華中農業大學

HUAZHONG AGRICULTURAL UNIVERSITY

جامعة وسط الصين الزراعية

Ph D DISSERTATION

رسالة دكتوراة

基于中小型沼气工程的农业废弃物厌氧产沼气强化方法的研究

Studies on Enhancing Biogas Production from Anaerobic Digestion of Agricultural Wastes for Application in Small and Medium-Sized Biogas Project

دراسات علي تحسين أنتاج الغاز الحيوي من الهضم اللاهوائي للمخلفات الزراعية وتطبيقها في مشاريع الغاز الحيوي الصغيرة والمتوسطة الحجم

الأسم: **عيد صلاح أبوبكر جاب الله**

القسم: **الهندسة الزراعية والحيوية والبيئية وهندسة الطاقة**

المشرف: **Prof. Qiaoxia Yuan**

جامعة وسط الصين الزراعية- كلية الهندسة

ووهان ، الصين

يونيو، 2020

دراسات علي تحسين أنتاج الغاز الحيوي من الهضم اللاهوائي للمخلفات الزراعية وتطبيقها في مشاريع الغاز الحيوي الصغيرة والمتوسطة الحجم

الأسم: **عيد صلاح أبوبكر جاب الله**

المشرف: **Prof. Qiaoxia Yuan**

القسم: **الهندسة الزراعية والحيوية والبيئية وهندسة الطاقة**

أتجاه البحث: **الاستفادة الشاملة من المخلفات الزراعية**

أسم الدرجة التي تم الحصول عليها: **دكتوراة في الهندسة**

وقت الحصول على الدرجة: **يونيو 2020**

جامعة وسط الصين الزراعية- كلية الهندسة

يونيو، 2020

الملخص العربي

مع ارتفاع استهلاك الطاقة وإنتاج النفايات بسبب الأنشطة البشرية ، تكتسب تقنية الهضم اللاهوائي (AD) ، وهي تقنية تحول النفايات إلى طاقة حيوية ، اهتمامًا متزايدًا في جميع أنحاء العالم. تلعب مشاريع الغاز الحيوي الصغيرة والمتوسطة الحجم في المناطق الريفية في الصين دورًا مهمًا في تحسين الإنتاج الريفي وظروف المعيشة ، مما يؤدي إلى الحفاظ على الطاقة وتقليل الانبعاثات. من ناحية أخرى ، تعد الصين واحدة من الدول الزراعية في العالم الغنية بموارد الكتلة الحيوية ، مثل قش المحاصيل ونفايات الحيوانات. إذا لم تتم معالجة هذه النفايات في الوقت المناسب ، فستتسبب في العديد من المشكلات البيئية ، مثل الرائحة وتلوث التربة والمياه وتلوث الهواء وما إلى ذلك. لذلك ، فإن استخدام هذه النفايات لتوليد الطاقة المتجددة يجلب العديد من المزايا الاقتصادية والبيئية والمناخية. ومع ذلك ، تؤدي درجة الحرارة المنخفضة للهواضم إلى كفاءة هضم منخفضة نسبيًا وتقليل إنتاج الغاز الحيوي ، لذلك من الضروري أستخدام أنظمة تسخين لتحسين كفاءة عملية الهضم في المناطق الباردة. بالإضافة إلى ذلك ، فإن المشكلة الرئيسية لفعالية استغلال نفايات المحاصيل الزراعية في الهواضم اللاهوائية هي أن السليلوز، والهيميسليلوز، ومركبات اللجنين غير القابلة للهضم تتكامل معًا بقوة لتشكل بنية معقدة. ينتج عن هذا التركيب للمكونات العضوية تثبيط كيميائي وفيزيائي ضد التأثير الميكروبي ، وبالتالي تثبيط التحلل المائي للمواد العضوية في الهواضم اللاهوائية. إلى جانب ذلك ، يعتبر الحمل العضوي العالي ، والتنوع الميكروبي المنخفض ، والمحتوى المنخفض من النيتروجين (نسبة عالية من (C / N) ، وتركيب المخلفات الزراعية الليجنوسليلوزية غير مفضلة إلى عملية الهضم اللاهوائي (AD).

لذلك ، فإن الأهداف الرئيسية لهذه الدراسة هي كما يلي: 1) اخذ الهاضم الانبوبي الناعم كعامل اساسي، تمت دراسة شكل المنشأة باستخدام الطاقة الشمسية لزيادة درجة حرارة الهضم على نطاق صغير ، وذلك لتحقيق الغرض من زيادة الغاز الحيوي الناتج في مناخ بارد. 2) باستخدام قش المحاصيل كمادة خام ، تمت دراسة آلية المعالجة المسبقة لتحلل التركيب البلوري المعقد للجنوسليلوز وتحسين إنتاجية الغاز الحيوي لـ AD ؛ 3) تمت دراسة تأثير الهضم اللاهوائي المشترك (ACoD) على إنتاج الغاز الحيوي من المخلفات الزراعية على نطاق المعمل لحل مشكلة انخفاض توليد الغاز الحيوي من مادة خام واحدة.

من أجل تحقيق هذه الأهداف ، أجرت هذه الدراسة أبحاثًا تجريبية ذات صلة على نطاق الحقل والمعمل ، على التوالي ، من أجل تحسين قدرة منتجات النفايات الزراعية على إنتاج الغاز الحيوي.

النتائج التجريبية الرئيسية هي كما يلي:

1. تقترح الدراسة الحالية تقنية التسخين بالصوبة الشمسية مدمجة بجدار شمالي لتسخين الهاضم الأنبوبي الناعم والمنخفض التكلفة شبه مدفون ، كحل. تتضمن هذه التجربة هضمين متشابهين شبه مدفونين ، الأول (DA) تم تسخينه بواسطة الصوبة الشمسية المدمجة بجدار شمالي ، بينما تم تسخين الثانية ((DB) بالإشعاع الشمسي المباشر فقط (بدون صوبة) ، والتي تستخدم ككنترول ، وتم تغذية كلا الجهازين بسماد الماشية. تمت دراسة كفاءة تسخين اثنين من هاضمات الغاز الحيوي وتأثيرها على إنتاج الغاز الحيوي من خلال اختبارات التشغيل المستمر. أظهرت النتائج أن متوسط درجة حرارة الهضم كان 24.9 درجة مئوية و 23.45 درجة مئوية لكل من DA و DB على التوالي. علاوة على ذلك ، كان متوسط إنتاج الغاز الحيوي لـ DA و DB (173و 155.3 لتر / كجم VS) ، على التوالي ، مع عدم وجود اختلافات كبيرة في محتوى الميثان (≈62.2- 62.76٪). أظهرت النتائج أن استخدام الصوبة الشمسية يمكن أن يحسن أنتاج الغاز الحيوي من الهاضم الانبوبي الناعم.
2. هدفت هذه الدراسة إلى التحقق من إمكانات تقنيات التسخين الشمسي المتكاملة لرفع درجة حرارة الهضم داخل جهاز الهاضم الأنبوبي الناعم المنخفض التكلفة وتأثيره على أنتاج الغاز الحيوي. تم استخدام هضمين متشابهين ، الأول (D1) تم تسخينه بواسطة الصوبة الشمسية المدمجة مع نظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية ومبادل حراري شعري ، بينما تم تسخين الثاني (D2) بواسطة الصوبة الشمسية فقط ، وكان كلا الهاضمين فوق الأرض وكانت تتغذى على روث الماشية. أظهرت النتائج أن متوسط درجة حرارة الهضم 9.5 و 4.9 درجة مئوية فوق متوسط درجة الحرارة المحيطة لكل من D1 و D2 على التوالي. علاوة على ذلك ، كان متوسط إنتاج الغاز الحيوي لـ D1 و D2 (247 و 181 لتر / كجم VS) ، على التوالي ، مع عدم وجود اختلافات كبيرة في محتوى الميثان (≈62.7٪). وأوضحت الدراسة أن استخدام الطاقة الشمسية المتكاملة يعتبر فعالاً في تحقيق درجة الحرارة المثلى لعملية إنتاج الغاز الحيوي معظم العام تقريباً.
3. لقد حظي الهضم اللاهوائي للكتلة الحيوية الليجنوسليلوزية مثل بقايا المحاصيل الزراعية بالاهتمام بسبب توافرها الزائد في المناطق الريفية. ومع ذلك، الهضم اللاهوائي لهذه المواد الأولية الكتلة الحيوية يتطلب المعالجة المسبقة لتعزيز الهضم. فحصت الدراسة الحالية إمكانية تصور قش اللفت من خلال الهضم اللاهوائي وإمكانية تحسين أنتاجية الميثان الحيوي عن طريق الحمض المخفف الوحيد (2٪ H2SO4 عند 130 درجة مئوية لمدة 20 دقيقة) ، حمض مخفف مع انفجار بخار (SE) (عند 160 ، 190 و 210 درجة مئوية لمدة 3 دقائق) ، والانفجار بالبخار (عند 180 درجة مئوية لمدة 5 دقائق) جنبًا إلى جنب مع عمليات الطحن فائقة الدقة (SFG). لتقييم كفاءة طريقة المعالجة المسبقة ، تم استخدام عدة طرق تحليلية مثل SEM و FTIR و XRD وتركيب

الألياف. أظهرت النتائج أن المعالجة المسبقة المركبة يمكن أن تحل البنية اللجنو سليلوزية ، والتي تحفز بشكل إيجابي إنتاج الميثان اللاهوائي. تم تحقيق أعلى عائد تراكمي للميثان (CMY) قدره 305.7 و 263.3 مل / جم VS من SE عند 180 درجة مئوية لمدة 5 دقائق مع SFG و H2SO4 مع SE عند 190 درجة مئوية لمدة 3 دقائق ، والتي كانت 77.84٪ و 53.17٪ أكثر من المعاملة الغير معالجة ، على التوالي. كشفت هذه الدراسة أنه في ظل المعايير المثلى لعملية الهضم اللاهوائي، يمكن للمعالجة المسبقة باستخدام SEG180 و DASE190 أن تعزز بشكل كبير CMY من الهضم اللاهوائي لقش اللفت.

4. يعتبر الهضم اللاهوائي المشترك تقنية هضم فعالة للغاية لأنه يمكن أن يوازن بشكل كبير العناصر الغذائية لركيزة التخمير ، ويزيد محتوى العناصر النزرة مثل المعادن ويزيد من أداء التخزين المؤقت ، ويمكنه التغلب على مشكلة انخفاض إنتاج الغاز من تقنية الهضم اللاهوائي التقليدية. في هذه الدراسة ، من أجل تحسين إنتاج الغاز الحيوي ، تم استخدام قش اللفت كمواد خام ، وتم استخدام انفجار بخاري مع طحن فائق الدقة كمعالجة مسبقة ، ثم تم إجراء الهضم اللاهوائي المشترك مع روث الماشية (CM) في نسب خليط مختلفة (القش: روث الماشية من 100: 0 إلى 0: 100). أجريت التجربة في نظام مغلق تحت نفس ظروف التحكم. تمت دراسة وتحليل تأثير المعالجة المسبقة المركبة على بنية ألياف القش وتأثير الهضم المشترك اللاهوائي. أظهرت النتائج أن المعالجة المسبقة المركبة يمكن أن تذيب بنية ألياف القش ، مما يزيد بشكل كبير من الكمية الإجمالية للميثان الناتج من الهضم اللاهوائي. حيث تم تحسين العائد التراكمي للميثان (CMY) للهضم المشترك بنسبة 11.4-59٪ أعلى من الكنترول (CM). حيث تم تحقيق أعلى CMY قدره 337.8 مل / جم VS من (CM:PRS, 60: 40) CM:PRS40، وكان هذا العائد 59٪ و 16.8٪ أعلى من CM وقش اللفت المعالج ((PRS) وحده ، على التوالي. كشفت هذه الدراسة أنه في ظل المعايير المثلى لعملية الهضم اللاهوائي ، يمكن للمعالجة المسبقة باستخدام SEG180 أن تعزز بشكل كبير CMY من الهضم المشترك لسماد الماشية وقش اللفت.

الكلمات المفتاحية: إنتاج الغاز الحيوي ؛ هاضم أنبوبي ناعم؛ نظم التسخين الشمسي؛ مبادل حراري شعري؛ نفايات زراعية؛ تكنولوجيا المعالجة المسبقة؛ الهضم اللاهوائي المشترك.