

Biodiesel Production Using Hydrodynamic Cavitation Phenomena

Lemthong Chanphavong^{*1}, Vongsavanh Chanthaboune¹, Koephousone Phonharath²

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, National University of Laos, Lao-Thai Friendship Road, Vientiane, Lao PDR.

Abstract

This research aims to study biodiesel production assisted by hydrodynamic cavitation process. Hydrodynamic cavitating flow test rig was fabricated for a lab-scale of 12 L per batch using single and multiple hole orifice plates. High pressure multi-stage pump was used for generating circular fluid flow from a storage tank passing through orifice plate before entering back to the storage tank. Diameter of orifice hole was varied from 4, 5, and 6 mm for the single hole orifice plate while 2 mm for the multiple hole orifice plate (12 holes). Fresh vegetable oil was used as feedstock for transesterification reaction with methanol and potassium hydroxide based on molecular ratio of 6:1 and 1% by weight, respectively. Reaction time was a constant at 25 min.

The result revealed that, for the single hole orifice plate case, decrease in hole diameter results in increasing in the inlet pressure, which provokes a biodiesel generation ratio increased. The multiple hole orifice provides a higher biodiesel generation ratio compared with that of the single hole case. This can be explained by that when the inlet pressure increased results in higher pressure loss which directly supported stronger cavitation flow. Similarly, the multiple hole orifice has a larger perimeter, which resulted in higher shear flow compared with the single hole one. Shear flows are directly linked to the stronger cavitating flow, which supported a higher biodiesel generation ratio.

Keywords: Hydrodynamic cavitating, Biodiesel, Biofuel, Transesterification reaction, Orifice plate

* Correspondence: Lemthong Chanphavong, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, National University of Laos, Lao-Thai Friendship Road, Vientiane, Lao PDR.
lemthong@fe-nuol.edu.la; +85620 549 88 995; <https://orcid.org/0000-0002-4213-7617>

Submitted: September 05, 2024
Revised: October 25, 2024
Accepted: October 30, 2024

1. ພາກສະເໜີ

ນ້ຳມັນເຊື້ອໄຟເປັນໜຶ່ງໃນແຫຼ່ງພະລັງງານທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້ສໍາລັບ ນໍາໃຊ້ປະໂຫຍດໃນວຽກງານດ້ານການຄົມມະນາຄົມຂົນສົ່ງ, ກະສິກໍາ ແລະ ອຸດສະຫະກໍາໃນປະເທດ ຮອມທັງການຜະລິດກະແສໄຟຟ້າ ,)Diesel engine-based power generation (ສໍາລັບເຂດຊົນນະບົດ ຫ່າງໄກທີ່ຕາຂ້າຍໄຟຟ້າຍັງເຂົ້າໄປບໍ່ເຖິງໂດຍ . ໃນປະເທດລາວ, ນ້ຳມັນ ເຊື້ອໄຟທີ່ໃຊ້ດັ່ງກ່າວ ແມ່ນນໍາເຂົ້າຈາກຕ່າງປະເທດ 100% ,ດັ່ງນັ້ນ . ເມື່ອລາຄານໍ້າມັນເຊື້ອໄຟເພີ່ມສູງຂຶ້ນຢ່າງຕໍ່ເນື່ອງຈຶ່ງສົ່ງຜົນກະທົບຫຼາຍ ຢ່າງຕໍ່ການດໍາລົງຊີວິດຂອງປະຊາຊົນ ແລະ ການພັດທະນາເສດຖະກິດ ຂອງປະເທດທາງພາກລັດ ,ໃນໄລຍະສັ້ນ ,ເພື່ອແກ້ໄຂບັນຫາດັ່ງກ່າວ . ໄດ້ມີນະໂຍບາຍສົ່ງເສີມ ແລະ ສະໜັບສະໜູນການປະຫຍັດພະລັງງານ ສ່ວນໃນໄລຍະຍາວໄດ້ .ແລະ ເພີ່ມປະສິດທິພາບການຊົມໃຊ້ພະລັງງານ ມີການສົ່ງເສີມ ແລະ ສະໜັບສະໜູນການຜະລິດ-ນໍາໃຊ້ພະລັງງານທົດ ແທນພາຍໃນປະເທດໃຫ້ເພີ່ມຫຼາຍຂຶ້ນ ໂດຍວາງນະໂຍບາຍພາຍໃນປີ 2025 ຈະສາມາດເພີ່ມອັດຕາສ່ວນການການຊົມໃຊ້ພະລັງງານທົດແທນ ໃຫ້ໄດ້ 30% ຂອງພະລັງງານໂດຍລວມພາຍໃນປະເທດໃນນັ້ນ . ການ ນໍາໃຊ້ເຊື້ອໄຟຊີວະພາບຈະກວມໄດ້ 10% ໃນຂະແໜງການຂົນສົ່ງ (Souliyathai et al., 2018; Vongvisith & Theuambounmy, 2015).

ລັດຖະບານໄດ້ຖືເອົາວຽກງານການພັດທະນາພະລັງງານທົດ ແທນເປັນວຽກງານໜຶ່ງທີ່ສໍາຄັນ ໃນການພັດທະນາເສດຖະກິດແຫ່ງ ຊາດເພື່ອຮັບປະກັນຄວາມໝັ້ນຄົງທາງດ້ານພະລັງງານ ແລະ ຊຸກຍູ້ການ ພັດທະນາເສດຖະກິດ-ສັງຄົມຄຽງຄູ່ກັບການພັດທະນາແບບຍືນຍົງທີ່ ເປັນມິດກັບສິ່ງແວດລ້ອມ (Soulisomboon et al., 2022). ການ ສົ່ງເສີມໃຫ້ມີການຜະລິດໄບໂອດີເຊລ (Biodiesel) ໃນລະດັບຄົວ ເຮືອນ ໄປຈົນຮອດໃນລະດັບເຂດແຂວງ ແລະ ອຸດສະຫະກໍານັ້ນຈະ , ເປັນປັດໃຈສໍາຄັນທີ່ເຮັດໃຫ້ນະໂຍບາຍດັ່ງກ່າວປະສົບຜົນສໍາເລັດ . ນໍ້າມັນໄບໂອດີເຊລເປັນໜຶ່ງໃນເຊື້ອໄຟຊີວະພາບທີ່ໄດ້ຮັບຄວາມສົນໃຈ ເຄື່ອງຈັກ) ຫຼາຍ ເຊິ່ງສາມາດໃຊ້ໄດ້ກັບເຄື່ອງຈັກຄວາມໄວຮອບຕໍ່າ ໄປຈົນຮອດລົດບັນທຸກຂະໜາດໃຫຍ່ໂດຍບໍ່ຈໍາເປັນຕ້ອງມີ (ກະສິກໍາ ຂັ້ນຕອນການຜະລ .ການດັດແປງເຕັກນິກຂອງເຄື່ອງຈັກໃດໆໂດຍໄປໂອ ດີເຊລໂດຍພື້ນຖານເປັນຂະບວນການທີ່ບໍ່ຊັບຊ້ອນສາມາດຜະລິດໃຊ້ ໄດ້ເອງນໍ້າມັນ :ວັດຖຸດິບປ້ອນສາມາດຫາມາໄດ້ຈາກຫຼາຍແຫຼ່ງເຊັ່ນວ່າ . (ທີ່ກິນໄດ້ ແລະ ກິນບໍ່ໄດ້) ພືດ, ໄຂມັນສັດ ແລະ ນໍ້າມັນເສດເຫຼືອຈາກ ກິດຈະກຳຕ່າງໆຂອງມະນຸດໄປໂອດີເຊລຈຶ່ງຖືໄດ້ວ່າເປັນ ,ດ້ວຍເຫດນີ້ . ນໍ້າມັນເຊື້ອໄຟຊີວະພາບທີ່ມີທ່າແຮງສູງໃນປະເທດລາວເຮົາ ເນື່ອງຈາກ ມີຄວາມອຸດົມສົມບູນດ້ານພືດພັນກະສິກໍາທີ່ສາມາດນໍາມາຜະລິດເປັນ

ນ້ຳມັນໄບໂອດີເຊລໄດ້ (Vongvisith et al., 2018). ອີກຢ່າງໜຶ່ງ , ເນື່ອງຈາກວັດຖຸດິບທີ່ເອົາມາຜະລິດເປັນໄບໂອດີເຊລນັ້ນມີຕົ້ນກຳເນີດ ຈາກແຫຼ່ງທຳມະຊາດຈຶ່ງຖືໄດ້ວ່າ ໄບໂອດີເຊລເປັນນ້ຳມັນທີ່ສະອາດ ແລະ ຍືນຍົງ.

ໄບໂອດີເຊລນັ້ນເກີດຈາກການປະຕິກິລິຍາລະຫວ່າງໄຂມັນ (Triglyceride) ກັບແອລກໍຮ໌ໃນສະພາບທີ່ມີໂຕເລັ່ງປະຕິກິລິຍາທີ່ເປັນ ອາຊິດ ຫຼື ເບດກໍໄດ້ :ຂະບວນການທີ່ເກີດຂຶ້ນດັ່ງກ່າວເອີ້ນວ່າ .) ປະຕິກິລິຍາຂອງທຣານສເອັສເຕີຟິກເຄຊັນ Transesterification reaction(ເຊິ່ງຈະໄດ້ຜົນຜະລິດເປັນ Ester ແລະ ກລີເຊຣິນ) Glycerin .(Ester ເປັນສ່ວນປະກອບຫຼັກທີ່ເຮັດໃຫ້ໄບໂອດີເຊລມີ ຄຸນລັກສະນະຄ້າຍຄືກັບນ້ຳມັນກະຊວນ (Petroleum diesel) (Maddikeri et al., 2012). ຂະບວນການຜະລິດໄບໂອດີເຊລໂດຍ ຜ່ານທຣານສເອັສເຕີຟິກເຄຊັນເປັນການເກີດປະຕິກິລິຍາຢ່າງຊ້າໆ ຈຶ່ງ ຕ້ອງມີການປັ່ນປະສົມ) Stirring(ແລະ ຄວບຄຸມອຸນຫະພູມ ອຸນຫະພູມທີ່ເໝາະສົມຕໍ່ການເກີດປະຕິກິລິຍາແມ່ນປະມານ)60°C (ແຕ່ປະສິດທິພາບຂອງ .ເພື່ອຊ່ວຍກະຕຸ້ນປະຕິກິລິຍາທາງເຄມີເພີ່ມຕື່ມ ໃຊ້ໄລຍະເວລາການຜະລິດດົນ , ຂະບວນການຜະລິດດັ່ງກ່າວຍັງຕໍ່າ ແລະ ອັດຕາສ່ວນພະລັງງານຕໍ່ການຜະລິດຍັງສູງ ສິ່ງຜົນໃຫ້ຄວາມ ຕ້ອງການດ້ານພະລັງງານ ແລະ ຕົ້ນທຶນການຜະລິດສູງຂຶ້ນຕາມໄປນຳ (Al-attab et al., 2017; Innocenzi & Prisciandaro, 2021; Liu et al., 2021; Mohammadshirazi et al., 2014).

ການເພີ່ມອັດຕາການຜະລິດນ້ຳມັນໄບໂອດີເຊລ ແລະ ເລັ່ງ ລັດໄລຍະເວລາການເກີດປະຕິກິລິຍານັ້ນເປັນເປົ້າຫມາຍຫຼັກຂອງການ ພັດທະນາຂະບວນການຜະລິດໄບໂອດີເຊລໃຫ້ມີປະສິດທິພາບທັງດ້ານ ພະລັງງານ ແລະ ຜົນຜະລິດສູງ (Gholami et al., 2021; Innocenzi & Prisciandaro, 2021; Tipsri & Lersbamrungsuk, 2019). ເພື່ອໃຫ້ການນຳໃຊ້ນ້ຳມັນໄບໂອດີເຊລເປັນເຊື້ອໄຟທາງເລືອກທີ່ເໝາະ ສົມໂດຍສະເພາະກັບປະເທດເຮົາຂະບວນການຜະລິດທີ່ບໍ່ຊັບຊ້ອນ , ຫຼາຍ ແລະ ມີຕົ້ນທຶນການຜະລິດຕ່ຳຈະເປັນສິ່ງທີ່ຕ້ອງການໃນການ ສົ່ງເສີມການຜະລິດ ແລະ ນຳໃຊ້ນ້ຳມັນໄບໂອດີເຊລໃຫ້ເກີດ ປະໂຫຍດສູງສຸດ ແລະ ແຜ່ຫຼາຍ.

ໄຮໂດຣໂດນາມິກຄາວິເຕຊັນ) Hydrodynamic cavitation) ເປັນປະກົດການການໄຫຼຢ່າງໜຶ່ງທີ່ ທາດແຫຼວກາຍເປັນຟອດອາກາດ) Bubbles (ປະປົນໄປນຳກະແສຂອງການໄຫຼແລ້ວລະເບີດ) Collapse (ອອກມາ .ປະກົດການດັ່ງກ່າວສາມາດອະທິບາຍໄດ້ດ້ວຍ ຫຼັກການຂອງເບີນຸຍລີ) Bernoulli principle(ທີ່ວ່າ :ການໄຫຼຂອງ ທາດໄຫຼທີ່ມີການປ່ຽນແປງຄວາມໄວການໄຫຼຢ່າງກະທັນຫັນ ຈະເຮັດ ໃຫ້ຄວາມດັນໃນບໍລິເວນນັ້ນລຸດລົງ ເມື່ອຄວາມດັນດັ່ງກ່າວລຸດລົງຈົນ ຕ່ຳກວ່າຄວາມດັນອາຍ) Saturated vapor pressure), ທາດໄຫຼຈະ ກາຍເປັນອາຍ ຫຼື ຟອດອາກາດ .ເມື່ອຟອດອາກາດດັ່ງກ່າວໄຫຼໄປ

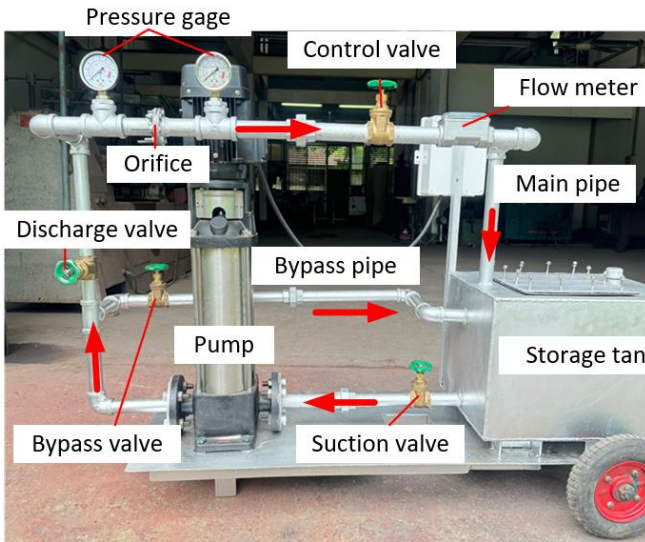
ກະທົບກັບບໍລິເວນທີ່ມີຄວາມດັນທີ່ສູງກວ່າຈະເກີດການແຕກ ຫຼື ລະເບີດອອກມາພ້ອມໆກັນ (Çengel & Cimbala, 2018). ຄາວິເຕ ຊັນເປັນສິ່ງທີ່ຈະຕ້ອງຄຳນຶງ ແລະ ພະຍາຍາມຫຼີກລ່ຽງບໍ່ໃຫ້ເກີດຂຶ້ນໃນ ເຄື່ອງຈັກທາດໄຫຼ ແຕ່ໃນຂະນະດຽວກັນຄາວິເຕຊັນສາມາດນຳໃຊ້ໃຫ້ ເກີດປະໂຫຍດໃນການເພີ່ມປະສິດທິພາບຂອງຂະບວນການຜະລິດ ນ້ຳມັນໄບໂອດີເຊລ ແລະ ໄດ້ມີການທົດລອງໃນຫຼາຍຮູບແບບຂອງການ ເກີດຄາວິເຕຊັນ ແລະ ໃຊ້ໂຕເລັ່ງປະຕິກິລິຍາທີ່ແຕກຕ່າງກັນ (Maddikeri et al., 2012; Patil et al., 2021). ການໃຊ້ໂຕເລັ່ງ ປະຕິກິລິຍາທີ່ມີປະສິດທິພາບສູງ ແລະ ຂະບວນການທີ່ຊັບຊ້ອນນັ້ນ ສາມາດເພີ່ມອັດຕາການຜະລິດນ້ຳມັນໄບໂອດີເຊລໄດ້ສູງ ແຕ່ຈະມາ ພ້ອມກັບຕົ້ນທຶນ ແລະ ເຕັກນິກທີ່ສູງຂຶ້ນຕາມໄປນຳ (Gude et al., 2012 ;Ratanabuntha et al., 2018).

ດັ່ງນັ້ນໃນການສຶກສາຄັ້ງນີ້ຈຶ່ງ , ມີຈຸດປະສົງເພື່ອສຶກສາການ ຜະລິດໄບໂອດີເຊລ ພາຍໃຕ້ປະກົດການໄຮໂດຣໂດນາມິກ ໂດຍເລືອກ ໃຊ້ຂະບວນການໄຮໂດໂດນາມິກຄາວິເຕຊັນແບບໄຫຼຜ່ານຮູອໍຣິຟິສ (Orifice plate). ແຜ່ນອໍຣິຟິສຈະໃຫ້ຄວາມຮຸນແຮງ ອຸນຫະພູມ) ໃນການເກີດຄາວິເຕຊັນທີ່ (ແລະ ຄວາມດັນແຕກໂຕຂອງຟອດອາກາດ ເຂັ້ມຂຶ້ນ ເຊິ່ງເປັນສິ່ງທີ່ຕ້ອງການສຳລັບການເລັ່ງປະຕິກິລິຍາໄດ້ໄວຂຶ້ນ. ໂດຍວິທີການທົດລອງຈະໄດ້ດຳເນີນການໃນລະດັບຂະໜາດການ ຜະລິດໃນລະດັບຫ້ອງທົດລອງເພື່ອຄວາມເໝາະສົມດ້ານຂໍ້ມູນ ແລະ ເປັນແນວທາງໃນການຂະຫຍາຍການຜະລິດໄປລະດັບຕົ້ນແບບ ເພື່ອ ໃຊ້ງານໄດ້ຈິງ.

2. ອຸປະກອນເຄື່ອງມື ແລະ ວິທີການສຶກສາ

2.1 ອຸປະກອນເຄື່ອງມື

ອຸປະກອນຫຼັກທີ່ໃຊ້ໃນການທົດລອງປະກອບມີ: (1) ຖັງເກັບ (Storage tank), (2) ປ້າແຮງດັນສູງເລືອກໃຊ້ເປັນປ້າແບບຫຼາຍໃບພັດ (Multistage vertical pump), (3) ເກຈວັດແທກຄວາມດັນ (Pressure gage), (4) ເຄື່ອງວັດແທກອັດຕາການໄຫຼ (Flowmeter), (5) ວາວຄວບຄຸມການໄຫຼ (Control valve) ແລະ (6) ທໍ່ການໄຫຼ (Pipeline). ອຸປະກອນດັ່ງກ່າວປະກອບເຂົ້າເປັນຊຸດທົດລອງດັ່ງ ສະແດງໄວ້ໃນຮູບ 1. ນອກຈາກເຄື່ອງມືທີ່ໃຊ້ແລ້ວ ຍັງມີວັດຖຸດິບ ແລະ ສານເຄມີທີ່ໃຊ້ປະກອບດ້ວຍ ນ້ຳມັນພືດໃຫມ່, ໂປຕາມຊຽມ ໄຮດຣອກໄຊດ໌ (KOH) ແລະ ເມຕາໂນລ (MeOH).



ຮູບ 1: ຊຸດທົດລອງ ແລະ ອຸປະກອນເຄື່ອງມື

ແຜ່ນອໍຣິຟິສເປັນອຸປະກອນທີ່ສໍາຄັນໃນການກໍານົດການໄຫຼຄາວິເຕຊັນ. ຮູບຮ່າງ ແລະ ຄຸນລັກສະນະຂອງແຜ່ນອໍຣິຟິສ, ດັ່ງໄດ້ອະທິບາຍໄວ້ໃນຮູບ 2, ຈະເປັນປັດໄຈຕໍ່ຄວາມຮຸນແຮງຂອງຄາວິເຕຊັນທີ່ເກີດຂຶ້ນ ແລະ ໃຊ້ອະທິບາຍປະກົດການການເກີດຄາວິເຕຊັນ. ອັດຕາສ່ວນລະຫວ່າງເນື້ອທີ່ຂອງຮູອໍຣິຟິສ ແລະ ເນື້ອທີ່ຫນ້າຕັດຂອງທໍ່ ຫຼື ຂະໜາດຂອງຮູ (d) ຕໍ່ເສັ້ນຜ່າສູນກາງທໍ່ (D) ສັນຍາລັກເປັນ β ຄືຄຸນລັກສະນະໜຶ່ງທີ່ໃຊ້ອະທິບາຍຮູບຮ່າງຂອງແຜ່ນອໍຣິຟິສ ເຊິ່ງສາມາດຂຽນໄດ້ເປັນ (Çengel & Cimbala, 2018):

$$\beta = \sqrt{\frac{\text{Area of orifice}}{\text{Cross section area of pipe}}} \quad (1)$$

ຫຼື

$$\beta = \left(\frac{d}{D}\right) \times n \quad (2)$$

ໂດຍທີ່ n ຄືຈຳນວນຂອງຮູໃນແຜ່ນອໍຣິຟິສ.

ສໍາລັບແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຮູດ່ຽວ (Single hole orifice), β ສາມາດຂຽນໃນຮູບແບບງ່າຍໄດ້ເປັນ:

$$\beta = \frac{d}{D} \quad (3)$$

ນອກຈາກອັດຕາສ່ວນດັ່ງກ່າວແລ້ວ, ອັດຕາສ່ວນລະຫວ່າງເສັ້ນຮອບປຽບທັງໝົດຂອງຮູຕໍ່ເນື້ອທີ່ຂອງສ່ວນທີ່ເປີດກໍເປັນປັດໄຈໜຶ່ງທີ່ສະແດງເຖິງຄຸນລັກສະນະທາງດ້ານຮູບຮ່າງຂອງແຜ່ນອໍຣິຟິສເປັນຢ່າງດີ (Sivakumar & Pandit, 2002):

$$\alpha = \frac{\text{Total perimeter of holes}}{\text{Total opened areas}} = \frac{4}{d} \times n \quad (4)$$

ສໍາລັບແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຮູດ່ຽວ, α ສາມາດຂຽນໃນຮູບແບບງ່າຍໄດ້ເປັນ:

$$\alpha = \frac{4}{d} \quad (5)$$

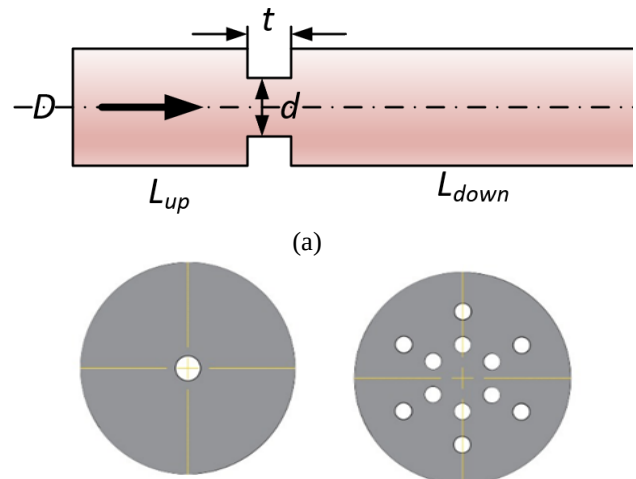
ຄ່າ β ທີ່ລຸດລົງສົ່ງຜົນໃຫ້ຄວາມຮຸນແຮງ ແລະ ໂຕເລກຄາວິເຕຊັນລຸດລົງ ໃນຂະນະທີ່ ຄ່າ α ທີ່ລຸດລົງສົ່ງຜົນໃຫ້ຄວາມຮຸນແຮງ ແລະ ໂຕເລກຄາວິເຕຊັນເພີ່ມຂຶ້ນປະກົດການດັ່ງກ່າວເປັນຜົນມາຈາກ. ການສູນເສຍຄວາມດັນໃນຂະນະທີ່ໄຫຼຜ່ານແຜ່ນອໍຣິຟິສ ເຊິ່ງສາມາດອະບາຍໄດ້ດ້ວຍຫຼັກການຂອງເບີນຸຍຣີໂຕເລກຄາວິເຕຊັນສາມາດຂຽນໄດ້ໃນສອງລັກສະນະນີ້ (Ebrahimi et al., 2017):

$$\sigma = \frac{p_2 - p_v}{0.5\rho U^2} \quad (6)$$

ແລະ

$$\sigma_{\Delta p} = \frac{p_2 - p_v}{p_1 - p_2} \quad (7)$$

ໂດຍທີ່ p_2 ຄືຄວາມດັນຂາອອກ ຫຼື ດ້ານຫຼັງແຜ່ນອໍຣິຟິສ, p_v ຄືຄວາມດັນອາຍຂອງທາດແຫຼວ, ρ ຄືຄວາມໜາແໜ້ນຂອງທາດແຫຼວ, U ຄືຄວາມໄວຂອງການໄຫຼຜ່ານຮູຂອງອໍຣິຟິສ ແລະ p_1 ຄືຄວາມດັນຂາເຂົ້າ ຫຼື ດ້ານຫນ້າຂອງແຜ່ນອໍຣິຟິສ.



(b) $d = 4, 5, 6$ mm (c) $n = 12; d = 2$ mm

ຮູບ 2: (a) ຮູບຮ່າງລັກສະນະການຕິດຕັ້ງແຜ່ນອໍຣິຟິສໃນທໍ່, (b) ແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຮູດ່ຽວ, ແລະ (c) ແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຫຼາຍຮູ.

2.2 ວິທີການສຶກສາ

ວິທີການສຶກສາຄັ້ງນີ້ເປັນການສຶກສາແບບທົດລອງໃນການຜະລິດໄປໂອຕິເຊລພາຍໃຕ້ການໄຫຼຄາວິເຕຊັນໂດຍໃຊ້ຊຸດທົດລອງທີ່ສ້າງຂຶ້ນ. ປ້າແຮງດັນສູງຖືກໃຊ້ສໍາລັບການສ້າງຄວາມດັນ ແລະ ກະແສການໄຫຼຄາວິເຕຊັນແບບໄຫຼຜ່ານແຜ່ນອໍຣິຟິສ 2 ແບບຄື: (1) ແບບຮູດ່ຽວ ທີ່ມີຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງ 4,5 ແລະ 6 mm ແລະ (2) ແບບຫຼາຍຮູ (12 ຮູ) ຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງຮູ 2 mm ທີ່ມີຄຸນລັກສະນະທີ່ສໍາຄັນຂອງແຜ່ນອໍຣິຟິສໄດ້ສະແດງໄວ້ໃນຕາຕະລາງ 1. ການທົດລອງໄດ້ໃຊ້ນໍ້າມັນພືດໃຫມ່ເປັນວັດຖຸດິບເພື່ອທໍາປະຕິກິລິຍາທາງເອັນເຕີຣີຟິກຄາວິເຕຊລກັບເມຕາໂນລ ແລະ ມີໂຕເລັ່ງປະຕິກິລິຍາແມ່ນໂປ

ຕາສຊຽມໄຮດຣອກໄຊດ໌. ໂດຍເງື່ອນໄຂການທົດລອງແຕ່ລະຄັ້ງຈະໃຊ້ນ້ຳມັນຈຳນວນ 12 L ໃນອັດຕາສ່ວນປະສົມຂອງນ້ຳມັນຕໍ່ເມທາໂນລຄືທີ່ 6:1 ໂດຍໂມລ ແລະ ອັດຕາສ່ວນໂຕເລັ່ງປະຕິກິລິຍາໄປຕາສຊຽມໄຮດຣອກໄຊແມ່ນ 1% w/w. ໃນຂັ້ນຕອນການທົດລອງແມ່ນເລີ່ມຈາກການໃສ່ນ້ຳມັນພືດລົງໃນຖັງເກັບ ພ້ອມດ້ວຍສານລະລາຍລະຫວ່າງເມຕາໂນລກັບໄປຕາສຊຽມໄຮດຣອກໄຊຕາມອັດຕາສ່ວນທີ່ກຳນົດໄວ້. ຈາກນັ້ນເປີດປ້າເພື່ອເລີ່ມການທົດລອງ ໂດຍໄດ້ໃຊ້ໄລຍະເວລາໃນການທົດລອງແຕ່ລະຄັ້ງ 25 min. ຫຼັງຈາກສຳເລັດການທົດລອງແຕ່ລະຄັ້ງນ້ຳມັນຈະຖືກປ່ອຍອອກມາເກັບໄວ້ຖັງເກັບເພື່ອການແຍກຊັ້ນຂອງໄບໂອດີເຊລ ແລະ ກລີເຊຣິນສົມບູນ ເປັນເວລາປະມານ 8 hr.

ຕາຕະລາງ 1. ຄຸນລັກສະນະໂຕປ່ຽນຂອງແຜ່ນອໍຣິຟິສສໍາລັບການສຶກສາ

ຈຳນວນຮູ (n)	ແບບຮູດຽວ	ແບບຫຼາຍຮູ
D, mm	25	
t, mm	3	
d, mm/n	4; 5; 6/1	2/12
Perimeter (P_h), mm	12.57; 15.71; 18.85	75.40
Flow area (A), mm ²	12.57; 19.63; 28.27	37.70
Perimeter ratio (P_h / A), mm ⁻¹	1.00; 0.80; 0.67	2.0
Beta ratio ($n \times d / D$)	0.16; 0.20; 0.24	0.96
Inlet pressure, Bar	1.5 - 5	
Reaction time, min	25	

3. ຜົນໄດ້ຮັບ

3.1. ຜົນການປ່ຽນແປງຂະໜາດຮູຂອງແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຮູດຽວ

ໃນເງື່ອນໄຂນີ້ໄດ້ໃຊ້ແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຮູດຽວ ໂດຍປ່ຽນແປງຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງ 4, 5, ແລະ 6 mm ພົບວ່າ: ການປ່ຽນແປງຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງຂອງແຜ່ນອໍຣິຟິສສົ່ງຜົນຕໍ່ການປ່ຽນແປງຄວາມດັນດ້ານຂາເຂົ້າ ໂດຍຄວາມດັນຈະລຸດລົງຈາກ 5 Bar ສໍາລັບແຜ່ນອໍຣິຟິສຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງ 4 mm, 3 Bar ສໍາລັບແຜ່ນອໍຣິຟິສຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງ 5 mm, ແລະ 1.5 Bar ສໍາລັບແຜ່ນອໍຣິຟິສຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງ 6 mm. ສ່ວນຄວາມດັນດ້ານຂາອອກຈະມີຄ່າຂ້ອນຂ້າງຄືທີ່ປະມານ 0.05 Bar. ເມື່ອທຽບອັດຕາສ່ວນການເກີດເປັນໄບໂອດີເຊລຈາກເງື່ອນໄຂດັ່ງກ່າວພົບວ່າ ອັດຕາສ່ວນການເກີດເປັນໄບໂອດີເຊລລຸດລົງຈາກ 94.3, 92.5 ແລະ 89.7% ຕາມຄວາມດັນຂາເຂົ້າທີ່ລຸດລົງ ຫຼື ເສັ້ນຜ່າສູນກາງຮູອໍຣິຟິສເພີ່ມຂຶ້ນ ດັ່ງສະແດງໃນຕາຕະລາງ 2. ການທົດລອງດຳເນີນການທີ່ເງື່ອນໄຂບັນຍາກາດ ອຸນຫະພູມ ແລະ ຄວາມດັນຫ້ອງ ໃນຂະນະທີ່ອຸນຫະພູມຕອນສິ້ນສຸດການທົດລອງຂອງສານທຳງານເທົ່າກັບ 47°C.

3.2 ຜົນການປຽບທຽບແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຮູດຽວ ແລະ ຫຼາຍຮູ

ສ່ວນເງື່ອນໄຂນີ້ຈະໄດ້ປຽບທຽບການໃຊ້ແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຮູດຽວ ຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງ 6 mm ແລະ ແບບ 12 ຮູ ຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງ 2 mm ພາຍໃຕ້ເງື່ອນໄຂຄວາມດັນດ້ານຂາເຂົ້າ 1.5 Bar ແລະ ສ່ວນຄວາມດັນດ້ານຂາອອກແຜ່ນອໍຣິຟິສເທົ່າກັບ 0.05 Bar ພົບວ່າ ໃນກໍລະນີແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຫຼາຍຮູນັ້ນຈະໃຫ້ອັດຕາສ່ວນການເກີດເປັນໄບໂອດີເຊລເທົ່າກັບ 95.4% ແລະ ກລີເຊຣິນ 4.7%. ສ່ວນໃນກໍລະນີແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຮູດຽວນັ້ນຈະໃຫ້ອັດຕາສ່ວນການເກີດເປັນໄບໂອດີເຊລເທົ່າກັບ 89.7% ແລະ ກລີເຊຣິນ 10.3%. ຮູບ 3 ສະແດງໂຕຢ່າງຂອງນ້ຳມັນໄບໂອດີທີ່ຜະລິດໄດ້ທັງ 4 ກໍລະນີ ແລະ ເມື່ອສຸ່ມນາເອົາໂຕຢ່າງໄປກວດຫາຄຳຄຸນສົມບັດພື້ນຖານຂອງນ້ຳມັນ (ຄວາມຫນາແຫນ້ນ, ນ້ຳໜັກຈຳເພາະ, ຄວາມຊຸ່ນໃສ ແລະ ຄວາມສາມາດໃນການກັດເຊາະໂລຫະ) ພົບວ່າຢູ່ໃນຊ່ວງຄຳມາດຕະຖານຂອງນ້ຳມັນກະຊວນຕາມການກວດກາ ແລະ ຍັງຢືນຂອງລັດວິສາຫະກິດເຊື້ອໄຟລາວ (ຮູບ 4).

4. ວິພາກຜົນ

ຈາກຜົນການທົດລອງໃນກໍລະນີໃຊ້ແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຮູດຽວທີ່ມີການປ່ຽນແປງຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງນັ້ນ ໄດ້ສົ່ງຜົນຕໍ່ການປ່ຽນແປງຄວາມດັນດ້ານຂາເຂົ້າ ໂດຍຄວາມດັນຈະລຸດລົງເມື່ອຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງຂອງແຜ່ນອໍຣິຟິສເພີ່ມຂຶ້ນ. ນີ້ເປັນຍ້ອນວ່າເສັ້ນຜ່າສູນກາງຮູຂອງແຜ່ນອໍຣິຟິສທີ່ເພີ່ມຂຶ້ນ ຈະເຮັດໃຫ້ມີເນື້ອທີ່ການໄຫຼຫຼາຍຂຶ້ນ ສົ່ງຜົນໃຫ້ຄວາມດັນດ້ານຫນ້າແຜ່ນອໍຣິຟິສລຸດຕໍ່າລົງ. ສາທັງອັດຕາສ່ວນການເກີດເປັນໄບໂອດີເຊລໃນເງື່ອນໄຂດັ່ງກ່າວ ມີຄຸນລັກສະນະລຸດລົງຕາມຄວາມດັນຂາເຂົ້າທີ່ລຸດລົງ ຫຼື ເສັ້ນຜ່າສູນກາງຮູອໍຣິຟິສເພີ່ມຂຶ້ນ. ປະກົດການນີ້ສາມາດອະທິບາຍໄດ້ວ່າ ຄວາມດັນດ້ານຂາເຂົ້າທີ່ສູງຂຶ້ນຈະສົ່ງຜົນເຮັດໃຫ້ມີຄວາມຮຸນແຮງຂອງການໄຫຼຄາວິເຕຊັນສູງຕາມໄປນຳ (ເບິ່ງສົມຜົນ 6 ແລະ 7) ເຊິ່ງເປັນຜົນດີໃຫ້ກັບການເກີດປະຕິກິລິຍາຂອງການຜະລິດໄບໂອດີເຊລ ແລະ ເມື່ອເບິ່ງຄຸນລັກສະນະທາງດ້ານຮູບຮ່າງຂອງແຜ່ນອໍຣິຟິສ (ເບິ່ງຕາຕະລາງ 1) ພົບວ່າ ເມື່ອເສັ້ນຜ່າສູນກາງຮູອໍຣິຟິສລຸດລົງຈະເຮັດໃຫ້ອັດຕາສ່ວນລະຫວ່າງເສັ້ນຂອບປຽກ ແລະ ເນື້ອທີ່ການໄຫຼ (α) ເພີ່ມຂຶ້ນ. ໃນຂະນະດຽວກັນອັດຕາສ່ວນລະຫວ່າງເສັ້ນຜ່າສູນກາງຮູແລະທໍ່ (β) ລຸດລົງ ເຊິ່ງຄຸນລັກສະນະດັ່ງກ່າວເປັນຜົນດີຕໍ່ການເພີ່ມຄວາມຮຸນແຮງຂອງການໄຫຼຄາວິເຕຊັນ ເຊິ່ງຈະເຮັດໃຫ້ການເກີດປະຕິກິລິຍາຂອງການຜະລິດໄບໂອດີເຊລດີຂຶ້ນຕາມໄປນຳ (Bargole et al., 2019).

ໃນເງື່ອນໄຂທີ່ປຽບທຽບແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຮູດຽວ ແລະ ຫຼາຍຮູນັ້ນພົບວ່າ ອັດຕາສ່ວນການເກີດເປັນໄບໂອດີເຊລໃນກໍລະນີແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຫຼາຍຮູນັ້ນ ຈະມີຄ່າສູງກວ່າແບບຮູດຽວ ເຖິງແມ່ນວ່າຈະມີຄ່າຄວາມດັນເທົ່າກັນກໍຕາມ. ນີ້ເປັນຜົນກະທົບມາຈາກ ຄຸນລັກສະນະທາງດ້ານຮູບຮ່າງຂອງແຜ່ນອໍຣິຟິສ (ເບິ່ງຕາຕະລາງ 1) ໂດຍສະເພາະຄ່າອັດຕາສ່ວນລະຫວ່າງເສັ້ນຂອບປຽກ ແລະ ເນື້ອທີ່ການໄຫຼ

ທີ່ເພີ່ມຂຶ້ນເກີນກວ່າຂອງກໍລະນີແຜ່ນອໍຣິຟິສແບບຮູດຽວ (Ghayal et al., 2013).

ເນື່ອງຈາກການໄຫຼຄາວິເຕຊັນມີການສຽດສີ (Friction loss) ແລະ ການປ່ຽນແປງພະລັງງານພາຍໃນ (Internal energy) ລະຫວ່າງໂມເລກຸລຂອງທາດໄຫຼສູງ ແລະ ເມື່ອຟອງຄາວິເຕຊັນແຕກອອກມາ (Collapse) ຈະມີການປ່ອຍພະລັງງານດັ່ງກ່າວອອກ, ດັ່ງນັ້ນຈຶ່ງສົ່ງຜົນໃຫ້ອຸນຫະພູມສານທຳງານເພີ່ມຂຶ້ນຈາກອຸນຫະພູມທ້ອງ (~25°C) ເປັນ 48°C ໃນຂະນະຕອນສິ້ນສຸດການທົດລອງ.

5. ສະຫຼຸບ

ການສຶກສາຄັ້ງນີ້ປະສົບຜົນສຳເລັດໃນການສ້າງເຄື່ອງທົດລອງການໄຫຼໄຮໂດຣໂດນາມິກຄາວິເຕຊັນແບບໄຫຼຜ່ານແຜ່ນອໍຣິຟິສ ໂດຍມີຈຸດປະສົງເພື່ອໃຊ້ສຳລັບສຶກສາການຜະລິດໄບໂອດີເຊລ ໂດຍໃຊ້ນ້ຳມັນພືດໃຫມ່ ຕາມການເກີດປະຕິກິລິຍາແບບທຣານເອັສເຕີຣີຟິກເຄຊັນກັບເມຕາໂນລ ໂດຍມີໂຕເລັ່ງປະຕິກິລິຍາເປັນໂປຕາສຊຽມໄຮດຣອກໄຊດ໌. ຊຸດທົດລອງທີ່ສ້າງຂຶ້ນສາມາດນຳໃຊ້ໃນການຜະລິດໄບໂອດີເຊລໄດ້ຈິງ. ຈາກຜົນການທົດລອງສາມາດສະຫຼຸບໄດ້ວ່າ ອັດຕາການເກີດເປັນໄບໂອດີເຊລສູງສຸດໃນການສຶກສາຄັ້ງນີ້ແມ່ນ 95.4% ພາຍໃນໄລຍະເວລາທົດລອງ 25 min ແລະ ປ່ອຍໃຫ້ແຍກຊັ້ນສົມບູນປະມານ 8 hr. ແຜ່ນອໍຣິຟິສທີ່ມີຄວາມເຫມາະສົມໃນການສຶກສາຄັ້ງນີ້ແມ່ນ 12 ຮູ ແລະ ເສັ້ນຜ່າສູນກາງຮູ 2 mm. ໄບໂອດີເຊລທີ່ໄດ້ມີຄຳຄຸນສົມບັດພື້ນຖານຕາມມາດຕະຖານຂອງນ້ຳມັນກະຊວນ.

6. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ

ຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມຜູ້ຄົນຄວ້າວິທະຍາສາດ ຂໍປະຕິຍານຕົນວ່າຂໍ້ມູນທັງໝົດທີ່ມີໃນບົດຄວາມວິຊາການດັ່ງກ່າວນີ້ ແມ່ນບໍ່ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງທາງຜົນປະໂຫຍດກັບພາກສ່ວນໃດ ແລະ ບໍ່ໄດ້ເອື້ອປະໂຫຍດໃຫ້ກັບພາກສ່ວນໃດພາກສ່ວນໜຶ່ງ, ກໍລະນີມີການລະເມີດ ໃນຮູບການໃດໜຶ່ງຂ້າພະເຈົ້າມີຄວາມຍິນດີ ທີ່ຈະຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງຜູ້ດຽວ.

7. ຄຳຂອບໃຈ

ການສຶກສາຄັ້ງນີ້ໄດ້ຮັບການສະໜັບສະໜູນຈາກພາກວິຊາວິສະວະກຳກົນຈັກ, ຄະນະວິສະວະກຳສາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ ໂດຍຜ່ານທຶນການຄົ້ນຄວ້າ ARC-KFAS, Grant No. 3341/NUOL, 21/08/2023.

8. ເອກະສານອ້າງອີງ

Al-attab, K., Wahas, A., Almoqry, N., & Alqubati, S. (2017). Biodiesel production from waste cooking oil in Yemen: a techno-economic investigation. *Biofuels*, 8(1), 17–27. <https://doi.org/10.1080/17597269.2016.1196326>

Bargole, S., George, S., & Kumar Saharan, V. (2019). Improved rate of transesterification reaction in biodiesel synthesis using hydrodynamic cavitating devices of high throat perimeter to flow area ratios. *Chemical Engineering and*

Processing - Process Intensification, 139(December 2018), 1–13.

<https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.03.012>

- Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2018). Fluid Mechanics A Fundamental Approach. In *Fluid Dyanmics*.
- Ebrahimi, B., He, G., Tang, Y., Franchek, M., Liu, D., Pickett, J., Springett, F., & Franklin, D. (2017). Characterization of high-pressure cavitating flow through a thick orifice plate in a pipe of constant cross section. *International Journal of Thermal Sciences*, 114, 229–240. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2017.01.001>
- Ghayal, D., Pandit, A. B., & Rathod, V. K. (2013). Optimization of biodiesel production in a hydrodynamic cavitation reactor using used frying oil. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(1), 322–328. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.07.009>
- Gholami, A., Pourfayaz, F., & Saifoddin, A. (2021). Techno-economic assessment and sensitivity analysis of biodiesel production intensified through hydrodynamic cavitation. *Energy Science and Engineering*, 9(11), 1997–2018. <https://doi.org/10.1002/ese3.941>
- Gude, V. G., Patil, P., & Deng, S. (2012). Microwave energy potential for large scale biodiesel production. *World Renewable Energy Forum, WREF 2012, Including World Renewable Energy Congress XII and Colorado Renewable Energy Society (CRES) Annual Conferen*, 1(c), 751–759.
- Innocenzi, V., & Prisciandaro, M. (2021). Technical feasibility of biodiesel production from virgin oil and waste cooking oil: Comparison between traditional and innovative process based on hydrodynamic cavitation. *Waste Management*, 122, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.12.034>
- Liu, Y., Yang, X., Adamu, A., & Zhu, Z. (2021). Economic evaluation and production process simulation of biodiesel production from waste cooking oil. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4(February), 100091. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100091>
- Maddikeri, G. L., Pandit, A. B., & Gogate, P. R. (2012). Intensification approaches for biodiesel synthesis from waste cooking oil: A review. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 51(45), 14610–14628. <https://doi.org/10.1021/ie301675j>
- Mohammadshirazi, A., Akram, A., Rafiee, S., & Bagheri Kalhor, E. (2014). Energy and cost analyses of biodiesel production from waste cooking oil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.067>
- Patil, A., Baral, S., & Dhanke, P. (2021). Hydrodynamic

cavitation for process intensification of biodiesel synthesis- a review. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4(June), 100144. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100144>

- Ratanabuntha, T., Tonmitr, K., & Suksri, A. (2018). Acceleration in biodiesel production from palm oil process by high voltage electric field. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, 7(3), 225–230. <https://doi.org/10.12720/sgce.7.3.225-230>
- Sivakumar, M., & Pandit, A. B. (2002). Wastewater treatment: A novel energy efficient hydrodynamic cavitation technique. *Ultrasonics Sonochemistry*, 9(3), 123–131. [https://doi.org/10.1016/S1350-4177\(01\)00122-5](https://doi.org/10.1016/S1350-4177(01)00122-5)
- Soulisomboon, D., Sengpaseuth, B., Siphaxay, K., Sisomphou, S., Manivanh, N., & Binhavone, A. (2022). Producing Biogas from Difference Mixing Ratio of Local Pig's Waste to Produce the Methane Gas in Highest Volume. *Souphanouvong University Journal Multidisciplinary Research and Development*, 8(2), 325–331.
- Souliyathai, D., Chen, Y., Vongvisith, B., Li, X., Li, M., & Zhang, W. (2018). Research development of biofuels potential in Lao PDR. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 170(4). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/170/4/042018>
- Tipsri, T., & Lersbamrungsuk, V. (2019). Techno-economic analysis of biodiesel production from waste cooking oil using supercritical and subcritical processes. *Science, Engineering and Health Studies*, 13(3), 153–162.
- Vongvisith, B., & Theuambounmy, H. (2015). Bio-Energy Science and Technology Innovation and Policy in Lao P.D.R. *Journal of Sustainable Energy & Environment Special Issue*, 13–18.
- Vongvisith, B., Wudi, Z., Fang, Y., Kai, W., Ming, L., Xiyang, J., Changmei, W., Xingling, Z., Jing, L., & Hong, Y. (2018). Agricultural waste resources and biogas energy potential in rural areas of Lao PDR. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 40(19), 2334–2341. <https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1488017>

ອຸນຫະພູມສູດທ້າຍ, °C	53	47	47
ຄວາມດັນຂາເຂົ້າ, Bar	5	3	1.5
ຄວາມດັນຂາອອກ, Bar	~ 0.05	~ 0.05	~ 0.05
ອັດຕາສ່ວນໄບໂອດີເຊລ, %	94.3	92.5	89.7
ອັດຕາສ່ວນກລີເຊຣິນ, %	5.7	7.5	10.3



ຮູບ 3: ໂຕຢ່າງຂອງໄບໂອດີເຊລທີ່ໄດ້ຈາກການທົດລອງຫຼັງຈາກແຍກເອົາກລີເຊຣິນອອກແລ້ວ: 1) ກໍລະນີແຜ່ນອໍຣິຟິສຮູດງວຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງ 5 mm, 2) ກໍລະນີແຜ່ນອໍຣິຟິສຫຼາຍຮູດງວຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງ 2 mm, 3) ກໍລະນີແຜ່ນອໍຣິຟິສຮູດງວຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງ 4 mm, ແລະ 4) ກໍລະນີແຜ່ນອໍຣິຟິສຮູດງວຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງ 6 mm.

ຕາຕະລາງ 2. ຜົນການທົດລອງໃນເງື່ອນໄຂການປ່ຽນແປງຂະໜາດຮູດງວຂອງແຜ່ນອໍຣິຟິສຮູດງວ

	ຂະໜາດຂອງຮູດງວອໍຣິຟິສ, mm		
	4	5	6
ອຸນຫະພູມເລີ່ມຕົ້ນ, °C	28	28	28



ສັດວິສາຫະກິດ ນໍ້າມັນເຊື້ອໄຟລາວ

LAO STATE FUEL COMPANY

Technical department Tel : 460952

ໃບຢັ້ງຢືນການທົດລອງ

CERTIFICATE OF ANALYSIS

ແບບມາຈາກ: ... ນັກສຶກສາ ມຊ ... ຄະນະ
 Sample Source: ...
 ຊະນິດນໍ້າມັນ: ກາຊວນຊີວະພາບ
 Sample Name: Bio Diesel
 ວັນ,ເດືອນ,ປີເອົາແບບ: 01 / 08 / 2024
 Date of Sampling: 01 / 08 / 2024
 ຈຳນວນ
 Quant
 ວັນ,ເດືອນ
 Date

ລ/ດ	ລາຍງານການທົດລອງ TEST ITEMS	ວິ Meth
1	ມວນສານຈຳເພາະ ທີ່ອຸນຫະພູມ 15 °C -Specific Gravity @ 15 °C	
2	ຄວາມຊຸ້ມໃສ 40°C -Viscosity KINEMATIC @ 40°C, Cst	
3	ທົດລອງກັບແຜ່ນທອງ -Copper strip corrosion (3 h @ 50 °C)	
4	ນ້ຳໜັກ API @ 60 °F -API Gravity 60°F	

ຮູບ 4: ຄໍາຄຸນສົມບັດພື້ນຖານຂອງນໍ້າມັນ