



Study the Utilization of Biochar Derived from Sugarcane Waste to Enhance the Biogas Efficiency During the Anaerobic Digestion Process for Treating Pig Farm Wastewater

Phaeng BUAMANYSONE^{*1}, Keonakhone KHOONVILAY^{*1} Phenakhone XAIXONGDETH²

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, National University of Laos, Lao PDR

Abstract

This experiment aims to study the use of biochar (Biochar, BC) from sugarcane trash through the pyrolysis process at different temperatures of 300, 400, 500, 600 and 700°C. Then add BC to the Anaerobic Digestion (AD) system of wastewater from pig farms, then analyze the characteristics of wastewater and the amount of biogas obtained before and after treatment and to study the characteristics of decomposition, the generation of biogas (Biogas) to the reduction of organic matter in wastewater (COD).

From this experiment, it can be concluded that all 6 systems are producing biogas, such as: the normal system and the system with BC filling at different burning temperatures: 300, 400, 500, 600 and 700°C in the amount of 0.4g into the system. .64, 46.13, 51.90 and 65.98% respectively. From the experiments of all systems, it is observed that the system filled with BC at a temperature of 700°C is able to produce biogas the best because the high heating temperature will cause the electrons of the charcoal to break easily and cause more holes to be a place for microbes to grow well. A comparison of the conventional system and adding biochar with the same amount but different temperature into the sewage treatment system without using air can be concluded that the conventional system is the generation of biogas is still low efficiency and the system of adding BC at the temperature of 300, 400, 500, 600°C in the same amount. Notice that the generation of biogas is higher in order and the filling of BC at a temperature of 700°C is able to produce biogas higher than other systems.

Keywords: Pig farm sewage, Anaerobic digestion, Biochar, Biogas

¹**Correspondence:** Phaeng BUAMANYSONE, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, National University of Laos, Tel: +856 20 9178 2330, E-mail: phaeng@fe-nuol.edu.la

¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, National University of Laos

²Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, National University of Laos

Article Info:

Submitted: Dec 07, 2023

Revised: Jan 04, 2024

Accepted: Jan 29, 2024

1. ພາກສະເໜີ

ໃນປັດຈຸບັນເຮົາໄດ້ຫັນມາໃສ່ໃຈສິ່ງແວດລ້ອມ ແລະ ຄຳນຶງເຖິງພະລັງງານທີ່ໃຊ້ໃນປັດຈຸບັນຫຼາຍຂຶ້ນເພາະ ໃນແຕ່ກ່ອນສ່ວນໃຫຍ່ເຮົາໃຊ້ພະລັງງານຈາກເຊື້ອໄຟຟອສ ຊິວເຊັ່ນ: ຖ່ານຫິນ, ປີໂຕຣລຽມ ແລະ ອາຍແກັສທຳມະ ຊາດ ເຊິ່ງປ່ອຍຄາບອນໄດອອກໄຊ (CO₂) ມະຫາສານອັນ ເປັນສາເຫດຂອງໂລກຮ້ອນ ແລະ ເປັນພະລັງງານທີ່ທົດ

ແທນບໍ່ໄດ້ ເຊິ່ງມີໄດ້ມື້ໜຶ່ງກໍ່ຈະໝົດໄປ ເຮົາຈຶ່ງຊອກຫາ ພະລັງງານອື່ນມາທົດແທນເຊັ່ນ: ພະລັງງານຈາກຊີວະມວນ, ພະລັງງານແສງອາທິດ ແລະ ພະລັງງານອາຍແກັສຊີວະພາບ ຍ້ອນເຫດນີ້ຄວາມຈຳເປັນໃນການເລັ່ງການຈະເລີນເຕີບໂຕ ຂອງແຫຼ່ງພະລັງງານທາງເລືອກຈຶ່ງດຶງດູດຄວາມສົນໃຈຂອງ ຊຸມຊົນຫຼາຍຂຶ້ນກ່ວາເກົ່າ, ພະລັງງານລົມ, ພະລັງງານແສງ ອາທິດ ແລະ ຊີວະມວນເປັນແຫຼ່ງພະລັງງານທົດແທນຫຼັກ

ສາມແຫຼ່ງ ແລະ ຄາດວ່າຈະເປັນແຫຼ່ງພະລັງງານທີ່ສໍາຄັນ ຂອງໂລກໃນອານາຄົດ (Watts et al., 2018). ຄວາມສົນໃຈໃນຂະບວນການປ່ຽນແປງຊີວະມວນມີເພີ່ມຂຶ້ນຫຼາຍໃນທົດສະຕະວັດທີ່ຜ່ານມາ ເນື່ອງຈາກຄວາມຕ້ອງການແຫຼ່ງພະລັງງານທົດແທນ ທີ່ບໍ່ໝູນວຽນພ້ອມທັງເພີ່ມມູນຄ່າໃຫ້ກັບຂອງເສຍ ແລະ ປັບປຸງເສດຖະກິດຜົນຕອບແທນ ແລະ ຄວາມມີຊີວິດຂອງຂະບວນການແຕກຕ່າງຈາກເທັກໂນໂລຢີພະລັງງານລົມ, ພະລັງງານແສງອາທິດ, ຊີວະມວນມີຄວາມຫຼາກຫຼາຍ ແລະ ມີພະລັງງານຢ່າງຕໍ່ເນື່ອງ (El Bassam et al., 2013).

ການນໍາສິ່ງເສດເຫຼືອຈາກຊຸມຊົນກັບມາໃຊ້ປະໂຫຍດເພື່ອໜັກເປັນປຸຍ ແລະ ໜັກເປັນແກັສຊີວະພາບ, ກະຊວງພະລັງງານກໍ່ໄດ້ໃຫ້ຄວາມສໍາຄັນ ແລະ ສະໜັບສະໜູນບັນຫານີ້ໃຫ້ເກີດການໃຊ້ພະລັງງານທີ່ຍັງຢືນ ໂດຍເນັ້ນໃສ່ພະລັງງານທົດແທນຈາກວັດຖຸດິບພາຍໃນປະເທດ. ມູນສັດ ແລະ ທາດລະລາຍຈໍານວນຫຼາຍທີ່ຜະລິດໃນປັດຈຸບັນ ໂດຍອານຸພາບການລ້ຽງສັດຕະຫຼອດຈົນເຖິງຂີ້ເຫຍື້ອປຽກ ແລະ ນໍ້າເບື້ອນສະແດງເຖິງຄວາມສ່ຽງທາງດ້ານສະພາວະຢ່າງຕໍ່ເນື່ອງ ແລະ ສິ່ງຜົນເສຍຫາຍຕໍ່ສິ່ງແວດລ້ອມ ຫາກບໍ່ໄດ້ຮັບການຈັດການຢ່າງເໝາະສົມ ເພື່ອປ້ອງກັນການປ່ອຍແກັສເຮືອນແກ້ວ ແລະ ແກັສສະລ້າງຂອງສານອາຫານ ແລະ ທາດອົງຄະທາດຕໍ່ສະພາບແວດລ້ອມທາງທໍາມະຊາດຈໍາເປັນຕ້ອງປົດວົງຈອນຕັ້ງແຕ່ການຜະລິດຈົນໄປເຖິງການໃຊ້ປະໂຫຍດຢ່າງເໝາະສົມທີ່ສຸດ (Al Seadi, 2002). ເຊິ່ງມີການນໍາໃຊ້ວິທີການຜະລິດອາຍແກັສແບບປາສະຈາກອົກຊີເຈນ ຫຼື ບໍ່ໃຊ້ອາກາດ (Anaerobic Digestion) ລະບົບການຍ່ອຍແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດ ເປັນຂະບວນການທີ່ເຮັດໃຫ້ອາຊິດ ແລະ ທາດອົງຄະທາດມີປະລິມານຫຼຸດລົງ ແລ້ວຍັງສາມາດເພີ່ມປະສິດທິພາບໃນການເກີດແກັສຊີວະພາບເກີດຂຶ້ນໄດ້ (Schnürer et al., 2017) ໂດຍນໍາສິ່ງເສດເຫຼືອຈາກຟາມໝູມາຜະລິດເປັນແກັສຊີວະພາບ ແລະ ສາມາດໃຊ້ໃນຮູບແບບພະລັງງານທົດແທນໄດ້, ເຊິ່ງຜົນໄດ້ຮັບຈາກຂະບວນການນີ້ຄື: ແກັສຊີວະພາບ. ມີຫລາຍໆນິຕິທັດທີ່ໃຫ້ຄວາມສົນໃຈກ່ຽວກັບການໝູນໃຊ້ພະລັງງານທົດແທນເຂົ້າໃນການຄົ້ນຄ້

ວາ ແລະ ວິໄຈຕ່າງໆ ເພື່ອປັບສະພາບຈາກສິ່ງເສດເຫຼືອ ຫຼື ເສດຂີ້ເຫຍື້ອເພື່ອປັບປ່ຽນໃຫ້ເປັນພະລັງງານ ເພີ່ມມູນຄ່າຂອງຜະລິດຕະພັນໃຫ້ມີມູນຄ່າຫຼາຍຂຶ້ນ ເຊິ່ງວັດຖຸເຫຼົ່ານີ້ຜ່ານຂະບວນການຜະລິດແລ້ວກາຍເປັນຖ່ານຊີວະພາບ ເຊິ່ງມີຂະບວນການປັບສະພາບມີຫຼາຍຂະບວນການເຊັ່ນ: ຂະວນການໄຮໂດຣເທີມໍຕາຣ໌ບໄນເຊຊັນສໍາລັບຜະລິດຖ່ານຊີວະພາບຂະວນການນີ້ອາດຈະໃຊ້ຕົ້ນທຶນສູງ ແລະ ອີກຂະບວນການໜຶ່ງຄືຂະບວນການໄຟໄລໄລຊິສ ຂະບວນການຕ່າງໆນີ້ຈະເປັນຂະບວນການໃຫ້ຄວາມຮ້ອນເພື່ອເຮັດໃຫ້ເອເລັກຕອນມີການເຄື່ອນຍ້າຍ ຖ່ານຊີວະພາບຊ່ວຍໃຫ້ການຜະລິດແກັສມີເຫນືອໃຫ້ມີຄຸນນະພາບຂຶ້ນ ເຊິ່ງວັດຖຸດິບທີ່ນໍາມະຜະລິດອາດມາຈາກເສດໄມ້, ເສດອາຫານ, ຕົ້ນເລົາ, ເພືອງເຂົ້າ, ເສດຂີ້ເຫຍື້ອອ້ອຍ ແລະ ເສດຂີ້ເຫຍື້ອຫຼາຍຊະນິດທີ່ຜ່ານຂະບວນການແລ້ວເຮັດໃຫ້ໄດ້ຖ່ານຊີວະພາບ (Luz et al., 2018). ວັດຖຸເຫຼົ່ານີ້ຜະລິດໂດຍການປ່ຽນແປງຄວາມຮ້ອນທາງເຄມີຂອງຊີວະມວນ ແລະ ເປັນທີ່ຮູ້ຈັກເນື່ອງຈາກຖ່ານຊີວະພາບຈະຊ່ວຍເພີ່ມຄວາມສາມາດໃນການກັກເກັບດິນສໍາຫຼັບນໍ້າ ແລະ ທາດອາຫານແກ່ພືດເພື່ອຫຼຸດຜ່ອນການປ່ອຍແກັສເຮືອນແກ້ວ ແລະ ເພື່ອເພີ່ມຜົນຜະລິດຕະພັນ (Whitman & Lehmann, 2009). ການຜະລິດແກັສຊີວະພາບ ໂດຍການຍ່ອຍແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດຈະມີມາຢ່າງຍາວນານແລ້ວ ແຕ່ກໍ່ຕ້ອງມີການປັບປຸງຂະບວນການນີ້ໃຫ້ເໝາະສົມ ໃນແງ່ຂອງຄວາມໝັ້ນຄົງຂອງຂະບວນການໃນການຜະລິດມີເຫນືອສູງຂຶ້ນ ແລະ ບັນຫາໃນການຍັບຢັ້ງ (Ward et al., 2008). ເປັນທີ່ຮູ້ຈັກກັນດີບັນຫາກ່ຽວກັບການຍ່ອຍແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດຂອງວັດຖຸທີ່ອຸດົມໄປດ້ວຍໄນໂຕຣເຈນ (N) ຄືການຍັບຢັ້ງໂດຍແອມໂມເນຍທີ່ຫຼາຍເກີນໄປ (Markou, 2015). ອີກແນວທາງໜຶ່ງຄືການເພີ່ມອານຸພາບກອະນົງຄະທາດໄປຍັງເຄື່ອງປະຕິກອນລວມທັງຊີໂອໄລຟ໌ແຮ່ທາດເຫຼົ່ານີ້ສາມາດກໍາຈັດແອັມໂມເນຍ (NH₃) ແລະ ແອັມໂມເນຽມໄອອອນ (NH₄) ໂດຍຜ່ານການດູດຊັບ ແລະ ການແລກປ່ຽນໄອອອນທາງພື້ນຜິວຂອງປະຕິກິລິຍາ (Mummie et al., 2014). ການຍ່ອຍແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດກ່ຽວຂ້ອງກັບການຍ່ອຍສະຫຼາຍ ແລະ ການເຮັດໃຫ້ທາດອົງຄະທາດຄົງຕົວພາຍໃຕ້ສະພາວະແບບ

ບໍ່ມີອອກຊີເຈນ ໂດຍຈຸລິນຊີ ແລະ ນຳໄປສູ່ການກໍ່ຕົວຂອງ ແກັສຊີວະພາບ(ເປັນສ່ວນປະກອບຂອງແກັສຄາບອນໄດ ອອກໄຊດ໌ ແລະ ມີເທນທີ່ໝູນວຽນໄດ້ແຫຼ່ງພະລັງງານ (Kelleher et al., 2000). ໃນປັດຈຸບັນສິ່ງເສດເຫຼືອອົງຄະ ທາດຂອງຂີ້ເຫຍື້ອໄດ້ຮັບການຍອມຮັບວ່າເປັນ ຊັບພະຍາກອນທີ່ມີຄຸນ ຄ່າທີ່ສາມາດປ່ຽນເປັນປະໂຫຍດ ໄດ້ຜະລິດຕະພັນ ຂະບວນການປ່ຽນແປງໂດຍອາໄສຈຸລິນຊີ ເປັນຕົວຍ່ອຍສະຫຼາຍ(Khalid et al., 2011). ການ ອັບເກດແກັສຊີວະພາບເປັນຂະບວນການສຳຄັນສຳຫຼັບ ການນຳໃຊ້ແກັສຊີວະພາບທີ່ຜະລິດແກັສຈາກລະບົບ AD ມາໃຊ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ ແລະ ປອດໄພເຊິ່ງເປັນເທັກໂນ ໂລຢີທີ່ຄຸ້ມຄ່າ ແລະ ເປັນມິດກັບສິ່ງແວດລ້ອມ. ສຳລັບ ການນຳໃຊ້ພະລັງງານຊີວະພາບມາໃຊ້ໃໝ່ຈາກເສດຂີ້ເຫຍື້ອ ອົງຄະທາດ, ການໝູນວຽນແກັສຊີວະພາບໃນລະບົບ AD ໄດ້ຮັບການລາຍງານມາຈາກຫຼາຍຂະແໜງການວ່າ ເປັນວິທີ ທີ່ຄຸ້ມຄ່າ ແລະ ມີແນວໂນ້ມໃນການເພີ່ມແກັສມີເທນໃນ ແກັສຊີວະພາບ (Yuan et al., 2022). ການຍ່ອຍແບບບໍ່ ໃຊ້ອາກາດຖືວ່າເປັນເທັກໂນໂລ ຢີໃໝ່ໃນການປ່ຽນແປງ ເສດຂີ້ເຫຍື້ອໃຫ້ກາຍເປັນພະລັງ ງານ ແລະ ມີການນຳໃຊ້ ຢ່າງແຜ່ຫຼາຍ ໃຊ້ເຂົ້າໃນການບຳບັດເສດຂີ້ເຫຍື້ອອົງຄະທາດ ເຊັ່ນ: ເສດຂີ້ເຫຍື້ອມູນຝອຍຈາກຊຸມຊົນ, ກາກຕະກອນ ຂອງນ້ຳເປື້ອນ, ເສດອາຫານ, ມູນສັດ ແລະ ອື່ນໆເພື່ອປ່ຽນ ສະພາບໃຫ້ກາຍເປັນພະລັງງານ (Li et al., 2009). ປະລິມານເສດອາຫານຈາກຄົວເຮືອນໂດຍຄຳນຶງເຖິງການ ຊົມໃຊ້ຂອງປະຊາກອນ ແລະ ການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງ ປະຊາກອນທີ່ມີອັດຕາການເພີ່ມຂຶ້ນຢ່າງຕໍ່ເນື່ອງ ແລະ ມີ ຄວາມຕ້ອງການອາຫານ ແລະ ການຜະລິດຕ່າງໆທີ່ເຮັດໃຫ້ ເກີດມີສິ່ງເສດເຫຼືອເພີ່ມຂຶ້ນຢ່າງໄວວາ ເຖິງແມ່ນວ່າຈະມີໜ່ວຍງານກຳຈັດຂີ້ເຫຍື້ອຢ່າງຖືກຕ້ອງແລ້ວແຕ່ບັນ ຫາຂີ້ ເຫຍື້ອທີ່ຫຼາຍເກີນໄປເຊັ່ນ: ຂີ້ເຫຍື້ອອົງຄະທາດ ແລະ ຂີ້ ເຫຍື້ອມູນຝອຍດັ່ງນັ້ນຕ້ອງມີວິທີທີ່ກຳຈັດຢ່າງເໝາະສົມ ທາງນິເວດວິທະຍາ ການຍ່ອຍແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດກໍ່ເປັນອີກ ວິທີໜຶ່ງທີ່ເໝາະສົມແກ່ການກຳຈັດຂີ້ເຫຍື້ອເພື່ອໃຫ້ກາຍ ເປັນພະລັງງານ ແລະ ວິທີການຍ່ອຍແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດກໍ່ເປັນ ວິທີທີ່ມີການນຳໃຊ້ ແລະ ຍອມຮັບຢ່າງແຜ່ຫຼາຍໃນການບຳ

ບັດຊີວະມວນທາງການກະເສດ ແລະ ພືດສັດ, ບຸຍຄອກ, ນ້ຳເປື້ອນທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນປານກາງໄປຖິງສູງ ແລະ ກາກ ຕະກອນຂອງນ້ຳເປື້ອນ (Isha et al., 2021). ດັ່ງນັ້ນ, ໃນ ບົດວິທະຍານິພົນຄັ້ງນີ້ຈຶ່ງມີຈຸດປະສົງເພື່ອສຶກສາການໃຊ້ ຖ່ານຊີວະພາບຈາກເສດຂີ້ເຫຍື້ອອ້ອຍຮ່ວມກັບເຫຼັກບັນຈຸ ສູນເພື່ອເພີ່ມປະສິດທິພາບແກັສຊີວະພາບ ໃນການບຳບັດ ນ້ຳເປື້ອນຟາມໝູໂດຍໃຊ້ລະບົບການຍ່ອຍແບບບໍ່ໃຊ້ ອາກາດ.

ສະນັ້ນ, ຈຸດປະສົງຂອງການຄົ້ນຄວ້ານີ້ເພື່ອສຶກສາ ການນຳໃຊ້ຖ່ານຊີວະພາບຈາກຂີ້ເຫຍື້ອອ້ອຍໂດຍຜ່ານ ຂະບວນການໄຟໂຮໄລຊິດທີ່ອຸນຫະພູມ 300, 400, 500, 600 ແລະ 700°C ເຂົ້າໃນລະບົບຍ່ອຍແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດ (AD) ຂອງນ້ຳເປື້ອນຈາກຟາມໝູ ແລະ ເພື່ອວິເຄາະຄຸນ ລັກສະນະຂອງນ້ຳເປື້ອນ ແລະ ປະລິມານແກັສຊີວະພາບທີ່ ຜ່ານຂະບວນການຍ່ອຍແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດ.

2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ

2.1 ຂັ້ນຕອນໃນການເກັບຕົວຢ່າງ

ການເລືອກເກັບຕົວຢ່າງນ້ຳເປື້ອນແມ່ນເກັບນ້ຳເປື້ອນ ຈາກຟາມໝູ XP, ບ້ານປາກກວາງ, ເມືອງປາກງື່ມ, ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ.

2.2 ຂັ້ນຕອນການຜະລິດຖ່ານຊີວະພາບ (Biochar)

ເສດຂີ້ເຫຍື້ອອ້ອຍທີ່ນຳເອົາມາຜະລິດຖ່ານຊີວະພາບ ແມ່ນເອົາມາຈາກໂຮງງານນ້ຳຕານມິດຜົນລາວ ແຂວງ ສະຫວັນນະເຂດ ໂດຍການນຳເສດຂີ້ເຫຍື້ອອ້ອຍມາລ້າງໃຫ້ ສະອາດດ້ວຍນ້ຳກັນແລ້ວນຳໄປອົບແຫ້ງທີ່ເຕົາອົບ Oven ໃຊ້ອຸນຫະພູມໃນການອົບ 105°C ເວລາ 24 h. ປະໄວ້ໃຫ້ ເຢັນທີ່ອຸນຫະພູມຫ້ອງຫຼັງຈາກນັ້ນນຳເຂົ້າເຕົາເຜົາໄຟໂຮໄລ ຊິສ (pyrolysis) ເຜົາທີ່ອຸນຫະພູມ 200°C - 700 °C ໃຊ້ ເວລາເຜົາ 3 ຊົ່ວໂມງ ປະໄວ້ໃຫ້ເຢັນທີ່ອຸນຫະພູມຫ້ອງ ແລະ ເກັບໄວ້ໃນຖົງຢາງປາສຕິກອັດໃຫ້ແຈບບໍ່ໃຫ້ມີຄວາມ ຊຸ່ມ ເວລານຳໄປໃຊ້ແມ່ນໃຫ້ບົດໃຫ້ມີຂະໜາດ <0.5-1mm.

2.3 ການຫາສະພາວະທີ່ເໝາະສົມຂອງຖ່ານຊີວະພາບ ໃນການຜະລິດແກັສຊີວະພາບ

ຕິດຕັ້ງລະລະບົບເປັນ 2 ລະບົບເຊັ່ນ: ລະບົບທີ 1 ບໍ່ມີການເຕີມຖ່ານຊີວະພາບ 0g, (ລະບົບທຳມະດາ), ລະບົບທີ 2 ເຮັດເປັນ 5 ລະບົບ, ໂດຍມີການເຕີມຖ່ານຊີວະພາບໃນປະລິມານທີ່ອຸ່ນຫະພູມໃນການເຜົາແຕກຕ່າງກັນລົງໄປໃນລະບົບ AD ດັ່ງອຸ່ນຫະພູມຕໍ່ໄປນີ້: 300, 400, 500, 600 ແລະ 700°C ໃນປະລິມານຖ່ານຊີວະພາບແມ່ນ 0.4g ເພື່ອເປັນການທົດສອບປະສິດທິພາບຂອງການຜະລິດແກັສຊີວະພາບ ແລະ ເພີ່ມປະສິດທິພາບການຍ່ອຍກາກຕະກອນໃນນໍ້າເປື້ອນຂອງຖ່ານຊີວະພາບແຕ່ລະອຸ່ນຫະພູມ ເພື່ອໃຫ້ໄດ້ສະພາວະທີ່ດີທີ່ສຸດແລ້ວເອົາໄປສຶກສາຕໍ່ໃນຂັ້ນຕອນຕໍ່ໄປ ເຊິ່ງການທົດລອງຫາສະພາວະທີ່ດີທີ່ສຸດຂອງຖ່ານຊີວະພາບ.

2.4 ຂັ້ນຕອນການເຕີມຖ່ານຊີວະພາບ (Biochar) ເຂົ້າໃນລະບົບ AD

ກຽມນໍ້າສັງເຄາະທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ 5,000 mg COD/L. ປັບຄ່າ pH ເລີ່ມຕົ້ນໃຫ້ເທົ່າກັບ 6.5-7.0 ໂດຍໃຊ້ທາດລະລາຍ 3M NaOH ແລ້ວເຕີມຜົງຖ່ານຊີວະພາບຊະນິດທີ່ເໝາະສົມ 0.4 g/L. ເຕີມຫົວເຊື້ອຈຸລິນຊີໃນປະລິມານ 200 mL, ປິດຝາຖັງໝັກໃຫ້ແໜ້ນຫຼັງຈາກນັ້ນກໍ່ໄລ່ອາກາດພາຍໃນລະບົບ, ດ້ວຍແກັສໄນໂຕຣເຈນບໍລິສຸດເພື່ອສ້າງສະພາວະຂາດອາກາດ ໂດຍການເດີນລະບົບໄປ 1 ອາທິດແລ້ວປ່ຽນອາຫານສັງເຄາະເປັນນໍ້າເປື້ອນຈາກຟາມໝູແທນ ແລະ ວັດຄ່າ pH ຂອງນໍ້າເປື້ອນທຸກໆມື້ເພື່ອຕິດຕາມຄ່າ pH ໃນຖັງໝັກໃຫ້ຄົງທີ່ຢູ່ໃນຊ່ວງ 6.8-7.9 ແລະ ວັດປະລິມານແກັສຊີວະພາບທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນລະບົບ ທຸກໆ 0, 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24 ແລະ 48 ຊົ່ວໂມງ. ຫຼັງຈາກນັ້ນຈະມີການວິເຄາະຄຸນນະພາບນໍ້າເປື້ອນຫຼັງອອກຈາກລະບົບເຊັ່ນ: ຄ່າ pH, TS, VS, COD, Sulfide ແລະ VFA.

2.5 ວິເຄາະຄຸນລັກສະນະຂອງນໍ້າເປື້ອນກ່ອນເຂົ້າລະບົບ ແລະ ຫຼັງອອກຈາກລະບົບ

ນໍ້າເປື້ອນກ່ອນເຂົ້າລະບົບ ແລະ ຫຼັງອອກຈາກລະບົບມາວັດແທກຫາຄ່າ pH, Vs, TS, COD, Sulfide,

VFA. ເພື່ອປຽບທຽບຄຸນນະພາບນໍ້າເປື້ອນກ່ອນປ່ຽນແປງຫຼາຍໜ້ອຍເທົ່າໃດ.

3. ຜົນໄດ້ຮັບ

3.1 ຜົນການວິເຄາະຄຸນລັກສະນະນໍ້າເປື້ອນເບື້ອງຕົ້ນກ່ອນເຂົ້າລະບົບ AD

ນໍ້າເປື້ອນຈາກຟາມໝູຈະມີການວິເຄາະຄ່າເບື້ອງຕົ້ນເພື່ອສະແດງເຖິງຄຸນລັກສະນະຂອງນໍ້າເປື້ອນກ່ອນເຂົ້າໃນລະບົບ AD, ເຫັນວ່າຄ່າ pH, COD, TS ແລະ VS ມີຄ່າ ເທົ່າ ກັບ $6.8, 5233.33 \pm 57.73 \text{ mg/L}$, $7003.33 \pm 259.67 \text{ mg/L}$, $4016.66 \pm 215.01 \text{ mg/L}$, ຕາມລຳດັບ.

3.2 ຜົນຂອງການເຕີມຖ່ານຊີວະພາບເຂົ້າໃນລະບົບຍ່ອຍແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດ

3.2.1 ຄ່າຄວາມເປັນອາຊິດ - ບາເຊີ (pH)

ຄ່າ pH ເປັນຄ່າທີ່ມີຄວາມສຳຄັນຕໍ່ຂະບອນການຜະລິດແກັສຊີວະພາບ. ຜົນການວິເຄາະການປ່ຽນແປງຂອງຄ່າ pH ຂອງນໍ້າເປື້ອນໃນລະບົບ AD ທີ່ມີການເຕີມຖ່ານຊີວະພາບລົງໃນລະບົບທີ່ມີອຸ່ນຫະພູມແຕກຕ່າງກັນແຕ່ປະລິມານເທົ່າກັນແມ່ນສາມາດເຮັດໃຫ້ຄ່າ pH ເພີ່ມຂຶ້ນໃນສະພາວະທີ່ເປັນກາງໄດ້ ຊ່ວງທຳອິດ pH ຈະຢູ່ໃນຊ່ວງ 6.7 ຢູ່ໃນສະພາວະທີ່ເປັນອາຊິດເມື່ອເຕີມຖ່ານຊີວະພາບເຂົ້າໄປໃນລະບົບຈະເຫັນວ່າຄ່າ pH ເພີ່ມຂຶ້ນຢູ່ໃນຊ່ວງ 7.0 ຢູ່ໃນສະພາວະທີ່ເປັນກາງ ດັ່ງນັ້ນສະແດງວ່າລະບົບຢູ່ໃນສະພາວະທີ່ຈຸລິນຊີສາມາດເຮັດວຽກໄດ້ດີທີ່ສຸດຕາມລຳດັບ.

3.2.2 ຜົນຂອງການວິເຄາະປະລິມານທາດແຂງທັງໝົດ ແລະ ທາດແຂງທີ່ລະເຫີຍໄດ້ (TS, VS)

ປະສິດທິພາບໃນການບຳບັດ TS ແຕ່ລະຊຸດຈະຄິດໄລ່ເປັນຄ່າເປີເຊັນການກຳຈັດໃນລະບົບຄື: ລະບົບທຳມະດາຈະມີຄ່າຢູ່ທີ່ 1.9%, ສ່ວນທີ 300, 400, 500, 600 ແລະ 700°C ມີຄ່າເທົ່າກັບ 3.21, 4.23, 5.61, 5.72, 14.10% ຕາມລຳດັບ ແລະ ປະສິດທິພາບໃນການບຳບັດ VS ແຕ່ລະຊຸດມີຄ່າ 5.93, 6.56, 9.67, 11.04 ແລະ 22.72% ຕາມລຳດັບເຊິ່ງສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າປະສິດທິພາບຂອງການຍ່ອຍສະຫຼາຍທາດອົງຄະທາດໃນລະບົບເກີດຂຶ້ນໄດ້ດີ ແລະ ເຮັດໃຫ້ທາດຕັ້ງຕົ້ນປ່ຽນໄປເປັນແກັສຊີວະພາບ

ໄດ້ດີ ໃນການວິເຄາະປະລິມານທາດແຂງທັງໝົດທີ່ນໍາໃຊ້ ຖ່ານຊີວະພາບໃນແຕ່ລະອຸນຫະພູມ ແມ່ນມີປະສິດທິພາບ ແລະ ສາມາດຫຼຸດປະລິມານທາດແຂງໄດ້ແຕກຕ່າງກັນ, ເຊິ່ງ ຖ່ານຊີວະພາບທີ່ ອຸນຫະພູມ 700°C ສາມາດຫຼຸດ ປະລິມານທາດແຂງທັງໝົດໄດ້ດີກວ່າຖ່ານທີ່ໃຊ້ອຸນຫະພູມ 300, 400, 500 ແລະ 600°C.

3.2.3 ຜົນການວິເຄາະຫາປະລິມານຊັນໄຟລ໌ (Sulfide)

ຄ່າປະລິມານຊັນໄຟລ໌ທີ່ລະລາຍໃນນໍ້າທັງໝົດຂອງ ແຕ່ລະລະບົບຄື: 300, 400, 500, 600 ແລະ 700°C ຈະ ມີຄ່າເທົ່າກັບ 200, 280, 300, 320 ແລະ 360 mg/L ຕາມລໍາດັບ ລະບົບທີ່ເຕີມ BC ທີ່ອຸນຫະພູມ 700°C ເຊິ່ງ ເປັນລະບົບທີ່ສາມາດຜະລິດແກັສຊີວະພາບໄດ້ສູງສຸດ ແລະ ຈາກການທົດລອງຍັງສາມາດຊີ້ບອກໄດ້ວ່າເມື່ອຄ່າ pH ຕ່ຳ ຈະເຮັດໃຫ້ຄ່າປະລິມານຊັນໄຟລ໌ເພີ່ມສູງຂຶ້ນ.

3.2.4 ການວິເຄາະຫາປະລິມານໄຂມັນລະເຫີຍ (VFA)

ການປ່ຽນແປງຄ່າອາຊິດໄຂມັນລະເຫີຍ (VFA) ຂອງລະບົບແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດທີ່ເຕີມຖ່ານຊີວະພາບໃນ ປະລິມານ 0.4g ທີ່ອຸນຫະພູມ 300, 400, 500, 600 ແລະ 700°C ລົງໄປ ສາມາດປ່ຽນແປງຄ່າອາຊິດໄຂມັນລະເຫີຍ ໃຫ້ຢູ່ໃນຊ່ວງທີ່ເໝາະສົມແຕກຕ່າງກັນໃນແຕ່ລະລະບົບ ເຊັ່ນ: 300, 400, 500, 600 ແລະ 700°C ສາມາດປ່ຽນ ແປງຄ່າອາຊິດໄຂມັນລະເຫີຍໃຫ້ຢູ່ໃນຊ່ວງທີ່ເໝາະສົມຄື: 1500-2000 mg/L ເປັນຊ່ວງທີ່ສາມາດເກີດແກັສຊີວະ ພາບໄດ້ດີ ແຕ່ໃນລະບົບທຳມະດາຄ່າອາຊິດໄຂມັນລະເຫີຍ ຈະສູງຢູ່ໃນຊ່ວງ 2000 - 2200 mg/L ເຊິ່ງເຮັດໃຫ້ເກີດ ແກັສຊີວະພາບໄດ້ນ້ອຍໃນຂະບວນການຍ່ອຍສະຫຼາຍ ແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດ ເຊິ່ງເສັ້ນສະແດງສາມາດເຫັນຢ່າງ ຈະແຈ້ງວ່າການເຕີມຖ່ານຊີວະພາບໃນລະບົບເຮັດໃຫ້ການ ປ່ຽນແປງຂອງອາຊິດໄຂມັນລະເຫີຍ VFA ຢູ່ໃນຊ່ວງທີ່ເໝາະ ສົມແກ່ຂະບວນການເກີດແກັສຊີວະພາບໄດ້ເປັນຢ່າງດີ. ຈາກຜົນການວິເຄາະຄ່າປະລິມານອາຊິດໄຂມັນລະເຫີຍ ເຫັນວ່າເປັນສະພາວະທີ່ເໝາະສົມທີ່ສຸດໃນການເກີດແກັສ ຊີວະພາບ ເນື່ອງຈາກປະລິມານອາຊິດໄຂມັນລະເຫີຍໃນນໍ້າ ເປື້ອນມີການເພີ່ມຂຶ້ນ ສາເຫດມາຈາກປະສິດທິພາບໃນ

ການຍ່ອຍອາຊິດອົງຄະທາດໃນລະບົບແມ່ນມີການສະສົມ ເພີ່ມຂຶ້ນ ແລະ ມີປະລິມານທີ່ເໝາະສົມບໍ່ເກີນ 2000 mg/L ເຮັດໃຫ້ລະບົບສາມາດເກີດແກັສຊີວະພາບໄດ້ດີ.

3.2.5 ຜົນການວິເຄາະປະລິມານ COD (Chemical Oxygen Demand)

ການນຳເອົານໍ້າເປື້ອນຈາກຟາມໝູມາເຂົ້າໃນລະບົບ ຍ່ອຍແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດໂດຍການເຕີມ BC ໃນປະລິມານ 0.4g ທີ່ອຸນຫະພູມແຕກຕ່າງກັນ 300, 400, 500, 600 ແລະ 700°C ລົງໄປ, ສັງເກດເຫັນວ່າຄ່າ COD ເລີ່ມຕົ້ນ ຂອງແຕ່ລະລະບົບຢູ່ທີ່: 7283 ± 76.37 , 6500 ± 200 , 6050 ± 50 , 5400 ± 80 ແລະ 5013 ± 100.64 mg/L ຕາມລໍາດັບ, ເມື່ອເວລາຜ່ານໄປຄ່າ COD ຈະຫຼຸດລົງໃນ ປະລິມານທີ່ແຕກຕ່າງກັນຄື: 921 ± 51.07 , 833 ± 104.08 , 520 ± 26.45 , 373 ± 61.10 ແລະ 180 ± 20 mg/L ຕາມລໍາດັບ.

3.2.6 ຜົນການວິເຄາະຫາປະລິມານການເກີດແກັສຊີວະພາບ

ການທົດລອງທັງໝົດ 6 ລະບົບຄື: ລະບົບທຳມະດາ ແລະ ລະບົບທີ່ເຕີມ BC ໃນປະລິມານ 0.4g ທີ່ອຸນຫະພູມ ແຕກຕ່າງກັນ 300, 400, 500, 600 ແລະ 700°C ລົງໄປ ແມ່ນມີແກັສຊີວະພາບຂຶ້ນຄື: ລະບົບທຳມະດາແມ່ນ ສາມາດຜະລິດແກັສໄດ້ສູງສຸດ 13.15% ແລະ 27.88%, 36.64 %, 46.13%, 51.90% ແລະ 65.98% ຕາມລໍາ ດັບ. ຈາກການທົດລອງທຸກລະບົບສັງເກດເຫັນວ່າລະບົບທີ່ ເຕີມຖ່ານຊີວະພາບທີ່ອຸນຫະພູມ 700°C ແມ່ນສາມາດ ຜະລິດແກັສຊີວະພາບໄດ້ດີທີ່ສຸດ ເນື່ອງຈາກວ່າອຸນຫະພູມ ໃນການເຜົາສູງຈະເຮັດໃຫ້ເອເລັກຕອນຂອງຖ່ານແຕກຕົວ ໄດ້ງ່າຍ ແລະ ກໍ່ໃຫ້ເກີດຮູພຸນໄດ້ຫຼາຍຂຶ້ນເຊິ່ງເປັນບ່ອນ ອາໄສຂອງຈຸລິນຊີ ເຮັດໃຫ້ຈຸລິນຊີມີການຈະເລີນເຕີບໂຕ ໄດ້ດີ.

4. ວິພາກຜົນ

ການບຳບັດນໍ້າເປື້ອນຟາມໝູແມ່ນມີຫຼາຍວິທີ ແຕ່ ວິທີທີ່ນິຍົມກັນໃຊ້ຫຼາຍແມ່ນວິທີກາຍຍ່ອຍສະຫຼາຍແບບບໍ່ ໃຊ້ອາກາດ (Anaerobic Digestion; AD). ຈາກການ ທົດລອງຄັ້ງນີ້ ແມ່ນໄດ້ນຳນໍ້າເປື້ອນຈາກຟາມໝູ XP, ບ້ານ

ປາກກວາງ, ເມືອງປາກງື່ມ, ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ ມາເຂົ້າໃນລະບົບ AD ເຊິ່ງດຳເນີນທັງໝົດ 6 ລະບົບ ຈະເຫັນວ່າປະລິມານຄ່າ ໃນການທົດລອງຍັງເຫັນວ່າຄ່າ pH ຢູ່ລະວ່າງ 6.7-7.0 ແລະ ປະສິດທິພາບໃນການບາບັດ VS ແຕ່ລະຊຸດມີຄ່າຢູ່ລະຫວ່າງ 5.93%-22.72% ຕາມລຳດັບເຊິ່ງຖ້າເບີ ເຊັນການກຳຈັດ ສູງເທົ່າໃດຍິ່ງເຮັດໃຫ້ການຜະລິດແກັສຊີວະພາບໄດ້ດີຂຶ້ນເຊິ່ງເປັນຊ່ວຍທີ່ເໝາະສົມໃນການຜະລິດແກັສຊີວະພາບ. ໂດຍອີງຕາມງານວິໄຈຂອງ Cioabla et al., (2012) ລາຍງານວ່າ: ຄ່າ pH ທີ່ເໝາະສົມສຳລັບການເຮັດວຽກຂອງຈຸລິນຊີໃນລະບົບ ສຳລັບລະ ບົບບຳບັດແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດແມ່ນຢູ່ລະຫວ່າງ 6.6-7.6 ເຊິ່ງເປັນຄ່າທີ່ດີທີ່ສຸດສຳຫຼັບເຊື້ອແບັກທີເຣຍທີ່ຜະລິດແກັສຊີວະພາບ, ຖ້າຄ່າ pH < 6.6 ຫຼື pH > 7.6 ຈະເຮັດໃຫ້ຈຸລິນຊີບໍ່ສາມາດຈະເລີນເຕີບໂຕໄດ້, ເຮັດໃຫ້ປະສິດທິພາບໃນການຍ່ອຍທາດອົງຄະທາດຕ່າງໆ ເພື່ອໄປຜະລິດເປັນແກັສຊີວະພາບໄດ້ໜ້ອຍ ແລະ ຍັງເຮັດໃຫ້ປະສິດທິພາບຂອງລະບົບຫຼຸດລົງອີກ. Cai et al., (2016) ຍັງໄດ້ສະແດງໃຫ້ເຫັນເຖິງການພົວພັນລະຫວ່າງ pH ແລະ VS ເມື່ອ pH ລະຫວ່າງ 6.6-7.6 ຈະເຮັດໃຫ້ເກີດຄ່າ VS ທີ່ເໝາະສົມທີ່ສຸດ, ງານວິໄຈຂອງ Luo et al., (2015) ຍັງໄດ້ສຶກສາການເຕີມຖ່ານຊີວະພາບທີ່ຍ່ອຍສະຫຼາຍໄດ້ທາງຊີວະພາບຂະໜາດ 0.5 - 1 mm (10g/l) ເຂົ້າໃນລະບົບການຍ່ອຍແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດເຊິ່ງສາມາດກຳຈັດຄ່າ VS ໄດ້ຢູ່ໃນຊ່ວງ 11.4% - 21.6% ແລະ ເພີ່ມອັດຕາການຜະລິດແກັສມີເທນສູງເຖິງ 70.6%. ຈາກຜົນການທົດລອງເຫັນວ່າ COD ກ່ອນການບຳບັດແມ່ນຈະມີຄ່າເທົ່າກັບ 5013 ± 100.64 mg/L ແລະ ຫຼັງຈາກການບຳບັດສັງເກດເຫັນວ່າຄ່າ COD ຫຼຸດລົງເຖິງ 180 ± 20 mg/L ແລະ ກໍ່ສາມາດຜະລິດແກັສຊີວະພາບສໄດ້ສູງເຖິງ 65.98% ເຊິ່ງເວົ້າໄດ້ວ່າລະບົບການບຳບັດແມ່ນມີປະສິດທິພາບໃນການບຳບັດໄດ້ດີເຊິ່ງສອດຄ່ອງກັບງານວິໄຈຂອງ Mumme et al., (2014) ໄດ້ສຶກສາພຶດຕິກຳຂອງຖ່ານຊີວະພາບ ໃນການຍ່ອຍແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດກ່ຽວກັບຄວາມສາມາດຂອງຈຸລິນຊີໃນການຍ່ອຍສະຫຼາຍທາດອົງຄະທາດ ແລະ ຜົນກະທົບຕໍ່ການຜະລິດແກັສຊີວະພາບ ແລະ ການຢັບຢ້ຽມແອມໂມເນຍ ການທົດລອງໄດ້ໃຊ້

ອຸນຫະພູມ 42°C ເປັນເວລາ 63 ມື້ ຈະເພີ່ມແກັສມີເທນສູງເຖິງ 32%. ນອກຈາກນັ້ນຍັງສອດຄ່ອງກັບງານວິໄຈຂອງ Cai et al., (2016) ການເຕີມຖ່ານຊີວະພາບ: ຫົວເຊື້ອໃນອັດຕາສ່ວນຕ່າງໆ ຈະມີຜົນຕໍ່ການເພີ່ມປະລິມານແກັສຊີວະພາບສູງເຖິງ 33.3%. ໂດຍອີງຕາມງານວິໄຈຂອງ Shetty et al. (2020) ໄດ້ສຶກສາການເພີ່ມທາງຊີວະພາບຂອງເຊື້ອລາ Orpinomyces joyonii ແບບບໍ່ໃຊ້ອາກາດຊ່ວຍເພີ່ມຖ່ານຊີວະພາບຢ່າງຍິ່ງຢືນຂອງເຟືອງເຂົ້າໂດຍບໍ່ຕ້ອງປັບສະພາບ ຜົນໄດ້ຮັບແກັສສູງສຸດເທົ່າກັບ 315 L/kg-volatile solid (VS), ກ່ຽວກັບມາດຕະຖານການຄວບຄຸມມົນລະພິດທາງນ້ຳ ຈາກຟາມລ້ຽງໝູ ກ່ອນປ່ອຍອອກສູ່ສິ່ງແວດລ້ອມ ເພີ່ມໄດ້ກຳນົດໃຫ້ຄ່າຊີໂອດີ ບໍ່ໃຫ້ເກີນ 300 - 400 mg/L (ກະຊວງຊັບພະຍາກອນ ແລະ ສິ່ງແວດລ້ອມ, 2017). ເມື່ອສັງເກດເບິ່ງຜົນການວິເຄາະປະລິມານຂອງຄ່າຊີໂອດີ ເຫັນວ່າ: ລະບົບທີ່ເຕີມຖ່ານຊີວະພາບທີ່ອຸນຫະພູມ 700 °C ເປັນລະບົບທີ່ມີປະສິດທິພາບໃນການບຳບັດໄດ້ດີ ເພາະມີຄ່າຊີໂອດີຢູ່ທີ່ 180 ± 20 mg/L ເຊິ່ງມັນຢູ່ໃນເກນຂອງມາດຕະຖານສິ່ງແວດລ້ອມແຫ່ງຊາດ. ໃນການຫຼຸດລົງຂອງປະລິມານຊີໂອດີຂອງຖ່ານຊີວະພາບທີ່ອຸນຫະພູມ 700°C ໄດ້ດີ, ຍ້ອນວ່າຖ່ານຊີວະພາບທີ່ອຸນຫະພູມສູງແມ່ນມີປະສິດທິພາບໃນການດູດຊັບທາດຕ່າງໆທີ່ມີການປົນເປື້ອນໃນແຫຼ່ງນ້ຳຫຼາຍຂຶ້ນ ເຮັດໃຫ້ມີປະສິດທິພາບໃນການບຳບັດໄດ້ດີຂຶ້ນ

5. ສະຫຼຸບ

ຈາກການທົດລອງທັງໝົດ 6 ລະບົບທີ່ມີການເຕີມ BC ໃນປະລິມານ 0.4g ທີ່ອຸນຫະພູມແຕກຕ່າງກັນຄື: 300, 400, 500, 600 ແລະ 700°C ສາມາດສະຫຼຸບໄດ້ດັ່ງນີ້: ລະບົບທຳມະດາແມ່ນສາມາດຜະລິດແກັສໄດ້ສູງສຸດ 13.15% ແລະ ລະບົບທີ່ມີການເຕີມ BC ທີ່ອຸນຫະພູມທີ່ແຕກຕ່າງກັນສາມາດຜະລິດແກັສຊີວະພາບໄດ້ສູງເຖິງ 27.88%, 36.64%, 46.13%, 51.90% ແລະ 65.98% ຕາມລຳດັບ ຈາກການທົດລອງທຸກລະບົບສາມາດສະຫຼຸບໄດ້ວ່າ ລະບົບທີ່ເຕີມຖ່ານຊີວະພາບທີ່ອຸນຫະພູມ 700°C ແມ່ນສາມາດຜະລິດແກັສຊີວະພາບໄດ້ດີທີ່ສຸດ ເນື່ອງຈາກ

ວ່າອຸນຫະພູມໃນການເຜົາສູງຈະເຮັດໃຫ້ເອເລັກຕອນຂອງຖ່ານແຕກຕົວໄດ້ງ່າຍ ແລະ ກໍ່ໃຫ້ເກີດຮູພຸນໄດ້ຫຼາຍຂຶ້ນເຊິ່ງເປັນບ່ອນອາໄສຂອງຈຸລິນຊີ ເຮັດໃຫ້ຈຸລິນຊີມີການຈະເລີນເຕີບໂຕໄດ້ດີ.

6. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ

ຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມຜູ້ຄົນຄ້ວາວິທະຍາສາດຂໍປະຕິບານວ່າ ຂໍ້ມູນທີ່ນຳມາໃສ່ໃນບົດຄວາມນີ້ແມ່ນບໍ່ໄດ້ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງທາງຜົນປະໂຫຍດກັບພາກສ່ວນໃດ ແລະ ບໍ່ໄດ້ເອື້ອອີງຜົນປະໂຫຍດໃຫ້ກັບພາກສ່ວນໃດພາກສ່ວນໜຶ່ງ, ກໍລະນີມີການລະເມີດ ໃນຮູບແບບໃດ ຂ້າພະເຈົ້າມີຄວາມຍິນດີທີ່ຈະຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງຜູ້ດຽວ.

7. ເອກະສານອ້າງອີງ

Al Seedy, T. (2002). *Quality management of AD residues from biogas production*. 24.

Alvarez, R., Villca, S., & Lidén, G. (2006). Biogas production from llama and cow manure at high altitude. *Biomass and Bioenergy*, 30(1), 66–75.

Chandra, R., Takeuchi, H., & Hasegawa, T. (2012). Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: A review in context to second generation of biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3), 1462–1476.

Charoenngam, N., & Pongchaiyakul, C. (2023). Current issues in evaluation and management of osteoporosis in Thailand. *Osteoporosis and Sarcopenia*.

Cioabla, A. E., Ionel, I., Dumitrel, G.-A., & Popescu, F. (2012). Comparative study on factors affecting anaerobic digestion of agricultural vegetal residues. *Biotechnology for Biofuels*, 5(1), 1–9.

DeRossi, C., Bambino, K., Morrison, J., Sakarin, I., Villacorta-Martin, C., Zhang, C., Ellis, J. L., Fiel, M. I., Ybanez, M., & Lee, Y. A. (2019). Mannose phosphate isomerase and mannose regulate hepatic stellate cell activation and fibrosis in zebrafish and humans. *Hepatology*, 70(6), 2107–2122.

El Bassam, N., Maegaard, P., & Schlichting, M. (2013). *Distributed renewable energies for off-grid communities: Strategies and technologies toward achieving sustainability in energy generation and supply*. Newnes.

Isha, A., D'Silva, T. C., Subbarao, P. M., Chandra, R., & Vijay, V. K. (2021). Stabilization of anaerobic digestion of kitchen wastes using protein-rich additives: Study of process performance, kinetic modelling and energy balance. *Bioresource Technology*, 337, 125331.

Kelleher, K. J., McInerny, T. K., Gardner, W. P., Childs, G. E., & Wasserman, R. C. (2000). Increasing identification of psychosocial problems: 1979–1996. *Pediatrics*, 105(6), 1313–1321.

Khalid, A., Arshad, M., Anjum, M., Mahmood, T., & Dawson, L. (2011). The anaerobic digestion of solid organic waste. *Waste Management*, 31(8), 1737–1744.

Li, J., Galley, M., Brockett, C., Spithourakis, G. P., Gao, J., & Dolan, B. (2016). A persona-based neural conversation model. *arXiv Preprint arXiv:1603.06155*.

Li, R., Chen, S., & Li, X. (2009). Anaerobic co-digestion of kitchen waste and cattle manure for methane production. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 31(20), 1848–1856.

Liu, F., Rotaru, A.-E., Shrestha, P. M., Malvankar, N. S., Nevin, K. P., & Lovley, D. R. (2012). Promoting direct interspecies electron transfer with activated carbon. *Energy & Environmental Science*, 5(10), 8982–8989.

Lua, A. C., & Yang, T. (2004). Effect of activation temperature on the textural and chemical properties of potassium hydroxide activated carbon prepared from pistachio-nut shell. *Journal of Colloid and Interface Science*, 274(2), 594–601.

Luz, F. C., Cordiner, S., Manni, A., Mulone, V., & Rocco, V. (2018). Biochar

- characteristics and early applications in anaerobic digestion—a review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 2892–2909.
- Markou, G. (2015). Improved anaerobic digestion performance and biogas production from poultry litter after lowering its nitrogen content. *Bioresource Technology*, 196, 726–730.
- Mumme, J., Srocke, F., Heeg, K., & Werner, M. (2014). Use of biochars in anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 164, 189–197.
- Phithakchanuan, S., Tungkananuruk, K., & Wararam, W. (2023). (*Litopenaeus vannamei*). *KKU Research Journal (Graduate Studies)*, 23(1), 244–255.
- Schnürer, A., Bohn, I., & Moestedt, J. (2017). Protocol for start-up and operation of CSTR biogas processes. *Hydrocarbon and Lipid Microbiology Protocols: Bioproducts, Biofuels, Biocatalysts and Facilitating Tools*, 171–200.
- Wang, X., Shen, Y., Wang, S., Li, S., Zhang, W., Liu, X., Lai, L., Pei, J., & Li, H. (2017). PharmMapper 2017 update: A web server for potential drug target identification with a comprehensive target pharmacophore database. *Nucleic Acids Research*, 45(W1), W356–W360.
- Ward, A. J., Hobbs, P. J., Holliman, P. J., & Jones, D. L. (2008). Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresource Technology*, 99(17), 7928–7940.
- Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., & Chambers, J. (2018). The Lancet Countdown on health and climate change: From 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet*, 391(10120), 581–630.
- Whitman, T., & Lehmann, J. (2009). Biochar—One way forward for soil carbon in offset mechanisms in Africa? *Environmental Science & Policy*, 12(7), 1024–1027.
- Yuan, T., Zhang, Z., Lei, Z., Shimizu, K., & Lee, D.-J. (2022). A review on biogas upgrading in anaerobic digestion systems treating organic solids and wastewaters via biogas recirculation. *Bioresource Technology*, 344, 126412.