

การศึกษาสมรรถนะตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิติยร่วมไอระเหยเอทานอล

Study performance of solar disinfection cabinets with vapor of ethanol

จาร์วัฒน์ เจริญจิต^{1*}

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เลขที่ 1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อ่าง อำเภอ เมือง จังหวัด สงขลา 90000

*ติดต่อ: Email: j.jaruwat@gmail.com, 086-6856747, 074-315185

บทคัดย่อ

ปัจจุบันความตระหนักถึงปัญหาล้างงานและสิ่งแวดล้อมและพยายามหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้นในกิจกรรมต่างๆ เพื่อแสดงความรับผิดชอบต่อภาพรวมในปัญหาดังกล่าว จากการทำงานด้านอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมทางนักวิจัยจึงประยุกต์ใช้รังสีอาทิติยในการฆ่าเชื้อในอุปกรณ์ทางการแพทย์ให้สะอาด ซึ่งปกติต้องผ่านวิธีทางกายภาพ และวิธีทางเคมี อย่างไรก็ตามวิธีการใช้เอทานอลในการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์เป็นที่นิยมใช้ในโรงพยาบาลทั่วไปเพราะเอทานอลเป็นสารเคมีฆ่าเชื้อมาตรฐานและมีประสิทธิภาพ โดยวิธีการดังกล่าวมีข้อเสียหลายประการ คือ 1. สารละลายเอทานอลที่สัมผัสเป็นสาเหตุให้ผิวหนังแห้งจากการระเหยของเอทานอล 2. ต้องใช้เอทานอลจำนวนมากที่จะใช้ในการทำความสะอาดอุปกรณ์โดยการแช่และล้างอุปกรณ์ซึ่งเป็นสิ้นเปลืองและไม่มีประสิทธิภาพ 3. กระบวนการผลิตเอทานอลความเข้มข้นสูงต้องใช้พลังงานจำนวนมากในการกลั่น จากข้อเสียข้างต้นแนวคิดของการใช้ความร้อนจากพลังงานหมุนเวียนถูกนำมาใช้ ในกรณีนี้รังสีอาทิติยถูกนำมาใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่ำร่วมกับสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 95%v/v เป็นสารทำงานสำหรับการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C กระบวนการนี้ใช้เอทานอลน้อยกว่า ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำหลัก: ตู้ฆ่าเชื้อ; ไอระเหยเอทานอล; ความร้อนรังสีอาทิติย

Abstract

Nowadays, we are all aware of the current energy and environment problems and we have been trying to search for more conservation procedures in every activities in order to show responsibility in such issues. To work over energy and environmental conservations, the researcher had applied solar radiation in medical sterilization, to sterilize critical items of medical devices. Which normally must be done through physical and chemical procedures. Although, the method of using ethanol to disinfect medical equipment is commonly used in general hospitals because ethanol is a standard and effective sterilize chemical. There are several disadvantages which are 1. Ethanol caused dry skin on body parts that exposed to ethanol from its evaporation. 2. A lot of Ethanol are needed to be used to clean equipment by soaking and rinsing which is wasteful and inefficient. 3. The process of getting highly concentrated Ethanol required lots of energy in refining. According to above

disadvantages, the concept of using thermal from renewable energy are applied. In this case solar radiation are applied to disinfect at low temperatures with ethanol solution at 95% by volume that work as a medium for disinfection at the temperature lower than 100°C. This process consumed less ethanol as ethanol can be reused which is more efficient energy consumption and more environmental friendly.

Keywords: disinfection cabinets; vapor of ethanol; solar thermal

1. บทนำ

ปัจจุบันการฆ่าเชื้อในอุปกรณ์ทางการแพทย์มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ วิธีทางกายภาพ และวิธีทางเคมี [1] ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้ สามารถแบ่งเป็นรูปแบบการฆ่าเชื้ออยู่หลายรูปแบบด้วยกัน เช่น การฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อน การฆ่าเชื้อด้วยรังสี การทำให้ปลอดเชื้อโดยการกรอง การฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมีที่อยู่ในรูปของสารละลายต่างๆ [2] เช่น สารละลายเอทานอล สารประกอบคลอรีน ในการล้างฆ่าอุปกรณ์ทางการแพทย์ และการฆ่าเชื้อด้วยแก๊ส ได้แก่ ฟORMALดีไฮด์ เอทิลีนออกไซด์ ไพรไพรีนออกไซด์ เป็นต้น โดยวิธีที่นิยมและสามารถใช้อย่างปลอดภัย ได้แก่ การฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อน และการฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมี เช่น เอทานอล สารประกอบคลอรีน ในขณะที่การฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนสามารถแบ่งเป็นการพาสเจอร์ไรส์ (Pasteurization) เป็นการทำความร้อนในระดับที่ไม่สูงมาก (Mild heat) อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C และการสเตอริไลซ์ (Sterilization) เป็นการทำความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100°C มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำลายสปอร์ของแบคทีเรีย ซึ่งมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าเซลล์ปกติ โดยเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนระดับต่างๆ เป็นปัจจัยในการฆ่าเชื้อที่สำคัญ ยิ่งใช้เวลานานยิ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ เช่น อบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 62.5°C ต้องใช้เวลา 30 นาที และถ้าอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงขึ้นเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ สามารถฆ่าเชื้อได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ระยะเวลาการฆ่าเชื้อลดลง

อย่างไรก็ตาม การฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมีที่อยู่ในรูปของสารละลายเอทานอล ในการเช็ดทำความสะอาด และการล้างฆ่าอุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นวิธีการฆ่าเชื้อ

เบื้องต้นที่นิยมใช้ในสถานพยาบาลทั่วไป เนื่องจากเอทานอลมีประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อระดับปานกลาง คือ ไม่สามารถทำลายเชื้อสปอร์ของแบคทีเรีย แต่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญ เช่น เชื้อแบคทีเรีย เชื้อวัณโรคและเชื้อไวรัสได้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 โดยฤทธิ์ในการทำลายเชื้อไวรัสเปลี่ยนไปตามความเข้มข้นของสารละลาย ในขณะที่ไวรัสตับอักเสบบและ AIDS ยังไม่มีหลักฐานแน่ชัด และเป็นสารที่ใช้ฆ่าเชื้อได้อย่างแพร่หลาย แต่ก็ยังส่งผลกระทบต่อร่างกายที่สัมผัสทำให้ผิวหนังจากการระเหย และต้องใช้เอทานอลปริมาณมากในการทำ ความสะอาด ในลักษณะการล้างฆ่าอุปกรณ์ทางการแพทย์ซึ่งพิจารณาว่าสิ้นเปลือง และไม่มีประสิทธิภาพ จึงมีแนวคิดในการนำความร้อนจากพลังงานทดแทนจากรังสีอาทิตย์มาใช้ในการฆ่าเชื้อต่างๆ ที่อุณหภูมิต่ำ โดยทำงานร่วมกับสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 95%v/v เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้ดีกว่าการใช้รังสีอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นวิธีการฆ่าเชื้อทางเคมีและทางความร้อนร่วมกัน โดยออกแบบให้ใช้เอทานอลในการฆ่าเชื้อในตู้ทั้งหมด โดยให้ความร้อนจากรังสีอาทิตย์เป็นแหล่งความร้อนให้กับเอทานอลให้อุณหภูมิสูงขึ้น เกิดการระเหยตัวกลายเป็นไอเอทานอลความเข้มข้นสูงสำหรับฆ่าเชื้อต่อไป ซึ่งเอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ มีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 78°C ที่ความดัน 1 บรรยากาศ จากสมบัติของเอทานอลที่ระเหยตัวได้ง่ายและมีความสามารถในการฆ่าเชื้อได้ดี จึงสามารถนำมาให้ความร้อนได้ที่อุณหภูมิที่ไม่สูงมากเช่นรังสีอาทิตย์ สามารถเกิดการระเหยตัวได้ ซึ่งเอทานอลที่มีความเข้มข้นสูงจะสามารถทำลายเชื้อได้ดีกว่าที่มีความเข้มข้นต่ำ เอทานอลที่มีความ

เข้มข้น 95%v/v นั้นจึงทำลายเชื้อได้ดีกว่าเอทานอลที่มีความเข้มข้น 70%v/v ที่ใช้โดยทั่วไป

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพและความเข้มข้นที่ใช้ของน้ำยา
ระงับเชื้อและน้ำยาฆ่าเชื้อ [2]

สารเคมี	ประสิทธิภาพ	ความเข้มข้น
Alcohol	Intermediate	70 – 95%
Formaldehyde	Intermediate	37%
Glutaraldehyde	high	2%
Chlorhexidine	Low	4%
Iodine	Intermediate	1-2%
Iodophores	Intermediate	10%
Sodium Hypochlorite	Intermediate	2-3%
Hydrogen Peroxide	Low	3%

จากหลักการข้างต้น พบว่ามีแนวทางที่สามารถประยุกต์ใช้หลักการของเครื่องกลั่นสารละลายด้วยรังสีอาทิตย์ ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้ในการกลั่นน้ำทะเลหรือน้ำที่ไม่บริสุทธิ์ ให้เป็นน้ำสะอาดที่สามารถใช้ในการอุปโภคบริโภค ได้อย่างมีคุณภาพ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการใช้เครื่องกลั่นน้ำรังสีอาทิตย์แบบอ่าง (basin solar still) เนื่องจากมีส่วนประกอบไม่ซับซ้อน และใช้งานอย่างกว้างขวางในหลายๆ งานวิจัย เช่นการกลั่นเพื่อบำบัดน้ำเสียสุขภาพและอุตสาหกรรมก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะ [3] นอกจากนี้ได้มีการเพิ่มสมรรถนะโดยการนำแผ่นกระจกมาสะท้อนรังสีลงบริเวณอ่างที่เป็นลอนพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณการกลั่นจากกรณีไม่มีแผ่นสะท้อน 21.55% ที่อัตราการกลั่นน้ำ 2.35 L/m²-day [4] หรือออกแบบระบบน้ำหยดบนแผ่นเส้นใยในเครื่องกลั่นแบบลาดเอียง ซึ่งมีปริมาณการกลั่นสูงกว่าแบบทั่วไป 20-25% ที่ 4.10 L/m²-day [5] นอกจากนี้ได้มีการออกแบบเครื่องกลั่นแบบขั้นบันได (stepped solar still) รวมถึง

ติดตั้งกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์แนวตั้งในแต่ละชั้น เพื่อเพิ่มความเข้มข้นในระบบให้สูงขึ้น พบว่าเพิ่มปริมาณการกลั่นสูงกว่าแบบอ่างทั่วไป 75% และ 57% ตามลำดับ [6] นอกจากนี้มีการเปรียบเทียบพื้นผิวกลั่นตัวของเครื่องกลั่นระหว่างผิวกลั่นตัวพลาสติกใส (polyethylene terephthalate, PET) กับกระจกใส [7] พบว่ามุมสัมผัส (contact angle) ของวัสดุผิวกลั่นตัวเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดสำหรับการเลือกวัสดุสำหรับใช้เป็นผิวควบแน่นภายในเครื่องกลั่น โดยวัสดุกระจกมีมุมสัมผัส (contact angle) ต่ำกว่าพลาสติก ด้วยสมบัติชอบน้ำของกระจก (hydrophilic) ดังกล่าว น้ำจึงกลั่นตัวได้มากกว่า และส่งผลให้รังสีอาทิตย์ทะลุผ่านได้มากกว่า โดยมีค่าสะท้อนรังสีอาทิตย์ของผิวควบแน่นวัสดุโปร่งแสงต่ำเป็นปัจจัยรองลงมาโดยเครื่องกลั่นน้ำแบบพื้นเอียง (inclined solar still) ทำงานร่วมกับเทคนิคต่างๆ [8] จะให้ผลผลิตและประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องกลั่นน้ำแบบอ่างอย่างชัดเจน [9] จากรายงานปริทรรศน์งานวิจัยด้านเทคโนโลยีการกลั่นน้ำ แสดงการพัฒนาอย่างรวดเร็วอย่างต่อเนื่อง [10] และกระบวนการดังกล่าวสามารถประยุกต์นำเอาพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ เพื่อช่วยลดการปลดปล่อยคาร์บอนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [11]

จากข้อมูลข้างต้น โครงการนี้จึงทำการศึกษาสมรรถนะการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับโอโซนเอทานอล โดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 95%v/v เป็นสารตัวกลางตัวกลางในการฆ่าเชื้อ โดยศึกษาที่กระบวนการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C โดยการสร้างตู้ฆ่าเชื้อที่นำหลักการทำงานของเครื่องกลั่นน้ำทะเล และหลักการของเครื่องกลั่นเอทานอลเพื่อให้เอทานอลซึ่งเป็นสารตัวกลั่นนั้นเกิดการระเหยตัวเป็นไอ โดยไอที่เกิดการระเหยสามารถนำไปฆ่าเชื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์ ได้ปริมาณที่มากกว่าการล้างฆ่าอุปกรณ์ทางการแพทย์ ที่การใช้ปริมาณสารละลายเอทานอลเท่ากัน ตามลำดับ

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

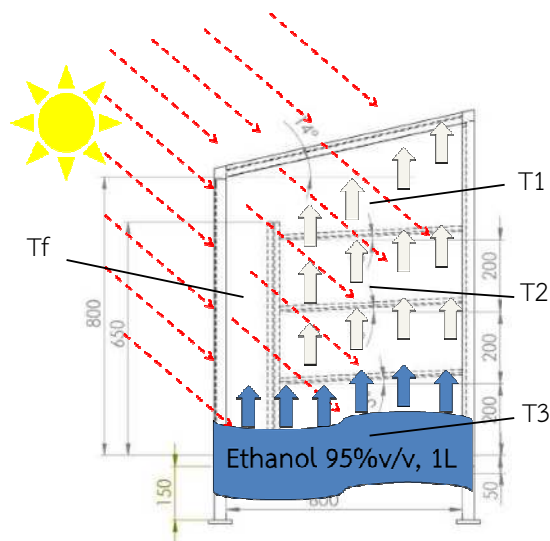
2.1 ชุดทดลอง



รูปที่ 1 ตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับไอระเหยเอทานอล

ตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับเอทานอลความเข้มข้น 95%v/v ทำด้วยสแตนเลสเกรด 304 เคลือบที่ได้ง่าย ติดตั้งกระจก 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านบน ด้านหน้า ด้านข้างซ้ายและขวาของตู้ฆ่าเชื้อ และกันกระจกไว้ด้านหลัง 1 ด้าน ซึ่งขนาดกันกระจกด้านหน้า ส่วนด้านหลังตู้จะปิดด้วยประตูสแตนเลส กระจกด้านบนทำมุมเอียง 14° กับแนวระนาบ กระจกด้านในออกแบบไว้เพื่อกันห้องฆ่าเชื้อเพื่อเหตุผลช่วยในการหมุนวนอากาศและการควบแน่นเอทานอลในตู้ฆ่าเชื้อ ส่วนล่างติดตั้งอ่างบรรจุสารละลายเอทานอล และติดตั้งฉนวนกันความร้อน เพื่อลดการสูญเสียความร้อน ในตู้ประกอบด้วยชั้นวางอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบจะออกแบบเป็นลักษณะเป็นร่องโปร่งจำนวน 3 ชั้น แต่ละชั้นทำมุมเอียง 3° กับแนวระนาบ สามารถฆ่าเชื้ออุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบปริมาตรทั้งหมด ขนาด $0.45 \times 0.6 \times 0.8 \text{ m}^3$ ทำงานโดยใช้สารละลายเอทานอลความเข้มข้น 95%v/v ปริมาตร 1 ลิตร เป็นสารทำงาน

2.2 หลักการทำงาน



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดการทำงานของตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับไอระเหยเอทานอล

การทำงานของตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับไอระเหยเอทานอล อาศัยการแผ่รังสีอาทิตย์ ส่งผ่านไปยังชุดกระจกใสหนา 3 mm ทรงสี่เหลี่ยมด้านขนานซึ่งครอบคลุมชั้นวางอุปกรณ์จำนวน 3 ชั้น แต่ละชั้นทำมุมเอียง 3° กับแนวระนาบ มีขนาดพื้นที่ $0.42 \times 0.42 \text{ m}^2$ แต่ละชั้นมีระยะห่าง 20 cm โดยมีภาตสารละลายเอทานอล อยู่ด้านล่าง รังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านกระจกใส เข้ามาในตู้จะถูกดูดซับด้วยอุปกรณ์ทั้งหมดในแต่ละชั้น รวมถึงสารละลายเอทานอล จากสมบัติการดูดซับรังสีอาทิตย์ของวัตถุแต่ละชนิด อุณหภูมิจึงเพิ่มขึ้น ตามลำดับ และเมื่อวัตถุร้อนขึ้นก็จะเปล่งรังสีความร้อนออกมาในตู้กระจก เกิดภาวะเรือนกระจกในระบบ ส่งผลให้อุณหภูมิของสารละลายเอทานอลและอากาศภายในสูงขึ้น เอทานอลจึงระเหยมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ประกอบกับรูปทรงชุดกระจกใสทรงสี่เหลี่ยมด้านขนานที่ทำมุมเอียงด้านเดียว จากแนวระดับ เมื่อมีการระบายความร้อนบริเวณผิวกระจกด้านบน จากการควบแน่นของเอทานอลในตู้ เป็นปัจจัยให้เกิดการ

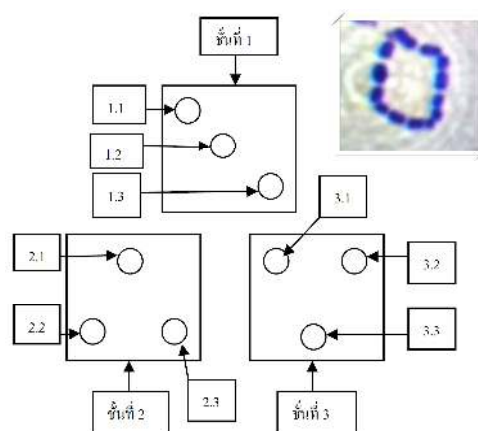
หมุนวนของอากาศในรูปแบบเทอร์โมไซฟอน ส่งผลให้มีการถ่ายเทความร้อน และมวลระหว่างอากาศร้อน ไอเอทานอล ที่เคลื่อนที่ กับอุปกรณ์ทางการแพทย์ทั้งหมดในตัว ในลักษณะการพาความร้อนและมวลโดยธรรมชาติในภาวะปิด (Passive) ซึ่งไอเอทานอลจะกลั่นตัวบริเวณผิวกระจกด้านบน ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า อย่างต่อเนื่อง และไหลไปกลับไปยังอ่างด้านล่าง อย่างต่อเนื่อง ไม่เกิดการสูญเสียใดๆ ในขณะที่ไอเอทานอลที่สัมผัสอุปกรณ์ทางการแพทย์สามารถฆ่าเชื้อได้อย่างทั่วถึง ตามลำดับ

2.3 วิธีการทดลอง

ดำเนินการทดสอบช่วงระหว่างเวลา (9:00-15:00น.) เป็นเวลา 6 ชั่วโมงต่อวัน โดยติดตั้งเครื่องทดลองหันไปทางทิศใต้ เพื่อทดสอบสมรรถนะระบบ ทำการวัดค่ารังสีอาทิตย์ด้วย Pyranometer (Kipp & Zonen) Model CM 11B ความละเอียด $\pm 2 \text{ W/m}^2$ วัดอุณหภูมิภายในตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับไอระเหยเอทานอล ตำแหน่งต่าง ๆ คือ อุณหภูมิด้านบน (T1), อุณหภูมิกลางตู้ (T2), อุณหภูมิสารละลายด้านล่าง (T3), อุณหภูมิช่องกระจกด้านหน้าตู้ (Tf) และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (Ta) วัดโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ความละเอียด $\pm 0.5^\circ\text{C}$ บันทึกข้อมูลค่ารังสีและอุณหภูมิการทดลอง ทุกๆ 1 นาที โดยใช้ Data logger (Yokogawa) Model MW 100 เพื่อวิเคราะห์ผลทางด้านอุณหภูมิในระบบ

ในส่วนของการทดสอบการฆ่าเชื้อได้นำเชื้อแบคทีเรียในช่องปากในบริเวณต่อมทอนซิล มาเพาะเลี้ยงเชื้อในจานอาหารเลี้ยงเพื่อสามารถสังเกตเชื้อแบคทีเรียด้วยตาเปล่าได้อย่างชัดเจน โดยบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 18 ชั่วโมง เพื่อให้เชื้อเจริญเติบโตมาใช้ในการทดสอบการฆ่าเชื้อได้ จากการทดสอบในห้องวิทยาศาสตร์พบว่าเชื้อแกรมบวกอยู่ในตระกูล Streptococcus ทดสอบด้วยการเพาะเชื้อลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี Aseption Technique สำหรับการทดลองการฆ่าเชื้อในตู้ฆ่าเชื้อ จำนวน 9 จาน โดยแบ่งกรณีศึกษาทั้งหมด 2 กรณี ประกอบด้วย กรณีที่ 1 ทดสอบโดยตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสี

อาทิตย์ร่วมกับไอระเหยเอทานอล เทียบกับการใช้รังสีอาทิตย์โดยตรงภายนอกตู้ (open) และกรณีที่ 2 ทดสอบโดยตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ (solar) โดยใช้เวลากการทดลองการฆ่าเชื้อภายในตู้และนอกตู้ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (9:00-15:00น.) โดยการทดลองในกรณีที่ 1 และ 2 จะนำจานเพาะเชื้อจำนวน 9 จาน วางบนถาดวางเชื้อทดสอบจำนวน 3 จานต่อชั้น โดยวางสลับตำแหน่งดังแสดงรายละเอียดการจัดวางในรูปแบบที่ 3 และ 4 นำออกทดสอบโดยใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน ดังแสดงในรูปแบบที่ 5 สำหรับกรณีที่ 1 ทดลองเทียบกับการฆ่าเชื้อนอกตู้ด้วยรังสีอาทิตย์โดยตรง หลังจากนั้นทำการทดสอบการหลงเหลือของเชื้อแบคทีเรียในขั้นตอนการทดสอบต่อไป

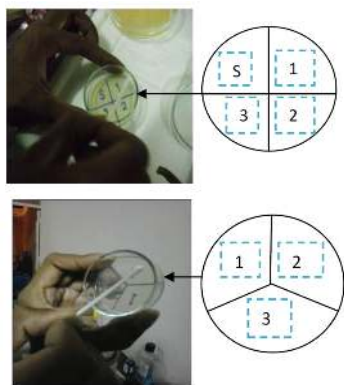


รูปที่ 3 ลักษณะการจัดวางจานเพาะเชื้อในชั้นการทดสอบ



รูปที่ 4 ลักษณะการจัดวางจานเพาะเชื้อในชั้นการทดสอบ

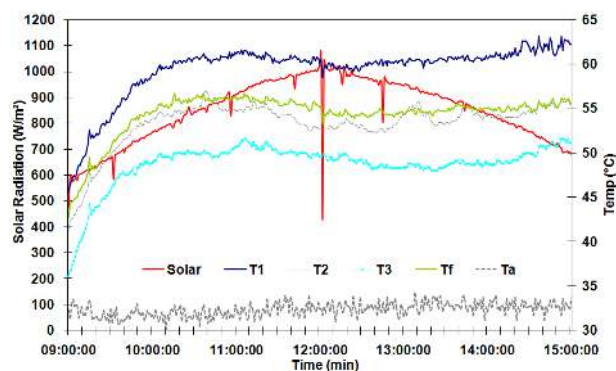
สมรรถนะของการฆ่าเชื้อดำเนินการด้วยวิธีการโดยวิธี Microbiological culture ซึ่งทดสอบการหลงเหลือของเชื้อ โดยการถ่ายเชื้อแบคทีเรียที่ผ่านการทดลองในขั้นตอนก่อนหน้านี้อย่างเรียบร้อยแล้ว ไปลงในอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่เพื่อทดสอบการหลงเหลือของเชื้อแบคทีเรีย โดยในขั้นตอนนี้อาหารเลี้ยงเชื้อจะถูกแบ่งเป็นส่วน ๆ เพื่อถ่ายเชื้อโดยสุ่มตัวอย่างจากชั้นการทดสอบในตู้ 1, 2, 3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพต่าง ๆ ในงานเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 5 และบ่มเชื้อแบคทีเรียในอาหารใหม่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในภาชนะปิดเพื่อป้องกันเชื้อแบคทีเรียจากภายนอก เข้ามาปะปนซึ่งส่งผลต่อการทดสอบ และสังเกตการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้ออีกครั้ง โดยอาศัยการพิจารณาด้วยสายตาวามีจำนวนโคโลนีเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยอาศัยเกณฑ์การตัดสินใจ ถ้าเกิดโคโลนีใหม่พิจารณาว่าไม่สามารถฆ่าเชื้อได้และไม่เกิดโคโลนีใหม่พิจารณาว่าสามารถฆ่าเชื้อได้



รูปที่ 5 การทดสอบการหลงเหลือของแบคทีเรียและการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย กรณีที่ 1 และ 2

3. ผลการทดสอบและวิจารณ์

3.1 อุณหภูมิในตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์

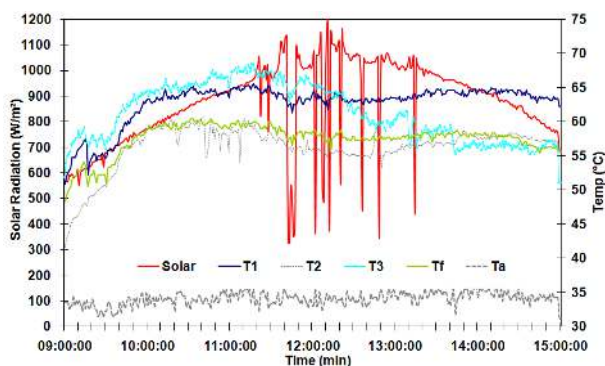


รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของกรณีฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับไอระเหยเอทานอล

จากรูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาพบว่าสภาวะเรือนกระจกของตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับไอระเหยเอทานอล ส่งผลให้อุณหภูมิในตู้โดยเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (Ta) ประมาณ 20-30°C แปรผันตามค่ารังสีอาทิตย์และระยะเวลาในการสะสมพลังงาน ความร้อนของวัสดุและสารทำงานในระบบ ช่วงเวลาประมาณ 10:00น.อุณหภูมิภายในตู้ค่อนข้างคงที่ จากค่าความจุความร้อนของแก๊สหรือไอผสมระหว่างอากาศและไอระเหยเอทานอลในตู้ มีการแยกชั้นของอุณหภูมิของแก๊สตามหลักการถ่ายเทความร้อนโดยการพาตามธรรมชาติระหว่างผิวระเหยกับผิวกระจกควบแน่นบริเวณส่วนบนและด้านหน้าเป็นหลัก โดยบริเวณด้านบน (T1) ในตู้มีอุณหภูมิประมาณ 60°C, อุณหภูมิกลางตู้ (T2) และอุณหภูมิช่องกระจกด้านหน้าตู้ (T3) มีค่าใกล้เคียงกันที่อุณหภูมิประมาณ 55°C, อุณหภูมิสารละลายเอทานอล (T3) มีค่าประมาณ 50°C ระหว่างการทดลองช่วง 11:00-14:00น.ในตู้จะมีลักษณะเป็นหมอกและของเหลวควบแน่นบริเวณผิวกระจกภายในตู้อย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 7 ตามลำดับ



รูปที่ 7 ลักษณะตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับไอระเหยเอทานอลระหว่างการทดสอบ

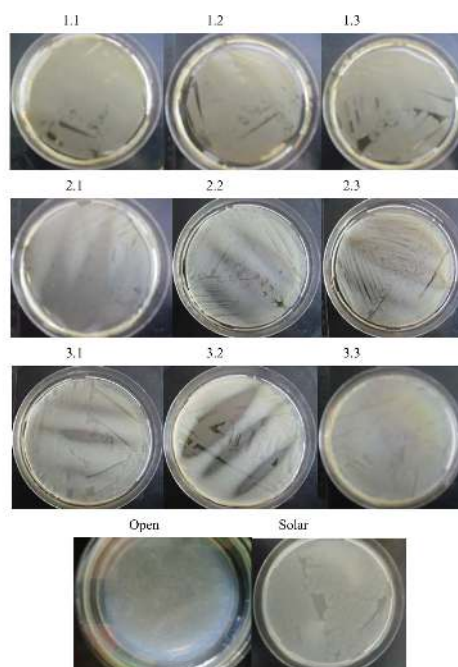


รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของกรณีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจากรังสีอาทิตย์

จากรูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาพบว่าสภาวะเรือนกระจกของตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์มีลักษณะเช่นเดียวกันกับการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับไอระเหยเอทานอล โดยบริเวณด้านบน (T1) ในตู้มีอุณหภูมิประมาณ 64°C, อุณหภูมิกลางตู้ (T2) และอุณหภูมิช่องกระจกด้านหน้าตู้ (Tf) โดยมีค่าใกล้เคียงกันที่อุณหภูมิประมาณ 55°C ในขณะที่อุณหภูมิตรงบริเวณอ่างรองรับสารละลาย (T3) กรณีไม่ใช้สารละลายเอทานอลมีอุณหภูมิสูงกว่าการทดลองฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับไอระเหยเอทานอล เนื่องจากไม่มีการเติมสารฆ่าเชื้อสำหรับการทดลองด้วยความร้อนจากรังสีอาทิตย์จึงไม่มีการถ่ายความร้อนให้กับสารละลายทำให้อุณหภูมิ

บริเวณอ่างรองรับสารละลายมีอุณหภูมิสูงกว่าการทดลองกรณีใช้สารละลายเอทานอลปริมาณ 1 ลิตร

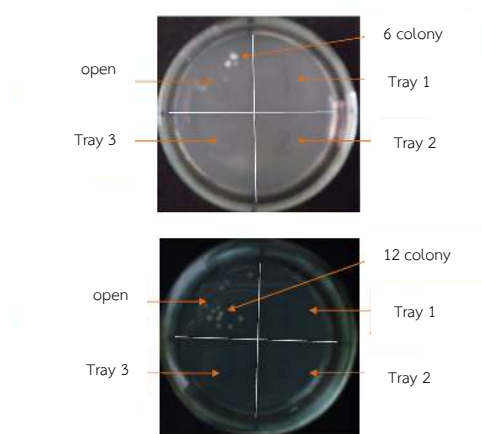
3.2 ผลการทดสอบการหลงเหลือของเชื้อแบคทีเรีย



รูปที่ 9 ลักษณะเชื้อแบคทีเรียในจานอาหารเลี้ยงหลังจากการทดลอง

จากรูปที่ 9 ลักษณะเชื้อแบคทีเรียในจานอาหารเลี้ยงหลังจากการทดลองในแต่ละขั้นการทดสอบ และเมื่อนำไปทดสอบการหลงเหลือของเชื้อแบคทีเรียกรณีศึกษาต่าง ๆ พบว่าการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์โดยตรงมีการหลงเหลือของเชื้อแบคทีเรียโดยเห็นเป็นจำนวนโคโลนีมีจำนวน 6 และ 12 โคโลนี ที่เกิดขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อจานใหม่ตรงบริเวณช่อง (open) ส่วนกรณีการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับไอระเหยเอทานอลความเข้มข้น 95%v/v เมื่อพิจารณาจำนวนแบคทีเรียที่เกิดขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อจานใหม่ตรงบริเวณช่อง 1, 2, 3 พบว่าไม่มีการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและไม่พบจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้นตรงบริเวณช่อง 1, 2, 3 แสดงให้เห็นว่าการฆ่าเชื้อ

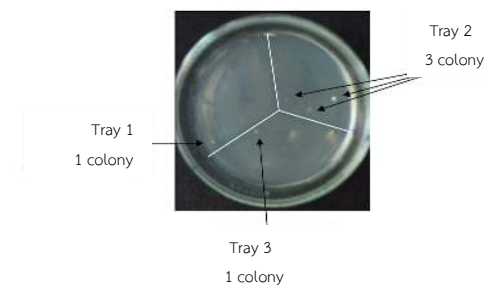
ด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับไธระเหยเอทานอลสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้หมดทั้ง 3 ชั้น แต่การฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์โดยตรงไม่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้หมดเพราะมีการหลงเหลือของเชื้อแบคทีเรียที่เกิดขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่โดยมีเชื้อแบคทีเรีย และจำนวนโคโลนีที่เกิดในจานอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่หลังบ่ม 48 ชั่วโมง ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 10



รูปที่ 10 การทดสอบสมรรถนะของการฆ่าเชื้อโดยวิธี Microbiological culture กรณีฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับไธระเหยเอทานอลเทียบกับการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์โดยตรง (open)

ในขณะที่ผลการทดลองการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจากรังสีอาทิตย์ในตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ (solar) เพียงอย่างเดียว พบว่าการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่ พบว่าบริเวณชั้นที่ 1 พบจำนวน 1 โคโลนี, บริเวณชั้นที่ 2 พบจำนวน 3 โคโลนี และบริเวณชั้นที่ 3 พบจำนวน 1 โคโลนี จากข้อมูลดังกล่าวพิจารณาได้ว่าอุณหภูมิการส่งผลต่อการฆ่าเชื้อเช่นกัน เนื่องจากบริเวณชั้น 2 พบการเจริญเติบโตของแบคทีเรียขึ้นมาเป็นจำนวนโคโลนีมากที่สุด ในขณะที่อุณหภูมิบริเวณชั้นที่ 2 มีอุณหภูมิต่ำกว่า ชั้น 1 และชั้น 3 โดยบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงบริเวณนั้นจะมีประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อที่ดีกว่าอุณหภูมิต่ำ อย่างไรก็ตามในกรณีนี้ที่อุณหภูมิ

ประมาณ 75°C ในตู้ฆ่าเชื้อไม่สามารถฆ่าเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลให้ การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจากรังสีอาทิตย์ไม่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้หมด ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 11



รูปที่ 11 การทดสอบสมรรถนะของการฆ่าเชื้อโดยวิธี Microbiological culture กรณีฆ่าเชื้อในตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอาทิตย์ (solar)

4. สรุป

จากการทดลองกรณีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจากรังสีอาทิตย์ร่วมกับไธระเหยเอทานอลความเข้มข้น 95%v/v ปริมาตร 1 ลิตร สามารถทำลายเชื้อแบคทีเรียในช่องปากตระกูล Streptococcus แกรมบวกได้ ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์จึงสามารถทำลายเชื้อได้จากสมบัติของเอทานอลในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียเป็นปัจจัยหลักในการฆ่าเชื้ออย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50-60°C เป็นพลังงานความร้อนในการผลิตไธระเหยเอทานอลให้ระเหยไปฆ่าเชื้อในชั้นวางตัวอย่างทั้งหมดอย่างทั่วถึง โดยไธระเหยเอทานอลดังกล่าวจะควบแน่นกลับมาใช้หมุนวนในระบบต่อเนื่องจนกว่าความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลในระบบต่ำกว่า 70%v/v (การที่เอทานอลทำระเหยน้ำออกจากเชื้อส่งผลให้สามารถทำลายเชื้อแบคทีเรียได้) จากปัจจัยข้างต้นส่งผลให้ไม่มีการสัมผัสของผู้ล้างเครื่องมือ ใช้เอทานอลน้อยลงและนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้ง ประหยัดเอทานอล โดยไธที่เกิดการระเหยนั่นสามารถนำไปฆ่าเชื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์ได้ปริมาณที่มากกว่าการล้างฆ่าอุปกรณ์ทางการแพทย์ ที่



การใช้ปริมาณสารละลายเอทานอลเท่ากัน ตามลำดับ มีสมรรถนะในการทำลายเชื้อ(disinfection) เครื่องมือที่ต้องสะอาด (Semi-critical items) สำหรับวัสดุทางการแพทย์ปกติและที่เสียหายจากความร้อน และสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนในงานสาธารณสุข

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] อะเคื้อ อุมหเลขกะ. (2541). การทำลายเชื้อและการทำให้ปราศจากเชื้อ. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: เจ.ซี.ซี. การพิมพ์ จำกัด
- [2] สุริยพร โพธิ์ศรีทอง. (2555). การดูแลและควบคุมการติดเชื้อจากพื้นผิวต่างๆ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.
- [3] Zarasvand Asadi, R., Suja, F., Ruslan, M.H. and Jalil, N.A.(2013). The application of a solar still in domestic and industrial wastewater treatment, *Solar Energy*, vol. 93, July 2013, pp. 63–71.
- [4] จารุวัฒน์ เจริญจิต และบัญญัติ นิยมवास (2554). การศึกษาเชิงทดสอบสมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนรังสี, *วิศวกรรมสาร มช.*, 38, กรกฎาคม – กันยายน 2554, หน้า 265 -274.
- [5] บรรณชา ชันเขียว และทวิช จิตรสมบูรณ์ (2557). การศึกษาและหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของเครื่องกลั่นน้ำพลังแดดแบบใช้ระบบน้ำหยดบนแผ่นเส้นใย, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28*, มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น
- [6] Omara, Z.M., Kabeel, A.E. and Younes M.M. (2013). Enhancing the stepped solar still

performance using internal reflectors, *Desalination*, vol. 314, February 2014, pp. 67–72.

[7] Bhardwaj, R., ten Kortenaar, M.V. and Mudde R.F. (2013). Influence of condensation surface on solar distillation, *Desalination*, vol. 326, October 2013, pp. 37–45.

[8] Kalidasa Murugavel, K., Anburaj, P., SamuelHanson, R. and Elango T. (2013). Progresses in inclined type solar stills, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 20, April 2013, pp.364–377.

[9] Fatemeh, B.Z., Ashkan, Z.S., Hamid, M. and Farshad,F.T.(2012). Theoretical and experimental study of cascade solar stills, *Solar Energy*, Vol.90, April 2013, pp. 205-211.

[10] Karaghoul, A.A. and Kazmerski, L.L. (2013). Energy consumption and water production cost of conventional and renewable – energy - powered desalination processes, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 24, August 2013, pp. 343–356.

[11] Sharon H. and Reddy K.S. (2015). A review of solar energy driven desalination technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.41, January 2015, pp. 1080–1118.