez megnehezíti a reaktorban az egyensúly megtartását. A 100 illetve a 67 napos tartózkodási idő során a betáplált hulladékot nem semlegesítettük, mert az igen kicsiny terhelés miatt az alacsony pH nem befolyásolta az egyensúlyt a reaktorban. Az 50 és 25 nap tartózkodási idő alkalmazása esetén a rátáplálás mennyiségének növekedésével már jelentkezett az alacsony pH gátló hatása, így ezeknél a terheléseknél semlegesítettük a konyhai hulladékot.

A legkisebb (25 nap) és a technológiailag még elfogadható (50 nap) tartózkodási időhöz tartozó fontosabb üzemelési jellemzőket az 5. táblázat mutatja.

5. táblázat A legkisebb és a technológiailag elfogadható tartózkodási időhöz tartozó üzemenlési jellemzők

Reaktorra táplált konyhai hulladék, (L/nap)	Átlagos szervesanyag terhelés, (kg/m ³ /nap)	Tartózkodási idő, (nap)	Szervesanyag lebontás, (%)	Fajlagos gázfejlődés a lebontott szervesanyagra vonatk., (m ³ /kg nap)
40 L/nap	1,55	50	60 – 70	1,25
80 L/nap	3,96	25	60 – 70	1,30

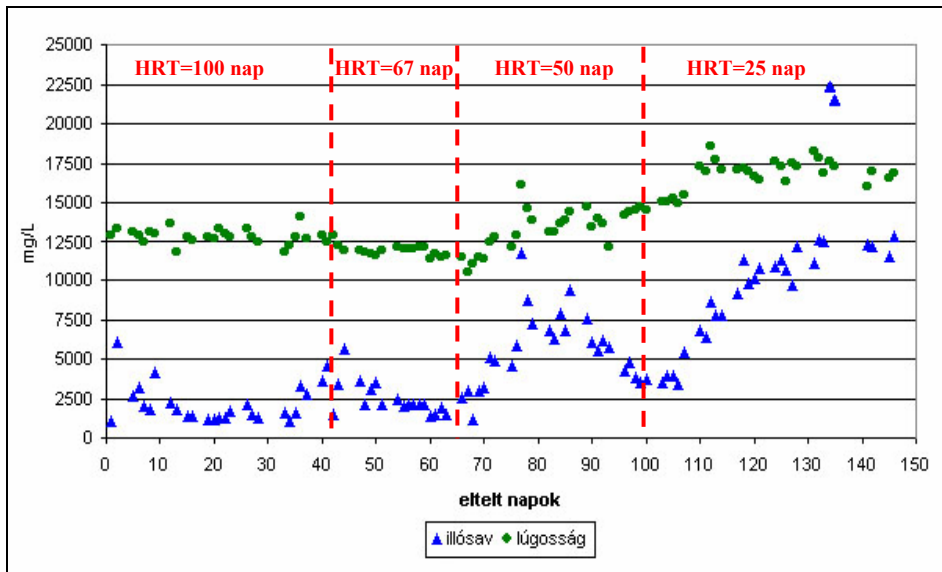
A reaktorba befolyó és elfolyó pH értékek a 3. ábrán láthatók.



3. ábra pH változása a különböző terhelések esetén

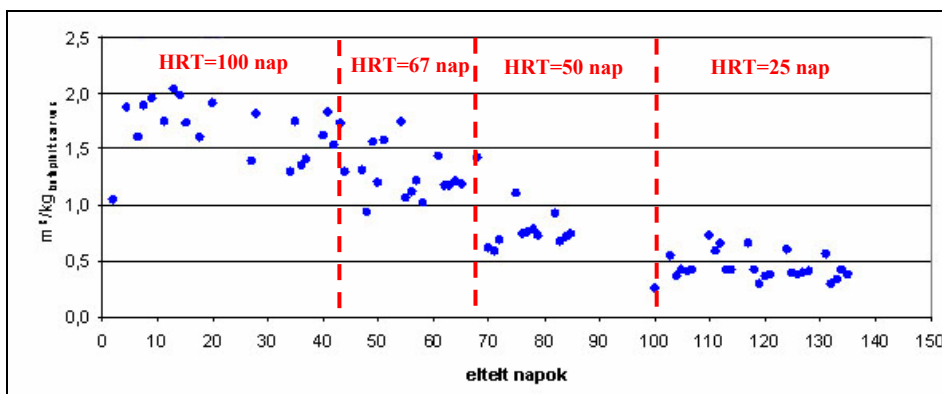
A kísérlet során kis terheléseknél, a lúgosság értéke 12 000 – 14 000 mg/L között ingadozott. A nagyobb terheléseknél a szükséges pH emelés miatt, amit szódával végeztünk, 15 000 – 19 000 mg/L értékre nőtt a lúgosság értéke. Az illósav mennyisége kis terheléseknél az anaerob rothasztásnak megfelelő 2000 mg/L érték körül ingadozott. A terhelés emelésével ez az érték is nőtt, mint az a 4. ábrán is jól látszik. 50 nap tartózkodási idő alkalmazásánál 7000 – 8000 mg/L között ingadozott, 25 nap tartózkodási idő esetén pedig a 12 500 mg/L értéket is elérte.

A rendszer egyensúlyáról információt adó illósav/lúgosság arány a 100 és 67 nap tartózkodási idő esetén az anaerob rothasztás szempontjából ideális volt (0,08 – 0,45). A nagyobb terheléseknél az arány értéke megnőtt (0,22 – 1,27), ami egyértelműen a reaktor egyensúlyának felborulását jelzi.



4. ábra Az illósav és a lúgosság értékeinek változása különböző terhelések esetén

A betáplált szervesanyagra vonatkoztatott gáztermelés értékek az 5. ábrán láthatók. Az ábrázolt adatokból jól látszik, hogy a betáplált szervesanyagra vonatkoztatott gáztermelés a legalacsonyabb terhelésnél volt a legmagasabb érték, átlagosan $1,8 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{szerves}}$. A terhelés növelésével csökkent a gáztermelés, 67 nap esetén $1,15 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{szerves}}$, 50 nap esetén $0,75 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{szerves}}$, 25 nap esetén pedig $0,42 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{szerves}}$ értéket mértünk.



5. ábra A betáplált szervesanyagra vonatkoztatott gáztermelés a kísérlet alatt

Az elvégzett félüzemi, anaerob kísérletek egyértelműen bizonyították, hogy a konyhai hulladékok oltóiszap nélküli rothasztása nem, vagy csak irreálisan hosszú idő alatt indítható el. A beszállított konyhai hulladék pH-ja általában kicsiny ($\text{pH} < 4,0$). A hulladék semlegesítés nélküli rothasztása még igen nagy (50 nap) tartózkodási idő ellenére sem megoldható. Az egyensúly igen gyorsan, 2 – 4 nap elteltével megbomlik a reaktorban és a pH érték rohamosan csökken, az illó savak koncentrációja pedig $\sim 8000 \text{ mg/L}$ értékre nő. Ezek az értékek az anaerob rothasztás folyamatában részt vevő metántermelő baktériumokra már gátló hatásúak.

A rothasztáshoz megfelelő pH = 7,5 értékig a konyhai hulladékot mindenképp semlegesíteni kell, amelyhez jelentős mennyiségű mész szükséges. A konyhai hulladék rothasztását csak ko-szubsztrát elv alkalmazásával ajánlatos megvalósítani.

5. A konyhai hulladék anaerob kezelésének értékelése

A félüzemi kísérletek alapján megállapítható:

- Az anaerob bonthatósági teszt egyértelműen bizonyítja, hogy a konyhai hulladék rothasztása oltóiszap nélküli nem, vagy csak irreálisan hosszú idő alatt indítható el. Oltóként leginkább a rothasztott iszap vagy csatornaiszap alkalmazható. A beoltás és rothasztás beindítása ezekkel az oltó anyagokkal 3 – 4 hét
- A beérkezett hulladék igen savas pH-val rendelkezik (általában pH < 4,0). A hulladék semlegesítés nélküli (pH < 4,0) rothasztása még igen nagy (50 nap) tartózkodási idő ellenére sem megoldható. Az egyensúly igen gyorsan, 2 – 4 nap elteltével felbomlik a reaktorban: a pH érték rohamosan csökken, az illó savak mennyisége pedig > 8000 mg/L érték fölé nő. Ilyen illósav koncentráció az anaerob rothasztás folyamatában részt vevő metántermelő baktériumokra már gátló hatású.
- A rothasztáshoz megfelelő pH = 7,5 értékig a hulladékot semlegesíteni kell, amelyhez jelentős mennyiségű mész szükséges. Semlegesítéshez szükséges mész (CaO·H₂O) mennyisége 4,3 kiindulási és 7,1 beállított pH értéket feltételezve 13,2 kg/m³. Az illósav-termelés (hidrolízis) olyan gyors, hogy a semlegesített mintát másnap újra kell semlegesíteni az újra képződött illósav miatt. A semlegesítést nehezíti, hogy a konyhai hulladék bekeverése igen nehéz, köszönhetően a hulladék kedvezőtlen fizikai tulajdonságainak. Jelentősen megnehezíti a homogenizálást a jelentős zsírtartalom, amely melegebb időben, mint felülúszó van jelen, hidegebb időben pedig kicsapódik a tartály falára. Ezenkívül az igen magas szárazanyag-tartalom (72 – 189 g/L), és a hulladékban jelenlévő nagyobb csontdarabok, zöldség-hulladékok is nehezítik a homogenizálást.
- A semlegesítést követően a betáplálendő hulladékban igen jelentős illósav mennyiség van (az illósav–Ca só formájában). A rothasztóra rátáplált illósav koncentráció 10 000 – 20 000 mg/L és elfolyó 6000 – 8000 mg/L érték között változott. Az elfolyó illósav koncentráció is irreálisan nagy volt, ez arra utal, hogy a lebontás – a viszonylag kicsiny terhelés ellenére – a felhalmozódó illósav miatt lelassul, vagy megáll. A hulladékból a rothasztóba való betáplálást követően (hidrolízis hatására) még további illósav mennyiség szabadul fel. A betáplált hulladék pH-ját hiába tartottuk az anaerob rothasztásnak megfelelő tartományban, az igen jelentős mennyiségű illósav rátáplálással a reaktorban lévő egyensúly felborult és az illósav mennyisége jelentősen növekedett.
- A bedolgozás folyamán a biogáz CO₂ tartalma >40 %, a metán <50%. Az egyensúly elérése után a biogáz összetétele szokásosnak megfelelő volt (metán 50 – 60 % ; CO₂ 20 – 30 %).
- A nagy tartózkodási idők (50 és 25 nap) és ehhez tartozó viszonylag kicsiny terhelések (1,55 és 3,96 kg/m³/nap) ellenére az egyensúly (savtermelő és a metántermelő fázis között) csak semlegesítéssel tartható fenn. Egy anaerob rendszerben az egyensúlyt állandó semlegesítés mellett hosszú távon fenntartani nagyon nehéz.
- Az átlagos fajlagos gázhozam a lebontott szervesanyagra vonatkoztatva 1,3 m³/kg·nap. Ez a gázhozam érték jónak mondható.
- A konyhai hulladék nagymértékben hajlamos az illósav-képzésére. A beérkezett hulladék, amelyet már több napon át (1 hét) tároltak, eleve savas jellegű. Az ilyen anyagokat két-lépcsős (savas és metános fázis szétválasztva), vagy olyan egy-lépcsős (savas és metános egy reaktorban) rendszerben célszerű kezelni, amelyben a konyhai hulladékhoz más szubsztrátot is

hozzáadunk. Egyéb hulladékok (szennyvíz iszap, tejipari, konzervipari, vágóhídi hulladék hozzáadásával végzett közös rothasztás biztosítja a nagyobb puffer kapacitást és ennek következtében a kismértékű pH korrekció szükséges.

- A két-lépcsős eljárás a konyhai hulladék esetében csupán azt jelenti, hogy a tárolt savas konyhai hulladékot ellenőrzött körülmények között a metános lépcsőre adagoljuk. Ebben az esetben is nagy óvatosságra van szükség, mert a beadagolt hulladéknál nemcsak a beadott illósavval, hanem a metános fázisban folyó hidrolízis hatására még további illósav képződéssel kell számolni
- Az alap-szubsztrátot képezheti a kevert szennyvíz iszap vagy a szennyvíziszappal együtt más anyagok (fehérjék) együttes rothasztása is. A ko-szubsztrát effektus alkalmazása nem jelenti kizárólagosan két különböző anyag együttes rothasztását. Lényeg, hogy az alap-rothasztó nagy puffer-kapacitású kiegyensúlyozott rendszer legyen, és ezt kell a nagy illósav tartalmú hulladékkal (pl. konyhai hulladék) úgy táplálni, hogy az egyensúly ne tolódjon el a savas fázis felé.
- A konyhai hulladék önálló anaerob kezelését nem javasoljuk, viszont a ko-szubsztrát rothasztással a konyhai hulladék és a szennyvíz iszap szárazanyag arányát 0,2 érték körül célszerű tartani.

A konyhai hulladék és minden olyan hulladék anyag esetében, amely anaerob bontásánál szokatlanul nagy az illósav-képződés (>10 000 mg/L) várható, feltétlenül ko-szubsztrát rothasztást kell alkalmazni. Szükség van egy nagy puffer kapacitású rendszerre, amely a beadagolt új szubsztrátból származó és a saját maga által termelt illósav mennyiséggel egyensúlyt tud fenntartani. A fentiekben ismertetett példa arra inti a technológusokat, hogy egy új, ismeretlen szubsztrát kezelésnél körültekintően kell eljárni (*Behmel, 1996*).

Irodalom

Behmel, U., Meyer-Pitthoff, R. (1996): Risiken bei der Cofermentation organischer Reststoffe in Biogasanlagen. Korrespondenz Abwasser, 12/96 43. Jahrgang

Grüning, H., Orth, H., Knollmann, J. (1997): Untersuchungen zum Gaspotential von Faulschlamm. Korrespondenz Abwasser, (44) Nr.5.

Loll, U. (2001): Biogaspotenziale im Klarschlamm und anderen biogenen Abfällen KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall (48) Nr. 10.

Neves, L., Gonçalo, E., Oliveira, R., Alves, M.M. (2008): Influence of composition on the biomethanation potential of restaurant waste at mesophilic temperatures. Waste Management 28, 965 – 972

Oláh, J., Borbélyné Jakab, J., Palkó, Gy. (2005): Az anaerob rothasztók üzemének ellenőrzése. Vízmű Panoráma 2005/5.

Palmowski, L.M., Müller, J.A. (2003): Anaerobic degradation of organic materials- significance of the substrate surface area. Water Science and Technology, Vol 47, No. 12, 231 – 238

Pavlostathis S.G., Giraldo-Gomez E. (1991): Kinetics of anaerob treatment. Wat. Sci. and Tech. 24 (8).

Zhang Bo, Cai Wei-min, He Pin-jing (2007): Influence of lactic acid on the two-phase anaerobic digestion of kitchen wastes. Journal of Environmental Sciences 19, 244 – 249

Wen-Chien Kuo, Kae-Yiin Cheng (2007): Use of respirometer in evaluation of process and toxicity of thermophilic anaerobic digestion for treating kitchen waste. Bioresource Technology 98, 1805 – 1811