ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246765

การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฆ่อม ด้วยเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์

สุภาพร แป้นสุวรรณ์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2554

b00251691

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246765

การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อม ด้วยเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์

สุภาพร แป้นสุวรรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

ชื่อเรื่อง

การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อม
ด้วยเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์

โดย

สุภาพร แป้นสุวรรณ์

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐปน ชื่นบาล)
วันที่ 15 เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๔

กรรมการที่ปรึกษา .....
(อาจารย์ ดร.ศิราภรณ์ ชื่นบาล)
วันที่ 15 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2554

กรรมการที่ปรึกษา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนุช เนียมทรัพย์)
วันที่ 15 เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๔

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....
(อาจารย์ ดร.มยุรา ศรีกัลยานุกูล)
วันที่ 15 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2554

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)
ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
วันที่ 15 เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๔

ชื่อเรื่อง การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมด้วยเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์

ชื่อผู้เขียน นางสาวสุภาพร แป้นสุวรรณ์

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐปน ชื่นบาล

บทคัดย่อ

246765

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมด้วยเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์ ในการทดลองได้ศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกย้อมและน้ำเสียรวมในถังพักน้ำเสีย พบว่า น้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกย้อมมีค่าซีโอดี บีโอดี พีเอชและความเข้มสี เท่ากับ 6,933 มิลลิกรัมต่อลิตร, 4,200 มิลลิกรัมต่อลิตร, 6.85 และ 4.60 ตามลำดับ ส่วนน้ำเสียรวมในถังพักน้ำเสียมีค่า ซีโอดี บีโอดี ความเป็นกรด – ด่าง และความเข้มสี เท่ากับ 511 มิลลิกรัมต่อลิตร, 180 มิลลิกรัมต่อลิตร, 9.02 และ 1.34 ตามลำดับ

จากการคัดแยกเชื้อจากตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการย้อมผ้า น้ำจากถังพักน้ำเสียรวมและดินบริเวณโรงงานฟอกย้อม มาคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า สามารถคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด 126 ไอโซเลต โดยมีเชื้อจุลินทรีย์ จำนวน 15 ไอโซเลต สามารถทำให้สีของอาหารจางลงบริเวณภายใต้โคโลนีของเชื้อ (clear zone) ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์ไอโซเลท SP-L1, SP-L2, SP-L3, SP-L4, SP-L5, SP-L6, SP-L7, SP-M1, SP-M2, SP-M3, SP-M4, SP-M5, SP-D1, SP-D2 และ SP-D3 ตามลำดับ จากนั้นทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์ในการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสี อะโซเป็นองค์ประกอบ พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ไอโซเลท SP-L1 มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงสุดร้อยละ 85.2 และจากการตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาและผลการหาลำดับเบสของ DNA ในส่วนของยีน 16S rRNA ของเชื้อจุลินทรีย์ไอโซเลท SP-L1 พบว่า มีลำดับเบสที่คล้ายกับ *Bacillus amyloliquefaciens* ที่ความเหมือนร้อยละ 100 แล้วทำการทดสอบความเข้มข้นสีเริ่มต้นที่เหมาะสม พบว่า ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการทำงานของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1

จากนั้นทำการทดสอบสภาวะที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีอะโซ พบว่า แหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ไอโซเลท SP-L1 คือ Sucrose และ Peptone ความเข้มข้นร้อยละ 3.14 และ 0.89 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ และเมื่อปรับค่าพีเอชเริ่มต้นเป็น 8.0 และปริมาณเชื้อเริ่มต้นร้อยละ 1.0 เป็น

สภาวะ ที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1

การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ต่อการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ในสภาวะที่เหมาะสม พบว่าเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 มีประสิทธิภาพการกำจัดสีและเอฟซีโอดีร้อยละ 94.6 และ 50.0 ตามลำดับ ส่วนน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 มีประสิทธิภาพการกำจัดสีและเอฟซีโอดีร้อยละ 72.9 และ 25.0 ตามลำดับ

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมโดยใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์ โดยในการทดลองนำน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นปล่อยน้ำเสียเข้าระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลตามแนวนอนโดยใช้ปั๊มแบบ peristatic เพื่อปล่อยน้ำเสียเข้าระบบแบบต่อเนื่องโดยมีอัตราการไหล 10 ลิตรต่อวัน และมีระยะเวลากักเก็บ 3 วัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 แบบคือ แบบที่ 1 บ่อควบคุม (ไม่ปลูกพืช) แบบที่ 2 บึงประดิษฐ์ที่ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี และแบบที่ 3 บึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นกกลังกา ผลการทดลองพบว่าเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 มีประสิทธิภาพการกำจัดสี เอฟซีโอดี และบีโอดีร้อยละ 46.2, 24.4 และ 9.0 ตามลำดับ และเมื่อน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมผ่านการบำบัดด้วยระบบบึงประดิษฐ์พบว่าบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นกกลังกามีประสิทธิภาพการกำจัดสี เอฟซีโอดี บีโอดี ของแข็งทั้งหมดและของแข็งแขวนลอยสูงสุดร้อยละ 89.4, 37.8, 28.6, 61.3 และ 61.1 ตามลำดับ รองลงมา คือ บึงประดิษฐ์ที่ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพการกำจัดสี เอฟซีโอดี บีโอดี ของแข็งทั้งหมดและของแข็งแขวนลอยร้อยละ 73.4, 32.9, 26.7, 56.5 และ 51.2 และบ่อควบคุม (ไม่ปลูกพืช) มีประสิทธิภาพการกำจัดสี เอฟซีโอดี บีโอดี ของแข็งทั้งหมดและของแข็งแขวนลอยร้อยละ 70.7, 26.5, 22.2, 55.4 และ 51.0 ตามลำดับ

Title	Wastewater Treatment of Morhom Textile Industry Using Microorganisms and Constructed Wetland System
Author	Miss Supaporn Pansuwan
Degree of	Master of Science in Biotechnology
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Tapana Cheunban

ABSTRACT

246765

This research was primarily aimed to study wastewater treatment of morhom textile industry using microorganisms and constructed wetland system. Characteristics of wastewater from dying process and wastewater storage tank were studied. It was found that wastewater COD, BOD, pH and dye concentration of dying process were 6,933 mg/l, 4,200 mg/l, 6.85 and 4.60, respectively. Wastewater storage tank had COD, BOD, pH and dye concentration of 511 mg/l, 180 mg/l, 9.02 and 1.34, respectively.

Based on the isolation of sample microorganisms from the dyeing process, wastewater storage tank and from the surrounding areas of the bleaching/dyeing factory, results showed that isolation process yielded 126 microbial isolates with 15 isolates having the ability to discolor the areas under the clear zone, consisting of SP-L1, SP-L2, SP-L3, SP-L4, SP-L5, SP-L6, SP-L7, SP-M1, SP-M2, SP-M3, SP-M4, SP-M5, SP-D1, SP-D2 and SP-D3. Afterwards, comparison was made on the efficiency of microorganisms for wastewater treatment of synthetic colors composed of azo substance and results showed that microbial isolate SP-L1 had the highest efficiency (85.2 %). Examination of its morphological characteristics and DNA gene base of 16S rRNA of SP-L1 showed similarity with *Bacillus amyloliquefaciens* at 100 % homology. Investigation of initial color concentration indicated that 250 mg/L was considered an appropriate concentration for working efficiency of *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1.

Investigation of conditions appropriate for azo color treatment efficiency later found that carbon and nitrogen sources appropriate for growth of *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 comprised of sucrose (3.14 % w/v) and peptone (0.89 %w/v). At pH of 8.0 and initial

microbial concentration at 1.0 %, these were the most appropriate conditions for *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 for color treatment in wastewater.

The study on the efficiency of microbial isolate *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 for synthetic color treatment in wastewater under appropriate conditions showed that *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 had efficiency value for color treatment and FCOD at 94.6 and 50.0 %, respectively. As for wastewater from morhom textile industry, *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 showed efficiency values for color treatment and FCOD at 72.9 and 25.0 %, respectively.

Meanwhile, the study on the efficiency of wastewater treatment from morhom textile industry using *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 combined with constructed wetland system, involved wastewater from morhom textile industry treated with *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 for 4 days after which wastewater was released to the constructed wetland system where wastewater flowed horizontally using a peristaltic pump to allow the release of wastewater to the system continuously at a rate of 10 L/day with extraction done every 3 days. The experiment was divided into 3 treatments: 1) control (no crop planted); 2) constructed wetland system planted with vetiver grass (Surat Thani var.), and 3) constructed wetland system planted with umbrella-sedges (*Cyperus* spp.). Results showed that *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 had efficiency value for treating color, FCOD and BOD at 46.2, 24.2 and 9.0 %, respectively. When wastewater from morhom textile industry was treated using the constructed wetland system, results showed that constructed wetland system planted with umbrella-sedges (*Cyperus* spp.) had treatment efficiency percentages for color, FCOD, BOD, TS and SS at 89.4, 37.8, 28.6, 61.3 and 61.1, respectively. As for the constructed wetland system planted with vetiver grass (Surat Thani var.), treatment efficiency percentages for color, FCOD, BOD, TS and SS were 73.4, 32.9, 26.7, 56.5 and 51.2, respectively. Meanwhile, control (no crop planted), treatment efficiency percentages for color, FCOD, BOD, TS and SS were 70.7, 26.5, 22.2, 55.4 and 51.0, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐปน ชื่นบาล ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.ศิราภรณ์ ชื่นบาล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนุช เนียมทรัพย์ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และสนับสนุนในเรื่องของอุปกรณ์ สารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำงานวิจัยนี้ ตลอดจนเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและ
เป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อสุมนต์ แป้นสุวรรณ์ คุณแม่พยุง แป้นสุวรรณ์ และญาติพี่น้องทุกคนที่คอยให้การสนับสนุน ให้ทุนการศึกษา ตลอดจนการอบรมสั่งสอนและให้กำลังใจในการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้เสมอมา

สุภาพร แป้นสุวรรณ์
มิถุนายน 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(12)
สารบัญตารางผนวก	(16)
สารบัญภาพผนวก	(18)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตงานวิจัย	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
อุตสาหกรรมฟอกย้อม	4
น้ำเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม	4
ประเภทของสิ่งสกปรกเจือปนในน้ำเสีย	6
วิธีการบำบัดทางกายภาพและเคมี	8
วิธีการบำบัดทางชีวภาพ	10
การกำจัดสีโดยใช้เซลล์แบคทีเรีย	11
กลไกในการกำจัดสีอะโซโดยแบคทีเรีย	11
ปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดสี	12
ระบบบึงประดิษฐ์	14
พืชที่ใช้ในบึงประดิษฐ์	25
ขั้นตอนการย้อมผ้าหม้อฮ่อมและน้ำเสียจากการผลิต	27
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้จุลินทรีย์บำบัดสีในน้ำเสีย	28

หน้า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้บึงประดิษฐ์บำบัดน้ำเสีย 30

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย 33

อุปกรณ์ในการวิจัย 33

แนวทางการดำเนินงานวิจัย 36

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 42

การศึกษาคุณลักษณะของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อม 42

การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียที่มีความสามารถในการกำจัดสีในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อม 45

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อม โดยใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์ 75

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 90

ข้อเสนอแนะ 91

บรรณานุกรม 92

ภาคผนวก 98

ภาคผนวก ก อาหารเลี้ยงเชื้อและวิธีการเตรียม 99

ภาคผนวก ข การเตรียมสารเคมี 101

ภาคผนวก ค ผลการวิจัย 106

ภาคผนวก ง กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของน้ำเสีย 118

ภาคผนวก จ ประวัติผู้วิจัย 120

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	การเปลี่ยนรูปไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์	24
2	การวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อม	43
3	เชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากแหล่งต่าง ๆ	45
4	จำนวนไอโซเลทของเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากแหล่งต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดวงใส (clear zone) ในอาหารแข็งสูตร NA ผสมสีย้อมสิ่งทอสังเคราะห์	46
5	การจัดจำแนกแบคทีเรียไอโซเลท SP-L1 โดยการหาลำดับเบสของ DNA ในส่วนของยีน 16S rRNA	49
6	การศึกษาผลของแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	61
7	ผลของอาหารที่มีความเข้มข้นต่างกันต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ที่ระยะเวลา 4 วัน	62
8	ผลการวิเคราะห์รีเกรสชันเชิงเส้นของการศึกษาผลของแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการกำจัดสี	63
9	ผลของพีเอชเริ่มต้นต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ที่ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 4 วัน	66
10	ผลของเชื้อเริ่มต้นต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ที่ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 4 วัน	70
11	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์	79
12	ประสิทธิภาพการกำจัดเอฟซีโอดีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์	81
13	ผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์	83

ตาราง หน้า

14 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์ 87

15 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมดของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์ 88

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	กลไกในการกำจัดสีอะโซโดยแบคทีเรีย	12
2	บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลบนผิวดิน	15
3	บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินการไหลตามแนวนอน	16
4	บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินการไหลตามแนวดิ่ง	16
5	การจำแนกพรรณไม้น้ำออกตามลักษณะทางนิเวศวิทยา	19
6	ลักษณะต้นกุกลังกา	25
7	ลักษณะต้นหญ้าแฝก	26
8	ขั้นตอนการย้อมผ้าหม้อฮ่อมและน้ำเสียจากการผลิต	27
9	ขั้นตอนในการศึกษาวิจัย	36
10	จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียแต่ละจุด	41
11	น้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกย้อมของอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อม ตำบลทุ่งโฮ้ง อำเภอเมือง จังหวัดแพร่	42
12	น้ำเสียจากถังพักน้ำเสียรวมของอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อม ตำบลทุ่งโฮ้ง อำเภอเมือง จังหวัดแพร่	43
13	การเกิดวงใส (clear zone) ของเชื้อจุลินทรีย์ไอโซเลท SP-L1 ในอาหารแข็งที่ผสมสีน้ำเสียสังเคราะห์	46
14	ประสิทธิภาพการกำจัดสีอะโซในน้ำเสียสังเคราะห์โดยเชื้อจุลินทรีย์แต่ละไอโซเลทที่ระยะเวลา 8 วัน	47
15	สีน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการกำจัดสีด้วยเชื้อจุลินทรีย์ไอโซเลท SP-L1 เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ระยะเวลา 6 วัน	47
16	ลักษณะการเจริญบนอาหารสูตร NA ของแบคทีเรียไอโซเลท SP-L1	48
17	รูปร่างและการติดสีแกรมของเชื้อจุลินทรีย์ไอโซเลท SP-L1ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1,000 เท่า	48

ภาพ		หน้า
18	ผลผลิตพีซีอาร์ของยีน 16S rRNA ของไอโซเลท SP-L1	50
19	ลำดับชื่อของแบคทีเรียที่มีลำดับเบสคล้ายเชื้อจุลินทรีย์ไอโซเลท SP-L1	51
20	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ที่มีระดับความเข้มข้นของสีอะโซต่าง ๆ	52
21	สีของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ที่มีระดับความเข้มข้นของสีอะโซต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 6 วัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุม	53
22	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ในการกำจัดสีน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีแหล่งคาร์บอนแตกต่างกัน	56
23	สีของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติม glucose, sucrose, maltose, starch และ lactose ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 หลังการบำบัดด้วยเชื้อ *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ในวันที่ 4 ของการทดลอง	57
24	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ในการกำจัดสีน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีแหล่งไนโตรเจนแตกต่างกัน	59
25	สีของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติม beef extract, peptone, yeast extract และ NH_4Cl ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 หลังการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ในวันที่ 4 ของการทดลอง	60
26	ผลการตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิวในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติม sucrose ร้อยละ 3.14 และ peptone ร้อยละ 0.89	64
27	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ในอาหารที่มีความเข้มข้น sucrose ร้อยละ 3.14 และ peptone ร้อยละ 0.89	64
28	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ในการกำจัดสีน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าพีเอชเริ่มต้นที่ระดับต่าง ๆ	65
29	สีน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการกำจัดสีด้วยเชื้อ *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ของการทดลองหาค่าพีเอชเริ่มต้นที่ 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0 และ 10.0 ในวันที่ 3 ของการทดลอง	67
30	ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 เริ่มต้นที่ระดับต่าง ๆ	69

ภาพ หน้า

31 สีน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการกำจัดสีด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ของการทดลองหาปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมในวันที่ 3 ของการทดลอง 69

32 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเสียสังเคราะห์ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ในสภาวะที เหมาะสม 71

33 สีน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการกำจัดสีด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ของการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในวันที่ 3 ของการทดลอง 71

34 ประสิทธิภาพการกำจัดเอฟซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ในสภาวะที่เหมาะสม 72

35 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ในการกำจัดสีน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตหม้อฮ่อมในสภาวะที่เหมาะสม 73

36 สีน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมที่ผ่านการกำจัดสีด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ของการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในวันที่ 4 ของการทดลอง 74

37 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียเชื้อ *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ในการกำจัดเอฟซีโอดีในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมในสภาวะที่เหมาะสม 74

38 ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน 75

39 แสดงการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลตามแนวนอน 76

40 ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์ 77

41 สีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์ 78

42 ประสิทธิภาพการกำจัดเอฟซีโอดีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์ 80

ภาพ		หน้า
43	ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์	83
44	พีเอชของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์	85
45	ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์	86
46	ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์	87

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก		หน้า
1	ประสิทธิภาพการกำจัดสีอะโซในน้ำเสียสังเคราะห์โดยจุลินทรีย์แต่ละไอโซเลทที่ระยะเวลา 8 วัน	107
2	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ที่มีระดับความเข้มข้นของสีอะโซต่าง ๆ	108
3	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติม glucose ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	108
4	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติม sucrose ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	109
5	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติม maltose ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	109
6	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติม starch ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยเชื้อ แบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	110
7	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติม lactose ที่ความเข้มข้นต่าง ๆโดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	110
8	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติม beef extract ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	111
9	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติม peptone ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	111
10	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติม yeast extract ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	112
11	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติม NH_4Cl ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	112
12	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าพีเอชเริ่มต้นที่ระดับต่าง ๆ โดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	113
13	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ระดับต่าง ๆโดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	113

ารางผนวก		หน้า
14	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ในสภาวะที่เหมาะสมโดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	114
15	ประสิทธิภาพการกำจัดเอฟซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ในสภาวะเหมาะสมโดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	114
16	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมในสภาวะที่เหมาะสมโดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	114
17	ประสิทธิภาพการกำจัดเอฟซีโอดีในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมในสภาวะที่เหมาะสมโดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1	115
18	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์	115
19	ประสิทธิภาพการกำจัดเอฟซีโอดีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์	115
20	ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์	116
21	ค่าความเป็นกรด – ด่าง ของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์	116
22	ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์	117
23	ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อมเมื่อผ่านการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SP-L1 ร่วมกับระบบบึงประดิษฐ์	117

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1	ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสีอะโซเป็นองค์ประกอบ	119
2	ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตหม้อฮ่อม ตำบลทุ่งโฮ้ง อำเภอเมือง จังหวัดแพร่	119