



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

**การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล
ที่ถูกลบยั้งจากสารฆ่าเชื้อด้วยเซลล์ดักติด**

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนนา สิริพัฒนากุล

ธันวาคม 2554

๒๐๐๒๕๖๐๒๐

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



190933



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล
ที่ถูกยับยั้งจากสารฆ่าเชื้อด้วยเซลล์ดักติด

Enhancement of Hospital Wastewater Treatment System
Inhibited by Disinfectants Using Entrapped Cells



ผู้วิจัย

สังกัด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนทนา สิริพัฒนากุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณ
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 ตามมติคณะรัฐมนตรี

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย ผู้ให้ทุนไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

- ชื่อเรื่อง** การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลที่ถูกยับยั้งจาก
สารฆ่าเชื้อด้วยเซลล์ดักติด
Enhancement of Hospital Wastewater Treatment System Inhibited
by Disinfectants Using Entrapped Cells
- ผู้วิจัย** ผศ.ดร. สุนา สิริพัฒนากุล
- หน่วยงาน** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โดยทั่วไปโรงพยาบาลใช้สารฆ่าเชื้อโรคหลายชนิด ทั้งสำหรับการรักษาพยาบาล การทำความสะอาดเครื่องมืออุปกรณ์ ตลอดจนการรักษาความสะอาดในอาคารต่าง ๆ สารฆ่าเชื้อเหล่านี้เมื่อปะปนลงสู่น้ำทิ้งอาจก่อปัญหาต่อระบบบำบัดน้ำเสียได้ ดังนั้นในการบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลจำเป็นต้องมีกระบวนการหรือระบบอื่น ๆ เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว โดยแนวทางในการป้องกันปัญหาต้องเป็นวิธีการที่ดำเนินการได้ง่าย ใช้เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายน้อย รวมทั้งไม่ต้องใช้พื้นที่มาก เพื่อให้แนวทางป้องกันปัญหาสามารถใช้งานได้อย่างยั่งยืน

การดักติดเซลล์ (Cell entrapment) เป็นการตรึงเซลล์จุลินทรีย์ไว้ภายในสารพอลิเมอร์ ระบบดังกล่าวมีข้อดีหลายประการ คือ สามารถควบคุมปริมาณเซลล์จุลินทรีย์ได้ และสารพอลิเมอร์สามารถป้องกันจุลินทรีย์จากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ จากสมบัติดังกล่าวระบบเซลล์ดักติดเป็นระบบที่มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ เพื่อป้องกันปัญหาในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลที่กล่าวถึงข้างต้น นอกจากนี้วิธีการผลิตเซลล์ดักติดเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก ค่าใช้จ่ายน้อย รวมทั้งเซลล์ดักติดสามารถนำไปใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่เดิมได้

จากเหตุผลข้างต้น งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาผลของสารฆ่าเชื้อต่อการยับยั้งการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลและการใช้เทคนิคเซลล์ดักติดเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว โดยการศึกษาครอบคลุมการรวบรวมชนิดและปริมาณของสารฆ่าเชื้อที่ใช้ในโรงพยาบาล การศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการเตรียมเซลล์ดักติดเพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาล และการศึกษาผลของสารฆ่าเชื้อที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยเซลล์ดักติดเปรียบเทียบกับเซลล์อิสระ ตลอดจนการหาค่าจลนพลศาสตร์การบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนด้วยสารฆ่าเชื้อ งานวิจัยนี้นอกจากจะเป็นการศึกษาเพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมของสารฆ่าเชื้อต่อการบำบัดน้ำเสียอันเป็นองค์ความรู้เชิงพื้นฐานแล้ว ผลงานนี้ยังสามารถขยายผลประยุกต์ใช้จริงในการบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลได้ต่อไป

วัตถุประสงค์

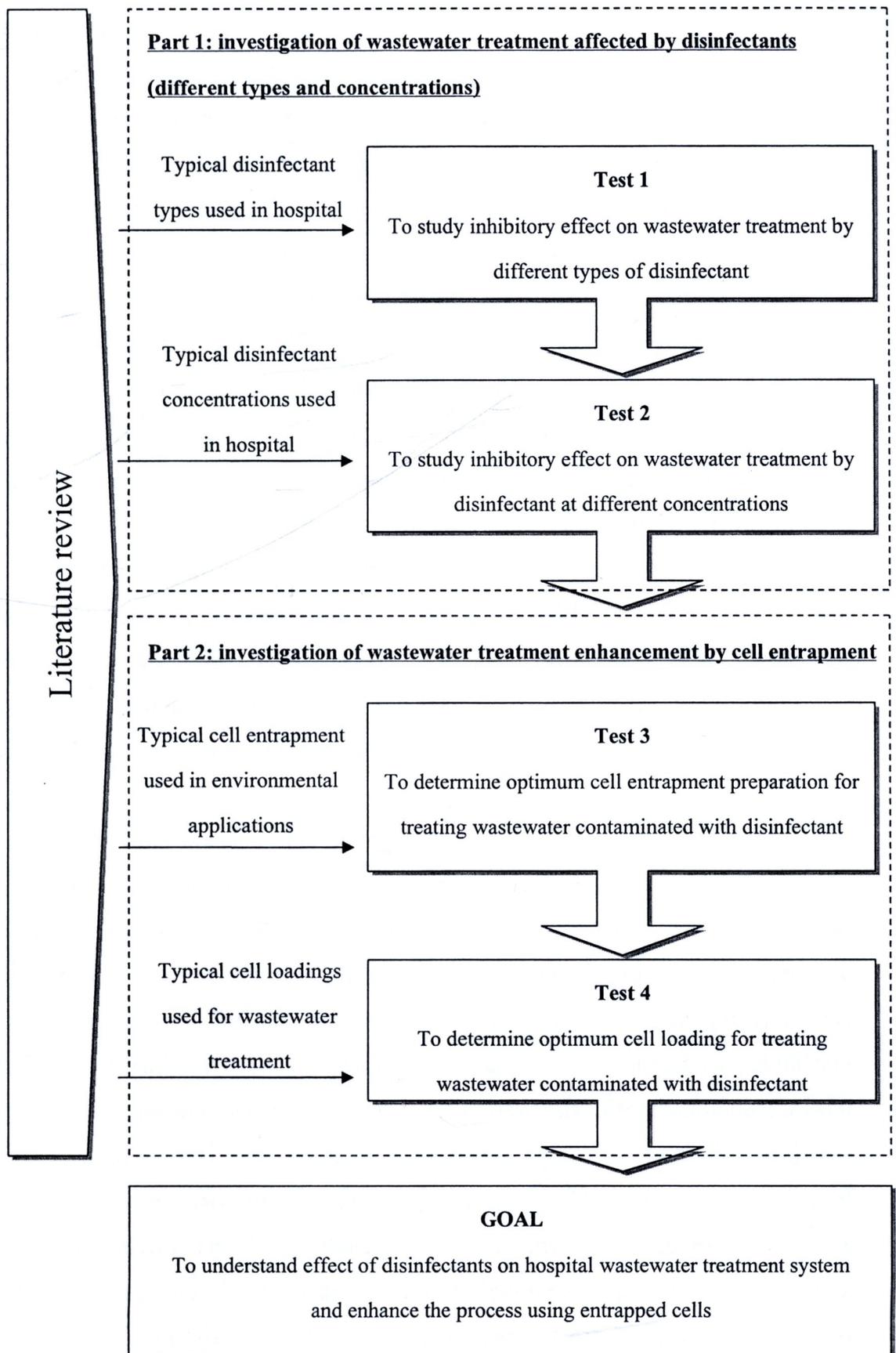
งานวิจัยนี้มีเป้าหมายหลัก คือ เพื่อศึกษาผลของสารฆ่าเชื้อต่อการยับยั้งการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลและการใช้เทคนิคเซลล์ดักติดเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

- 1) เพื่อศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการเตรียมเซลล์ดักติดเพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาล
- 2) เพื่อศึกษาผลกระทบของสารฆ่าเชื้อที่ใช้ภายในโรงพยาบาลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยเซลล์ดักติดและโครงสร้างระดับจุลภาคของเซลล์ดักติด
- 3) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียที่ถูกยับยั้งด้วยสารฆ่าเชื้อระหว่างเซลล์ดักติดกับเซลล์อิสระ

วิธีดำเนินการวิจัย

แนวคิดของงานวิจัยนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 งานวิจัยนี้ซึ่งเป็นงานทดลองในระดับห้องปฏิบัติการสามารถแบ่งภาระงานออกได้เป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1) การศึกษาผลกระทบของสารฆ่าเชื้อชนิดและความเข้มข้นต่าง ๆ และ 2) การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเซลล์ดักติด

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการโดยศึกษาทดลองที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และมีการเก็บข้อมูลและนำตัวอย่างจากโรงพยาบาลวารินชำราบเพื่อประกอบการทดลอง การดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ช่วง คือ 1) การศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 2) การออกแบบการทดลอง 3) การทดลองและการอภิปรายผล 4) สรุปผลการศึกษา และ 5) การเผยแพร่ผลงานและการประยุกต์ใช้ในอนาคต



รูปที่ 1 แนวคิดงานวิจัย

ผลการวิจัย

ผลการทดลองอิทธิพลของสารฆ่าเชื้อในการยับยั้งการบำบัดน้ำเสีย

1) ผลของอิทธิพลของชนิดสารฆ่าเชื้อ

การทดลองในขั้นตอนนี้ใช้สารฆ่าเชื้อที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเกรดการค้ามี 3 ชนิด (ซึ่งเป็นสารที่ใช้มากที่สุด 3 อันดับแรกในโรงพยาบาลตัวอย่าง) ได้แก่ กลูตารัลแอลดีไฮด์ (Glutaraldehyde; GA) โปวิดอน ไอโอไดน์ (Povidone Iodine; PI) สารฆ่าเชื้อชีวภาพ (Eco-friendly biocide; EB) โดยค่าซีโอดีตั้งต้นเฉลี่ย เท่ากับ 370 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มการกำจัดค่าซีโอดีในการทดลองทุกชุด ทั้งที่มีและไม่มีสารฆ่าเชื้อมีลักษณะคล้ายกัน กล่าวคือ ค่าซีโอดีลดลงอย่างรวดเร็วในการทดลอง 4-5 ชั่วโมงแรก จากนั้นการลดค่าซีโอดีช้าลงหรือคงที่ในที่สุด ภายหลังจากสิ้นสุดการทดลองค่าซีโอดีร้อยละ 42 ถึง 70 จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าสารฆ่าเชื้อต่างชนิดส่งผลยับยั้งการบำบัดน้ำเสียแตกต่างกัน ชุดทดลองควบคุม ซึ่งได้แก่ ชุดทดลอง TYPE-ND ไม่มีสารฆ่าเชื้อเจือปนสามารถลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 70 ในขณะที่ในชุดทดลองอื่น ๆ ซึ่งมีสารฆ่าเชื้อมีประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีน้อยกว่าชุดควบคุม การยับยั้งการบำบัดน้ำเสียโดยสารฆ่าเชื้ออยู่ระหว่างร้อยละ 4 ถึง 40 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม จลนพลศาสตร์การกำจัดค่าซีโอดีเป็นไปตามปฏิกิริยาอันดับที่ 1 โดยมีค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา เท่ากับ 0.09 ถึง 0.16 ชั่วโมง⁻¹ จากผลดังกล่าวชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าสารฆ่าเชื้อมีอิทธิพลต่อการการทำงานของเซลล์จุลินทรีย์ตะกอนเร่งและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย โดย PI ส่งผลยับยั้งการบำบัดน้ำเสียสูงที่สุด

2) ผลของอิทธิพลของความเข้มข้นสารฆ่าเชื้อ

การศึกษาผลของความเข้มข้นสารฆ่าเชื้อในการยับยั้งการบำบัดน้ำเสีย ในขั้นตอนคัดเลือกพิจารณาเฉพาะผลของ PI ซึ่งเป็นสารที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสูงที่สุด ผลการทดลองพบว่าค่าซีโอดีลดลงช้า ๆ ตลอดการทดลอง เมื่อความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อสูงขึ้นส่งผลให้ความสามารถของชุดทดลองในการบำบัดน้ำเสียลดลงอย่างชัดเจน โดยกลไกการทำลายเซลล์จุลินทรีย์ด้วยสาร PI คือ สาร PI ซึ่งเป็นสารประกอบของสารไอโอไดด์ (iodide) และสารพาหะพอลิไวนิลไพร์โรไลโดน (polyvinylpyrrolidone) สารพาหะดังกล่าวทำหน้าที่เป็นแหล่งเก็บกักสารไอโอไดน์อิสระ (free iodine) สารไอโอไดน์จะค่อย ๆ ออกมาสัมผัสเซลล์จุลินทรีย์ จากนั้นจึงซึมเข้าผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และทำลายการทำงานของโปรตีน กรดไขมัน และนิวคลีโอไทด์ภายในเซลล์ ส่งผลให้จุลินทรีย์ไม่สามารถทำงานได้ (inactivation) และตายไปในที่สุด การยับยั้งการบำบัดน้ำเสียโดยสารฆ่าเชื้ออยู่ระหว่างร้อยละ 41 ถึง 73 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม จลนพลศาสตร์การกำจัดค่าซีโอดีเป็นไปตามปฏิกิริยาอันดับที่ 1 โดยมีค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา เท่ากับ 0.03 ถึง 0.09 ชั่วโมง⁻¹ จากผลดังกล่าวชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

ผลการทดลองการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลด้วยระบบเซลล์ดักติด

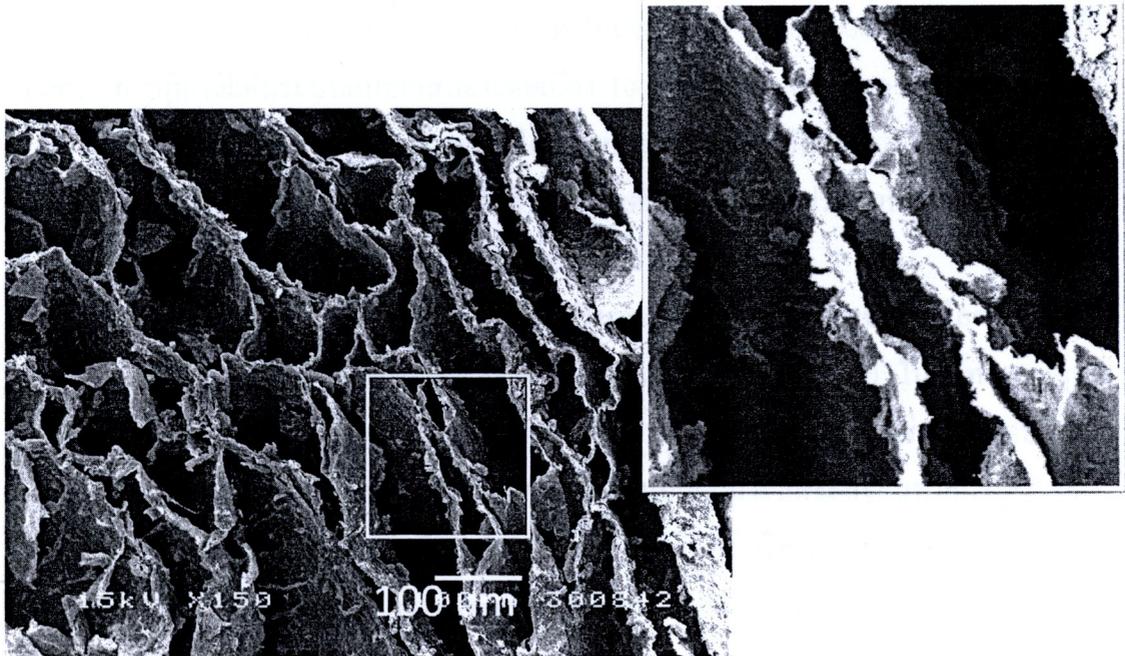
1) ผลการหาสภาวะการเตรียมเซลล์ดักติดที่เหมาะสม

การทดลองในขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสภาวะในการเตรียมเซลล์ดักติดที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารฆ่าเชื้อปนเปื้อน การทดลองขั้นตอนนี้ได้เตรียมเซลล์ดักติดที่อัตราส่วนต่าง ๆ (อัตราส่วนเซลล์ต่อวัสดุดักติด) และเซลล์อิสระ เพื่อศึกษาผลของสารฆ่าเชื้อต่อประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์นั้น ๆ ในการบำบัดน้ำเสีย ผลการทดลองพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีในการทดลองทุกชุดในส่วนนี้มีลักษณะคล้ายกัน กล่าวคือ ค่าซีโอดีลดลงเล็กน้อยอย่างรวดเร็ว (ร้อยละ 11 ถึง 25) ในการทดลองชั่วโมงแรก จากนั้นการลดค่าซีโอดีคงที่หรือลดลงเพียงเล็กน้อยตลอดช่วงการทดลอง โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองค่าซีโอดีคงเหลือเท่ากับร้อยละ 73 ถึง 95 จากผลดังกล่าวชี้ให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าเมื่อดัสดักติด CA สามารถดูดซับค่าซีโอดีได้แต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าอัตราส่วนในการดักติดเซลล์ด้วย CA ส่งผลต่อความสามารถในการลดค่าซีโอดีจากน้ำเสียที่มีสารฆ่าเชื้อปนเปื้อน โดยเมื่อปริมาณของ CA เพิ่มขึ้น (อัตราส่วนเซลล์ต่อวัสดุดักติดลดลง ซึ่งในงานวิจัยนี้ คือ CM-1:20) ส่งผลให้การยับยั้งการกำจัดซีโอดีได้มากขึ้น การยับยั้งการลดค่าซีโอดีคิดเป็นเพียงร้อยละ 8 ในขณะที่ชุดทดลองอื่น ๆ พบการยับยั้งการทำงานถึงร้อยละ 38 ถึง 46

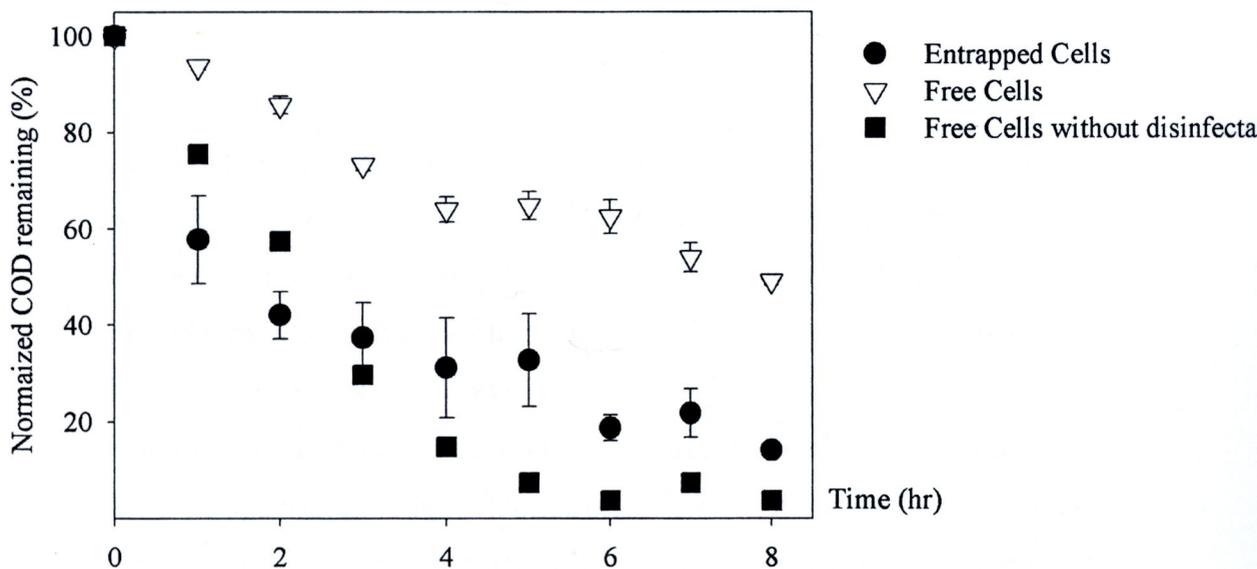
โครงสร้างของเซลล์ดักติดแบบตัดขวาง (cross-sectional view) ในระดับจุลภาค (รูปที่ 2) สนับสนุนผลการทดลองและการอภิปรายที่แสดงไว้ในข้างต้น กล่าวคือ เซลล์จุลินทรีย์ถูกดักติดตามโครงสร้างของปฏิกิริยาเชื่อมแบบไขว้ โดยภายในเม็ด CA มีโครงสร้างที่เป็นตาข่ายถี่มากจนมีลักษณะเป็นแผ่น โดยแผ่นตาข่ายนี้เชื่อมต่อกันส่งผลให้ช่องว่างขนาดใหญ่ (macro void) จำนวนมาก ส่งผลให้สารอาหารและออกซิเจนสามารถเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปได้ อย่างไรก็ตามสำหรับการปกป้องสารพิษคาดว่ากลไกที่เกิดขึ้น เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของวัสดุดักติดที่เป็นแผ่นตาข่ายนี้ปกป้องมิให้สาร PI สัมผัสและทำลายเซลล์จุลินทรีย์โดยตรง ดังนั้นการยับยั้งการบำบัดน้ำเสียจึงลดลงตามไปด้วยเช่นกัน

รูปที่ 3 แสดงผลร้อยละค่าซีโอดีคงเหลือในการชุดทดลองเซลล์ดักติดที่อัตราส่วนที่เหมาะสม (1:20) และเซลล์อิสระในการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสาร PI และน้ำเสียทั่วไป ผลการทดลองพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีในการทดลองทุกชุดในส่วนนี้มีลักษณะคล้ายกัน กล่าวคือ ค่าซีโอดีลดลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ในการทดลอง 4 ชั่วโมงแรก จากนั้นการลดค่าซีโอดีลดลงเล็กน้อย โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 8 ชั่วโมง ค่าซีโอดีในชุดทดลองเซลล์ดักติด เซลล์อิสระ และ ชุดควบคุมไม่มีสารฆ่าเชื้อมีค่าคงเหลือเท่ากับร้อยละ 14 50 และ 5 จากผลดังกล่าวชี้ให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าเซลล์ดักติดสามารถลดการยับยั้งได้ดีส่งผลให้ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่ไม่มีสารฆ่าเชื้อปนเปื้อนในน้ำเสีย จากค่าคงที่จลนพลศาสตร์การบำบัดน้ำเสียเซลล์ดักติดมีอัตราการบำบัดน้ำเสียคิดเป็น 2.67 เท่าของเซลล์อิสระ

ดังนั้นจากผลการศึกษานี้ที่ศึกษาภาพในการประยุกต์ใช้องค์ความรู้เพื่อการแก้ปัญหาลมเหลวของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลได้



รูปที่ 2 ลักษณะเซลล์ดักติดขวางในระดับจุลภาค (กำลังขยายที่ 150 เท่า)



รูปที่ 3 ร้อยละค่าซีโอดีคงเหลือในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารฆ่าเชื้อปนเปื้อนด้วยชุดทดลองเซลล์ดักติดและเซลล์อิสระเปรียบเทียบกับ การบำบัดน้ำเสียทั่วไปด้วยเซลล์อิสระ

2) ผลการหาปริมาณเซลล์ดักติดที่เหมาะสม

การทดลองในขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อปริมาณเซลล์ดักติดที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารฆ่าเชื้อปนเปื้อน การทดลองขั้นตอนนี้ได้เตรียมเซลล์ดักติดที่อัตราส่วนที่เหมาะสมตามผลการทดลองที่ผ่านมาและเซลล์อิสระที่มีความเข้มข้นในถังปฏิกรณ์ 1,000 2,000 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึงปฏิกรณ์เดินระบบแบบเอสบีอาร์ต่อเนื่อง 10 วัฏจักร ผลการทดลองพบว่าชุดทดลองเซลล์ดักติดสามารถบำบัดซีโอดีก่อนข้างคองที่ โดยสามารถบำบัดซีโอดีได้ประมาณร้อยละ 33 ถึง 75 ส่วนชุดทดลองเซลล์อิสระสามารถลดค่าซีโอดีได้ แต่มีแนวโน้มที่มีประสิทธิภาพลดลงเล็กน้อยอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถบำบัดซีโอดีได้ประมาณร้อยละ 17 ถึง 64

จากผลการทดลองชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าปริมาณเซลล์มีผลต่อการกำจัดค่าซีโอดี แต่แนวโน้มของชุดทดลองเซลล์ดักติดและเซลล์อิสระให้ผลแตกต่างกัน กล่าวคือ ในชุดทดลองเซลล์อิสระเมื่อปริมาณเซลล์เพิ่มสูงขึ้น ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียก็เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน แต่ปริมาณเซลล์ที่สูงขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพดีขึ้น ไม่มากนักซึ่งอาจเป็นผลมาจากเซลล์จุลินทรีย์บางส่วนถูกทำลายด้วยสาร PI ในทางตรงกันข้ามชุดทดลองเซลล์ดักติดที่มีปริมาณเซลล์สูง (3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) กลับมีประสิทธิภาพต่ำกว่าชุดทดลองที่มีเซลล์ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอาจเกิดเนื่องมาจากสาเหตุทางกายภาพของถังปฏิกรณ์ จากการสังเกตชุดทดลอง EC-3,000 พบว่าเซลล์ดักติดมีจำนวนมากและอัดแน่นอยู่ในถังปฏิกรณ์ซึ่งคาดว่าเป็นสาเหตุให้ปริมาณออกซิเจนและสารอาหารอื่น ๆ กระจายได้ไม่ทั่วถึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียลดลง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

- 1) การทดลองบำบัดน้ำเสียที่มีสารฆ่าเชื้อ GA PI EB และชุดควบคุม (no disinfectant) เซลล์จุลินทรีย์ตะกอนเร่งสามารถกำจัดค่าซีโอดีลดลงร้อยละ 64 42 67 และ 70 ตามลำดับ จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าสารฆ่าเชื้อต่างชนิดส่งผลยับยั้งการบำบัดน้ำเสียแตกต่างกัน การยับยั้งการบำบัดน้ำเสียอยู่ระหว่างร้อยละ 5 ถึง 49 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม จลนพลศาสตร์การกำจัดค่าซีโอดีเป็นไปตามปฏิกิริยาอันดับที่ 1 โดยมีค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา เท่ากับ 0.09 ถึง 0.16 ชั่วโมง⁻¹
- 2) การทดลองบำบัดน้ำเสียที่มีสารฆ่าเชื้อ PI ที่ความเข้มข้นปนเปื้อนในน้ำเสีย เท่ากับ ร้อยละ 0.1 0.2 0.3 และ 0.0 (ชุดควบคุม) โดยปริมาตร กำจัดค่าซีโอดีลดลงร้อยละ 50 27 23 และ 85 ตามลำดับ จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าสารฆ่าเชื้อปริมาณสูงส่งผลยับยั้งการบำบัดน้ำเสียสูงขึ้นเช่นกัน การยับยั้งการบำบัดน้ำเสียอยู่ระหว่างร้อยละ 48 ถึง 61 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม จลนพลศาสตร์การกำจัดค่าซีโอดีเป็นไปตามปฏิกิริยาอันดับที่ 1 โดยมีค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา เท่ากับ 0.03 ถึง 0.09 ชั่วโมง⁻¹

- 3) การทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยชุดทดลองเซลล์ดักติดที่เตรียมที่อัตราส่วนเซลล์ต่อวัสดุดักติดต่างกันมีค่าซีโอดีคงเหลือเท่ากับร้อยละ 14 ถึง 50 อัตราส่วนในการดักติดเซลล์ด้วย CA ส่งผลต่อความสามารถในการลดค่าซีโอดีจากน้ำเสียที่มีสารฆ่าเชื้อปนเปื้อน โดยเมื่อปริมาณของ CA เพิ่มขึ้น (อัตราส่วนเซลล์ต่อวัสดุดักติดลดลง) ส่งผลให้ลดการยับยั้งการกำจัดซีโอดีได้ดีขึ้น อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนเซลล์ต่อวัสดุดักติดที่ 1:20 ซึ่งมีจลนพลศาสตร์การกำจัดค่าซีโอดีเป็นไปตามปฏิกิริยาอันดับที่ 1 โดยมีค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา เท่ากับ $0.24 \text{ ชั่วโมง}^{-1}$
- 4) การทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยชุดทดลองที่มีปริมาณเซลล์แตกต่างกันพบว่าเซลล์ดักติดกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 44 ถึง 62 ในขณะที่ชุดทดลองเซลล์อิสระกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 31 ถึง 44

ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรมีการทดลองสภาวะดำเนินระบบบำบัดด้วยเซลล์ดักติดที่เหมาะสม เช่น ปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสม ระยะเวลาที่น้ำ (hydraulic retention time) ระยะเวลาที่เซลล์ (solid retention time) เป็นต้น เพื่อศึกษาความเหมาะสมก่อนการประยุกต์ใช้จริงต่อไป
- 2) ควรมีการศึกษาความคงทนของเซลล์ดักติด เพื่อให้ทราบความเหมาะสมในการใช้งานจริงต่อไป รวมทั้งควรมีงานศึกษารอบคลุมการพัฒนาวัสดุดักติดที่มีความคงทนสูงมากขึ้น
- 3) ควรมีงานศึกษาต่อเนื่องในประเด็นลักษณะและชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลและกลุ่มจุลินทรีย์ที่ทนต่อสารฆ่าเชื้อ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเชิงลึกสำหรับประโยชน์ในอนาคต

บทคัดย่อ

190933

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาผลกระทบของสารฆ่าเชื้อต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย และปรับปรุงระบบด้วยเทคนิคการดักติดเซลล์ โดยคัดเลือกศึกษาสารฆ่าเชื้อ 3 ชนิด ได้แก่ กลูตารัลแอลดีไฮด์ (glutaraldehyde; GA) โปวิดอน ไอโอดีน (povidone iodine; PI) สารฆ่าเชื้อชีวภาพ (eco-friendly biocide; EB) ซึ่งเป็นสารที่ใช้มากที่สุด 3 อันดับแรกในโรงพยาบาลตัวอย่าง การทดลองนี้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความต้องการออกซิเจนทางเคมี (chemical oxygen demand; COD) เริ่มต้นประมาณ 370 มก./ล. และตะกอนเร่งที่ปรับสภาพแล้ว ผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีในชุดทดลองที่มีสาร PI เท่ากับร้อยละ 42 ในขณะที่ชุดทดลองอื่นมีค่าซีโอดีลดลงร้อยละ 64 ถึง 70 ผลการทดลองนี้บ่งชี้ว่าสาร PI ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียอย่างชัดเจน (ร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 40) ส่วนสาร GA (ร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 14) และ EB (ร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 5) มีอิทธิพลต่อระบบบำบัดน้ำเสียเพียงเล็กน้อย ดังนั้นในการทดลองลำดับต่อมาจึงศึกษาเฉพาะผลของสาร PI เป็นหลักเท่านั้น สำหรับการศึกษานี้ผลของความเข้มข้นสารฆ่าเชื้อพบว่าชุดทดลองที่มีสาร PI ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.2 และ 0.3 โดยปริมาตร (เมื่อเทียบกับความเข้มข้นที่ใช้งานในโรงพยาบาล) ลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 48 28 และ 22 ตามลำดับ (ร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 48 ถึง 60) กล่าวคือ เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นส่งผลลบสูงมากขึ้นตามไปด้วย

สำหรับการหาสภาวะการดักติดเซลล์ที่เหมาะสม เซลล์ตะกอนเร่งถูกดักติดด้วยวัสดุดักติดแคลเซียมแอลจินेटที่อัตราส่วนเซลล์ต่อวัสดุดักติด (cell-to-matrix ratio) ที่ 1:5 1:10 และ 1:20 (ปริมาตร : ปริมาตร) ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเซลล์ดักติดมีศักยภาพสูงกว่าเซลล์อิสระอย่างเด่นชัด ชุดทดลองที่อัตราส่วนเซลล์ต่อวัสดุดักติด เท่ากับ 1:20 มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด คือ ร้อยละ 86 (ร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 9) ส่วนระบบเซลล์อิสระพบการยับยั้งการบำบัดน้ำเสียสูงถึงร้อยละ 47 โดยระบบเซลล์ดักติดที่มีปริมาณเซลล์ 2,000 มก./ล. กำจัดค่าซีโอดีได้สูงที่สุด ซึ่งเท่ากับร้อยละ 62 ในการเดินระบบทดลองกึ่งแบบกะ 10 วัฏจักร

ผลการศึกษาชี้แจงถึงความสำเร็จของการลดอิทธิพลของสารฆ่าเชื้อต่อระบบบำบัดน้ำเสีย เซลล์ดักติดสามารถลดการยับยั้งการบำบัดน้ำเสียได้ถึง 5 เท่า นอกจากนี้ผลการทดลองช่วงการเดินระบบกึ่งแบบกะยังชี้ให้เห็นว่าระบบเซลล์ดักติดมีเสถียรภาพสูงกว่าระบบเซลล์อิสระ ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่าระบบเซลล์ดักติดเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล และน้ำเสียที่มีสารพิษปนเปื้อนอื่น ๆ

ABSTRACT**190933**

This study aims to investigate effect of disinfectants on performance of hospital wastewater treatment and enhancement of the system using cell entrapment technique. Three disinfectants including glutaraldehyde (GA), povidone iodine (PI), and eco-friendly biocide (EB) which were the three most used disinfectants in a model hospital were chosen. Synthetic wastewater with initial chemical oxygen demand (COD) of approximately 370 mg/L and acclimated activated sludge were used. The result showed that COD removal efficiency from the test with PI was about 42% while the COD removals of the tests with other disinfectants were 64 to 70%. This indicated that PI (inhibition of 40%) substantially affected the wastewater treatment efficiency whereas GA (inhibition of 14%) and EB (inhibition of 5%) just slightly influenced the wastewater treatment system. In later experiment, only PI was focused. For the influence of disinfectant concentrations, the result showed that the tests at PI concentrations of 0.1, 0.2, and 0.3% by volume (of the hospital used concentration) reduced COD by 48, 28, and 22%, respectively (inhibition of 48-60%). A higher concentration resulted in more adverse effect.

To determine the optimum cell entrapment condition, the activated sludge was entrapped using calcium alginate matrix at cell-to-matrix ratios of 1:5, 1:10, and 1:20 (volume:volume). The result indicated that the entrapped cells obviously performed better than the free cells. The test at the cell-to-matrix ratio of 1:20 gave the highest treatment efficiency of 86% (inhibition of 9%) while the free cell system had the wastewater treatment inhibition of 47%. The result showed that the system at the entrapped cell loading of 2,000 mg/L performed the highest COD removal of 62% for 10-cycle sequencing batch operation.

The results in present study showed the success of the entrapped cells for minimizing the influence of the disinfectant to the wastewater treatment system. The entrapped cells could reduce the wastewater treatment inhibition for up to 5 times. Also, the result from sequencing batch operation suggested that the entrapped cell system performed more stable than the free cell one. In this context, the entrapped cell system was applicable to the hospital wastewater treatment and other toxic substance-contaminated wastewater treatment applications.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 จากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้รับการสนับสนุนทุนเพื่อนำเสนอผลงานวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงพยาบาลวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ที่สนับสนุนข้อมูลการใช้สารฆ่าเชื้อ ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล สารฆ่าเชื้อ และตัวอย่างน้ำเสีย นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ช่วยเก็บข้อมูลทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผศ.ดร. สุมนา สิริพัฒนากุล

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	i
บทคัดย่อ	ix
ABSTRACT	x
กิตติกรรมประกาศ	xi
สารบัญ	xii
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล	6
2.1.1 ลักษณะน้ำเสียโรงพยาบาลทั่วไป	6
2.1.2 มาตรฐานการบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล	6
2.1.3 หลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบอยู่กับที่	10
2.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล	11
2.1.5 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลตัวอย่าง	12
2.2 สารฆ่าเชื้อ	14
2.2.1 ความหมายของสารฆ่าเชื้อ	14
2.2.2 ประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อ	15
2.2.3 ชนิดของสารฆ่าเชื้อ	15
2.2.4 กลไกการออกฤทธิ์ของสารฆ่าเชื้อ	19
2.2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการออกฤทธิ์ของสารฆ่าเชื้อ	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 เซลล์ดักติด	20
2.3.1 ความหมายและหลักการของเซลล์ดักติด	20
2.3.2 วัสดุดักติดที่นิยมใช้	22
2.3.3 การดักติดเซลล์ด้วยแคลเซียมแอลจินेट	24
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	27
3.1 กรอบการวิจัย	27
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย	29
3.2.1 น้ำเสียโรงพยาบาลสังเคราะห์	29
3.2.2 การเลี้ยงและปรับสภาพจุลินทรีย์ตะกอนเร่ง	30
3.2.3 การเตรียมเซลล์จุลินทรีย์ตะกอนเร่ง	30
3.2.4 การทดลองอิทธิพลของสารฆ่าเชื้อในการยับยั้งการบำบัดน้ำเสีย	32
3.2.5 การทดลองการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลด้วยระบบเซลล์ดักติด	33
3.2.6 วิธีการวิเคราะห์	36
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	38
4.1 ผลการทดลองอิทธิพลของสารฆ่าเชื้อในการยับยั้งการบำบัดน้ำเสีย	38
4.1.1 ผลของอิทธิพลของชนิดสารฆ่าเชื้อ	38
4.1.2 ผลของอิทธิพลของความเข้มข้นสารฆ่าเชื้อ	40
4.2 ผลการทดลองการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลด้วยระบบเซลล์ดักติด	43
4.2.1 ผลการหาสภาวะการเตรียมเซลล์ดักติดที่เหมาะสม	43
4.2.2 ผลการหาปริมาณเซลล์ดักติดที่เหมาะสม	49
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	53
5.1 สรุปผลการวิจัย	53
5.2 ข้อเสนอแนะ	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	59
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์	59
ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการทดลอง	65
ภาคผนวก ค ผลงานตีพิมพ์ภายใต้ทุนวิจัย	77
ภาคผนวก ง สรุปผลการดำเนินการวิจัย	99