การบำบัดน้ำทิ้งของโรงงาน
อุตสาหกรรมยาง
ด้วยวิธีทางเคมีและการประยุกต์ใช้ในการเพาะเห็ด

นางสาวรุจิรัตน์ ภารศิลป์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีทางชีวภาพ หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-660-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19193476

THE TREATMENT OF EFFLUENT FROM NATURAL RUBBER INDUSTRY BY CHEMICAL METHOD AND APPLICATION IN MUSHROOM CULTIVATION

MISS RUJIRATH PARASILP

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Biotechnology
Program in Biotechnology
Faculty of Sciences
Chulalongkorn University
Academic Year 1999

ISBN 974-333-660-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมยางด้วยวิธีทางเคมีและการประยุกต์ใช้ในการเพาะเห็ด
โดย	นางสาวรุจิรัตน์ ภารศิลป์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นภา ศิวรังสรรค์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.จริยา บุญญวัฒน์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นภา ศิวรังสรรค์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.จริยา บุญญวัฒน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ มุกดา คูหิรัญ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิราภรณ์ ธนียวัน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์

นางสาวรุจิรัตน์ ภารศิลป์ : การบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมยางด้วยวิธีทางเคมีและการประยุกต์ใช้ในการเพาะเห็ด (The Treatment of Effluent from Natural Rubber Industry by Chemical Method and Application in Mushroom Cultivation)
อ. ที่ปรึกษา : ผศ. นภา ศิวรังสรรค์ , อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. จริยา บุญญวัฒน์ ,
149 หน้า. ISBN 974-333-660-5.

เมื่อศึกษาน้ำทิ้ง 3 ประเภท ได้แก่ น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่งSTR5L น้ำยางข้น และน้ำทิ้งรวมจากโรงงานผลิตยางแท่งSTR5Lและน้ำยางข้น วิธีการบำบัดน้ำทิ้งได้แก่การบำบัดทางเคมีและการบำบัดทางชีวภาพ การบำบัดทางเคมีทำโดยการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งให้เป็น10 โดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ตกตะกอนอนุภาคยางและเกลือของสารอนินทรีย์ด้วยสารละลายเฟอริคคลอไรด์ แอนไอออนิกพอลิเมอร์และแคทไอออนิกพอลิเมอร์ ผลจากการบำบัดทางเคมีของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่งSTR5L และน้ำทิ้งรวม ซึ่งมีค่า BOD ในช่วง4,000-6,000 มก./ล.และค่าSS ในช่วง 1,000-1,600 มก./ล. สามารถลดลงเหลือ 2,700-2,800 มก./ล. และ100-300 มก./ล. โดยมีค่าใช้จ่ายในการบำบัด 30 บาทต่อลบ.ม. ส่วนการบำบัดทางเคมีของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นสามารถลดค่าBOD และSS ซึ่งมีค่า 200 และ2,000 มก./ล. ลงเหลือ 70และ70มก./ล.ตามลำดับ มีค่าใช้จ่าย 25 บาทต่อลบ.ม. การบำบัดทางเคมีของน้ำทิ้งทั้ง 3 ประเภท สามารถลดปริมาณคอลลอยด์และอนุภาคของยางออกไปได้อย่างมีประสิทธิภาพถึง90% ทั้งยังสามารถลดปริมาณของฟอสเฟตและสังกะสีอย่างได้ผลถึง 97%และ84%ตามลำดับ แต่มีข้อเสียคือน้ำที่ได้มีความกระด้างสูงต้องบำบัดต่อจึงจะนำไปใช้ได้ ส่วนผลการคัดแยกและจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทิ้งของโรงงานยางทั้ง 3 ประเภทในระดับจีนัสได้เชื้อ *Pseudomonas* sp. *Kurthia* sp. *Bacillus* sp. และ*Moraxella* sp. ซึ่งเจริญได้ดีที่มีอากาศ จึงได้บำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้นโดยใช้แบคทีเรียที่มีอยู่ร่วมกับการเติมอากาศพบว่าการเติมอากาศในปริมาณ 1.5vvm. ลดค่าBODและSSได้เหลือ 70 และ65 มก./ล. ซึ่งการบำบัดทั้งวิธีเคมีและชีวภาพยังได้ค่า BOD และSSสูงกว่าค่ามาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรมคือ 60และ50 มก./ล. และมีปริมาณสังกะสีสูงเกิน 5 มก./ล. จึงทดลองบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นโดยการประยุกต์ใช้น้ำซีรัมที่แยกได้จากน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้นเพาะเห็ดนางฟ้า พบว่า เมื่อเติมน้ำซีรัม 2-10%ผสมกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราจะให้ผลผลิตสูงกว่าสูตรอาหารพื้นฐาน(ขี้เลื่อย:น้ำ =100:20)ถึง 25% และเมื่อใช้น้ำซีรัม 3%และรำ 5% จะให้ผลผลิตสูงอย่างมีนัยสำคัญประมาณ30% เมื่อเทียบกับสูตรอาหารปกติ(สูตรอาหารพื้นฐาน + รำ5% + ยูเรีย0.3%) ปริมาณสังกะสีในดอกเห็ดมีค่าเฉลี่ย 60 มก./กิโลกรัมอาหาร ซึ่งต่ำกว่ากำหนดคือ 100 มก./กิโลกรัมอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2529 จึงสรุปได้ว่าสามารถประยุกต์ใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นส่วนที่เป็นซีรัมในการเพาะเห็ดนางฟ้าได้

หลักสูตร เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่อนิสิต.....รุจิรัตน์ ภารศิลป์.....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....นภา ศิวรังสรรค์.....
ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

AN ABSTRACT

4072365023 : MAJOR BIOTECHNOLOGY
KEYWORD : WASTEWATER / RUBBER INDUSTRY / MUSHROOM CULTIVATION
RUJIRATH PARASILP : THE TREATMENT OF EFFLUENT FROM NATURAL RUBBER INDUSTRY BY CHEMICAL METHOD AND APPLICATION IN MUSHROOM CULTIVATION. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. NAPA SIWARUNGSON, THESIS COADVISOR : ASSOC. PROF. JARIYA BOONJAWAT, Ph.D. 149 pp. ISBN 974-333-660-5.

Three types of effluent from rubber factory: block rubber STR5L, concentrated latex and mixed effluent from block rubber and concentrated latex factory were used in this study. Both chemical and biological treatments were attempted for these effluents. Chemical treatment was done by adjusting pH of effluent = 10 by $Ca(OH)_2$ and coagulation of rubber particles and inorganic salts by ferric chloride, anionic polymer and cationic polymer respectively. BOD and SS of effluent from STR5L factory and mixed effluent are in the range of 4,000-6,000 mg/L and 1,000-1,600 mg/L. After chemical treatment, BOD and SS decrease to 2,700-2,800 mg/L and 100-300 mg/L respectively with the cost of 30 baht/m^3 . For effluent from concentrate latex factory, BOD and SS were reduced from 200 and 2,000 mg/L to 70 and 70 mg/L respectively at the cost of 25 baht/m^3. In all 3 types of effluent chemical treatment show 90% efficiency in removing colloid and rubber particles, 97% phosphate and 84% zinc respectively. The disadvantage of this method is high hardness of post treatment effluent water. Separation of the micro-organisms from 3 types of rubber effluent and characterization resulted in 4 major Genera: *Pseudomonas* sp. *Kurthia* sp. *Bacillus* sp. and *Moraxella* sp., which grow well in aerobic condition. Biological treatment by using these bacteria with aeration for effluent from concentrate latex factory was therefore used. At optimum aeration rate (1.5 vvm), BOD and SS can be reduced to 70 and 65 mg/L. The resulting BOD, SS and Zn concentration in post treatment effluent, either by chemical or biological method were still higher than the Industrial Effluent Standards which are 60, 50 and 5 mg/L respectively. A new approach is to treat the effluent from concentrated latex factory by applying serum, separated from effluent of skim latex, for mushroom, Pleurotus sajor-caju cultivation. Addition of 2-10% serum can increase the productivity of mushroom (g fresh wt of fruiting body) about 25% in basic culture medium (rubber-sawdust : water = 100:20). The optimum concentration of serum, 3% and 5% rice bran can significantly increase productivity of mushroom about 30% comparing with normal culture medium (basic medium + 5% rice bran + 0.3% urea). The average zinc concentration in mushroom was about 60 mg/kg fresh wt, which is lower than the acceptable value, 100 mg/kg food declared by the Ministry of Public Health, 1986. In conclusion the serum fraction of effluent water from concentrated latex factory can be applied for mushroom cultivation.

หลักสูตร เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่อนิสิต.....รุจิรัตน์ ภาสิลป์.....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....นภา สิงหรรค์.....
ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นภา ศิวรังสรรค์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คอยให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ ให้กำลังใจและช่วยเหลือทุกๆ ด้านตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย รวมทั้งรองศาสตราจารย์ ดร. จริยา บุญญวัฒน์ ที่ให้การตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตรจารย์ มุกดา คูหิรัญ และ ผู้ช่วยศาสตรจารย์ จิราภรณ์ ธนียวัน คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาเสียสละเวลาในการสอบ เสนอแนะ และแก้ไขข้อบกพร่อง จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเจ้าของกิจการ ผู้จัดการและบุคลากรทุกท่านของบริษัท ระยองบางกอกรับเบอร์ จำกัด อ.ปลวกแดง จ.ระยอง โดยเฉพาะคุณประทีป เลิศอุทัย คุณวันเพ็ญ สุวรรณสังข์ และคุณจันจิรา ทองสม ที่คอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง การใช้สถานที่ปฏิบัติงาน ตลอดจนที่พักอาศัย และขอบขอบคุณครอบครัวธนบัตร เจ้าของกิจการเพาะเห็ดนางฟ้า จ.จันทบุรี ที่ให้ข้อมูล ช่วยเหลือ แนะนำ และอำนวยความสะดวกในการเพาะเห็ดให้ดำเนินลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีวเคมีทุกท่านที่ได้ให้การช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกระหว่างการทำวิจัย

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและบัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนและน้อง ๆ ชาวชีวเคมีและเทคโนโลยีทางชีวภาพ ช้อย เตียร์ แมน เปี๊ยก โอ๋ เจี๊ยบ ตุ้มและคุณรุ่งโรจน์ สราญฤทธิชัย ที่คอยช่วยเหลือในด้านการเดินทางเก็บตัวอย่าง การพิมพ์วิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้ความเข้าใจ และความปรารถนาดี เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายขออุทิศปริญญาใบนี้ และความสำเร็จที่เกิดขึ้น แด่ คุณพ่อติ่ง ภารศิลป์ ซึ่งล่วงลับไปแล้ว ในช่วยเวลาที่ท่านมีชีวิตอยู่ ท่านได้ให้การสนับสนุนทางด้านการเงิน และกำลังใจตลอดเวลา ขอกราบขอบพระคุณคุณแม่วันเพ็ญ ภารศิลป์ คุณอาบัวทอง ภารศิลป์ พี่ น้า และอาที่รักทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือ ความเข้าใจทั้งกำลังกาย กำลังทรัพย์ และความรัก ตลอดจนจบการศึกษา

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ .....ฉ
สารบัญ .....ช
สารบัญตาราง .....ช
สารบัญภาพ.....ฌ
คำย่อ สัญลักษณ์และคำนิยาม .....ญ
บทที่
1.บทนำ
1.1 การใช้น้ำในอุตสาหกรรมยาง.....2
1.2 ลักษณะของน้ำยางและน้ำทิ้งจากการผลิต.....2
1.3 วิธีการผลิตยางประเภทต่างๆ.....6
1.4 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย.....7
1.5 กระบวนการตกตะกอน (Coagulation).....8
1.6 เห็ดนางฟ้า.....12
1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....18
1.8 วัตถุประสงค์การทดลอง 22
2. วัสดุชีวภาพ เคมีภัณฑ์และวิธีการ
2.1 วัสดุน้ำทิ้งจากโรงงาน.....24
2.2 วัสดุเพาะเห็ด.....24
2.3 วัสดุเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย.....25
2.4 ครุภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งทางเคมีและกายภาพ.....26
2.5 วัสดุเคมีภัณฑ์.....27
2.6 วิธีการ.....28
ตอนที่ 2.6.1 การบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีทางเคมี.....28
ตอนที่ 2.6.2 เป็นการเติมอากาศลงในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น
และการจำแนกเชื้อจากน้ำทิ้งของโรงงานยาง.....32
ตอนที่ 2.6.3 เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำซีรัมที่แยกได้.....34

หน้า

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นน้ำทิ้งของโรงงาน.....38

3.2 ศึกษาความสามารถในการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำทิ้งและประสิทธิภาพในการกำจัดของน้ำทิ้งแต่ละประเภท.....52

3.3 การศึกษาการจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำทิ้งโรงงานยางประเภทต่างๆ พร้อมทั้งทำการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้นด้วยวิธีการเติมอากาศ.....70

3.4 ศึกษาความสามารถในการใช้น้ำซีรัมในการเพาะเห็ดนางฟ้าด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา.....78

3.5 ผลประโยชน์จากการประยุกต์ใช้น้ำซีรัมจากหางน้ำยางสกิมเพาะเห็ดนางฟ้า 92

4. วิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่งและน้ำยางข้น.....94

4.2 ประสิทธิภาพของวิธีทางเคมีในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่งและน้ำยางข้น.....96

4.3 ประสิทธิภาพของวิธีทางชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น.....97

4.4 ทางเลือกใหม่ในการจัดการน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น.....98

5. สรุปและข้อเสนอแนะ 102

รายการอ้างอิง.....106

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. 112

ภาคผนวก ข. 129

ภาคผนวก ค. 135

ภาคผนวก ง. 140

ภาคผนวก จ. 145

ประวัติผู้เขียน 149

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

1.1 ส่วนประกอบของน้ำยางสด.....3
1.2 สมบัติของน้ำทิ้งที่มาจากกระบวนการผลิตต่างๆ(ในหน่วยกิโลกรัม/ตันการผลิต).....4
1.3 สมบัติของน้ำซีรัมที่แยกได้จากหางน้ำยางจากประเทศมาเลเซีย.....5
2.1 วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำทิ้งและตะกอนที่ได้หลังการบำบัด 29
3.1 ข้อมูลน้ำทิ้งของโรงงานที่ศึกษาในช่วงที่มีการผลิตสูงสุดในรอบปี 38
3.2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมยางประเภทต่างๆ 50
3.3 ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิต
ยางแท่งSTR5Lด้วยวิธีทางเคมี.....53
3.4 ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น
ด้วยวิธีทางเคมี.....54
3.5 ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มบำบัดน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา ด้วยวิธีทางเคมี.....55
3.6 ปริมาณFerric chloride ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่งSTR5L
ด้วยวิธีทางเคมี.....56
3.7 ปริมาณFerric chloride ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิต
น้ำยางข้น ด้วยวิธีทางเคมี.....57
3.8 ปริมาณFerric chloride ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา
ด้วยวิธีทางเคมี.....58
3.9 ปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงาน
ผลิตยางแท่งSTR5L ด้วยวิธีทางเคมี.....59
3.10 ปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงาน
ผลิตน้ำยางข้น ด้วยวิธีทางเคมี.....60
3.11 ปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งรวมของ
โรงงานที่ศึกษา ด้วยวิธีทางเคมี.....61
3.12 ปริมาณของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งรวมของ
โรงงานผลิตยางแท่งSTR5L ด้วยวิธีทางเคมี.....62
3.13 ปริมาณของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงาน

หน้า

3.13 ปริมาณของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ด้วยวิธีทางเคมี.....63
3.14 ปริมาณของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา ด้วยวิธีทางเคมี.....64
3.15 สรุปผลการวิเคราะห์สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่เข้าและออกจากระบบของการบำบัดน้ำทิ้งโดยวิธีทางเคมี รวมทั้งตะกอนที่ได้หลังการบำบัดของโรงงานที่ศึกษา 66
3.16 ประสิทธิภาพของวิธีทางเคมีในการกำจัดบีโอดีของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง โรงงาน ผลิตน้ำยางข้น และน้ำทิ้งรวม 67
3.17 ประสิทธิภาพของวิธีทางเคมีในการกำจัดของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง โรงงานผลิตน้ำยางข้น และน้ำทิ้งรวม.....67
3.18 ประสิทธิภาพของวิธีทางเคมีในการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง โรงงานผลิตน้ำยางข้น และน้ำทิ้งรวม.....68
3.19 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกมาจากน้ำทิ้งของโรงงานยางประเภทต่างๆ.....71
3.20 การจำแนกกลุ่มของจุลินทรีย์ที่แยกได้จากน้ำทิ้งของโรงงานยางประเภทต่างๆ ตามชนิดของแกรม.....71
3.21 ผลการทดสอบลักษณะทางชีวเคมีของเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกมาจากน้ำทิ้งของโรงงานยางประเภทต่างๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อต่างชนิดกัน 75
3.22 ประสิทธิภาพการทำงานการบำบัดน้ำทิ้งโดยวิธีชีวภาพด้วยระบบการเติมอากาศ.....77
3.23 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของสารต่างๆที่อยู่ในน้ำซีรัม ซึ่งแยกออกมาจากหางน้ำยาง.....79
3.24 ความเป็นไปได้ของการเพาะเห็ดนางฟ้าโดยขี้เลื่อยไม้ยางพาราและน้ำซีรัมยางพารา.....80
3.25 ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในวัสดุเพาะพื้นฐานเปรียบเทียบกับที่เติมซีรัมปริมาณต่างกัน.....82
3.26 การใช้น้ำซีรัมแทนยูเรียในสูตรอาหารปกติ.....83
3.27 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในวัสดุเพาะสูตรอาหารพื้นฐาน สูตรอาหารปกติ และสูตรอาหารที่ใช้ซีรัมแทนยูเรีย.....86
3.28 ปริมาณรำที่เหมาะสมสำหรับสูตรอาหารเสริมซี.....87

หน้า

3.1 วิธีการผลิตและจุดกำเนิดน้ำทิ้งจากการผลิตยางแท่งSTR5L 40
3.2 ขั้นตอนการผลิตยางแท่งSTR5L 41
3.3 ลักษณะน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่งSTR5Lจากจุดกำเนิดต่างๆ 42
3.4 วิธีการผลิตและจุดกำเนิดน้ำทิ้งจากการผลิตน้ำยางข้นและยางสกิมบลอค 43
3.5 จุดกำเนิดและลักษณะของน้ำทิ้งจากการผลิตน้ำยางข้น 44
3.6 ขั้นตอนการผลิตยางสกิมบลอค.....45
3.7 ลักษณะของน้ำทิ้งจากการคัดแยกเนื้อยางและล้างบ่อจับตัวของการผลิตยางสกิมบลอค.....46
3.8 แผนผังรวมของบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ศึกษา 48
3.9 ลักษณะของน้ำทิ้งจากการผลิตยางแต่ละประเภท 51
3.10 ตัวอย่างลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้งและตะกอนจากน้ำทิ้งของโรงงานที่ศึกษา
ภายหลังการบำบัดทางเคมีด้วย 0.1%Ferric chloride และ0.05%แอนไอออนิกพอลิเมอร์
ที่แคทไอออนิกพอลิเมอร์ปริมาณต่างๆ.....64
3.11 ลักษณะโคโลนีของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นบนอาหารNAและอาหารYM
ซึ่งคัดแยกมาจากบ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานยางประเภทต่างๆ 72
3.12 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์ที่แยกได้จากน้ำทิ้งของโรงงานยาง
โดยวิธีการย้อมแกรม(Gram's stain)ส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย100 เท่า.....73
3.13 เปรียบเทียบลักษณะของดอกเห็ดนางฟ้า ซึ่งเพาะในขี้เลื่อยไม้ยางพาราเติมน้ำซีรัม.....81
3.14 ลักษณะของดอกเห็ดนางฟ้า ซึ่งเพาะโดยใช้ซีรัมแทนยูเรียในสูตรอาหารปกติ.....84
3.15 ลักษณะของดอกเห็ดนางฟ้าซึ่งเพาะในสูตรอาหารเสริมซีรัมที่แปรปริมาณรำ.....88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวย่อ สัญลักษณ์และคำนิยาม

BOD_5 (Biochemical Oxygen Demand) คือปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนที่อุณหภูมิ $20\pm1^{\circ}C$ เป็นเวลา 5 วัน

SS (Suspended Solids) คือของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ น้ำเสีย หรือน้ำทิ้ง และสามารถกำจัดออกได้โดยการกรอง

pHหมายถึงส่วนกลับของลอกการิทึมของความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนต่อสารละลาย1ลิตร

vvm(ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรน้ำต่อนาที)หมายถึงปริมาณของอากาศที่เติมลงไปในน้ำเสียหรือน้ำใน 1 หน่วยปริมาตรน้ำ ภายในช่วงเวลา 1 นาที

C.V.(Coefficient of variation) เป็นค่าแสดงถึงความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในการทดลอง ซึ่งไม่สามารถทราบสาเหตุที่แน่นอน ค่านี้มีประโยชน์ในการประเมินค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในรูปเปอร์เซนต์ของค่าเฉลี่ย

ANOVA(Analysis of Variance) หรือการวิเคราะห์ความแปรปรวนคือ วิธีการประเมินผลของความแปรปรวน โดยได้ค่าประเมินความแปรปรวนนี้ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป เพื่อนำมาเปรียบเทียบกันโดย F-test

DMRT(Duncan's new multiple-range test) เป็นวิธีที่ตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ในกรณีที่มีหลายๆ สิ่งทดลองและต้องการเปรียบเทียบสิ่งทดลองทั้งหมดในคราวเดียวกัน ได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าวิธีวิเคราะห์แบบอื่น

F-value อัตราส่วนระหว่างค่าประเมินความแปรปรวน 2 ค่า เพื่อใช้ประกอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งปกติแสดงในรูปอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของความแปรปรวน (mean square)

RCB(Randomized Complete Block Design) หมายถึงแผนการทดลองทางสถิติที่มีการจัดกลุ่มของหน่วยการทดลอง โดยแบ่งออกเป็นกลุ่ม (บล็อค) ให้แต่ละกลุ่มมีครบทุกสิ่งทดลองและไม่ซ้ำกัน ซึ่งแต่ละสิ่งทดลองจะถูกจัดลงไปในหน่วยการทดลองโดยการสุ่ม

NTU(Nephelometric Turbidity Unit) เป็นหน่วยความขุ่นที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Nephelometer ในที่นี้จะใช้วิธีวัดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 420 nm โดยใช้สารมาตรฐาน 2 ชนิดที่มีความขุ่นมาตรฐาน 40 NTU เป็นตัวเปรียบเทียบแทน