



▲ Biokaasulaitoksen käsittelykapasiteetti voi vaihdella 20–150 000 tonnin välillä.

# Edistääkö autoklavointi ruokajätteen metaanintuotantoa?

Suomalaistutkijat ovat tutkineet autoklavoimalla esikäsiteltyä ja käsittelemätöntä ruokajätettä biokaasuprosessin raaka-aineena. Käsittelemätön ruokajäte tuotti metaania enemmän kuin autoklavoiu.

■ ELINA TAMPIO (MTT), SATU ERVASTI (MTT), JUKKA RINTALA (TTY)

**R**uokajätteen sisältämistä typpipitoisista proteiineista muodostuu biokaasuprosessin aikana ammoniumtyyppiä ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), joka korkeassa pitoisuudessa voi heikentää eli inhiboida mikrobitoimintaa, mikä laskee kaasuntuottoa. Hivenaineita lisäämällä prosessin mikrobitoimintaa voidaan kuitenkin tasapainottaa, jolloin prosessin kuormitusta on mahdollista lisätä. Lisäksi erilaisilla esikäsittelyillä, esimerkiksi vesihöyryn korkeaan paineeseen ja lämpötilaan perustuvalla autoklavoinnilla, pyritään tehostamaan syötemateriaalin hajoamista ja kaasuntuottoa sekä parantamaan materiaalin hygieenisyyttä ja käsiteltävyyttä. Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli selvittää käsittelemätöntä sekä autoklavoitua ruokajätettä käsittelevien biokaasuprosessien toimintaa ja metaanintuottoa.

Ruokajäte kerättiin Iso-Britannian Ludlowsta, missä osa

jätteestä esikäsiteltiin pilot-mittakaavan autoklaavilla 160 asteessa ja 6,2 barin paineessa, minkä jälkeen molemmat materiaalit murskattiin. Murskattu käsittelemätön ruokajäte sekä autoklavoiu ruokajäte käsiteltiin laboratoriomittakaavan biokaasureaktoreissa, joiden orgaanisen aineksen kuormitusta nostettiin asteittain. Reaktoreihin lisättiin hivenaineita prosessia tasapainottamaan.

## Tehokkaasti metaania

Jättemateriaalit karakterisoiitiin kemiallisin analyysein sekä biokaasuntuottopotentiaalia kuvaavalla BMP-kokeella. Siinä käsittelemätön ruokajäte tuotti metaania 501 litraa kiloa orgaanista ainetta kohden (501 l/kgVS) ja autoklavoiu ruokajäte 445 litraa kiloa orgaanista ainetta kohden (445 l/kgVS).

Molempien reaktorien orgaanisen aineksen kuormitusta nostettiin asteittain. Korkein metaanintuotto havaittiin käsittelemättömän ruokajätteen osalta kuormituksella kolme kiloa orgaanista ainesta reaktorin tilavuutta kohden päivässä (3 kgVS/m<sup>3</sup>vrk, 483 l/kgVS) ja autoklavoidun ruokajätteen osalta kuormituksella neljä kiloa orgaanista ainesta reaktorin tilavuutta kohden päivässä (4 kgVS/m<sup>3</sup>vrk, 439 l/kgVS). Tulokset käyvät ilmi myös oheisesta taulukosta. Keskimääräinen metaanipitoisuus reaktoreissa kokeen aikana oli 58 %. Korkealla 6 kilon kuormituksella metaanintuoton havaittiin laskevan noin 10 %, mutta prosessi pysyi stabiilina molemmissa reaktoreissa. Autoklavoitu materiaali tuotti metaania noin 5–10 % vähemmän kuin käsittelemätön ruokajäte.

Ammoniumtyppipitoisuus (NH<sub>4</sub>-N) käsittelemätöntä ruokajätettä prosessoivassa reaktorissa pysyi kokeen ajan tasaisena, mutta melko korkeana (3–4 g/kg). Tämän ei kuitenkaan havaittu aiheuttavan inhibitiota, mikä johtui prosessiin syötetyistä hivenaineista, jotka tasapainottivat mikrobien elinolosuhteita. Autoklavoitua ruokajätettä käsittelevässä reaktorissa NH<sub>4</sub>-N pitoisuus laski lähtöarvosta (2,4 g/kg:sta tasolle 1,2 g/kg), mikä oli seurausta autoklavoinnin aiheuttamasta Maillard-yhdisteiden muodostumisesta. Nämä yhdisteet muodostuvat korkeissa, yli 100 asteen lämpötiloissa proteiinien ja hiilihydraattien välisissä reaktioissa ja ovat heikosti biohajoavia, mikä johtaa heikentyneeseen proteiinien hajoamiseen sekä NH<sub>4</sub>-N:n muodostumiseen biokaasuprosessissa.

## Autoklavointi vaikutti

Autoklavoidun ruokajätteen reaktorissa myös muodostuneen biokaasun rikkivetypitoisuuden havaittiin pysyvän alhaisena (noin 60 ppm), kun taas käsittelemättömän ruokajätteen reaktorissa rikkivetypitoisuus nousi kokeen edetessä tasolle 750 ppm. Matala rikkivetypitoisuus helpottaa biokaasun käsitteilyä tuotantomittakaavassa ja laskee kaasun jatkojalostuksen kustannuksia.

Tutkimuksessa rasva- ja proteiinipitoisen ruokajätteen biokaasuprosessi onnistui tavanomaista korkeammalla kuormituksella. Ruokajätettä siis pystyttiin käsittelemään biokaasureaktorissa tavanomaista nopeammin ja suurempia määriä kerralla.



▲ Autoklavoitu materiaali (kuvasa oikealla) oli käsittelemätöntä huomattavasti tummempaa ja homogeenisempaa. Kuiva-ainepitoisuus sekä orgaanisen kuiva-aineen määrä olivat autoklavoidussa ruokajätteessä noin 15 % käsittelemätöntä jätettä alhaisempia ja kokonaistyyppipitoisuus noin 7 % alhaisempi.

la. Korkealla kuormituksella saavutettiin tasainen biokaasuntuotto ilman mikrobitoiminnan inhibitiota, koska prosessiin lisättiin mikrobitoimintaa tasapainottavia hivenaineita. Ruokajätteen käsittely korkeassa lämpötilassa ja paineessa eli autoklavointi kuitenkin heikensi metaanintuottoa biokaasuprosessin aikana, mikä johtui heikosti biohajoavien yhdisteiden muodostumisesta esikäsittelyn korkeassa lämpötilassa. Autoklavointi myös laski käsittelyjäännöksen ammoniumtyppi- ja rikkivetypitoisuutta heikentäen materiaalin käyttökelpoisuutta orgaanisena lannoitteena, mutta helpottaen biokaasun jatkokäsittelyä. ■

Artikkeli on tiivistelmä *Waste Management* -lehdessä julkaistusta artikkelista: Tampio, E., Ervasti, S., Paavola, T., Heaven, S., Banks, C., Rintala, J. 2013. *Anaerobic digestion of autoclaved and untreated food waste*. *Waste Management* 34, 370–377.

Tutkimus toteutettiin osana EU:n rahoittamaa *Valorisation of food waste to biogas* -hanketta (VALORGAS, ks. <http://www.valorgas.soton.ac.uk>).

▼ Käsittelemätöntä (R1) ja autoklavoitua (R2) ruokajätettä käsittelevien biokaasureaktoreiden prosessiparametrit.

Kuormitus (kgVS/m <sup>3</sup> vrk)	Reaktori	Viipymä (vrk)	Metaanin saanto (m <sup>3</sup> /kgVS)	VS:n hajoaminen (%)	pH	NH <sub>4</sub> -N (g/kg)	Metaanin jälki-kaasupotentiaali (m <sup>3</sup> /kgVS)
2	R1	117	443 ± 38	80,6	7,8 ± 0,13	3,8 ± 0,14	69 ± 5
	R2	94	373 ± 37	71,4	7,6 ± 0,04	2,1 ± 0,06	63 ± 2
3	R1	78	483 ± 13	77,7	7,8 ± 0,03	4,2 ± 0,15	N/A
	R2	63	423 ± 2	65,9	7,5 ± 0,02	2,0 ± 0,05	N/A
4	R1	58	465 ± 23	72,1	7,8 ± 0,07	3,5 ± 0,03	65 ± 1
	R2	47	439 ± 20	64,1	7,4 ± 0,06	1,3 ± 0,01	57 ± 2
6	R1	39	405 ± 6	68,3	7,7 ± 0,06	3,2 ± 0,08	105 ± 2
	R2	31	393 ± 44	64,5	7,2 ± 0,05	1,2 ± 0,07	95 ± 12

N/A, ei saatavilla, N=2–5, pH:ssa N=15