

การลดค่าซีโอดีในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตผลไม้กระป๋องโดยใช้ยีสต์

ธารทิพย์ รัตนะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

มิถุนายน 2549

ISBN 974-502-797-9

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ ธารทิพย์ รัตนะ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรให้รับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยบูรพา
ได้

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริ โหม ท่งแก้ว)
.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภารัตน์ สวนจิตร)
.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐวัชร น้าศาสตร์)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริ โหม ท่งแก้ว)
.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภารัตน์ สวนจิตร)
.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐวัชร น้าศาสตร์)
.....กรรมการ
(ดร. ศิววรรณ พูลพันธ์)
.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประทุม ม่วงมี)

วันที่ 16 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2549

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำ
แนวทางในการศึกษา แก่ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริโณ พุ่มเก้า
ซึ่งเป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้รับแนวทางในการศึกษาค้นคว้าหา
ความรู้และประสบการณ์อย่างกว้างขวางในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็น
อย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดำรัตน์ สวณจิตร และผู้ช่วยศาสตราจารย์
ดร. เสรมฐวัชร จำาสาสตร์ กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง
แก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณภาควิชาจุลชีววิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์บางส่วน ในการทำ
วิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณลลิต จำางษ์รัตนโยธินที่ให้คำแนะนำเรื่องการจัดจำแนกเชื้อและการทำ
การทดลองในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่มีส่วนให้กำลังใจ และกำลังกายในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้มา
โดยตลอด

วิทยานิพนธ์ครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนบางส่วนจากโครงการบัณฑิตศึกษา ฝึกอบรมและวิจัย
ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม ภายใต้การกำกับของโครงการพัฒนา
บัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ทบวงมหาวิทยาลัย จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ธารทิพย์ รัตนะ

รหัสนิติ: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม.

คำสำคัญ: ยีสต์/ ซีโอดี/ น้ำเสีย/ ผลไม้กระป๋อง

ชารทิพย์ รัตนะ: การลดค่าซีโอดีในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตผลไม้กระป๋องโดยใช้ยีสต์
(REMOVAL OF COD IN WASTEWATER FROM CANNED FRUIT INDUSTRY BY YEAST)

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์: ศิริโสม หุ่นแก้ว, วท.ค., เศรษฐวัชร จำาสาสตร์, วท.ค. สุดารัตน์

สวนจิตร, วท.ค. 77 หน้า. ปี พ.ศ. 2549. ISBN 974-502-797-9

การศึกษาครั้งนี้เป็นการคัดเลือกยีสต์ 5 สายพันธุ์เพื่อใช้บำบัดค่าซีโอดีของน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องโดยทำการทดลองแบบขวดเขย่า พบว่ายีสต์ *Candida utilis* CBS 1517 สามารถลดค่าซีโอดีในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องได้ดีที่สุด และพบว่าค่าพีเอชและแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมกับยีสต์ชนิดนี้ คือ พีเอช 3.5 และที่อุณหภูมิต่ำสุด 0.05 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นทำการทดลองบำบัดน้ำเสียในระบบบำบัดจำลองแบบเบ็ดเสร็จและแบบต่อเนื่อง โดยใช้ น้ำเสียที่ไม่ได้ฆ่าเชื้อ พบว่า ภายในระยะเวลา 96 ชั่วโมง ในระบบบำบัดจำลองแบบเบ็ดเสร็จที่เติม *C. utilis* CBS 1517 สามารถลดค่าซีโอดีได้สูงสุด 89.9 ± 0.11 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เมื่อไม่เติมยีสต์ ค่าซีโอดีลดลงเพียง 61.3 ± 1.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดลองในระบบบำบัดจำลองแบบต่อเนื่องที่มี อัตราการให้สารอาหาร 0.238 ลิตรต่อชั่วโมง ระบบที่เติมยีสต์ลดค่าซีโอดีได้ 66-66.95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ระบบที่ไม่เติมยีสต์ลดได้ 22.7-28.6 เปอร์เซ็นต์ อัตราการใช้สารอาหารในระบบบำบัดจำลองแบบเบ็ดเสร็จอยู่ระหว่าง 0-0.34 กรัมซีโอดีต่อลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีอัตราการใช้สารอาหารน้อยกว่าระบบบำบัดจำลองแบบต่อเนื่องที่มีอัตราการใช้สารอาหาร 0.087-0.392 กรัมซีโอดีต่อลิตรต่อชั่วโมง

46910586: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc. (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: YEAST/ COD/ WASTEWATER/ CANNED FRUIT

TARNTIP RATTANA:REMOVAL OF COD IN WASTEWATER FROM CANNED FRUIT INDUSTRY BY YEAST THESIS ADVISORS: SIRICHOM THUNGKAO, Ph.D., SAETHAWAT CHAMSART, Ph.D., SUDARAT SUANJIT, Ph.D. 77 P. 2006. ISBN 974-502-797-9

The purpose of this study was to screen out the best yeast strain capable of COD removal from canned fruit industry wastewater. Using shaking flask cultivation, *Candida utilis* CBS 1517 was selected among the 5 yeast strains proposed for the comparison. In addition, the optimum pH and N-source for this yeast strain were pH 3.5 and urea at 0.05 % (w/v) respectively. The model treatment was then conducted in batch as well as in continuous process using unsterilized wastewater. It was found that in batch culture, the 89.9 ± 0.11 % of COD reduction was obtained in the yeast system as compared to 61.3 ± 1.15 % removal in the control experiment. For the model continuous process with 0.238 L/h feeding rate, the yeast system could reduce COD by 66-66.95% as compared to the 22.7-28.6% reduction in the control. Moreover, the COD removal rate of 0-0.34 g COD/L/h was calculated from the batch treatment process while that of continuous process was of 0.087-0.392 g COD/L/h.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
สารบัญ.....	ณ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ณ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
สมมติฐานการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
ขอบเขตการศึกษา.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
ปริมาณผลผลิตผลไม้และการผลิตผลไม้กระป๋อง.....	4
ยีสต์.....	6
ยีสต์กับการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรม.....	10
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	15
วัสดุและอุปกรณ์.....	15
อาหารเลี้ยงเชื้อ.....	15
เครื่องมือ.....	15
สารเคมี.....	15
ยีสต์.....	16
น้ำเสีย.....	16
การวิเคราะห์น้ำเสียก่อนการทดลอง.....	17
การคัดเลือกยีสต์ที่สามารถลดค่าซีโอดีในน้ำเสียได้ดี.....	17
ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์.....	18
การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องในระบบบำบัดจำต้อง.....	18

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	21
4 ผลการทดลอง.....	22
การคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์ที่สามารถลดค่าซีโอดีในน้ำเสียได้ดี.....	22
สภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์.....	24
การทดลองโดยจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย.....	33
5 อภิปรายผล สรุปผล และข้อเสนอแนะ.....	52
อภิปรายผล.....	52
สรุปผลการวิจัย.....	58
ข้อเสนอแนะ.....	59
รายการอ้างอิง.....	60
ภาคผนวก.....	65
ภาคผนวก ก.....	66
ภาคผนวก ข.....	67
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	77

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ค่าเฉลี่ยของค่าประกอบทางเคมีของของเสียที่เป็นของเหลวของกระบวนการผลิต จากโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋อง.....	6
2-2 ความสามารถในการใช้น้ำตาลชนิดต่าง ๆ ของยีสต์ 3 สายพันธุ์.....	7
4-1 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมกับน้ำเสียจาก โรงงานผลไม้กระป๋อง.....	22
4-2 การเจริญและการลดค่าซีโอดีของยีสต์สายพันธุ์ต่าง ๆ เมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจาก โรงงานผลไม้กระป๋อง.....	23
4-3 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองหาพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517.....	24
4-4 ผลของพีเอชเริ่มต้นต่อการเจริญของยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 ในน้ำเสียจากโรงงาน ผลไม้กระป๋อง.....	25
4-5 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองหาแหล่งใน ไตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญของ ยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517.....	26
4-6 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองแบบเบ็ดเสร็จของยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517.....	33
4-7 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองแบบต่อเนื่องของยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517.....	42
ข-1 ขนาดตัวอย่างและอัตราเจือจางที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์หาซีโอดี.....	71
ข-2 ขนาดของหลอดแก้ว ปริมาตรตัวอย่างน้ำและสารเคมีที่เหมาะสม.....	71

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 กระบวนการผลิตผลไม้บรรจุกระป๋อง.....	5
4-1 ค่าซีไอดีที่ลดลงเมื่อเพาะเลี้ยงยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 ในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้ กระป๋องที่เติมแอมโมเนียมคลอไรด์, แอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรีย ในปริมาณ 0- 0.15 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง บนเครื่องเขย่า อัตราความเร็ว 200 รอบต่อนาที.....	28
4-2 น้ำหนักเซลล์แห้งเมื่อเพาะเลี้ยงยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 ในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้ กระป๋องที่เติมแอมโมเนียมคลอไรด์, แอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรีย ในปริมาณ 0-0.15 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง บนเครื่องเขย่า อัตราความเร็ว 200 รอบต่อนาที.....	29
4-3 น้ำตาลที่ใช้ไปเมื่อเพาะเลี้ยงยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 ในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้ กระป๋องที่เติมแอมโมเนียมคลอไรด์, แอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรีย ในปริมาณ 0-0.15 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง บนเครื่องเขย่า อัตราความเร็ว 200 รอบต่อนาที.....	30
4-4 พีเอชเมื่อเพาะเลี้ยงยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 ในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องที่ เติมแอมโมเนียมคลอไรด์, แอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรีย ในปริมาณ 0-0.15 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง บนเครื่องเขย่าอัตรา ความเร็ว 200 รอบต่อนาที.....	31
4-5 ชุดจำลองการทดลองแบบเบ็ดเสร็จ.....	34
4-6 ชุดทดลองแบบเบ็ดเสร็จ ในโหลแก้วบรรจุน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องปริมาตร 3 ลิตร มีการให้อากาศแก่น้ำเสียและควบคุมปริมาณอากาศไว้ที่ 2 vvm โดยใช้ Rotameter ซึ่งทำการทดลอง 3 ชั่วโมง โดยในแต่ละโหลเป็น 1 ชั่วโมงของการทดลอง	34
4-7 การเจริญของยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 เมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้ กระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ที่นิ่งฆ่าเชื้อแล้ว และมีการให้อากาศที่ 2 vvm เป็น เวลา 96 ชั่วโมง.....	35
4-8 อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (μ_{max}) ของยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 เมื่อเพาะเลี้ยงใน น้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งมีการให้อากาศ 2 vvm.....	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-9 การลดลงของซีไอดีในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้มักกระป๋องเมื่อเติมยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 (ชุดทดลอง) และไม่เติมยีสต์ (ชุดควบคุม) และเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้มักกระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งมีการให้อากาศ 2 vvm	37
4-10 น้ำหนักเซลล์แห้งในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้มักกระป๋องเมื่อเติมยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 (ชุดทดลอง) และไม่เติมยีสต์ (ชุดควบคุม) และเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้มักกระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งมีการให้อากาศ 2 vvm.....	38
4-11 น้ำตาลที่ถูกใช้ไปในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้มักกระป๋องเมื่อเติมยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 (ชุดทดลอง) และไม่เติมยีสต์ (ชุดควบคุม) และเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้มักกระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งมีการให้อากาศ 2 vvm.....	39
4-12 พีเอชของน้ำเสียจากโรงงานผลไม้มักกระป๋องเมื่อเติมยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 (ชุดทดลอง) และไม่เติมยีสต์ (ชุดควบคุม) และเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้มักกระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งมีการให้อากาศ 2 vvm.....	40
4-13 จำนวนแบคทีเรียที่พบในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้มักกระป๋องเมื่อเติมยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 (ชุดทดลอง) และไม่เติมยีสต์ (ชุดควบคุม) และเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้มักกระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งมีการให้อากาศที่ 2 vvm.....	41
4-14 จำนวนยีสต์ลักษณะโคโลนิกรวม สีส้มแดงที่พบในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้มักกระป๋องเมื่อเติมยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 (ชุดทดลอง) และไม่เติมยีสต์ (ชุดควบคุม) และเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้มักกระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งมีการให้อากาศที่ 2 vvm.....	42
4-15 ชุดจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่อเนื่อง	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-16 ชุดทดลองระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบต่อเนื่อง โดยมีภาชนะสำหรับใส่น้ำเสียที่จะเข้าและออกจากโหลที่บรรจุน้ำเสีย ซึ่งมีการนำน้ำเสียเข้าและออกจากระบบโดยใช้ Peristaltic Pump และมีการควบคุมปริมาณอากาศที่ 2 vvm โดยใช้ Rotameter ซึ่งทำการทดลอง 2 ชั่วโมง โดยแต่ละโหลเป็น 1 ชั่วโมงของการทดลอง.....	44
4-17 ซีโอดีที่ลดลงของน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องเมื่อเติมยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 (ชุดทดลอง) และไม่เติมยีสต์ (ชุดควบคุม) และเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งมีการให้อากาศ 2 vvm ในสภาวะการเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่อง.....	45
4-18 น้ำหนักเซลล์แห้งในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องเมื่อเติมยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 (ชุดทดลอง) และไม่เติมยีสต์ (ชุดควบคุม) และเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งมีการให้อากาศ 2 vvm ในสภาวะการเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่อง.....	46
4-19 น้ำตาลที่ถูกใช้ไปในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องเมื่อเติมยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 (ชุดทดลอง) และ ไม่เติมยีสต์ (ชุดควบคุม) และเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งมีการให้อากาศ 2 vvm ในสภาวะการเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่อง.....	47
4-20 พีเอชของน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องเมื่อเติมยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 (ชุดทดลอง) และ ไม่เติมยีสต์ (ชุดควบคุม) และเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งมีการให้อากาศ 2 vvm ในสภาวะการเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่อง.....	48
4-21 จำนวนแบคทีเรียที่พบในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องเมื่อเติมยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 (ชุดทดลอง) และ ไม่เติมยีสต์ (ชุดควบคุม) และเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งมีการให้อากาศ 2 vvm ในสภาวะการเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่อง.....	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-22 จำนวนยีสต์ลักษณะโคโลนิกรวม สีส้มแดง ที่พบในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องเมื่อเติมยีสต์ <i>C. utilis</i> CBS 1517 (ชุดทดลอง) และไม่เติมยีสต์ (ชุดควบคุม) และเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากโรงงานผลไม้กระป๋องที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 และเติมยูเรีย 0.05 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งมีการให้อากาศ 2 vvm ในสภาวะการเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่อง.....	50
4-23 อัตราการใช้สารอาหารของชุดทดลองแบบเปิดเสร็จและชุดทดลองแบบต่อเนื่อง.....	51
ข-1 การจัดจำแนกแบคทีเรียด้วยวิธี API.....	76