# บทที่ 3

## ผลการวิจัย

### 3.1 ผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นน้ำทิ้งของโรงงาน

ลักษณะโรงงานที่ทำการศึกษาวิจัยเป็นโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางพารา ซึ่งทำการผลิตยางแท่ง STR5L น้ำยางข้น และยางสกิมบลอค (skim block) ซึ่งมีกำลังการผลิตต่อวันในช่วงที่มีการผลิตสูงสุดในรอบปี (เดือน สิงหาคม – เดือนพฤศจิกายน) มีดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ยางแท่ง STR5L | 50 | ตันต่อวัน |
| น้ำยางข้น 60% | 70 | ตันต่อวัน |
| ยางสกิมบลอค | 35 | ตันต่อวัน |

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลการใช้น้ำของโรงงานที่ศึกษาในช่วงที่มีการผลิตสูงสุดในรอบปี

| ประเภทน้ำทิ้ง | ปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นในเดือนต่างๆ (ลบ.ม.ต่อวัน) | | | | | ปริมาณน้ำทิ้งต่อผลผลิตยาง (ลบ.ม./ตัน/วัน) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | สิงหาคม | กันยายน | ตุลาคม | พฤศจิกายน | ค่าเฉลี่ย | |
| ยางแท่ง STR5L | 210 | 156.7 | 236.8 | 270.0 | 218.4 | 4.37 |
| น้ำยางข้น | 33.3 | 33.3 | 53.3 | 60.0 | 45.0 | 0.64 |
| ยางสกิมบลอค | 2.5 | 4.7 | 10.0 | 14. 3 | 7.9 | 0.22 |
| น้ำทิ้งรวม | 245.8 | 194.7 | 300.1 | 344.3 | 271.3 | 5.23 |

แหล่งข้อมูล จันจิรา ทองสม , ปี 2542

#### 3.1.1 กระบวนการผลิตและจุดกำเนิดของน้ำทิ้ง

ขั้นตอนการผลิตแต่ละประเภทโดยหลักการแล้วจะคล้ายคลึงกัน จะมีความแตกต่างบ้างในด้านรายละเอียดของการดำเนินการเท่านั้น นอกจากนี้พบว่าจุดกำเนิดน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตจะเหมือนกัน แต่จะมีความแตกต่างกันในด้านรายละเอียดของขั้นตอนการผลิตและจุดกำเนิดน้ำทิ้ง ดังมีรายละเอียด ดังนี้

● การผลิตยางแท่ง STR 5L

ขั้นตอนการผลิตโดยสังเขปแสดงในภาพประกอบที่ 3.1 ซึ่งมีหลักการกว้างๆ คือ นำน้ำยางสดมาทำการเจือจางให้มีเปอร์เซนต์ยางที่ต้องการโดยการเติมน้ำให้มีเปอร์เซนต์เนื้อยางแห้ง (Dry rubber content , DRC)เท่ากับ 15% และปล่อยให้เกิดการจับตัวในรางจับตัว ด้วยการเติมกรดฟอร์มิก หลังจากนั้นจะนำเนื้อยางมารีดน้ำออกด้วยเครื่องรีดเนื้อยาง แล้วจึงนำไปฉีกเป็นชิ้นเล็กๆและนำไปอบแห้งต่อ หลังจากการอบแห้งแล้วจะทำการอัดก้อน ชั่งน้ำหนัก และห่อพลาสติกเพื่อส่งขายต่อไป (ภาพประกอบที่3.2) สำหรับน้ำทิ้งที่เกิดจากการผลิตยางแท่ง (ภาพประกอบที่ 3.3) พบว่ามีปริมาณเฉลี่ย 4.37 ลูกบาศก์เมตรต่อการผลิตยางแท่งจำนวน 1 ตัน

● การผลิตน้ำยางข้น

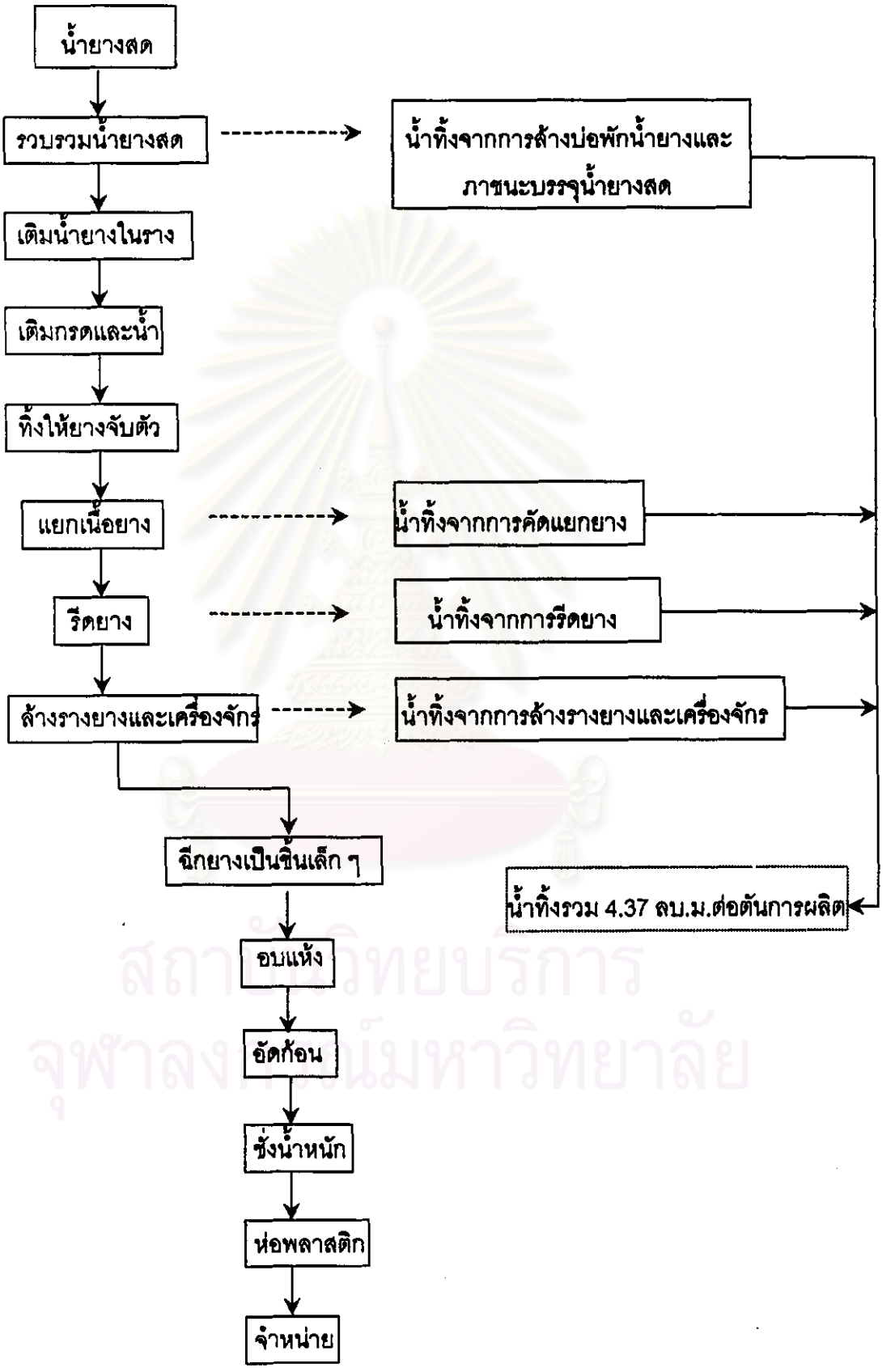
ขั้นตอนการผลิตโดยสังเขปแสดงในภาพประกอบที่3.4 คือ เริ่มแรกทำการรวบรวมน้ำยางสดจากพ่อค้าหรือเกษตกรมาผ่านการรักษาสภาพน้ำยาง โดยการเติมแอมโมเนีย ($NH_3$) ซิงค์-ออกไซด์ (ZnO)และไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Diammoniumphosphate) ก่อนที่จะมีการปั่นแยก(Centrifuge) ด้วยถังปั่นน้ำยาง เพื่อให้เกิดการแยกกันที่ระดับหนึ่งของเนื้อยางและน้ำซีรัม จากนั้นปรับความเข้มข้นของเนื้อยางเท่ากับ60% แล้วจึงนำไปเติมสารเคมีรักษาสภาพอีกครั้ง แล้วบรรจุภาชนะเพื่อส่งขายต่อไป สำหรับน้ำซีรัมที่ถูกคัดแยกออกมาจากการปั่นเรียกว่า"หางยาง" ซึ่งยังคงมีเนื้อยางอยู่ประมาณ4% ก็จะมีการนำมาผ่านกระบวนการผลิตยางสกิมบลอค ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

สำหรับจุดกำเนิดน้ำทิ้งที่เกิดจากการผลิตน้ำยางข้น (ภาพประกอบที่3.5) พบว่าเกิดจาก 3 บริเวณใหญ่ คือ เป็นน้ำทิ้งจากการล้างบ่อพักน้ำยาง และภาชนะบรรจุน้ำยาง น้ำทิ้งจากการล้างพื้นและเครื่องปั่น รวมถึงน้ำบรรจุน้ำยางข้น ปริมาณน้ำทิ้งทั้งหมดของกระบวนการผลิตน้ำยางข้น พบว่ามีปริมาณเฉลี่ย 0.64 ลบ.ม. ต่อผลผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน

● การผลิตยางสกิมบลอค

ขั้นตอนการผลิตโดยสังเขปแสดงในภาพประกอบที่3.4 ทำได้โดยนำหางน้ำยางที่เกิดจากการผลิตน้ำยางข้นมาทำการคัดแยกเนื้อยางออก ทั้งนี้ดำเนินการปรับให้หางน้ำยางที่รวบรวมได้ในบ่อพักมีสภาพเป็นกรด โดยเติมกรดซัลฟุริก แล้วปล่อยให้มีการจับตัวกันของเนื้อยาง หลังจากนั้นจะทำการเก็บเกี่ยวเนื้อยาง และนำเนื้อยางมารีด เพื่อกำจัดน้ำในเนื้อยางออกก่อนจะนำมาฉีกเป็นชิ้นเล็กๆ หลังจากการฉีกยางแล้วจะผ่านการอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก อัดก้อน และบรรจุถุงเพื่อส่งจำหน่ายต่อไป (ภาพประกอบที่3.6)

ภาพประกอบที่3.1 วิธีการผลิตและจุดกำเนิดน้ำทิ้งจากการผลิตยางแท่ง STR 5L




สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพประกอบที่3.2 ขั้นตอนการผลิตยางแท่งSTR5L

ก. จับตัวด้วยกรดฟอร์มิกในรางจับตัว

ข. รีดเนื้อยาง

ค. ฉีกยางเป็นชิ้นเล็กๆ

ง. รอเข้าเตาอบ

จ. เนื้อยางที่ผ่านการอบแล้ว

ฉ. อัดก้อน

ช. ยางแท่งSTR5L ที่พร้อมจำหน่าย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

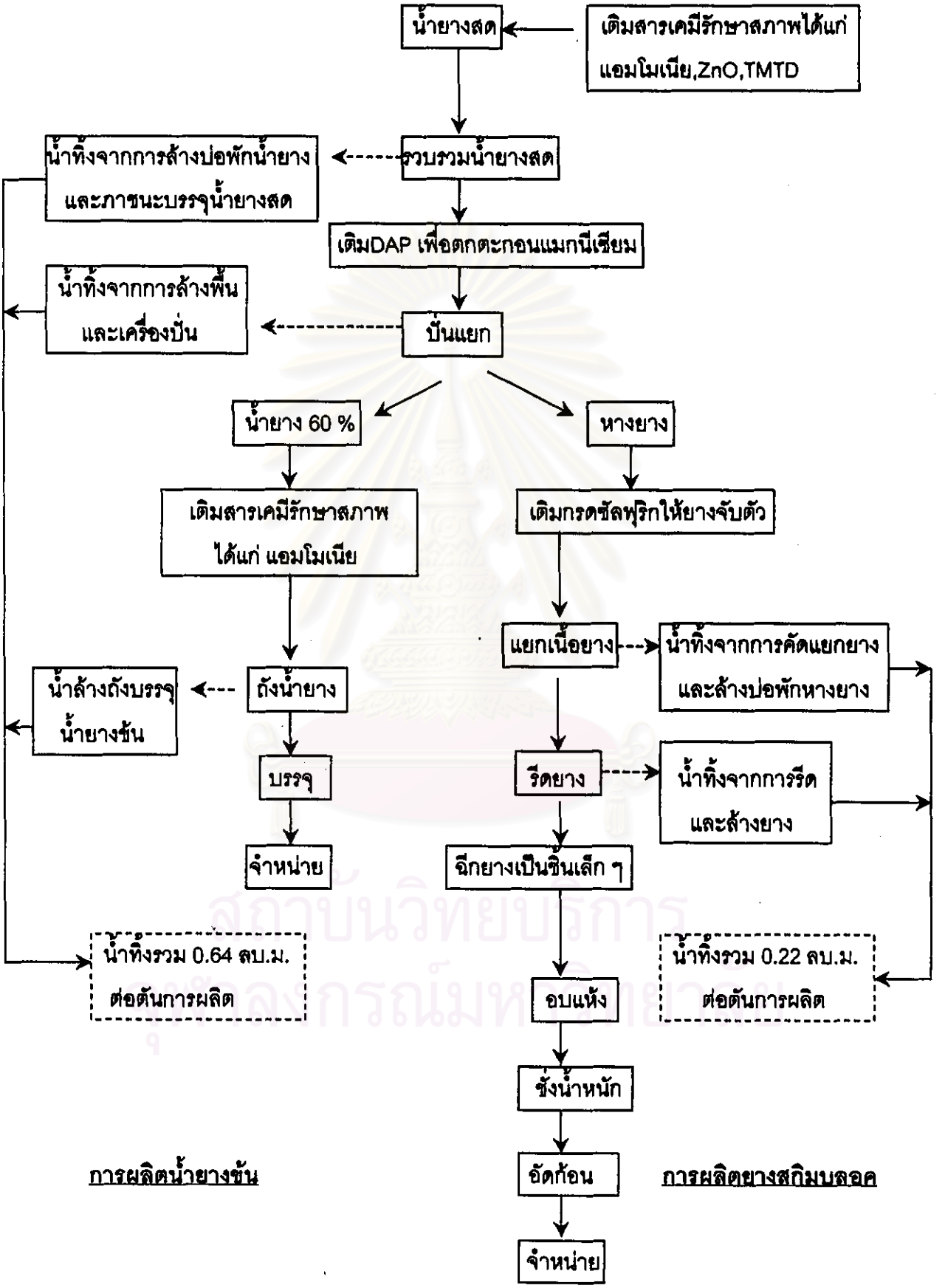
ภาพประกอบที่3.3 ลักษณะน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่งSTR5L จากจุดกำเนิดต่างๆ

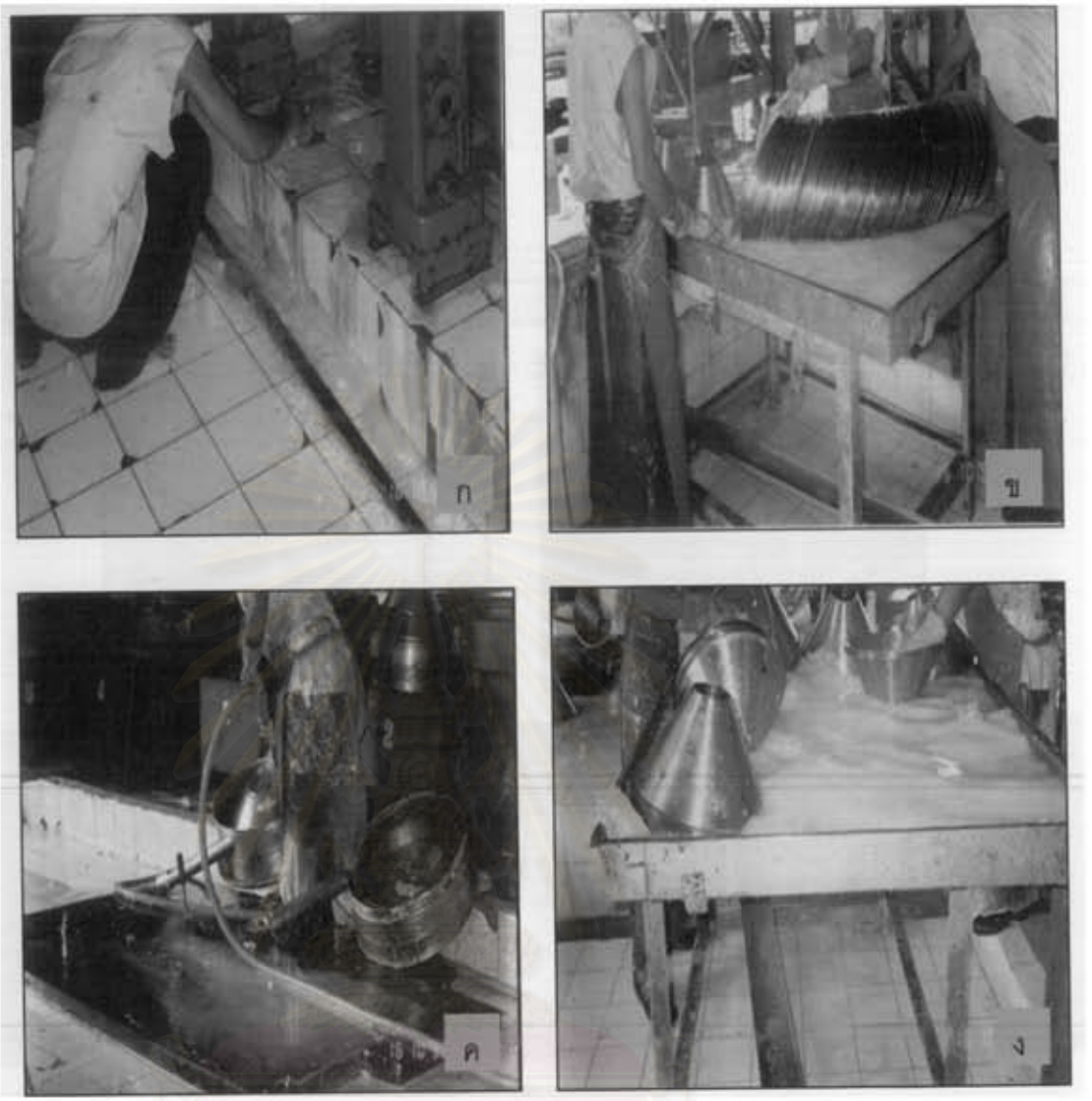
ก. น้ำทิ้งจากการล้างรางยาง และเครื่องจักร

ข. น้ำทิ้งจากการคัดแยกยางและล้างยาง.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ภาพประกอบที่3.4</u> วิธีการผลิตและจุดกำเนิดน้ำทิ้งจากการผลิตน้ำยางข้นและยางสกิมบลอค






ภาพประกอบที่3.5 จุดกำเนิดและลักษณะของน้ำทิ้งจากการผลิตน้ำยางข้น

ก. น้ำทิ้งจากการล้างพื้น

ข.- ง. น้ำทิ้งจากการล้างเครื่องปั่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพประกอบที่ 3.6 ขั้นตอนการผลิตยางสกิมบลอค

ก. รวบรวมหางน้ำยางในบ่อจับตัวของเนื้อยาง

ข. คัดแยกเนื้อยางหลังการเติมกรดซัลฟุริก

ค. แช่เนื้อยาง

ง. ลำเลียงเนื้อยางก่อนเข้าเครื่องรีดยาง

จ. รีดเนื้อยาง

ฉ. ฉีกเนื้อยาง

ช.เนื้อยางหลังการอบ

ซ. ก้อนยางสกิมบลอค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพประกอบที่3.7 ลักษณะของน้ำทิ้งจากการคัดแยกเนื้อยางและล้างบ่อจับตัวของการผลิตยางสกิมบลอค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับน้ำทิ้งที่เกิดจากการผลิตยางสกิมบลอค พบว่ามีปริมาณประมาณ 0.22 ลบ.ม.ต่อผลผลิตยางสกิมบลอค1ตัน ส่วนจุดกำเนิดน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตยางสกิมบลอคมี 2จุดใหญ่ๆ คือ เป็นน้ำทิ้งจากการคัดแยกยางและล้างบ่อจับตัว(ภาพประกอบที่3.7) และน้ำทิ้งจากการรีดและล้างยาง

### 3.1.2 ลักษณะของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ศึกษา

ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวแทน เป็นระบบบำบัดแบบบ่อธรรมชาติ ซึ่งมีทั้งระบบที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ ประกอบด้วย

- บ่อดักเศษยาง (rubber trap) จำนวน 1 บ่อ
- บ่อหมักไร้อากาศ (anaerobic pond) จำนวน 2 บ่อ
- บ่อเติมอากาศ (aerated lagoon) จำนวน 1 บ่อ
- บ่อขัดแต่ง (polishing pond) จำนวน 1 บ่อ

ปริมาณน้ำทิ้งรวมที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย โดยทำการวัดอัตราการไหลในท่อระบายน้ำรวมก่อนที่จะไหลเข้าสู่บ่อดักยาง พบว่าปริมาณน้ำทิ้งรวมที่เข้าระบบเท่ากับ 271.2 ลบ.ม./วัน โดยช่วงทำการศึกษาเป็นช่วงที่มีการผลิตสูงสุดในรอบปี (เดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน) ลักษณะแผนผังของระบบบำบัดน้ำทิ้งดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.8

### 3.1.3 ลักษณะของน้ำทิ้งก่อนเข้าสู่บ่อพักแต่ละประเภท

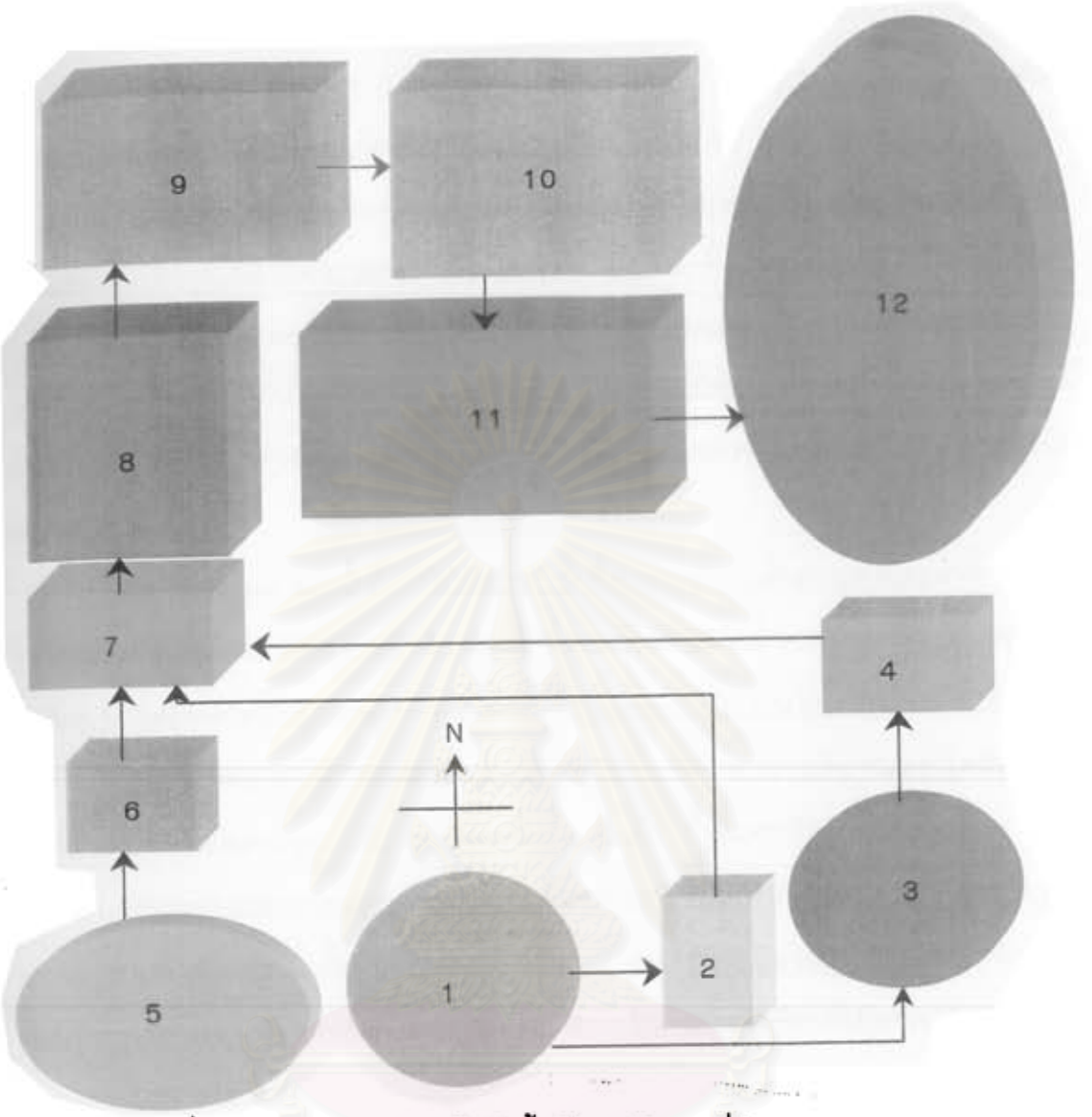
น้ำทิ้งที่ศึกษานั้นมาจาก 3 แหล่งด้วยกัน ได้แก่

1.บ่อพักของน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่ง STR 5L

2.บ่อพักของน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น

3.บ่อพักของน้ำทิ้งรวมของโรงงานทุกประเภท ได้แก่ โรงงานผลิตยางแท่งSTR5L น้ำยางข้นและยางสกิมบลอค

โดยทำการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (grab sample) ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่าง ณ เวลาและสถานที่หนึ่งๆ แล้วนำมาวิเคราะห์เป็นตัวอย่างๆ ไป โดยทำการเก็บครั้งละประมาณ 50-60 ลิตร จากนั้นนำมาเก็บในห้องเย็น อุณหภูมิ 10°C ทันทีเท่าที่จะทำได้ คุณภาพของน้ำทิ้งหลังออกจากโรงงานเข้าสู่บ่อพัก แสดงในตารางที่ 3.2 พบว่าน้ำทิ้งจากบ่อพักรวมของโรงงานที่ศึกษามีค่า $BOD_5$ เป็น 4,485 มก./ล. จากข้อมูลที่ได้ชี้ให้เห็นว่า ในบ่อรวมซึ่งต่อจากบ่อพักของโรงผลิตยางแท่ง จะมีปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบสูงถึง 919 กิโลกรัมบีโอดีต่อวัน เมื่อคิดอัตราการเกิดน้ำทิ้งของโรง




ภาพประกอบที่3.๓ แผนผังรวมของบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ศึกษา

1 แทน โรงงานผลิตน้ำยางข้น

2 " บ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น

3 " โรงงานผลิตยางสกิมบลอค

4 " บ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางสกิมบลอค

5 " โรงงานผลิตยางแท่งSTR 5L

6 " บ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่งSTR 5L

7 " บ่อพักน้ำทิ้งรวมของโรงงาน

8 " บ่อดักเศษยาง

9-10 " บ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic pond)

11 " บ่อเติมอากาศ ( Aerated lagoon)

12 " บ่อขัดแต่ง (Polishing pond)

ผลิตยางแท่งโดยเฉลี่ย 200 ลบ.ม.ต่อวัน สำหรับคุณภาพของน้ำทิ้งที่ออกมาจากโรงงานผลิตยางแท่ง พบว่าน้ำทิ้งจากแหล่งนี้มีค่า $BOD_5$ เท่ากับ 6,285 มก./ล. และคุณภาพของน้ำทิ้งที่ออกมาจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ปรากฏว่ามีค่า $BOD_5$ เท่ากับ 243 มก./ล.

จากการศึกษาถึงปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่อยู่ในน้ำทิ้ง (SS) พบว่า ปริมาณของแข็งในน้ำทิ้งทุกแหล่งมีค่ามากกว่า 500 มก./ล. พบว่าน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมีค่า SS มากที่สุด คือ 2,148 มก./ล. รองลงมาคือน้ำทิ้งจากโรงงานรวมคือ 1,720 มก./ล. และน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง มีค่าน้อยที่สุดคือ 1,057 มก./ล. แสดงให้เห็นว่ามีตะกอนในน้ำทิ้งค่อนข้างสูง ซึ่งตะกอนเหล่านี้จะถูกกำจัดออกโดยการตกตะกอนหรือการลอยตัวของเศษยางก็ได้ ซึ่งจะต้องทำการศึกษาต่อไป

สำหรับค่า pH ของน้ำทิ้งที่วัดได้พบว่า น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่งและน้ำทิ้งจากโรงยางรวมจะมีค่า4.42และ5.29 ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นจะมีค่าpH ค่อนข้างสูงคือ8.34 โดยการวัดนี้เป็นการตรวจวัดขณะที่น้ำทิ้งออกมาจากโรงงาน อุณหภูมิในช่วง 26-28$^{o}$C

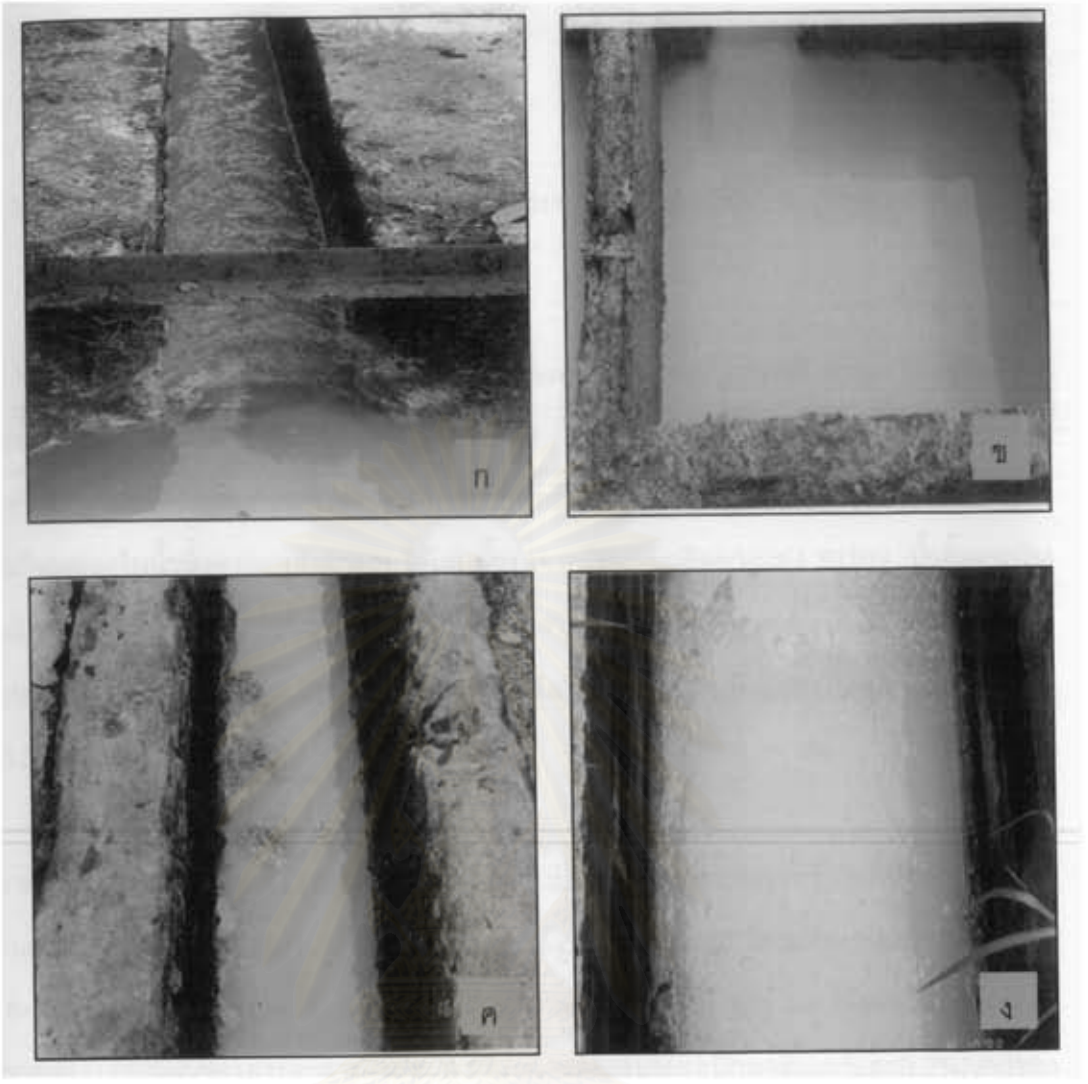
ในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีที่อยู่ในน้ำทิ้ง พบว่าปริมาณของโพตัสเซียม ฟอสฟอรัสและซัลเฟตจะสูงมากใน 2 แหล่งน้ำทิ้ง นั่นคือ น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง มีค่า 224.8 1,525และ2,036มก./ล.ตามลำดับและน้ำทิ้งจากปอพักรวมเท่ากับ 355.7 2,195และ 2,256 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นจะมีเพียงปริมาณฟอสฟอรัสและซัลเฟตที่ค่อนข้างสูงคือ 478 และ 2,111มก./ล. ตามลำดับ ส่วนปริมาณโพตัสเซียมมีปริมาณ19.45 มก./ล.

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำทิ้งโดยทำการวิเคราะห์ธาตุสังกะสี(Zn) เหล็ก (Fe) ตะกั่ว(Pb) แคลเซียม (Ca)และแมกนีเซียม (Mg) พบว่าน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้นจะมีปริมาณของสังกะสี เหล็ก และแมกนีเซียม ค่อนข้างสูงนั่นคือ 11.5 15.8 และ 13.1 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนค่าตะกั่ว (0.14 มก./ล.) และแคลเซียม (4.77 มก./ล.) จะต่ำ ส่วนน้ำทิ้งรวมจะมีปริมาณสังกะสีและแมกนีเซียมที่ค่อนข้างสูงคือ 13.3 และ17.8 มก./ล.ตามลำดับ ปริมาณอื่นๆ ได้แก่ เหล็ก (1.54 มก./ล.) แคลเซียม (6.48 มก./ล.)และตะกั่ว (0.15 มก./ล.) จะมีปริมาณน้อยกว่า สำหรับน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่งจะมีปริมาณสังกะสี เหล็ก แคลเซียมและตะกั่ว ค่อนข้างต่ำ ยกเว้นปริมาณแมกนีเซียมซึ่งมีค่ามากถึง18.52 มก./ล. (สังกะสี 2.45 มก./ล. เหล็ก 1.37 มก./ล. แคลเซียม 5.42 มก./ล.และตะกั่ว 0.16 มก./ล.) ลักษณะของน้ำทิ้งจากบ่อพักของโรงงานต่าง ๆ แสดงในภาพประกอบที่3.9

ตารางที่3.2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมยางประเภทต่างๆ

| สมบัติทางเคมีและกายภาพ | แหล่งน้ำทิ้งที่ศึกษา (n=จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง) | | |
|---|---|---|---|
| | โรงผลิตยางแท่ง STR5L (n=4) | โรงผลิตน้ำยางข้น (n=3) | บ่อพักรวม * (n=3) |
| ค่าความเป็นกรด-ด่าง | 4.42 (4.15-4.65) | 8.24 (8.01-8.44) | 5.29 (4.87-5.51) |
| อุณหภูมิ ( °C ) | 27 (26-27) | 28 (27-28) | 27 (26-27) |
| $BOD_5$ (mg/l) | 6,285 (5,936-6,572) | 234 (195-279) | 4,485 (4,150-4,843) |
| SS (mg/l) | 1,057 (853-1,236) | 2,148 (2,019-2,537) | 1,720 (1,462-2,014) |
| ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด(g/l) | 2.11 (1.85-2.37) | 0.13 (0.07-0.18) | 1.35 (1.05-1.54) |
| ปริมาณฟอสฟอรัส (mg/l) | 1,525 (1,520-2,318) | 478 (320-518) | 2,195 (1,756-2,435) |
| ปริมาณฟอสเฟต (mg/l) | 5,147 (5,074-5,597) | 1,325 (978-1,635) | 7,246 (5,786-7,547) |
| ปริมาณโพตัสเซียม (mg/l) | 224.8 (195.4-245.8) | 19.45 (16.78-23.72) | 355.7 (311.5-427.2) |
| ปริมาณสังกะสี (mg/l) | 2.45 (1.87-2.98) | 11.5 (9.52-14.7) | 13.3 (10.5-16.4) |
| ปริมาณเหล็ก (mg/l) | 1.37 (1.01-1.58) | 15.8 (10.4-17.5) | 1.54 (1.21-2.35) |
| ปริมาณแคลเซียม (mg/l) | 5.42 (4.75-6.84) | 4.77 (3.21-5.79) | 6.48 (5.91-6.96) |
| ปริมาณแมกนีเซียม (mg/l) | 18.52 (13.78-22.54) | 13.1 (11.4-16.3) | 17.8 (15.7-22.9) |
| ปริมาณตะกั่ว (mg/l) | 0.16 (0.09-0.21) | 0.14 (0.13-0.19) | 0.15 (0.14-0.19) |
| ปริมาณซัลเฟต (mg/l) | 2,036 (1,756-2,496) | 2,111 (1,978-2,385) | 2,256 (1,956-2,578) |

* บ่อพักรวมหมายถึง น้ำทิ้งที่มาจากโรงงานผลิตยางแท่ง STR5L น้ำยางข้นและยางสกิมบลอค




ภาพประกอบที่3.9 ลักษณะของน้ำทิ้งจากการผลิตยางแต่ละประเภท

ก. จากการผลิตยางแท่ง STR5L

ข. จากการผลิตน้ำยางข้น 60%

ค. จากการผลิตยางสกิมบลอค

ง. จากการผลิตยางทุกประเภท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 3.2 ศึกษาความสามารถในการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำทิ้งและประสิทธิภาพในการกำจัดของน้ำทิ้งแต่ละประเภท

### 3.2.1 การหาค่าpHและปริมาณสารจับก้อนต่าง ๆ ในการกำจัดความขุ่นของน้ำทิ้งโรงงานยาง

#### 3.2.1.1. หาค่า pH ที่เหมาะสม

จากการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานยางด้วยวิธีทางเคมีนั้นจะต้องทำการปรับค่าpH ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยใช้สารละลาย$Ca(OH)_2$ ความเข้มข้น1%(w/v)เป็นตัวปรับ จากนั้นเติมสารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ และสารช่วยจับก้อน ได้แก่แอนไอออนิกพอลิเมอร์ และแคทไอออนิกพอลิเมอร์ในปริมาณที่มากเกินพอลงในน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง STR5L น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นและน้ำทิ้งจากบ่อพักรวมของโรงงานที่ศึกษา สังเกตและบันทึกลักษณะสีของตะกอนที่เกิดขึ้น วัดค่า pH และความขุ่นของน้ำทิ้งหลังการตกตะกอน ดังแสดงในตารางที่ 3.3 3.4 และ 3.5

จากตารางที่ 3.3 ซึ่งแสดงผลการสังเกตลักษณะและสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง หลังการบำบัดด้วยวิธีทางเคมี ซึ่งมีpH เริ่มต้น 4.57 โดยปรับpHของน้ำทิ้งเริ่มต้นเป็น 6-12 ด้วยสารละลาย$Ca(OH)_2$ จากนั้นปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 421 มล.ให้เท่ากันทุกบีกเกอร์ก่อนการเติม0.05%v/vของสารละลาย$FeCl_3$ 0.2%(v/v)ของแอนไอออนิกพอลิเมอร์และ0.2%(v/v)ของแคท-ไอออนิกพอลิเมอร์ พบว่าหลังปรับค่า pH ของน้ำทิ้งให้มีค่าประมาณ 9-10 จะมีผลทำให้ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอน มีค่าต่ำกว่า 20 NTU ค่าpH หลังการบำบัดไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม(มีค่าpH6-9)ความใสของน้ำที่วัดได้ค่อนข้างสูง(97-98%T) และสีของตะกอนซึ่งเป็นสีแดงของอิฐของสารละลายเหล็ก (III) ไฮดรอกไซด์ เกิดขึ้นค่อนข้างน้อยด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่งSTR5L ด้วยวิธีทางเคมี

| ค่าpHหลังการเติม$Ca(OH)_2$ | pH หลังบำบัด | การจับตัวของ floc | สีของตะกอน | %T (ความใส) | ค่าความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ [a] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.00 | 5.43 | ++ | Dull+ | 86.95 | 38.7-45.4 | 96.14 |
| 7.00 | 6.12 | ++ | Dull++ | 89.55 | 27.8-32.6 | 97.26 |
| 8.00 | 6.84 | ++ | dull+++ | 90.30 | 23.7-25.2 | 97.71 |
| 9.00 | 8.02 | ++ | reddish+ | 93.25 | 14.8-18.5 | 98.50 |
| 10.00 | 8.84 | +++ | reddish++ | 97.35 | 9.8-12.7 | 98.89 |
| 11.00 | 9.65 | +++ | reddish+++ | 98.20 | 8.7-11.4 | 99.02 |
| 12.00 | 10.13 | +++ | reddish++++ | 98.62 | 7.4-10.2 | 99.22 |

[a] แทน ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ย

จากตารางที่3.4 ซึ่งแสดงผลการสังเกตลักษณะและสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น หลังการบำบัดด้วยวิธีทางเคมี ซึ่งมีpH เริ่มต้น 8.24 โดยปรับpHของน้ำทิ้งเริ่มต้นเป็น 8-12 ด้วยสารละลาย$Ca(OH)_2$ จากนั้นปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 418 มล.ให้เท่ากันทุกบีกเกอร์ ก่อนการเติม0.05%v/vของสารละลาย$FeCl_3$ 0.2%(v/v)ของแอนไอออนิกพอลิเมอร์และ0.2%(v/v)ของแคทไอออ-นิกพอลิเมอร์ ผลการทดลองหาค่า pH ที่เหมาะสมก่อนทำการบำบัดทางเคมีของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น จะได้ว่า ค่าpHที่เหมาะสม ประมาณ9-10 จะให้ค่าความขุ่นที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งมีค่าประมาณ14 NTUและน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อปรับค่าpH ก่อนการบำบัดให้ต่ำกว่า9 แล้ว น้ำทิ้งที่ได้จะมีความเป็นกรดค่อนข้างสูง และค่าความขุ่นที่เกิดขึ้นหลังการตกตะกอนก็ค่อนข้างสูงด้วย (>40NTU) ซึ่งส่งผลให้ความใสของน้ำต่ำ แต่ถ้าปรับค่าpHให้สูง (pH>10)จะส่งผลให้มีสารประกอบเหล็ก (III) ไฮดรอกไซด์ หลงเหลืออยู่ในตะกอนสูงขึ้น และค่า pH หลังบำบัดก็สูงขึ้นด้วย

ตารางที่3.4 ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ด้วยวิธีทางเคมี

| ค่าpHหลังการเติม$Ca(OH)_2$ | pH หลังบำบัด | การจับตัวของ floc | สีของตะกอน | %T (ความใส) | ค่าความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ[a] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.00 | 5.34 | + | Reddish+ | 79.4 | 111.4-120.2 | 98.73 |
| 9.00 | 5.89 | + | Reddish++ | 82.1 | 74.6-85.7 | 99.0 |
| 10.00 | 7.51 | ++ | Reddish+++ | 85.4 | 69.7-75.2 | 99.21 |
| 11.00 | 8.86 | ++ | Reddish++++ | 77.9 | 32.7-42.5 | 99.44 |
| 12.00 | 9.56 | ++ | Reddish++++ | 89.2 | 22.7-31.4 | 99.66 |

[a] แทน ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ย

จากตารางที่3.5 ซึ่งแสดงผลการสังเกตลักษณะและสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นของน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา หลังการบำบัดด้วยวิธีทางเคมี ซึ่งมีpH เริ่มต้น 5.17 โดยปรับpHของน้ำทิ้งเริ่มต้นเป็น 6-12 ด้วยสารละลาย$Ca(OH)_2$ จากนั้นปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น421มล.ให้เท่ากันทุกบีกเกอร์ ก่อนการเติม0.05%v/vของสารละลาย$FeCl_3$ 0.2%(v/v)ของแอนไอออนิกพอลิเมอร์และ0.2%(v/v)ของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ ปรากฏว่าจากการเปลี่ยนแปลงค่า pH ก่อนการบำบัดในช่วงpH 6-12 พบว่าช่วงที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมน้ำทิ้งก่อนการบำบัดทางเคมีคือ pH ประมาณ 9-10 นั่นคือ ที่ช่วงความขุ่นที่ต่ำกว่า 20 NTU และค่า pH ของน้ำทิ้งหลังการบำบัดแล้วจะไม่สูงมากเท่าใดนัก และสีแดงของอิฐของสารประกอบเหล็ก (III) ไฮดรอกไซด์ หลงเหลืออยู่ในตะกอนยังคงมีปริมาณที่ค่อนข้างน้อยกว่า เมื่อเทียบกับการปรับค่า pH ก่อนการตกตะกอนของน้ำทิ้งให้สูงกว่านี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่3.5 ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มบำบัดน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษาด้วยวิธีทางเคมี

| ค่าpHหลังการเติม$Ca(OH)_2$ | pH หลังบำบัด | การจับตัวของ floc | สีของตะกอน | %T (ความใส) | ค่าความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ [a] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.00 | 5.46 | ++ | dull+ | 87.95 | 112.7-92.5 | 93.21 |
| 7.00 | 6.17 | ++ | dull++ | 90.80 | 62.5-74.2 | 95.15 |
| 8.00 | 6.78 | ++ | dull+++ | 92.60 | 51.4-64.2 | 95.96 |
| 9.00 | 8.12 | ++ | reddish+ | 95.80 | 18.7-25.9 | 98.90 |
| 10.00 | 8.8 | +++ | reddish++ | 97.25 | 8.4-13.2 | 99.18 |
| 11.00 | 9.54 | +++ | reddish+++ | 97.00 | 7.5-10.4 | 99.30 |
| 12.00 | 10.07 | +++ | reddish++++ | 97.45 | 6.5-10.1 | 99.35 |

(a) แทน ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ย

3.2.1.2.ปริมาณสารละลาย$FeCl_3$ ที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำทิ้งของโรงงานยาง

หลังจากหาค่าpHที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำทิ้งแต่ละประเภทแล้ว จากนั้นจึงหาปริมาณสารจับก้อนที่เหมาะสมต่อ ทำได้โดยใช้ 1%ของสารละลาย$Ca(OH)_2$เป็นตัวปรับค่าpH ของน้ำทิ้งแต่ละประเภทก่อน จากนั้นจึงเติมสารละลายFerric chloride ในปริมาณต่างๆคือ 0.01 0.02 0.05 0.1 และ 0.15 %(v/v) กวนให้เข้ากันด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที แล้วเติมแอนไอออนิกพอลิเมอร์และแคทไอออนิกพอลิเมอร์ ปริมาณ0.2%(v/v)และ0.2%(v/v) ตามลำดับ กวนให้เข้ากันอีกครั้งหนึ่ง สังเกตและบันทึกลักษณะสีของตะกอนที่เกิดขึ้น วัดค่าpH หลังการบำบัด และค่าความขุ่นของน้ำทิ้งหลังการบำบัด ดังแสดงในตารางที่3.6 3.7และ3.8

จากตารางที่ 3.6 เป็นการหาปริมาณของFerric chloride ที่เหมาะสม สำหรับการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่ง สังเกตลักษณะและสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นหลังการบำบัดทางเคมี โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารละลาย Ferric chloride ในช่วง 0.01-0.15%(v/v) ส่วนปริมาณของแอน-ไอออนิกพอลิเมอร์เป็น 0.2%(v/v)และแคทไอออนิกพอลิเมอร์ เป็น 0.2%(v/v) หลังการปรับค่าpH เป็น 10 ด้วยสารละลาย$Ca(OH)_2$ พบว่าปริมาณของFerric chloride ที่สามารถกำจัดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ระดับหนึ่งก็คือ 0.1%(v/v) เนื่องจากหลังการบำบัดแล้วน้ำทิ้งจะมีค่า pH ประมาณ 7 หรือใกล้เคียงความเป็นกลางซึ่งเมื่อเติมในปริมาณน้อยเกินไป จะทำให้ค่า pH ของน้ำทิ้งหลังบำบัดค่อนข้างเป็นด่าง(>9)ค่าความขุ่นที่วัดได้มีค่าน้อยกว่า10NTU ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาห

กรรม(<20 NTU)ความใสของน้ำทิ้งที่วัดได้ประมาณ 98-99%T และปริมาณของเหล็ก (III) ไฮดรอกไซด์ที่หลงเหลืออยู่ในตะกอนหลังบำบัดก็ค่อนข้างน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเมื่อเติมFerric chlorideในปริมาณที่สูงกว่านี้

ตารางที่3.6 ปริมาณFerric chloride ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง STR5L ด้วยวิธีทางเคมี

| ปริมาณ$FeCl_3$ %(v/v) | pH หลังบำบัด | การจับตัวของ floc | สีของตะกอน | %T (ความใส) | ค่าความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ[a] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 9.53 | ++ | dull+ | 94.35 | 14.8-25.7 | 98.37 |
| 0.02 | 9.24 | +++ | dull++ | 95.45 | 13.7-22.5 | 98.63 |
| 0.05 | 8.91 | +++ | reddish+ | 96.35 | 18.7-24.2 | 98.50 |
| 0.10 | 7.25 | +++ | reddish++ | 98.14 | 8.2-10.7 | 99.08 |
| 0.15 | 6.32 | +++ | reddish+++ | 98.21 | 7.4-9.5 | 99.15 |

[a] แทน ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ย

จากตารางที่ 3.7 เป็นการหาปริมาณของFerric chloride ที่เหมาะสม สำหรับการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น สังเกตลักษณะและสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นหลังการบำบัดทางเคมี โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารละลาย Ferric chloride ในช่วง 0.01-0.15%(v/v) ส่วนปริมาณของแอน-ไอออนิกพอลิเมอร์เป็น 0.2%(v/v)และแคทไอออนิกพอลิเมอร์ เป็น 0.2%(v/v) หลังการปรับค่าpH เป็น 10 ด้วยสารละลาย$Ca(OH)_2$ พบว่าปริมาณของ Ferric chloride ที่สามารถใช้บำบัดน้ำทิ้งเหล่านี้ได้ดีที่สุดคือ 0.02%(v/v) เนื่องจากค่าความขุ่นที่วัดได้หลังการตกตะกอนมีค่าประมาณ 20 NTU ซึ่งใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม (<20 NTU) และค่า pH ก็ไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาห-กรรมเช่นกัน แต่เมื่อพิจารณาปริมาณ Ferric chloride ที่ 0.05%(v/v) พบว่าค่า pH ที่วัดได้หลังบำบัดน้ำทิ้งจะมีค่าความเป็นกลางมากกว่าแต่ค่าความขุ่นค่อนข้างสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาห-กรรมและมีตะกอนของเหล็กเกิดขึ้นมากกว่าด้วย

ตารางที่3.7 ปริมาณFerric chloride ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ด้วยวิธีทางเคมี

| ปริมาณ$FeCl_3$ % (v/v) | pH หลังบำบัด | การจับตัวของ floc | สีของตะกอน | %T (ความใส) | ค่าความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ[a] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 9.42 | ++ | Dull+ | 86.55 | 51.4-64.2 | 99.34 |
| 0.02 | 8.32 | ++ | Dull+ | 94.15 | 17.5-21.3 | 99.77 |
| 0.05 | 7.33 | ++ | Reddish+ | 89.60 | 33.5-42.6 | 99.57 |
| 0.10 | 4.84 | + | Reddish++ | 41.90 | 147.6-162.4 | 93.81 |
| 0.15 | 2.81 | 0 | Reddish+++ | 37.15 | 187.6-213.6 | 86.20 |

[a] แทน ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น

จากตารางที่3.8 เป็นการหาปริมาณของFerric chloride ที่เหมาะสม สำหรับการบำบัดน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา สังเกตลักษณะและสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นหลังการบำบัดทางเคมี โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารละลายFerric chloride ในช่วง 0.01-0.15%(v/v) ส่วนปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์เป็น 0.2%(v/v)และแคทไอออนิกพอลิเมอร์ เป็น 0.2%(v/v) หลังการปรับค่าpH เป็น 10 ด้วยสารละลาย$Ca(OH)_2$ พบว่าปริมาณของFerric chloride ที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดความขุ่นของน้ำทิ้งประเภทนี้คือ0.01%(v/v) นั่นคือปริมาณFerric chloride ที่เติมลงไปจะมีผลทำให้ค่า pH หลังการบำบัดมีค่าที่ได้มาตรฐานกว่าปริมาณอื่น ๆ ค่าความขุ่นที่วัดได้มีค่า<20 NTU ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมและสีแดงอิฐของเหล็ก (III) ไฮดรอกไซด์ ที่เกิดขึ้นค่อนข้างมีน้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่3.8 ปริมาณFerric chloride ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษาด้วยวิธีทางเคมี

| ปริมาณ$FeCl_3$ %(v/v) | pH หลังบำบัด | การจับตัวของ floc | สีของตะกอน | %T (ความใส) | ค่าความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ[a] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 9.65 | ++ | dull+ | 95.8 | 10.6-13.1 | 99.18 |
| 0.02 | 9.42 | +++ | dull++ | 97.25 | 12.7-14.8 | 99.35 |
| 0.05 | 9.03 | +++ | reddish+ | 96.95 | 11.7-15.2 | 99.30 |
| 0.10 | 7.35 | +++ | reddish++ | 95.55 | 7.4-9.5 | 98.95 |
| 0.15 | 6.40 | +++ | reddish+++ | 95.80 | 8.2-10.6 | 99.03 |

[a] แทน ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ย

3.2.1.3.ปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำทิ้งของโรงงานยาง

เมื่อหาปริมาณของสารละลายFerric chlorideและค่าpH ที่เหมาะสมแล้ว จากนั้นจึงทำการหาปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ ซึ่งเป็นตัวช่วยทำให้น้ำใสขึ้น ทำได้โดยใช้1%ของสารละลาย $Ca(OH)_2$เป็นตัวปรับค่า pH ของน้ำทิ้งให้เหมาะสม(ในข้อ3.2.1.1) จากนั้นจึงเติมFerric chloride ในปริมาณที่ตกตะกอนได้ดี (จากข้อ3.2.1.2.) กวนให้เข้ากันด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที แล้วจึงเติมแอนไอออนิกพอลิเมอร์ในปริมาณต่างๆ คือ 0 0.02 0.05 0.10 0.15 0.2 0.3 0.4 และ1.0% (v/v) กวนให้เข้ากันด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา1นาทีเช่นเดียวกัน และเติมแคทไอออนิกพอลิเมอร์ในปริมาณ0.2%(v/v) กวนให้เข้ากันอีกครั้งหนึ่งด้วยความเร็ว20 รอบต่อนาที เป็นเวลา20 นาที สังเกตและบันทึกลักษณะสีของตะกอนที่เกิดขึ้น วัดค่า pH และความขุ่นของน้ำทิ้งหลังการบำบัด ดังแสดงในตารางที่ 3.9 3.10และ3.11

จากตารางที่3.9 เป็นการหาปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่ง แล้วสังเกตลักษณะและสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นหลังการบำบัดทางเคมี โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ในช่วง0-1%(v/v) ส่วนปริมาณของFerric chloride เป็น 0.1%(v/v)และแคทไอออนิกพอลิเมอร์เป็น 0.2%(v/v) หลังการปรับค่าpHเป็น10ด้วยสารละลาย$Ca(OH)_2$ พบว่า ในทุกๆ ปริมาณที่เติมจะมีค่า pH ที่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมและสีแดงอิฐของเหล็ก(III)ไฮดรอกไซด์ ที่เกิดขึ้นมีอยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน จึงพิจารณา

เฉพาะค่าความขุ่นที่เกิดขึ้นหลังการตกตะกอน พบว่าทุกปริมาณมีค่าที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งเช่นกันจึงเลือกปริมาณที่น้อยที่สุดคือ0.05%(v/v)ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นถึง99%

ตารางที่3.9 ปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่งSTR5L ด้วยวิธีทางเคมี

| แอนไอออนิกพอลิเมอร์%(v/v) | pH หลังบำบัด | การจับตัวของ floc | สีของตะกอน | %T (ความใส) | ค่าความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ [a] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 7.02 | ++ | reddish+ | 95.45 | 13.5-25.7 | 98.69 |
| 0.05 | 7.23 | +++ | reddish++ | 96.70 | 9.7-12.5 | 99.02 |
| 0.10 | 7.35 | +++ | reddish++ | 95.65 | 10.7-13.2 | 98.89 |
| 0.15 | 7.43 | +++ | reddish++ | 96.0 | 9.5-12.7 | 98.92 |
| 0.20 | 7.53 | +++ | reddish++ | 96.60 | 8.7-13.2 | 98.89 |
| 0.30 | 7.62 | +++ | reddish++ | 95.25 | 14.6-18.5 | 98.50 |
| 0.40 | 7.65 | +++ | reddish++ | 93.30 | 18.2-23.2 | 98.07 |
| 1.0 | 7.82 | +++ | reddish++ | 94.30 | 17.5-19.1 | 98.43 |

[a] แทน ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ย

จากตารางที่3.10 เป็นการหาปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น แล้วสังเกตลักษณะและสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นหลังการบำบัดทางเคมี โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ในช่วง0-1%(v/v) ส่วนปริมาณของFerric chloride เป็น 0.02%(v/v)และแคทไอออนิกพอลิเมอร์เป็น 0.2%(v/v) หลังการปรับค่าpH เป็น10 ด้วยสารละลาย $Ca(OH)_2$ พบว่าปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ที่เติมลงไป แล้วทำให้ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนน้อยที่สุดคือ 0.1%(v/v) ซึ่งมีค่า 17.1-35.7 NTU ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย

ตารางที่3.10 ปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ด้วยวิธีทางเคมี

| แอนไอออนิกพอลิเมอร์ %(v/v) | pH หลังบำบัด | การจับตัวของ floc | สีของตะกอน | %T (ความใส) | ค่าความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ [a] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 7.38 | + | reddish++ | 81.25 | 91.4-115.2 | 98.92 |
| 0.05 | 7.32 | ++ | reddish++ | 92.65 | 44.7-53.6 | 99.44 |
| 0.10 | 6.96 | ++ | reddish++ | 96.75 | 17.1-37.7 | 99.61 |
| 0.15 | 7.11 | ++ | reddish++ | 86.35 | 39.2-49.8 | 99.20 |
| 0.20 | 7.18 | ++ | reddish++ | 90.45 | 41.5-59.4 | 99.49 |
| 0.30 | 6.80 | ++ | reddish++ | 87.80 | 45.6-62.5 | 99.44 |
| 0.40 | 7.03 | ++ | reddish++ | 87.95 | 51.4-72.6 | 99.38 |
| 1.0 | 7.60 | ++ | reddish++ | 85.55 | 60.6-81.1 | 99.26 |

[a] แทน ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ย

จากตารางที่3.11 เป็นการหาปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา แล้วสังเกตลักษณะและสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นหลังการบำบัดทางเคมี โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ในช่วง0-1%(v/v) ส่วนปริมาณของFerric chloride เป็น 0.1%(v/v) และแคทไอออนิกพอลิเมอร์เป็น0.2%(v/v) หลังการปรับค่าpHเป็น10ด้วยสารละลาย$Ca(OH)_2$ พบว่าปริมาณที่ให้ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนน้อยที่สุดคือ 0.05%(v/v)ของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ โดยมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่3.11 ปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา ด้วยวิธีทางเคมี

| แอนไอออนิกพอลิเมอร์%(v/v) | pH หลังบำบัด | การจับตัวของ floc | สีของตะกอน | %T (ความใส) | ค่าความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ [a](%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 7.11 | ++ | Reddish++ | 93.75 | 12.2-18.7 | 98.95 |
| 0.05 | 6.83 | +++ | Reddish++ | 94.90 | 8.7-10.1 | 99.33 |
| 0.10 | 7.48 | +++ | Reddish++ | 95.35 | 7.4-9.2 | 99.33 |
| 0.15 | 7.30 | +++ | Reddish++ | 94.75 | 8.7-12.5 | 99.18 |
| 0.20 | 7.35 | +++ | Reddish++ | 94.75 | 9.7-13.4 | 99.28 |
| 0.30 | 7.57 | +++ | Reddish++ | 93.25 | 8.5-14.1 | 98.85 |
| 0.40 | 7.86 | +++ | Reddish++ | 93.80 | 18.1-25.7 | 98.55 |
| 1.0 | 7.24 | +++ | Reddish++ | 90.30 | 36.1-45.2 | 97.23 |

[a] แทน ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ย

3.2.1.4.ปริมาณของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำทิ้งของโรงงานยาง

จากการหาค่าpH Ferric chloride และแอนไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสม ซึ่งสามารถบำบัดน้ำทิ้งได้ในระดับหนึ่งแล้ว การเติมแคทไอออนิกพอลิเมอร์ลงไปในขั้นตอนสุดท้าย เพื่อเป็นตัวช่วยดึงน้ำออกจากตะกอน ส่งผลให้เกิดเป็นก้อนตะกอนขนาดใหญ่ที่สามารถตกลงสู่ก้นถังได้อย่างรวดเร็ว ทำให้การกำจัดตะกอนทำได้ง่ายขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนการทำดังนี้ ทำได้โดยใช้1%ของสารละลาย$Ca(OH)_2$ เป็นตัวปรับค่าpHของน้ำทิ้งให้เหมาะสม(ในข้อ3.2.1.1) จากนั้นจึงเติมFerric chlorideและแอนไอออนิกพอลิเมอร์ในปริมาณที่เหมาะสม จากข้อ3.2.1.2 และข้อ3.2.1.3 กวนให้เข้ากันด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ตามลำดับ เติมแคทไอออนิกพอลิเมอร์ในปริมาณต่างๆ คือ 0 0.02 0.05 0.10 0.15 0.2 0.3 0.4 และ1.0% (v/v) กวนให้เข้ากัน ด้วยความเร็ว 20 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที เป็นเวลา20 นาที สังเกตและบันทึกลักษณะสีของตะกอนที่เกิดขึ้น วัดค่า pH และความขุ่นของน้ำทิ้งหลังการบำบัด ดังแสดงในตารางที่ 3.12 3.13และ3.14

จากตารางที่3.12 เป็นการหาปริมาณของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่ง แล้วสังเกตลักษณะและสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นหลังการบำบัดทางเคมี

โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ในช่วง0-1%(v/v) ส่วนปริมาณของFerric chloride เป็น 0.1%(v/v)และแอนไอออนิกพอลิเมอร์เป็น0.05%(v/v)หลังการปรับค่าpHเป็น10ด้วยสารละลาย$Ca(OH)_2$ พบว่า ปริมาณที่เหมาะสมได้ผลดี คือ 0.05 %(v/v)ของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ ซึ่งมีค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม (< 20 NTU) ความใสของน้ำทิ้งค่อนข้างสูงคือประมาณ 99%T และค่า pH หลังการบำบัดค่อนข้างเป็นกลางซึ่งได้มาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่3.12 ปริมาณของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่งSTR5L ด้วยวิธีทางเคมี

| แคทไอออนิกพอลิเมอร์%(v/v) | pH หลังบำบัด | การจับตัวของ floc | สีของตะกอน | %T (ความใส) | ค่าความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ [a] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 7.27 | ++ | Reddish++ | 94.35 | 12.1-18.7 | 98.50 |
| 0.05 | 6.93 | +++ | Reddish++ | 95.75 | 8.7-11.5 | 98.95 |
| 0.10 | 7.49 | +++ | Reddish++ | 95.80 | 9.2-12.6 | 98.89 |
| 0.15 | 7.99 | +++ | Reddish++ | 97.20 | 9.6-14.2 | 98.92 |
| 0.20 | 7.04 | +++ | Reddish++ | 96.55 | 10.6-16.1 | 98.99 |
| 0.30 | 7.23 | +++ | Reddish++ | 97.35 | 7.2-10.1 | 98.63 |
| 0.40 | 7.53 | +++ | Reddish++ | 97.55 | 8.2-9.7 | 98.56 |
| 1.0 | 7.76 | +++ | Reddish++ | 96.65 | 10.1-14.8 | 98.39 |

[a] แทน ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ย

จากตารางที่ 3.13 เป็นการหาปริมาณของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น แล้วสังเกตลักษณะและสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นหลังการบำบัดทางเคมี โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ในช่วง0-1%(v/v) ส่วนปริมาณของFerric chloride เป็น 0.02%(v/v) และแอนไอออนิกพอลิเมอร์เป็น 0.1%(v/v) หลังการปรับค่าpH เป็น10 ด้วยสารละลาย $Ca(OH)_2$ พบว่า เมื่อเติมแคทไอออนิกพอลิเมอร์ในปริมาณ 0.1% (v/v) จะทำให้ค่าความขุ่นที่เกิดขึ้นหลังการตกตะกอนต่ำกว่าปริมาณอื่น ๆ และความใสของน้ำทิ้งหลังการบำบัดก็ค่อนข้างสูงด้วย

ตารางที่3.13 ปริมาณของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ด้วยวิธีทางเคมี

| แคทไอออนิกพอลิเมอร์ %(v/v) | pH หลังบำบัด | การจับตัวของ floc | สีของตะกอน | %T (ความใส) | ค่าความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ[a] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 7.03 | +++ | Reddish++ | 95.43 | 35.6-48.2 | 99.56 |
| 0.05 | 7.35 | ++ | Reddish++ | 90.12 | 52.7-66.7 | 99.32 |
| 0.10 | 7.24 | ++ | Reddish++ | 96.50 | 18.1-37.6 | 99.63 |
| 0.15 | 7.13 | ++ | Reddish++ | 93.31 | 35.7-55.2 | 99.44 |
| 0.20 | 7.12 | ++ | Reddish++ | 90.0 | 52.5-72.6 | 99.29 |
| 0.30 | 7.08 | ++ | Reddish++ | 89.31 | 66.4-81.4 | 99.22 |
| 0.40 | 6.90 | ++ | Reddish++ | 85.22 | 61.2-84.5 | 99.11 |
| 1.0 | 6.92 | ++ | Reddish++ | 70.34 | 90.1-121.2 | 98.89 |

[a] แทน ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ย

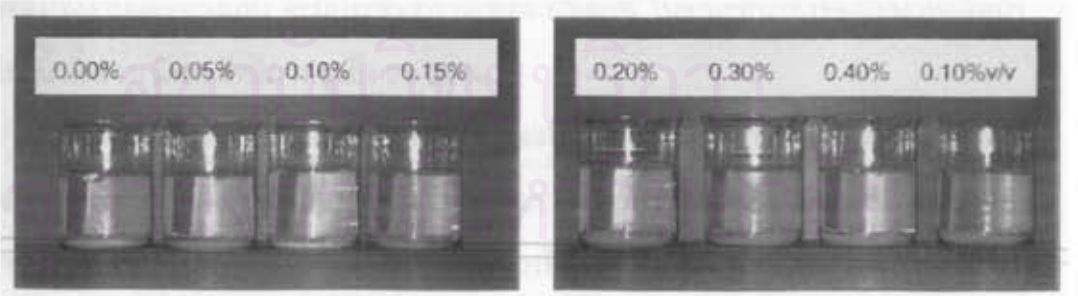
จากตารางที่3.14 เป็นการหาปริมาณของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำรวมของโรงงานที่ศึกษา แล้วสังเกตลักษณะและสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นหลังการบำบัดทางเคมี โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ในช่วง0-1%(v/v) ส่วนปริมาณของFerric chloride เป็น 0.1%(v/v) และแอนไอออนิกพอลิเมอร์เป็น 0.05%(v/v) หลังการปรับค่าpH เป็น10 ด้วยสารละลาย$Ca(OH)_2$ พบว่าปริมาณแคทไอออนิกพอลิเมอร์ที่เติมลงไปในปริมาณ 0.05%(v/v) มีปริมาณเพียงพอที่จะทำให้ความขุ่นของน้ำทิ้งหลังการตกตะกอนต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมแล้ว (<20 NTU) และประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของน้ำทิ้งหลังการบำบัดก็ค่อนข้างสูงด้วยคือ99% ซึ่งตัวอย่างลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้งและตะกอนจากน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษาภายหลังการบำบัดทางเคมี แสดงในภาพประกอบที่3.1

ตารางที่3.14 ปริมาณของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา ด้วยวิธีทางเคมี

| แคทไอออนิกพอลิเมอร์%(v/v) | pH หลังบำบัด | การจับตัวของ floc | สีของตะกอน | %T (ความใส) | ค่าความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ[a] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 7.27 | ++ | Reddish++ | 94.35 | 11.7-32.5 | 98.90 |
| 0.05 | 6.93 | +++ | Reddish++ | 95.75 | 9.5-12.5 | 99.18 |
| 0.10 | 7.49 | +++ | Reddish++ | 95.80 | 8.6-14.8 | 99.18 |
| 0.15 | 7.99 | +++ | Reddish++ | 97.20 | 6.5-8.5 | 99.48 |
| 0.20 | 7.04 | +++ | Reddish++ | 96.55 | 9.7-12.2 | 99.18 |
| 0.30 | 7.23 | +++ | Reddish++ | 97.35 | 8.3-10.1 | 99.30 |
| 0.40 | 7.53 | +++ | Reddish++ | 97.55 | 7.1-10.6 | 99.35 |
| 1.0 | 7.76 | +++ | Reddish++ | 96.65 | 9.4-13.5 | 99.08 |

[a] แทน ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ย

ภาพประกอบที่ 3.10 ตัวอย่างลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้งและตะกอนจากน้ำทิ้งของโรงงานที่ศึกษาภายหลังการบำบัดทางเคมีด้วย0.1%Ferric chloride และ 0.05%แอนไอออนิกพอลิเมอร์ ที่แคทไอออนิกพอลิเมอร์ปริมาณต่างๆ



3.2.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยวิธีทางเคมีในการบำบัดน้ำทิ้งทั้ง 3 ประเภท

ตารางที่3.15 แสดงประสิทธิภาพโดยรวมของการบำบัดด้วยวิธีทางเคมี ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมซึ่งคัดเลือกแล้ว ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทิ้งก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีทางเคมี รวมทั้งที่อยู่ในตะกอนที่ได้หลังการบำบัด แสดงว่าวิธีทางเคมีสามารถลดปริมาณ ของฟอสเฟต และสังกะสีได้ถึง 80-90% ส่วนปริมาณของไนโตรเจน ตะกั่ว ค่าของแข็งแขวนลอยและค่าบีโอดี มีประสิทธิภาพเพียง 50-60%เท่านั้น สำหรับปริมาณของโพตัสเซียม ซัลเฟต แมกนีเซียม แคลเซียม และเหล็กนั้น ไม่สามารถลดได้เลย ซึ่งมีค่า<20% โดยเฉพาะปริมาณของแคลเซียมและเหล็ก นั้นพบว่า ภายหลังการบำบัดยังมีปริมาณสูงขึ้น เนื่องจากมีการเติมสารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในขั้นตอนการบำบัด

สำหรับค่าBOD จะเห็นได้ว่าในน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่งและน้ำทิ้งรวมมีค่าบีโอดีสูงมากและเกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม(<60 มก./ล.) ซึ่งเมื่อทำการบำบัดแล้วพบว่าไม่สามารถลดค่าBOD ลงได้มากกว่าที่ควร ทำนองเดียวกันน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้นซึ่งมีค่า BOD ต่ำกว่าน้ำทิ้งทั้งสองแหล่งก็ยังไม่สามารถลดค่าBODลงให้น้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานได้เลย หลังจากบำบัดด้วยวิธีทางเคมีแล้ว ซึ่งในตารางที่3.16 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการกำจัดค่าบีโอดีของน้ำทิ้งแต่ละประเภท พบว่า มีประสิทธิภาพ เพียง 50-60%เท่านั้น

ค่า SS พบว่า ในน้ำทิ้งก่อนการบำบัดจะมีค่า SSสูงมากโดยเฉพาะน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นและน้ำทิ้งรวม และเมื่อบำบัดด้วยวิธีทางเคมีแล้ว สามารถลดปริมาณสารแขวนลอยลงได้มากทีเดียวแต่ก็ยังมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม(<50 มก./ล.) จากตารางที่ 3.17 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งแต่ละประเภท พบว่าน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่ง จะมีประสิทธิภาพเพียง 50-60% ในขณะที่น้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้นและน้ำทิ้งรวม มีประสิทธิภาพสูงถึง 90-95 %

ปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดที่อยู่ในน้ำทิ้งของโรงงานยางนั้น จากการวิเคราะห์ พบว่ามีปริมาณค่อนข้างน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณอื่นๆ ซึ่งภายหลังการบำบัดด้วยวิธีทางเคมี พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสูงเพียง 50-60% ดังแสดงในตารางที่3.18

สำหรับประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสเฟต สังกะสี นั้นแสดงในภาคผนวก ค หมายเลข 2

โดยสรุป เมื่อใช้วิธีทางเคมี น้ำที่ได้แม้จะใสขึ้น แต่มีข้อเสียที่สำคัญคือ เป็นน้ำกระด้าง ปริมาณของแข็งแขวนลอย และค่าบีโอดี สูงเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมมาก

ตารางที่3.15 สรุปผลการวิเคราะห์สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่เข้าและออกจากระบบของการบำบัดน้ำทิ้งโดยวิธีทางเคมี รวมทั้งตะกอนที่ได้หลังการบำบัดของโรงงานที่ศึกษา

| พารามิเตอร์ | ประเภทของน้ำทิ้งที่เก็บตัวอย่าง | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | โรงงานผลิตยางแท่ง STR5L | | | โรงงานผลิตน้ำยางข้น | | | น้ำทิ้งรวม | | |
| | ก่อนการบำบัด (มก./ล.) | หลังการบำบัด (มก./ล.) | ตะกอน (มก./ล.) | ก่อนการบำบัด (มก./ล.) | หลังการบำบัด (มก./ล.) | ตะกอน (มก./ล.) | ก่อนการบำบัด (มก./ล.) | หลังการบำบัด (มก./ล.) | ตะกอน (มก./ล.) |
| Total- N | 1.95 | 0.85 | 23.57 | 0.13 | 0.04 | 2.13 | 1.27 | 0.56 | 31.24 |
| Phosphorus | 1,717 | 45.67 | 1,217 | 465 | 12.0 | 391.7 | 2,283 | 15.67 | 2,100 |
| Phosphate | 5,253 | 139.7 | 3,723 | 1,423 | 36.72 | 1,198 | 6,987 | 47.94 | 6,426 |
| Potassium | 211.7 | 156.3 | 65.42 | 18.17 | 17.25 | 8.78 | 365.3 | 305.7 | 60.28 |
| Zn | 2.23 | 0.49 | 11.72 | 12.4 | 2.26 | 22.15 | 12.91 | 1.23 | 25.36 |
| Fe | 1.29 | 1.31 | 33.56 | 13.1 | 26.13 | 42.72 | 1.67 | 6.14 | 48.27 |
| Ca | 5.26 | 52.36 | 31.12 | 4.26 | 37.7 | 26.10 | 6.36 | 48.32 | 26.52 |
| Mg | 16.27 | 14.53 | 0.13 | 14.5 | 12.1 | 0.04 | 18.27 | 17.14 | 0.16 |
| Pb | 0.169 | 0.09 | 0.48 | 0.13 | 0.09 | 0.54 | 0.14 | 0.07 | 0.67 |
| Sulphate | 1,909 | 1,525 | - | 2,088 | 1,780 | - | 2,163 | 1,751 | - |
| pH | 4.57 | 7.18 | - | 8.24 | 7.01 | - | 5.17 | 7.23 | - |
| BOD(60) | 6,364 | 2,790 | - | 168 | 72.5 | - | 4,596 | 2,730 | - |
| SS (50) | 967 | 335 | - | 2,224 | 66 | - | 1,634 | 105 | - |
| Temp.($^{o}$C ) | 26-27 | - | - | 27-28 | - | | 26-27 | - | - |

- น้ำทิ้งรวมได้แก่ น้ำทิ้งที่มาจากโรงงานผลิตยางแท่งSTR5L น้ำยางข้นและยางลกิมบลอค

( ) ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่2 พ.ศ. 2536 ในหน่วยมก./ล.

ตารางที่3.16 ประสิทธิภาพของวิธีทางเคมีในการกำจัดบีโอดีของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง โรงงานผลิตน้ำยางข้น และน้ำทิ้งรวม

| ประเภทของน้ำทิ้ง | ค่าภาระบีโอดีเฉลี่ยที่เข้าระบบ (Kg-BOD/ $m^3$/day) | ปริมาณ $BOD_5$ ที่เข้าระบบ (mg/l) | ปริมาณ $BOD_5$ ที่บำบัดแล้ว (mg/l) | ประสิทธิภาพในการกำจัด $BOD_5$ (%) |
|---|---|---|---|---|
| โรงยางแท่ง | 3.45 | 6,364 | 2,790 | 56.1 |
| โรงน้ำยางข้น | 0.019 | 168 | 72.5 | 56.8 |
| น้ำทิ้งรวม | 3.09 | 4,596 | 2,730 | 40.6 |

หมายเหตุ การคำนวณค่าภาระบีโอดีเฉลี่ย(Kg-BOD/ $m^3$/day) อยู่ในภาคผนวกค หมายเลข1.1

ตารางที่3.17 ประสิทธิภาพของวิธีทางเคมีในการกำจัดของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง โรงงานผลิตน้ำยางข้น และน้ำทิ้งรวม

| ประเภทของน้ำทิ้ง | ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยที่เข้าระบบ (Kg SS/ $m^3$/day) | ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่เข้าระบบ (mg/l) | ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่บำบัดแล้ว (mg/l) | ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย (%) |
|---|---|---|---|---|
| โรงยางแท่ง | 0.52 | 968 | 335 | 65.4 |
| โรงน้ำยางข้น | 0.25 | 2,224 | 66 | 97.0 |
| น้ำทิ้งรวม | 1.10 | 1,634 | 105 | 93.6 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่3.18 ประสิทธิภาพของวิธีทางเคมีในการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง โรงงานผลิตน้ำยางข้น และน้ำทิ้งรวม

| ประเภทของน้ำทิ้ง | ค่าปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดที่เข้าระบบ (g Total -N/ $m^3$/day) | ปริมาณไนโตรเจนที่เข้าระบบ (mg/l) | ปริมาณไนโตรเจนที่บำบัดแล้ว (mg/l) | ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด (%) |
|---|---|---|---|---|
| โรงยางแท่ง | 1.0 | 1.95 | 0.85 | 56.4 |
| โรงน้ำยางข้น | 0.001 | 0.13 | 0.04 | 69.2 |
| น้ำทิ้งรวม | 8.5 | 1.27 | 0.56 | 55.9 |

3.2.3 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีทางเคมีของโรงงานยาง

ในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานประเภทต่างๆ ได้แก่ น้ำทิ้งจากบ่อพักของโรงงานผลิตยางแท่ง น้ำทิ้งจากบ่อพักของโรงงานผลิตน้ำยางข้น และน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา ซึ่งลักษณะของน้ำทิ้งแต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกัน ดังกล่าวแล้วในหัวข้อ 3.1 จึงทำให้ต้องแยกบำบัดน้ำทิ้งแต่ละประเภท โดยใช้สารเคมี 3 ชนิดได้แก่ สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ แอนไอออนิกพอลิเมอร์และแคทไอออนิกพอลิเมอร์ รายละเอียดในการคำนวณค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานยางแสดงในภาคผนวก ง. หมายเลข 1 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้ง 1 ลบ.ม. เท่ากัน ดังนี้

3.2.3.1. ค่าใช้จ่ายของการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่ง

จากผลการทดลองการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อพักของโรงงานผลิตยางแท่ง พบว่าใช้สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ประมาณ 0.1%(v/v) แอนไอออนิกพอลิเมอร์ประมาณ 0.05%(v/v) และแคทไอออนิกพอลิเมอร์ประมาณ 0.05%(v/v)

| รายการ | จำนวนเงิน (บาท) |
|---|---|
| ค่าใช้จ่ายของสารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ | 16.50 |
| ค่าใช้จ่ายของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ | 5.25 |
| ค่าใช้จ่ายของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ | 5.0 |
| ค่าใช้จ่ายของสารละลาย$Ca(OH)_2$ | 3.0 |
| น้ำที่ใช้บำบัดปริมาตร 1 ลบ.ม. | 29.75 |

3.2.3.2. ค่าใช้จ่ายของการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น

จากผลการทดลองการบำบัดน้ำเสียจากบ่อพักรวมของโรงงานผลิตน้ำยางข้น พบว่าใช้สารละลายฟอร์ริคคลอไรด์ ประมาณ 0.02%(v/v) แอนไอออนิกพอลิเมอร์ประมาณ 0.1%(v/v) และแคทไอออนิกพอลิเมอร์ประมาณ 0.1% (v/v)

| รายการ | จำนวนเงิน (บาท) |
|---|---|
| ค่าใช้จ่ายของสารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ | 3.30 |
| ค่าใช้จ่ายของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ | 10.50 |
| ค่าใช้จ่ายของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ | 10.00 |
| ค่าใช้จ่ายของสารละลาย$Ca(OH)_2$ | 1.0 |
| น้ำที่ใช้บำบัดปริมาตร 1 ลบ.ม. | 24.80 |

3.2.3.3. ค่าใช้จ่ายของการบำบัดน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา

จากผลการทดลองการบำบัดน้ำเสียจากบ่อพักของโรงงานที่ศึกษา พบว่าใช้สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ แอนไอออนิกพอลิเมอร์และแคทไอออนิกพอลิเมอร์เช่นเดียวกับของโรงงานผลิตยางแท่ง

ค่าใช้จ่ายรวมเป็น 29.75 บาทต่อลบ.ม.

จากการทดลองข้างต้น พบว่าการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำทิ้งทั้ง 3 ประเภท ในปริมาตรน้ำทิ้ง 1 ลบ.ม. เท่ากัน ปรากฏว่าการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่งและน้ำทิ้งรวม (29.75 บาท/ลบ.ม.) จะเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น (24.80 บาท/ลบ.ม.)

สรุปค่าใช้จ่ายของการบำบัดน้ำทิ้งโดยวิธีทางเคมีประมาณ 25-30 บาทต่อลบ.ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 3.3 การศึกษาการจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำทิ้งโรงงานยางประเภทต่าง ๆ พร้อมทั้งทำการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้นด้วยการเติมอากาศ

### 3.3.1 การจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกมาจากแหล่งน้ำทิ้งจากบ่อพักของโรงงานยางประเภทต่าง ๆ

จากตารางที่3.19 และ3.20 แสดงผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกมาจากบ่อพักของน้ำทิ้งโรงงานผลิตยางแท่งSTR5L บ่อพักของน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้นและบ่อพักของน้ำทิ้งรวม โดยนำเชื้อจุลินทรีย์มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วในอัตรา1:10 1:100 และ1:1,000 แล้วทำการกระจายเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ประเภท ได้แก่อาหารเลี้ยงเชื้อNAและอาหารเลี้ยงเชื้อYM บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพประกอบที่3.11 หลังจากนั้นแยกโคโลนีเดี่ยวๆ มาเลี้ยงในอาหารแต่ละประเภทข้างต้นอีก 2 ครั้ง แล้วจึงนำไปทำการตรวจสอบการติดสีแกรม สุดท้ายจึงทำการทดสอบลักษณะทางชีวเคมีในอาหารเลี้ยงเชื้อต่าง ๆ (ภาคผนวก ข. หมายเลข 3) ลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าว แสดงในภาพประกอบที่3.12

เชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากน้ำทิ้งของโรงงานยางประเภทต่างๆ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะดังต่อไปนี้

1. แกรม + รูปแท่ง และสร้างสปอร์ ได้แก่ A.1 A.2 A.4 B.3 C.3 และ C.4
2. แกรม + รูปแท่ง และไม่สร้างสปอร์ ได้แก่ A.3 B.5 และ C.1
3. แกรม - รูปแท่งและรูปกลม และเจริญในที่มีอากาศ ได้แก่ B.2 B.4 B.1 และ C.2

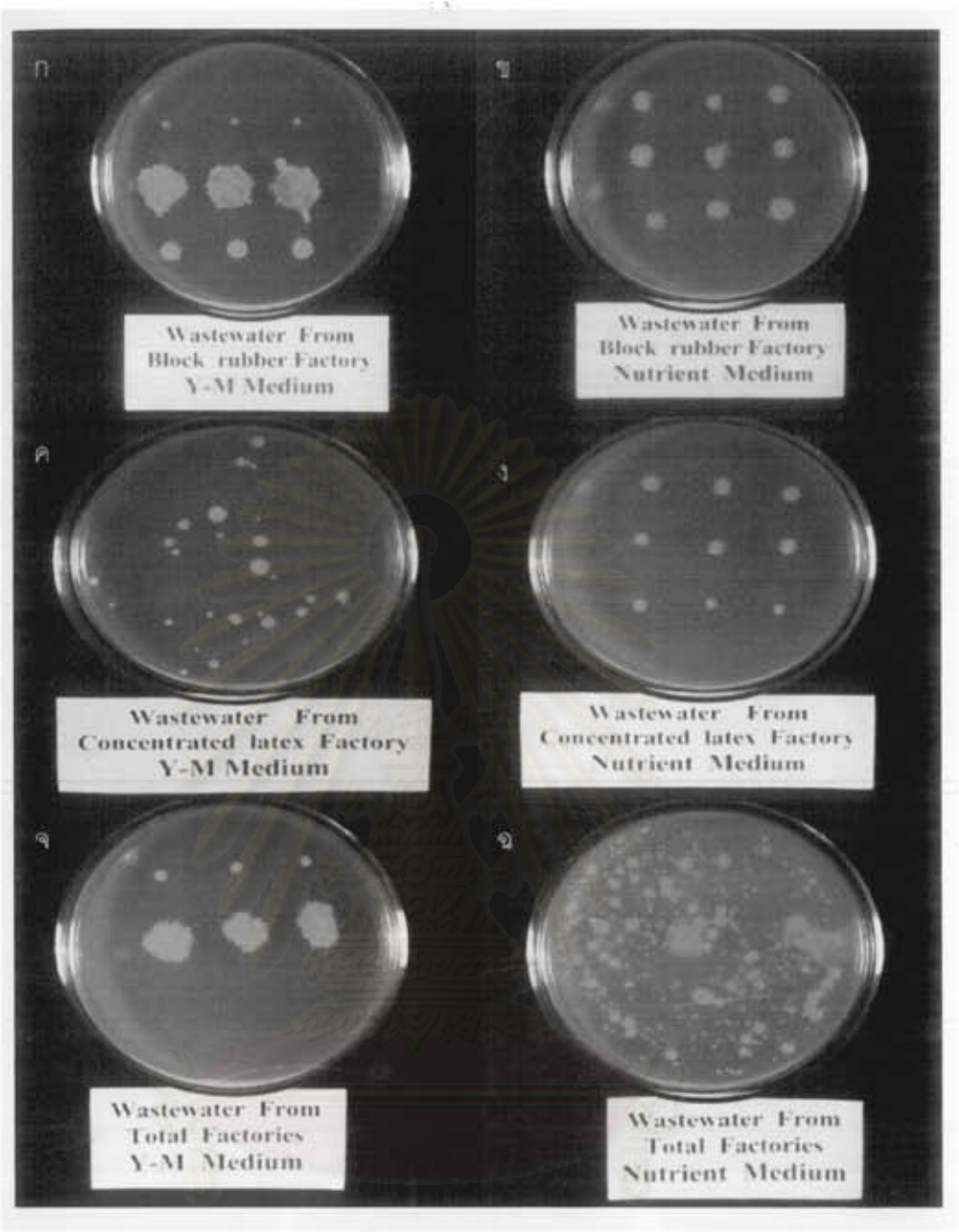
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่3.19 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกมาจากน้ำทิ้งของโรงงานยางประเภทต่าง ๆ

| แหล่งน้ำทิ้งที่คัดแยกเชื้อ | ชนิดที่ | การติดสีแกรม | ลักษณะโคโลนีบนอาหารNA | รูปร่าง ลักษณะของเซล |
|---|---|---|---|---|
| บ่อพักของโรงงานผลิตยางแท่ง | A.1 | + | เหลือง กลม ขอบหยักเล็กน้อย | รูปแท่ง |
| | A.2 | + | เหลือง กลม ขอบเรียบ | รูปแท่ง |
| | A.3 | + | ขาวใส กลม มันวาว | รูปแท่ง |
| | A.4 | + | เหลืองแสด ขอบหยักมาก | รูปแท่ง |
| | A.5 | + | เหลืองเข้ม กลม ขอบหยักเล็กน้อย | รูปแท่ง |
| บ่อพักของโรงงานผลิตน้ำยางข้น | B.1 | - | ขาวขุ่น กลม มันวาว | รูปกลม |
| | B.2 | - | ขาวขุ่น กลม มันวาว | รูปแท่ง |
| | B.3 | + | ขาวขุ่น กลม มันวาว | รูปแท่ง |
| | B.4 | - | ขาวใส กลม นูน | รูปแท่ง |
| | B.5 | + | ขาวขุ่น กลม มันวาว | รูปแท่ง |
| บ่อพักรวม | C.1 | + | ขาวขุ่น กลม มันวาว | รูปแท่ง |
| | C.2 | - | ขาวขุ่น กลม มันวาว | รูปกลม |
| | C.3 | + | ขาวขุ่น กลม มันวาว | รูปแท่ง |
| | C.4 | + | เหลืองแสด ขอบหยักมาก | รูปแท่ง |

ตารางที่3.20 การจำแนกกลุ่มของจุลินทรีย์ที่แยกได้จากน้ำทิ้งของโรงงานยางประเภทต่างๆตามชนิดของแกรม

| ชนิดของแกรม | รูปร่าง | ชนิดที่สร้างสปอร์ | ชนิดที่ไม่สร้างสปอร์ |
|---|---|---|---|
| + | แท่ง | A.3 A.5 C.1 | A.1 A.2 A.4 A.5 B.3 C.3 C.4 |
| - | แท่ง | - | B.2 B.4 |
| - | กลม | - | B.1 C.2 |




ภาพประกอบที่3.11 ลักษณะโคโลนีของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นบนอาหารแข็งNAและอาหารแข็งYM ซึ่งคัดแยกมาจากบ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานยางประเภทต่างๆ

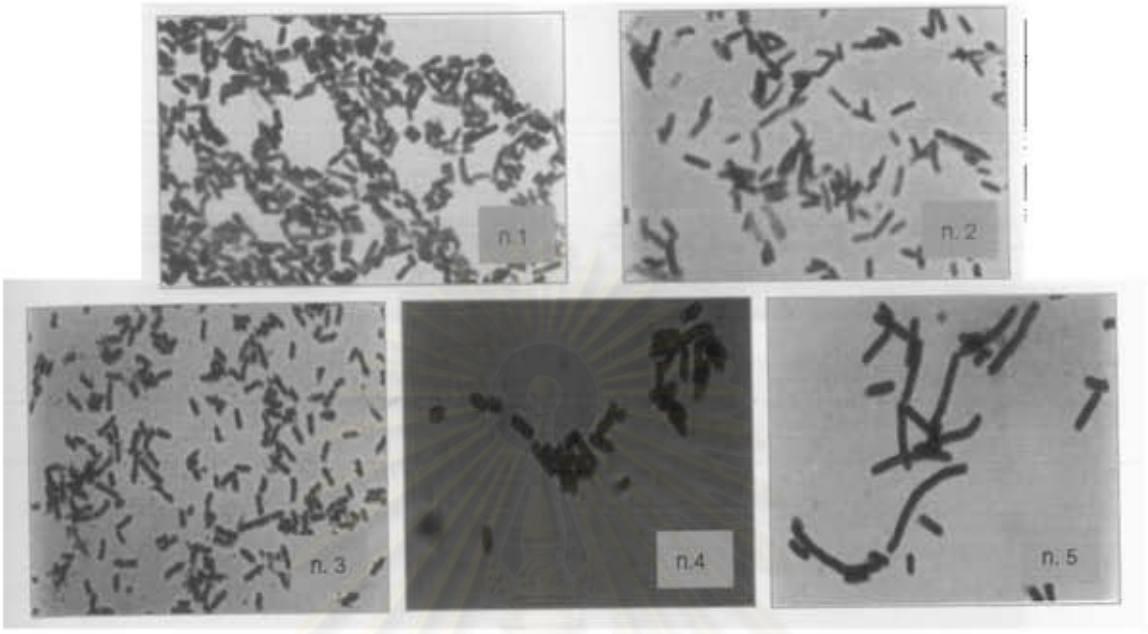
ก-ข จุลินทรีย์จากน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่ง STR 5L

ค-ง จุลินทรีย์จากน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น

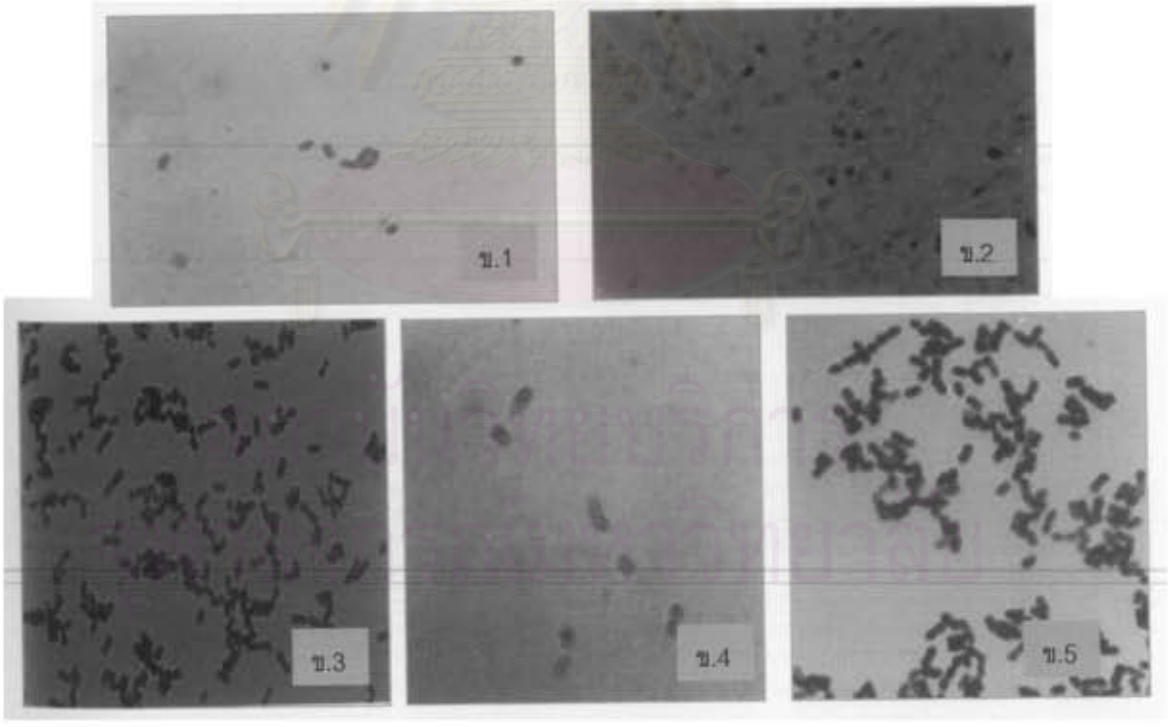
จ-ฉ จุลินทรีย์จากน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพประกอบที่3.12 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์ที่แยกได้จากน้ำทิ้งของโรงงานยาง โดยวิธีการย้อมแกรม(Gram's stain) ส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 100 เท่า

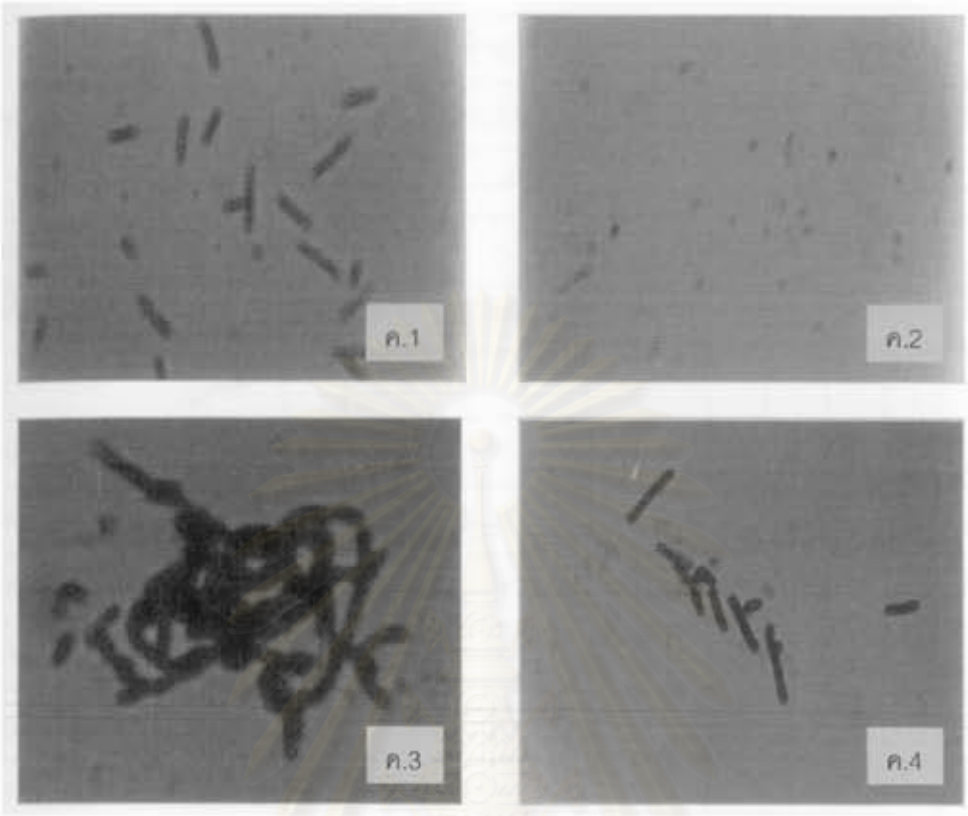



ก.1-ก.5 รูปร่างของแบคทีเรียที่แยกได้จากน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่งSTR 5L




ข.1-ข.5 รูปร่างของแบคทีเรียที่แยกได้จากน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น

ภาพประกอบที่3.12(ต่อ)




ค.1-ค.4 รูปร่างของแบคทีเรียที่แยกได้จากน้ำทิ้งรวมของโรงงานยาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่3.21 ผลการทดสอบลักษณะทางชีวเคมีของเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกมาจากน้ำทิ้งของโรงงานยางประเภทต่างๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อต่างชนิดกัน

| การทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี | จำนวนของเชื้อที่เจริญในแต่ละแหล่งน้ำทิ้ง | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จากโรงยางแท่ง | | | | | จากโรงน้ำยางข้น | | | | | จากบ่อพักรวม | | | |
| | A.1 | A.2 | A.3 | A.4 | A.5 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 | B.5 | C.1 | C.2 | C.3 | C.4 |
| 1. การสร้างสปอร์ | - | - | + | - | - | - | - | - | - | + | + | - | - | - |
| 2.การเคลื่อนที่ของเชื้อ (Mobility) | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | - | + | - | + |
| 3.การย่อยเจลาติน | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | + | - | - |
| 4.การย่อยแป้ง | + | + | - | + | + | + | - | + | + | + | - | - | - | - |
| 5.การสร้างไฮโดรเจนซัลไฟด์ | - | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + | + | - | + |
| 6.การสร้างเอนไซม์คะตะเลส | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 7.การใช้ซิเตรท | - | - | + | - | - | - | + | - | - | + | + | - | + | + |
| 8.การเจริญที่อุณหภูมิสูง(50°C) | - | - | - | + | - | + | - | + | - | - | + | - | - | - |
| 9.การใช้ไนเตรท | - | - | - | - | - | + | + | - | + | - | - | + | - | + |
| 10.ความสามารถใช้คาร์โบไฮเดรท | | | | | | | | | | | | | | |
| 10.1 Glucose | - | - | + | - | - | - | + | - | + | + | + | + | + | + |
| การเกิดก๊าซ | - | - | - | - | - | - | + | - | + | + | + | + | + | + |
| 10.2 Rhamnose | - | - | + | - | - | - | - | - | + | + | + | - | + | + |
| 10.3 Raffinose | - | - | + | - | - | - | - | - | + | + | + | - | + | + |
| 10.4 Lactose | - | - | + | - | - | - | - | - | + | + | + | - | + | + |
| 10.5 Moltase | - | - | + | - | - | - | + | - | + | + | + | + | + | + |
| 10.6 Fructose | - | - | + | - | - | - | + | - | + | + | + | + | + | + |
| 10.7 Sucrose | - | - | + | - | - | - | + | - | + | + | + | + | + | + |
| 10.8 Xylose | - | - | + | - | - | - | + | - | + | + | + | + | + | + |
| 10.9 Sorbitol | - | - | + | - | - | - | + | - | + | + | + | - | + | + |
| 10.10 Myo-inositol | - | - | + | - | - | - | - | - | + | + | + | - | + | + |
| 10.11 Glycerol | - | - | + | - | - | - | + | - | + | + | + | + | + | + |
| 11. การทดสอบยูรีเอส | + | + | + | + | + | - | + | - | + | + | + | + | + | + |

จากตารางที่3.21 จะเห็นได้ว่า เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทิ้งของโรงานอุตสาหกรรมยางนั้น เมื่อนำมาทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี สามารถจำแนกได้ตามหลักการจำแนกเชื้อตามหนังสือ Bergey's manual of Determinative Bacteriology (Holt และคณะ,1986) ดังนี้

1. แบคทีเรียสายพันธุ์ A.3และB.5 ซึ่งเป็นชนิดแกรม+ รูปแท่ง สร้างสปอร์ สามารถเคลื่อนที่ได้ เจริญได้ในสภาวะที่มีอากาศ สร้างเอนไซด์คะตะเลสได้ และสามารถสร้างกรดจากน้ำตาลกลูโคส สามารถจำแนกได้ว่าเป็น *Bacillus* sp.

2. แบคทีเรียสายพันธุ์ A.1 A.2 A.4 A.5 และB.3 ซึ่งเป็นชนิดแกรม+ รูปแท่ง ไม่สร้างสปอร์ สามารถเคลื่อนที่ได้ เจริญได้ในสภาวะที่มีอากาศ สร้างเอนไซม์คะตะเลส ไม่สามารถสร้างไฮโดรเจนซัลไฟด์และไม่สามารถสร้างกรดจากน้ำตาลกลูโคสสามารถจำแนกได้ว่าเป็น*Kurthia* sp.

3. แบคทีเรียสายพันธุ์ B.2 ซึ่งเป็นชนิดแกรม+ รูปแท่ง ไม่สร้างสปอร์ สามารถเจริญได้ในที่มีอากาศ เคลื่อนที่ได้ สร้างเอนไซม์คะตะเลสได้ ไม่ย่อยแป้ง ไม่สร้างไฮโดรเจนซัลไฟด์ สามารถย่อยเจลาตินได้ และสามารถใช้ซิเตรทได้ สามารถจำแนกได้วาเป็น *Pseudomonas* sp.

4. แบคทีเรียสายพันธุ์ B.1 ซึ่งเป็นชนิดแกรม- รูปกลม ไม่สร้างสปอร์ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ สามารถสร้างเอนไซด์คะตะเลส และไม่สร้างกรดจากน้ำตาลกลูโคส สามารถจำแนกได้ว่าเป็น *Moraxella* sp.

5. แบคทีเรียสายพันธุ์ B.4 C.1 C.2 C.3 และC.4 เป็นสายพันธุ์ที่ไม่สามารถจำแนกสกุลได้ จากผลการทดสอบที่ได้ทำให้การแปลผลไม่ชัดเจน

**3.3.2ผลการบำบัดน้ำทิ้งโดยวิธีชีวภาพโดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่แล้วในน้ำทิ้งด้วยวิธีการเติมอากาศเข้าทางด้านล่างของถังบำบัด(Submerged aeration)**

เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกจากน้ำทิ้งส่วนใหญ่ เจริญได้ในสภาวะที่มีอากาศ จึงทดลองบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานยางข้นโดยวิธีการเติมอากาศเข้าทางด้านล่างของถังบำบัด ตารางที่4.22 แสดงผลการทำงานของการเติมอากาศเข้าด้านล่าง (submerged aeration) ของถังบำบัดจำลองของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นด้วยอัตราการให้อากาศปริมาณต่างๆ ในหน่วยปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำต่อเวลา(นาที)ของโรงงานผลิตน้ำยางข้น เมื่อค่าภาระบีโอดีเริ่มต้นเป็น 0.019 กิโลกรัมบีโอดีต่อลบ.ม.ต่อวัน ในช่วงเวลา 6 ชั่วโมงแรกของทุกอัตราจะมีค่าบีโอดีและของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูง และเมื่อเพิ่มชั่วโมงการเติมอากาศลงไป จะทำให้ค่าบีโอดีและของแข็ง

แขวนลอยลดลง โดยพบว่าอัตราการให้อากาศในปริมาณมาก(1.5vvm) จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีและของแข็งแขวนลอยได้สูงสุด 57-65%ในเวลา 24 ชั่วโมง โดยได้ค่า BOD สุดท้าย 72.5 มก./ล. ซึ่งยังสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานของประเทศมาเลเซียคือ 50 มก./ล.และค่าของแข็งแขวนลอยต่ำสุดคือ 150 มก./ล. ซึ่งยังสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งเช่นกัน

สรุป ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้ง โดยวิธีชีวภาพ เสียค่าใช้จ่าย 63 บาทต่อลบ.ม.

ตารางที่3.22 ประสิทธิภาพการทำงานการบำบัดน้ำทิ้งโดยวิธีชีวภาพด้วยระบบการเติมอากาศ เมื่อใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ค่า BOD และ SSเริ่มต้น 168 มก./ล. และ425 มก./ล ในถังขนาด 5 ลิตรและให้อากาศต่อปริมาตรน้ำเป็น0.5-1.5 volume air/volume water/min , vvm.ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

| อัตราการให้อากาศ (vvm) | ชั่วโมงที่ | ค่า pH ที่วัดได้ | ค่าบีโอดี | | | ค่าของแข็งแขวนลอย | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | เริ่มต้น (มก./ล.) | สุดท้าย (มก./ล.) | ประสิทธิภาพการกำจัด(%) | เริ่มต้น (มก./ล.) | สุดท้าย (มก./ล.) | ประสิทธิภาพการกำจัด(%) |
| 0.5 | 0 | 6.43 | 168 | - | - | 425 | - | - |
| | 6 | 7.48 | - | 154 | 8.3 | - | 327 | 23.0 |
| | 12 | 7.98 | - | 146 | 13.1 | - | 309 | 27.3 |
| | 18 | 8.26 | - | 110 | 31.9 | - | 307 | 27.8 |
| | 24 | 8.35 | - | 92.5 | 44.9 | - | 302 | 28.9 |
| 1.0 | 0 | 6.57 | 168 | - | - | 425 | - | - |
| | 6 | 7.42 | - | 144 | 14.3 | - | 232 | 45.4 |
| | 12 | 8.05 | - | 128 | 23.8 | - | 222 | 47.8 |
| | 18 | 8.23 | - | 106 | 36.9 | - | 207 | 51.3 |
| | 24 | 8.15 | - | 86.7 | 48.4 | - | 166 | 60.9 |
| 1.5 | 0 | 6.60 | 168 | - | - | 425 | - | - |
| | 6 | 7.17 | - | 138 | 17.8 | - | 195 | 54.1 |
| | 12 | 7.45 | - | 114 | 32.1 | - | 169 | 60.2 |
| | 18 | 7.46 | - | 103 | 38.7 | - | 157 | 63.1 |
| | 24 | 7.47 | - | 72.5 | 56.8 | - | 150 | 64.7 |

### 3.4 ศึกษาความสามารถในการใช้น้ำซีรัมในการเพาะเห็ดนางฟ้าด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา

#### 3.4.1 ปริมาณสารอาหารในน้ำซีรัมที่แยกได้จากหางน้ำยาง (Skim latex serum)

เนื่องจากน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นในขั้นตอนหลังการปั่นแยกน้ำยางข้น ได้หางยาง(skim latex) และโรงงานนำไปทำยางสกิมบลอค ซึ่งจะได้น้ำทิ้งที่มีค่าBODและไนโตรเจนสูงและเป็นปริมาณมากในส่วนน้ำซีรัม เพื่อปรับเปลี่ยนให้เกิดประโยชน์ ลดปริมาณน้ำทิ้ง และสร้างอาชีพเสริมให้ชาวสวนยาง จึงทดลองใช้น้ำซีรัมในการเพาะเห็ดและเลือกสูตรอาหารที่ใช้วัตถุดิบจากอุตสาหกรรมยางให้มากที่สุด คือสูตรที่ใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นแหล่งคาร์บอน หางน้ำยางที่ใช้ในการทดลองนี้เก็บจากเครื่องปั่นในการผลิตน้ำยางข้นแล้วนำมาเติมกรดซัลฟุริก 1%(v/v) ทำให้เกิดการจับก้อนและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 5 นาที ปรับค่าpHเท่ากับ 7 กรองผ่านกระดาษกรองชนิดหยาบ เก็บน้ำซีรัมในขวดสะอาด ที่อุณหภูมิ 27-28 °C น้ำซีรัมที่เตรียมโดยวิธีนี้ เป็นของเหลวใส สีน้ำตาลเข้ม เก็บได้นาน 3-4 สัปดาห์ โดยไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่3.23 แสดงองค์ประกอบของน้ำซีรัม 3 ตัวอย่าง ซึ่งมีธาตุอาหารหลักคือไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพตัสเซียม โดยเฉลี่ย 57 กรัม/ลิตร 890 มก./ล. และ 1,287 มก./ล. ตามลำดับ โดยมีฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ ที่อยู่ในรูปฟอสเฟต (2,723 มก./ล.) และซัลเฟต (1,646 มก./ล.) สังกะสีประมาณ 100 มก./ล. ส่วนCa Mg Mn Cu และ Pb มีค่า2.15 2.74 1.45 0.07 และ0.04 มก./ล. ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า มีปริมาณสังกะสีเกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานเพียงค่าเดียวเท่านั้นโดยมีค่าสูงเกินกว่า30 เท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่3.23 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของสารต่างๆ ที่อยู่ในน้ำซีรัมซึ่งแยกออกมาจากหางน้ำยาง

| ตัวแปร | จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง | | | | ค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม * (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | เฉลี่ย | |
| ไนโตรเจนทั้งหมด (ก./ล.) | 58 | 58 | 56 | 57 | <100 |
| ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.) | 913.3 | 823.3 | 933.3 | 890.0 | - |
| โพตัสเซียมทั้งหมด (มก./ล.) | 1,095 | 1,015 | 1,100 | 1,070 | - |
| ฟอสเฟต (มก./ล.) | 2,795 | 2,519 | 2,856 | 2,723 | - |
| ซัลเฟต (มก./ล.) | 1,645 | 1,649 | 1,643 | 1,646 | - |
| แคลเซียม (มก./ล.) | 2.64 | 1.86 | 1.95 | 2.15 | - |
| แมกนีเซียม (มก./ล.) | 3.17 | 2.06 | 2.98 | 2.74 | - |
| สังกะสี (มก./ล.) | 117.8 | 117.2 | 99.25 | 111.4 | <5.0 |
| เหล็ก (มก./ล.) | 9.02 | 1.12 | 1.22 | 1.45 | - |
| แมงกานีส (มก./ล.) | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.07 | <5.0 |
| ทองแดง (มก./ล.) | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | <1.0 |
| ตะกั่ว (มก./ล.) | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | <0.2 |

* ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2536) ออกตามความในพ.ร.บ.โรงงาน พ.ศ.2525 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

**3.4.2.ความเป็นไปได้ของการใช้น้ำซีรัมในการเพาะเห็ดนางฟ้าโดยใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราเพียงอย่างเดียวและผสมน้ำซีรัมลงในน้ำที่ใช้คลุกกับขี้เลื่อยในช่วง 0-50%w/v**

ตารางที่3.24 แสดงน้ำหนักของดอกเห็ดนางฟ้าซึ่งเพาะบนขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่เติมน้ำซีรัมในน้ำที่ผสมวัสดุเพาะเห็ดในช่วง 2-10% จะให้ผลผลิตสูงกว่าขี้เลื่อยกับน้ำอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะที่5% จะให้น้ำหนักดอกเห็ด 67.1 กรัมต่อถุงโดยน้ำหนักสด เพิ่มจากสูตรอาหารพื้นฐานถึง3 เท่า แต่ถ้าเติมน้ำซีรัมเกิน 20%ขึ้นไปน้ำหนักดอกเห็ดที่ได้กลับลดลงเกือบครึ่ง และเชื้อตายที่ 50%

ชีรัม การเปิดดอกอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงกันยายน2542 อุณหภูมิ26-35°C เปรียบเทียบลักษณะของดอกเห็ดที่เกิดขึ้นแสดงในภาพประกอบที่3.13

ตารางที่3.24 ความเป็นไปได้ของการเพาะเห็ดนางฟ้าโดยขี้เลื่อยและน้ำชีรัมยางพารา

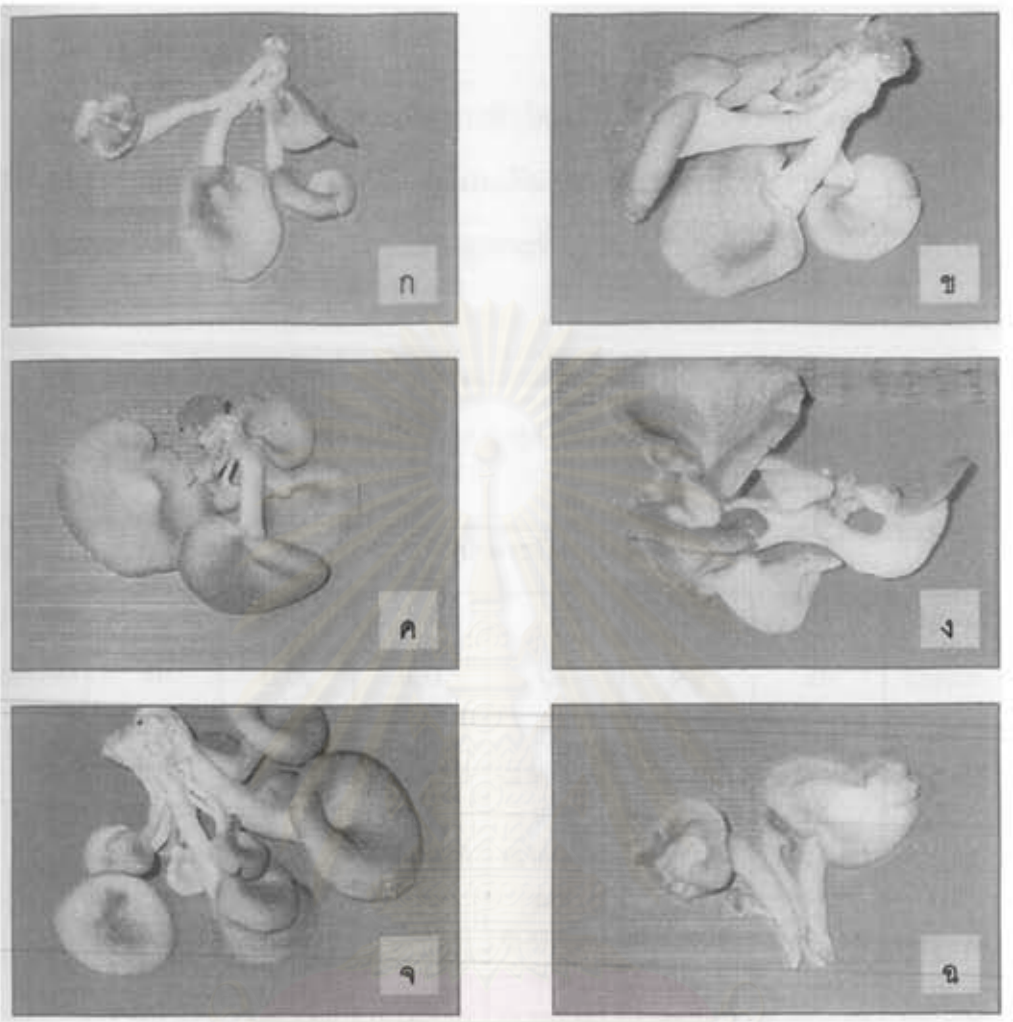
ทำการทดลองโดยชั่งน้ำหนักดอกเห็ดนางฟ้า(กรัมต่อถุง) จากการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 30 ถุง (แต่ละซ้ำใช้เวลาเก็บผลผลิตนาน 45 วัน) ใช้เชื้อเห็ดนางฟ้าเพาะบนขี้เลื่อยไม้ยางพาราอย่างเดียวคลุกกับน้ำ

| วัสดุเพาะที่มีน้ำชีรัมในน้ำผสม (%w/w) | น้ำหนักดอกเห็ดสด (กรัม/ถุง) | | | | % ผลผลิตเทียบกับสูตรอาหารพื้นฐาน |
|---|---|---|---|---|---|
| | ซ้ำ 1 | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | เฉลี่ย* | |
| 0[1] | 13.7 | 17.8 | 18.2 | 16.6 $^{c}$ | 100 |
| 2 | 61.3 | 48.1 | 54.2 | 54.5 $^{ab}$ | 228 |
| 5 | 61.8 | 74.2 | 65.3 | 67.1 $^{a}$ | 304 |
| 10 | 50.8 | 51.1 | 46.2 | 49.4 $^{ab}$ | 198 |
| 20 | 29.7 | 23.5 | 27.2 | 26.8 $^{b}$ | 161 |
| 50 | 15.2 | 14.7 | 16.0 | 15.3 $^{c}$ | 92 |
| % C.V. = 2.31 | | | | | |

* ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งจะมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95% ด้วยวิธี Duncans new multiple-range test(DMRT),n=จำนวนตัวอย่างทั้งหมด=30ตัวอย่าง

[1] สูตรอาหารพื้นฐาน ประกอบด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา100ส่วนผสมน้ำ20ส่วน โดยน้ำหนัก

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขี้เลื่อยไม้ยางพาราซึ่งมีปริมาณน้ำชีรัมต่างๆ กัน แสดงในตารางที่ 3.25 และผ่านการนึ่งด้วยหม้อนึ่งไม่อัดความดัน ก่อนนำมาเพาะเห็ดนางฟ้าจากการทดลอง 3 ซ้ำ โดยในแต่ละซ้ำผสมวัสดุปลูกครั้งละ 28-30 กก. จากนั้นเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ 3 ครั้ง ปรากฏว่าวัสดุปลูกที่มีชีรัม 2% 5% และ 10%(w/w)ของน้ำที่ใช้ผสมขี้เลื่อย ซึ่งมีธาตุอาหารหลัก N P และ K ประมาณ1-6 % เป็นช่วงที่แสดงการเจริญของดอกเห็ดดีกว่าสูตรอาหารควบคุมและสูตรอื่นๆอย่างชัดเจน วัสดุเพาะที่เติมน้ำชีรัม 20%และ50%(w/w)ในน้ำ มีค่า N P และK ในช่วง 1-6% เช่นเดียวกันแต่การเกิดดอกเห็ดไม่ดี แสดงว่า ในช่วงที่เติมน้ำชีรัม2-10% (w/w) และดอกเห็ดเกิดมากที่สุดนั้น เนื่องมาจากสารอาหารอื่นๆในน้ำชีรัม ไม่ใช่อาหารหลัก N P




ภาพประกอบที่3.13 เปรียบเทียบลักษณะของดอกเห็ดนางฟ้าซึ่งเพาะในขี้เลื่อยไม้ยางพาราเติมน้ำซีรัม

ก. สูตรอาหารพื้นฐาน ซึ่งมีขี้เลื่อยไม้ยางพารา100ส่วนในน้ำ20ส่วนโดยน้ำหนัก

ข. วัสดุปลูกที่มี 2% ของน้ำซีรัม

ค. วัสดุปลูกที่มี 5% ของน้ำซีรัม

ง. วัสดุปลูกที่มี 10% ของน้ำซีรัม

จ. วัสดุปลูกที่มี 20% ของน้ำซีรัม

ฉ. วัสดุปลูกที่มี 50% ของน้ำซีรัม

K Ca และMg ในสภาวะที่เติมน้ำซีรัมมากกว่า 20 %(w/w)ในวัสดุเพาะทำให้น้ำหนักดอกเห็ดลดต่ำกว่าสูตรพื้นฐาน อาจเนื่องมาจากปริมาณสังกะสีมากเกินพอดีหรือธาตุอื่นๆที่ไม่ได้หาปริมาณ จึงไม่อาจบอกได้จากการทดลองนี้

จากความเป็นไปได้ในการเพาะเห็ดนางฟ้าโดยเติมน้ำซีรัม 2-10%(w/w) ดังนั้นในการทดลองต่อไป จึงเลือกใช้น้ำซีรัม 2-10%และปรับเปลี่ยนปริมาณยูเรียและรำในวัสดุเพาะ

ตารางที่3.25 ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในวัสดุเพาะพื้นฐาน เปรียบเทียบกับที่เติมน้ำซีรัมปริมาณต่างกัน

ผสมวัสดุเพาะที่ประกอบด้วยขี้เลื่อย100ส่วน น้ำ20 ส่วน ครั้งละ28-30กก. บรรจุถุงละ 800 กรัม เก็บตัวอย่างถุงละ 20 ถุง (ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ยต่ำสุด-สูงสุด จากการวิเคราะห์ตัวอย่างละ3 ซ้ำ)

| วัสดุเพาะที่มีน้ำซีรัมในน้ำ (%) | หน่วย (กรัมต่อถุงวัสดุ800กรัมสด) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Ca | Mg | Zn | Organic Carbon | Moist |
| 0[1] | 1.45 (1.20-2.01) | 5.32 (4.56-6.12) | 0.74 (0.64-0.96) | 2.66 (2.36-2.92) | 0.47 (0.21-0.29) | 0.03 (0.04-0.04) | 437 (437-438) | 414 (414-415) |
| 2 | 1.76 (1.52-1.92) | 5.97 (5.84-6.22) | 1.22 (1.04-1.36) | 3.21 (3.16-3.28) | 0.38 (0.33-0.47) | 0.05 (0.04-0.05) | 436 (435-437) | 436 (438-437) |
| 5 | 1.85 (1.48-2.32) | 6.47 (5.20-7.04) | 1.64 (1.20-1.78) | 3.57 (3.48-3.84) | 0.42 (0.32-0.49) | 0.12 (0.11-0.13) | 437 (435-439) | 438 (436-438) |
| 10 | 2.13 (1.76-2.48) | 6.48 (5.92-7.62) | 2.15 (1.74-2.24) | 3.64 (3.32-3.85) | 0.53 (0.45-0.62) | 0.26 (0.25-0.28) | 434 (434-436) | 436 (436-437) |
| 20 | 2.58 (2.02-2.72) | 7.54 (6.88-8.16) | 2.22 (2.05-2.40) | 3.66 (3.52-3.79) | 0.66 (0.53-0.73) | 0.51 (0.45-0.57) | 436 (436-437) | 437 (436-437) |
| 50 | 2.97 (2.56-3.04) | 9.42 (8.48-10.2) | 2.41 (2.24-2.56) | 4.02 (3.95-4.12) | 0.58 (0.55-0.82) | 0.77 (0.76-0.84) | 436 (435-436) | 438 (436-438) |

(1) สูตรอาหารพื้นฐานที่มีขี้เลื่อยไม้ยางพารา100ส่วนในน้ำ20ส่วน โดยน้ำหนัก

สูตรอาหารเสริมซีรัม ผสมน้ำซีรัม2-50%(w/w)ในน้ำก่อนผสมกับขี้เลื่อย

### 3.4.3.ศึกษาปริมาณน้ำซีรัมที่เหมาะสมในการเพาะเห็ดนางฟ้าโดยเปรียบเทียบกับสูตรอาหารปกติ

ภาพประกอบที่3.14 เปรียบเทียบดอกเห็ดนางฟ้าที่เพาะบนวัสดุปลูกของสูตรอาหารปกติ (ประกอบด้วย100%ขี้เลื่อยไม้ยางพารา 0.3%ยูเรีย 5%รำ 0.2%$MgSO_4$ 1.0%$CaCO_3$ และ 0.5%$CaSO_4$ โดยน้ำหนัก ) กับวัสดุปลูกที่เติมน้ำซีรัม 2-3.3%(w/w) แทนยูเรีย ตารางที่3.26 น้ำหนัก

ดอกเห็ดเกิน 100 กรัมน้ำหนักสดต่อถุง ซึ่งความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากน้ำหนักดอกเห็ดสดที่ได้จากสูตรอาหารปกติ 97 กรัมต่อถุง แต่ถ้าเติมน้ำซีรัม 5-10%(w/w)แทนยูเรียในสูตรอาหารปกติและสูตรอาหารปกติ จะให้น้ำหนักดอกเห็ดน้อยกว่า 100 กรัมต่อถุง

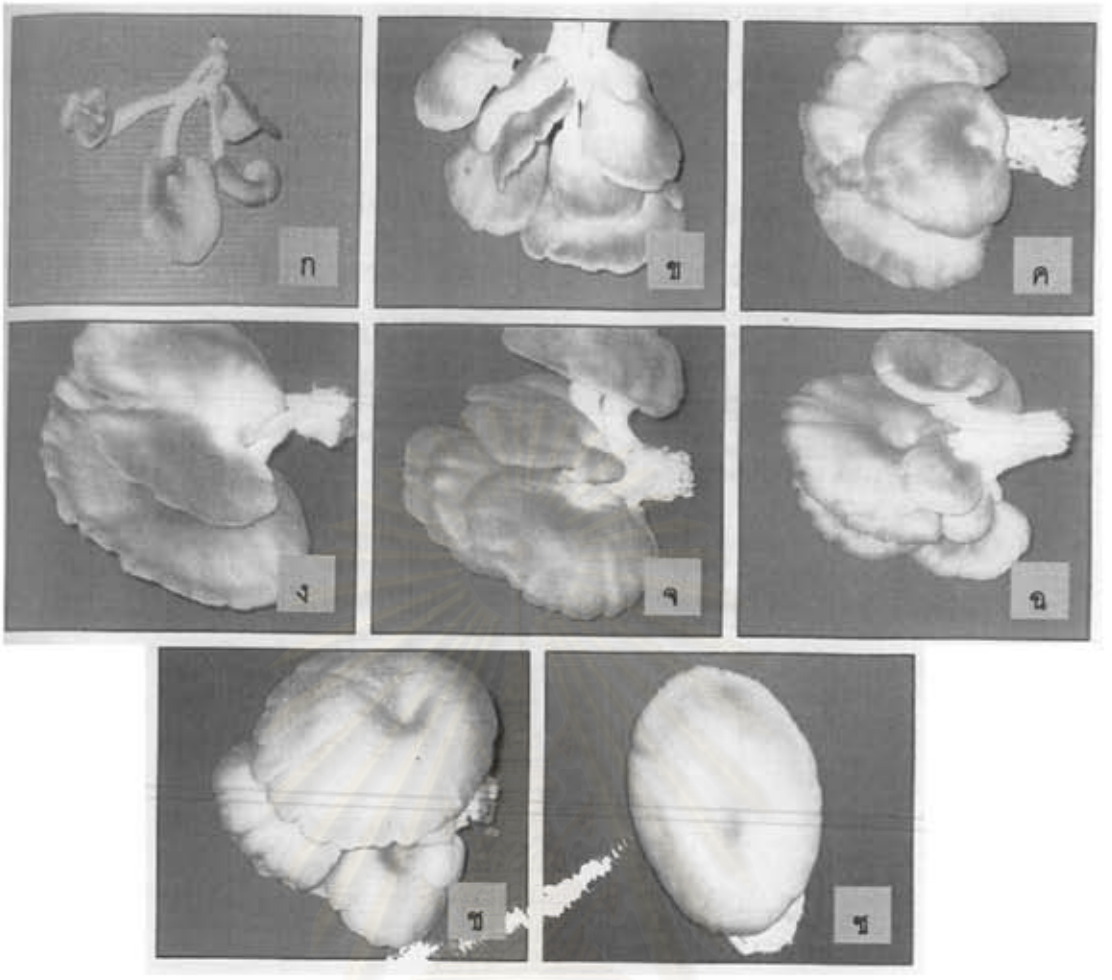
ตารางที่3.26 การใช้น้ำซีรัมแทนยูเรียในสูตรอาหารปกติต่อน้ำหนักดอกเห็ดนางฟ้า จากการทดลอง3ซ้ำ ซ้ำละ30ถุง วัสดุปลูกที่ประกอบด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา100ส่วน เติม5%รำ 0.2%$MgSO_4$ 1.0%$CaCO_3$ และ 0.5%$CaSO_4$ โดยน้ำหนัก และเติมน้ำซีรัมปริมาณต่างๆ เปรียบเทียบกับสูตรอาหารพื้นฐาน[1] และสูตรอาหารปกติ[2] เก็บดอกเห็ดชั่งต่อเนื่อง 45 วัน การเปิดดอกอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม 2542 อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 24-32°C

| วัสดุเพาะที่มีน้ำซีรัมผสม (%) | ยูเรียที่ใส่ (% โดยน้ำหนัก) | ไนโตรเจนทั้งหมดในวัสดุเพาะ (%w) | น้ำหนักดอกเห็ดสด (กรัม/ถุง) | | | | % ผลผลิตเทียบกับสูตรอาหารพื้นฐาน | % ผลผลิตเทียบกับสูตรอาหารปกติ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ซ้ำ 1 | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | เฉลี่ย | | |
| 0[1] | - | 0.12 | 13.7 | 17.8 | 18.3 | 16.6 $^{d}$ | 100 | - |
| - | 0.3[2] | 0.58 | 98.8 | 96.5 | 94.5 | 96.6 $^{ab}$ | 482 | 100 |
| 0 | - | 0.22 | 67.3 | 84.3 | 85.2 | 82.3 $^{c}$ | 396 | 85.2 |
| 2.0 | - | 0.36 | 110.7 | 97.2 | 102.6 | 103.5 $^{a}$ | 523 | 107.1 |
| 2.5 | - | 0.37 | 119.1 | 106.6 | 97.7 | 107.9 $^{a}$ | 550 | 111.7 |
| 3.3 | - | 0.39 | 107.4 | 111.6 | 107.1 | 108.7 $^{a}$ | 555 | 112.6 |
| 5 | - | 0.42 | 88.4 | 87.6 | 85.1 | 87.0 $^{b}$ | 424 | 90.1 |
| 10 | - | 0.51 | 89.0 | 104.3 | 89.8 | 94.4 $^{ab}$ | 468 | 97.7 |
| % C.V. = 1.25 | | | | | | | | |

ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งจะมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี Duncans new multiple-range test (DMRT) , n=30

[1] สูตรอาหารพื้นฐาน ที่มีขี้เลื่อยไม้ยางพารา100ส่วนในน้ำ20ส่วน โดยน้ำหนัก

[2] สูตรอาหารปกติ ประกอบด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา100ส่วน น้ำ20ส่วน 5%รำ 0.2%$MgSO_4$ 1.0%$CaCO_3$ 0.5%$CaSO_4$ และ 0.3%ยูเรีย โดยน้ำหนัก




ภาพประกอบที่3.14 ลักษณะของดอกเห็ดนางฟ้าซึ่งเพาะโดยใช้ขี้รัมแทนยูเรีย ในสูตรอาหารปกติ

ก. สูตรอาหารพื้นฐาน ที่มีขี้เลื่อยไม้ยางพารา100ส่วนในน้ำ20ส่วนโดยน้ำหนัก

ข. สูตรอาหารปกติ ที่เติมรำ 5% และ ยูเรีย 0.3%โดยน้ำหนัก

ค. วัสดุปลูกที่ไม่มีน้ำขี้รัมผสมและปราศจากยูเรีย

ง. วัสดุปลูกที่มี 2.0 % ของน้ำขี้รัม

จ. วัสดุปลูกที่มี 2.5 % ของน้ำขี้รัม

ฉ. วัสดุปลูกที่มี 3.3 % ของน้ำขี้รัม

ช. วัสดุปลูกที่มี 5.0 % ของน้ำขี้รัม

ซ. วัสดุปลูกที่มี 10.0 % ของน้ำขี้รัม

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุปลูกซึ่งมีปริมาณน้ำซีรัมต่างๆ เทียบกับสูตรอาหารพื้นฐานและสูตรอาหารปกติ เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ก่อนการเพาะเห็ด ซึ่งแต่ละสูตรผสมวัสดุปลูกครั้งละ28-30 กก. ปรากฏว่าสูตรอาหารที่เห็ดนางฟ้าสามารถเจริญได้(2-3.3% (w/w)ของน้ำซีรัม)มีธาตุอาหารหลักคือไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพตัสเซียม(N : P :K) ต่ำกว่าสูตรอาหารปกติทั้งนี้รวมถึงปริมาณของ Mg Ca และคาร์บอนอินทรีย์ พิจารณาจากน้ำหนักกรัมต่อวัสดุปลูก800กรัม กล่าวคือสูตรอาหารปกติมีปริมาณเฉลี่ย N : P : K : Ca : Mg : OC. = 4 : 40 : 3 : 86 : 1 : 440 กรัมต่อวัสดุปลูก800กรัม และสูตรอาหารเสริมซีรัม3% แทนยูเรียมีปริมาณเฉลี่ย N : P : K : Ca : Mg : OC. = 3 : 27 : 2 : 46 : 0.3 : 440 กรัมต่อวัสดุปลูก800กรัม ต่ำกว่าสูตรอาหารปกติเล็กน้อยแต่สูงกว่าสูตรอาหารพื้นฐานชัดเจน โดยเฉพาะ N : P : K : Ca ดังนั้นน้ำหนักดอกเห็ดที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้น้ำซีรัมแทนยูเรียไม่ได้เนื่องจากธาตุอาหารเหล่านี้ วัสดุที่มีน้ำซีรัม5-10%(w/w) จะให้ดอกเห็ดน้อย อาจมาจากปริมาณ Zn ในวัสดุเพาะเกิน 100 มก./กก. ซึ่งเริ่มเป็นพิษต่อเห็ดดังแสดงในตารางที่3.27

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่3.27 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารต่างๆในวัสดุเพาะสูตรอาหารพื้นฐาน สูตรอาหารปกติและสูตรอาหารที่ใช้น้ำซีรัมแทนยูเรีย

ผลการวิเคราะห์มาจากการทดลอง3 ซ้ำ นึ่ง กรองแยกเนื้อยางและปรับค่าpH=7 ก่อนผสมวัสดุปลูก28-30 กก.ในแต่ละซ้ำ (ค่าในวงเล็บแสดงค่าต่ำสุด-สูงสุด จากการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ)

| วัสดุเพาะ | | หน่วย(กรัมต่อถุงวัสดุ800กรัม) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| วัสดุเพาะที่มีน้ำซีรัมในน้ำ (%) | ยูเรีย (%) | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Ca | Mg | Zn | Organic Carbon | Moist |
| 0[1] | - | 1.45 (1.20-2.01) | 5.32 (4.56-6.12) | 0.74 (0.64-0.96) | 2.66 (2.36-2.92) | 0.47 (0.46-0.49) | 0.03 (0.03-0.04) | 437 (437-438) | 414 (414-415) |
| - | 0.3[2] | 3.78 (3.60-4.16) | 38.7 (35.1-41.7) | 3.25 (2.80-3.36) | 85.9 (76.6-94.4) | 1.18 (1.13-1.25) | 0.04 (0.03-0.04) | 438 (438-439) | 435 (435-436) |
| 0 | | 2.31 (2.24-2.56) | 24.8 (24.4-25.9) | 1.17 (0.96-1.36) | 37.8 (34.3-45.2) | 0.40 (0.39-0.42) | 0.04 (0.04-0.05) | 421 (420-421) | 475 (475-476) |
| 2 | - | 2.65 (2.61-2.87) | 27.6 (24.9-31.1) | 1.56 (1.20-1.84) | 44.7 (43.5-47.8) | 0.26 (0.26-0.28) | 0.06 (0.05-0.06) | 422 (422-423) | 429 ((429-431) |
| 2.5 | - | 3.14 (2.96-3.36) | 29.5 (29.2-31.1) | 1.43 (1.04-2.08) | 52.3 (46.5-54.2) | 0.24 (0.25-0.29) | 0.06 (0.06-0.07) | 433 (433-434) | 457 (457-459) |
| 3.3 | - | 2.97 (2.88-3.36) | 27.4 (26.5-32.4) | 1.85 (1.44-2.16) | 46.4 (44.2-48.3) | 0.27 (0.26-0.31) | 0.10 (0.10-0.11) | 422 (421-422) | 487 (487-488) |
| 5 | - | 3.24 (3.12-3.32) | 41.7 (33.7-48.2) | 1.75 (1.68-2.31) | 54.4 (54.3-54.6) | 0.41 (0.39-0.43) | 0.12 (0.11-0.13) | 404 (403-404) | 471 (470-471) |
| 10 | - | 3.35 (3.25-3.46) | 46.5 (36.4-49.0) | 2.14 (1.64-2.56) | 61.8 (68.7-62.3) | 0.47 (0.45-0.52) | 0.25 (0.25-0.26) | 419 (417-419) | 470 (469-470) |

[1] สูตรอาหารพื้นฐาน ประกอบด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา100ส่วนในน้ำ20ส่วนโดยน้ำหนัก

[2] สูตรอาหารปกติ ประกอบด้วย100%ขี้เลื่อยไม้ยางพารา, 5%รำ , 0.2%$MgSO_4$ ,1.0%$CaCO_3$ 0.5%$CaSO_4$ และ 0.3%ยูเรีย โดยน้ำหนัก

### 3.4.4 ศึกษาปริมาณรำที่เหมาะสมสำหรับสูตรอาหารเสริมซีรัม 3%(w/w)

จากผลการทดลองในตารางที่3.26และ3.27 ที่พบว่าสูตรอาหารเสริมซีรัม 2.5-3.3%(w/w)ให้ดอกเห็ดน้ำหนักมากที่สุด จึงทดลองใช้สูตรอาหารเสริมซีรัม3% และปรับเปลี่ยนปริมาณรำในช่วง 0-7%โดยน้ำหนัก ตารางที่3.28 แสดงว่าการใช้รำ 5-7% ในวัสดุเพาะเสริมซีรัม3% ให้ผลผลิตดีที่สุด คือได้ดอกเห็ดประมาณ 135 กรัมต่อถุงโดยน้ำหนักสด ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสูตรอาหารปกติที่ไม่เสริมซีรัมถึง30% ดังนั้นจึงสรุปว่า การใช้น้ำซีรัมเป็นอาหารเสริมในการเพาะเห็ดนั้นควรใช้น้ำซีรัม 3%ผสมในน้ำ ทดแทนยูเรีย 0.3%ได้ แต่ยังต้องเติมรำ5% สูตรอาหารเสริมซีรัมที่พัฒนาได้นี้ให้ผลดีกว่าสูตรอาหารพื้นฐาน 7 เท่า และดีกว่าสูตรอาหารปกติ 30%

การเปิดดอกอยู่ในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2542 อุณหภูมิอยู่ระหว่าง24-32°C ลักษณะดอกเห็ดที่เกิดขึ้น แสดงในภาพประกอบที่3.15

ตารางที่3.28 ปริมาณรำที่เหมาะสมสำหรับสูตรอาหารเสริมซีรัม

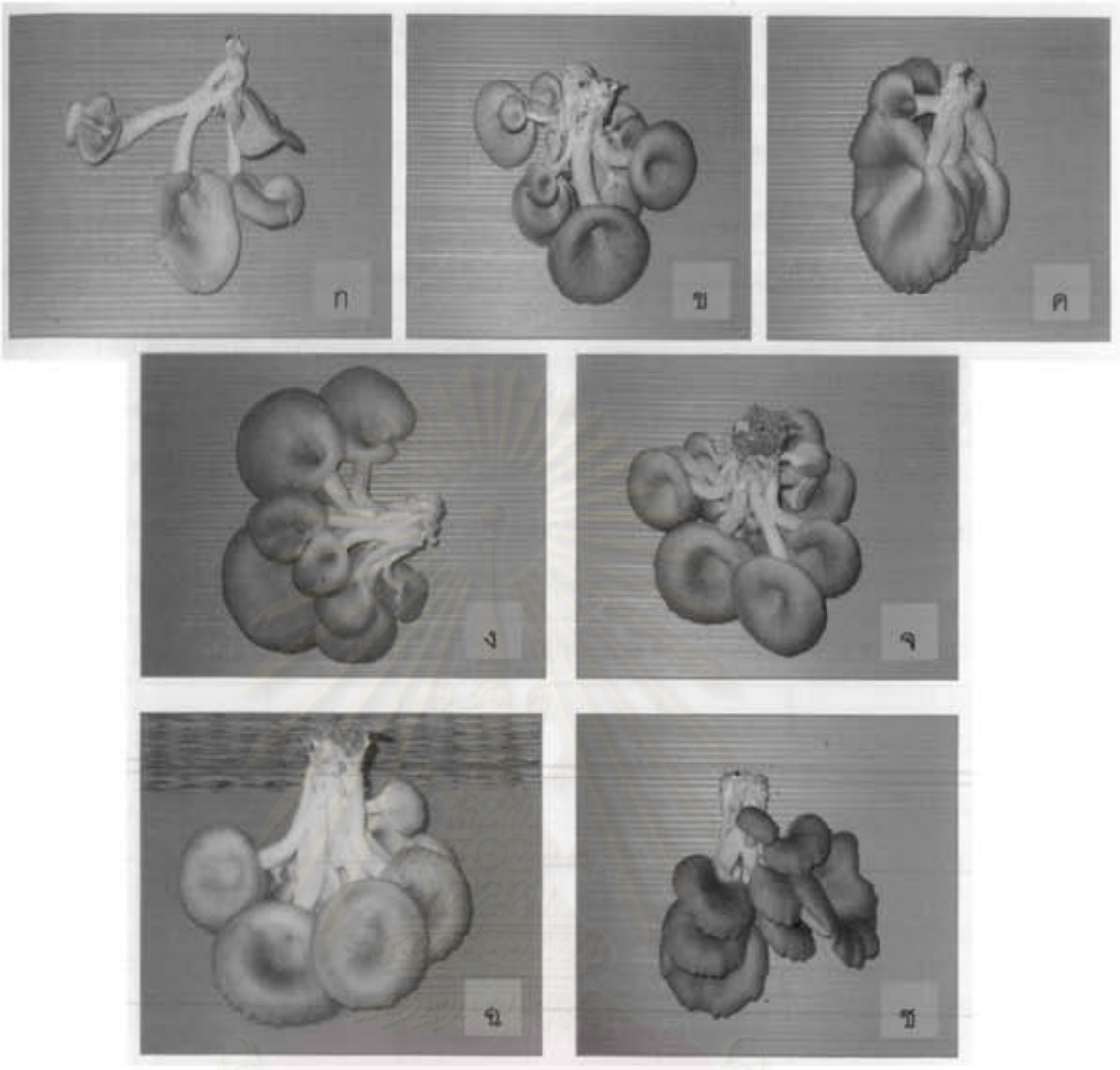
ทำการทดลองโดยชั่งน้ำหนักดอกเห็ดนางฟ้า(กรัมต่อถุงวัสดุ800กรัมสด) ซึ่งเพาะบนวัสดุปลูกที่เติม3.0% ของน้ำซีรัมในน้ำ และเติมรำในปริมาณ 0 1 3 5 และ7% โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับสูตรอาหารพื้นฐาน[1] และสูตรอาหารปกติ[2] การทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ30ถุง (แต่ละซ้ำใช้เวลาเก็บผลผลิตนาน 45 วัน)

| ปริมาณรำ (% โดยน้ำหนัก) | ยูเรียที่ใส่ (%โดยน้ำหนัก) | น้ำหนักดอกเห็ดสด (กรัม/ถุง) | | | | % ผลผลิตเทียบกับสูตรอาหารพื้นฐาน | % ผลผลิตเทียบกับสูตรอาหารปกติ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ซ้ำ 1 | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | เฉลี่ย* | | |
| 0[1] | - | 13.7 | 17.8 | 18.2 | 16.6 $^{d}$ | 100 | - |
| - | 0.3[2] | 102.5 | 104.3 | 100.7 | 102.5 $^{b}$ | 517 | 100 |
| 0 | - | 87.5 | 85.8 | 94.3 | 89.2 $^{c}$ | 437 | 87.0 |
| 1 | - | 105.2 | 99.2 | 101.4 | 101.9 $^{b}$ | 514 | 99.4 |
| 3 | - | 118.3 | 109.8 | 111.7 | 113.3 $^{ab}$ | 582 | 110.5 |
| 5 | - | 134.0 | 136.4 | 130.7 | 133.7 $^{a}$ | 705 | 130.4 |
| 7 | - | 137.4 | 135.6 | 134.2 | 135.7 $^{a}$ | 717 | 132.4 |
| % C.V. = 0.49 | | | | | | | |

* ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งจะมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี Duncans new multiple-range test (DMRT) ,n=30

[1] สูตรอาหารพื้นฐาน ประกอบด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา100ส่วนในน้ำ20ส่วน โดยน้ำหนัก

[2] สูตรอาหารปกติประกอบด้วย100%ขี้เลื่อยไม้ยางพารา 5%รำ 0.2%$MgSO_4$ 1.0%$CaCO_3$ 5%$CaSO_4$ และ 0.3%ยูเรีย โดยน้ำหนัก




ภาพประกอบที่3.15 ลักษณะของดอกเห็ดนางฟ้าซึ่งเพาะในสูตรอาหารเสริมซีรัมที่แปรปริมาณรำ

ก. สูตรอาหารพื้นฐาน ที่มีขี้เลื่อยไม้ยางพารา100ส่วนในน้ำ20ส่วน

ข. สูตรอาหารปกติซึ่งเติมรำ 5% และ ยูเรีย 0.3%โดยน้ำหนัก

ค. วัสดุปลูกเสริมซีรัม3%ที่ไม่มีรำผสมและปราศจากยูเรีย

ง. วัสดุปลูกเสริมซีรัม3%ที่มี1.0 % ของรำผสม

จ. วัสดุปลูกเสริมซีรัม3%ที่มี 3.0 % ของรำผสม

ฉ. วัสดุปลูกเสริมซีรัม3%ที่มี 5.0 % ของรำผสม

ช. วัสดุปลูกเสริมซีรัม3%ที่มี 7.0 % ของรำผสม

จากตารางที่3.29 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารเสริมขี้รัม3%ที่มีปริมาณรำต่างๆ กัน พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนในสูตรอาหารเสริมขี้รัมที่ไม่ได้เติมรำประมาณ2% และเพิ่มขึ้นมากกว่า3% เมื่อเติมรำ5% ปริมาณ P K Ca และ Mg จะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามปริมาณรำที่เพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณ Zn จะมีปริมาณใกล้เคียงกันในช่วง 0.08-0.13 กรัม/วัสดุปลูก 800กรัมสด เนื่องจากใช้น้ำขี้รัม3% คงที่ในสูตรอาหารเสริมขี้รัม ปริมาณZnต่อกิโลกรัมวัสดุเพาะอยู่ในช่วง 85-130 มก.ต่อกก. ที่ไม่เป็นพิษต่อเห็ด

ตารางที่3.29 ปริมาณธาตุอาหารต่างๆจากวัสดุปลูกสูตรอาหารเสริมขี้รัมปรับเปลี่ยนปริมาณรำเปรียบเทียบกับสูตรอาหารพื้นฐาน และสูตรอาหารปกติ

ผลการวิเคราะห์มาจากการทดลอง 3 ซ้ำ นึ่ง กรองแยกเนื้อยางและปรับค่าpH=7 ก่อนผสมวัสดุปลูก28-30 กก.ในแต่ละซ้ำ (ค่าในวงเล็บแสดงค่าต่ำสุด-สูงสุด จากการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ)

| วัสดุเพาะ | | หน่วย (กรัมต่อวัสดุปลูก800กรัม) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| วัสดุเพาะที่เติมรำ(%) | ยูเรีย (%) | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Ca | Mg | Zn | Organic Carbon | Moist |
| 0[1] | - | 1.45 (1.20-2.01) | 5.32 (4.56-6.12) | 0.74 (0.64-0.98) | 2.88 (2.36-2.92) | 0.47 (0.21-0.29) | 0.03 (0.03-0.04) | 437 (437-438) | 414 (414-415) |
| - | 0.3[2] | 3.78 (3.60-4.18) | 38.7 (35.1-41.7) | 3.25 (2.80-3.38) | 85.9 (76.6-94.4) | 1.18 (1.13-1.25) | 0.04 (0.03-0.04) | 438 (438-439) | 435 (435-436) |
| 0 | - | 2.04 (1.92-2.32) | 31.4 (28.7-33.7) | 2.13 (1.84-2.48) | 38.2 (36.7-39.3) | 0.54 (0.44-0.58) | 0.09 (0.08-0.10) | 435 (435-434) | 458 (457-458) |
| 1 | - | 2.29 (2.08-2.56) | 49.8 (34.9-52.5) | 2.24 (2.01-2.32) | 43.7 (39.7-47.2) | 0.87 (0.64-0.72) | 0.11 (0.10-0.11) | 436 (435-436) | 452 (450-452) |
| 3 | - | 2.36 (2.05-2.48) | 47.6 (43.7-59.8) | 2.41 (2.24-2.56) | 62.5 (45.8-66.8) | 0.83 (0.71-0.85) | 0.09 (0.08-0.10) | 435 (435-436) | 436 (435-436) |
| 5 | - | 2.98 (2.81-3.13) | 50.2 (42.6-51.8) | 2.66 (2.37-2.72) | 59.4 (55.2-65.8) | 0.90 (0.88-0.92) | 0.11 (0.09-0.12) | 438 (438-439) | 432 (431-433) |
| 7 | - | 4.67 (4.36-4.64) | 58.7 (53.4-63.8) | 3.75 (2.58-3.64) | 68.5 (66.1-72.8) | 0.82 (0.78-0.84) | 0.09 (0.09-0.10) | 437 (436-438) | 433 (433-434) |

[1] สูตรอาหารพื้นฐาน ประกอบด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา100ส่วนในน้ำ20ส่วน โดยน้ำหนัก

[2]สูตรอาหารปกติประกอบด้วย100%ขี้เลื่อยไม้ยางพารา 5%รำ 0.2%$MgSO_4$ 1.0%$CaCO_3$ 0.5%$CaSO_4$ และ 0.3%ยูเรีย โดยน้ำหนัก

**4.4.5 ความปลอดภัยต่อการบริโภคดอกเห็ดนางฟ้าซึ่งเพาะบนวัสดุปลูกสูตรอาหารเสริมชีรัม**

ในวัสดุเพาะเห็ดประกอบด้วยแร่ธาตุและสารอาหารต่างๆ รวมทั้งโลหะหนักบางชนิดที่มาจากการเติมน้ำชีรัมลงไปด้วย จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่อาจเป็นพิษในน้ำชีรัม พบว่ามีปริมาณสังกะสีประมาณ111.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงมีโอกาสที่วัสดุเพาะซึ่งเติมน้ำชีรัมที่แยกได้จากหางน้ำยางมาใช้ในการเพาะเห็ดนางฟ้าจะมีปริมาณสังกะสีสูงกว่าวัสดุเพาะสูตรอาหารปกติ เนื่องจากเห็ดสามารถดูดเอาสารอาหาร แร่ธาตุและโลหะหนักต่างๆ จากวัสดุเพาะเข้าไปในดอกเห็ดได้โดยตรง ผู้บริโภคเห็ดอาจได้รับสังกะสีต่างจากเห็ดที่เพาะตามปกติ สังกะสีเป็นธาตุที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อย ถ้าร่างกายรับสังกะสีเข้าไปในปริมาณมากผิดปกติอาจจะเกิดอันตรายต่อทำลายสมองและระบบประสาทส่วนกลาง เรียกว่า "โรคแพ้พิษสังกะสี" และเมื่อได้รับในปริมาณเล็กน้อย จะมีอาการปวดท้อง ท้องเดิน คลื่นไส้ ปากพองและเป็นแผลได้ (กรมควบคุมมลพิษ , 2538) เพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค จึงทำการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในวัสดุเพาะ โดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่างจากจำนวน10ถุงของวัสดุปลูกทั้งหมด90ถุง

จากตารางที่3.30 พบว่า ปริมาณสังกะสีที่อยู่ในวัสดุเพาะสูตรสารอาหารพื้นฐานมีค่าต่ำสุด (28.8±6.70มก./วัสดุปลูก800กรัม) เนื่องจากในวัสดุเพาะสูตรนี้มีขี้เลื่อยไม้ยางพาราและน้ำบาดาลเท่านั้น ส่วนในวัสดุเพาะอาหารเสริมชีรัม3% มีปริมาณสังกะสีมากกว่าวัสดุเพาะสูตรอาหารปกติถึง2เท่า และสูงกว่าสูตรอาหารพื้นฐาน 3 เท่า คือประมาณ 100มก./800 กรัมวัสดุเพาะ หรือประมาณ12%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่3.30 ปริมาณสังกะสีที่อยู่ในวัสดุเพาะสูตรต่างๆ ทำการทดลอง 10 ซ้ำจากแต่ละชนิดวัสดุเพาะ สูตรอาหารพื้นฐาน สูตรอาหารปกติ และสูตรอาหารเสริมซีรัม3 % สุ่มจากวัสดุปลูกชนิดละ30ถุง รวมทั้งหมด 90 ถุง

| ครั้งที่ | ปริมาณสังกะสีที่อยู่ในวัสดุเพาะ (มิลลิกรัมต่อ800กรัมน้ำหนักเปียก) | | |
|---|---|---|---|
| | สูตรอาหารพื้นฐาน | สูตรอาหารปกติ | สูตรอาหารเสริมซีรัม3% |
| 1 | 28.4 | 45.4 | 98.5 |
| 2 | 33.7 | 42.3 | 82.1 |
| 3 | 42.6 | 36.1 | 112.2 |
| 4 | 35.5 | 28.5 | 96.4 |
| 5 | 21.1 | 32.7 | 85.8 |
| 6 | 24.8 | 37.3 | 107.6 |
| 7 | 27.6 | 51.5 | 97.1 |
| 8 | 21.3 | 47.4 | 133.2 |
| 9 | 25.1 | 29.4 | 87.3 |
| 10 | 32.5 | 32.1 | 94.7 |
| เฉลี่ย | 29.3 $\pm$ 6.81 | 39.3$\pm$ 7.22 | 99.5 $\pm$ 15.06 |

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณสังกะสีที่อยู่ในดอกเห็ดซึ่งเพาะในสูตรอาหารเสริมซีรัม3% มีค่า 60.72 $\pm$ 4.05 มก./กก.เห็ด ซึ่งมากเป็น3เท่าของดอกเห็ดที่เพาะในสูตรอาหารปกติ ซึ่งมีปริมาณสังกะสี 19.23 $\pm$ 1.60 มก./กก.เห็ด เมื่อพิจารณาจากค่าสังกะสีที่ยอมรับได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ในเรื่องข้อกำหนดของวัสดุปนเปื้อนในอาหาร ต้องไม่เกิน100มก.ต่อกิโลกรัมของอาหาร (กรมควบคุมมลพิษ , 2538) ผลการทดลองในตารางที่3.31 บ่งชี้ว่าเห็ดนางฟ้าที่เพาะในสูตรอาหารเสริมซีรัม3% มีความปลอดภัยต่อการบริโภค

ตารางที่3.31 เปรียบเทียบปริมาณสังกะสีในดอกเห็ดนางฟ้าที่เพาะในสูตรอาหารเสริมซีรัมกับสูตรอาหารปกติ

| ครั้งที่ | ปริมาณสังกะสีที่ตรวจวัดได้ในดอกเห็ด (มก./เห็ด 1 กก.) | |
|---|---|---|
| | สูตรอาหารเสริมซีรัม3% | สูตรอาหารปกติ |
| 1 | 53.64 | 19.72 |
| 2 | 66.93 | 17.75 |
| 3 | 64.83 | 18.47 |
| 4 | 60.93 | 18.35 |
| 5 | 62.48 | 17.17 |
| 6 | 59.22 | 21.23 |
| 7 | 63.80 | 20.36 |
| 8 | 54.36 | 19.72 |
| 9 | 59.31 | 17.34 |
| 10 | 61.72 | 22.17 |
| ค่าเฉลี่ย | 60.72 $\pm$ 4.05 | 19.23 $\pm$ 1.60 |

* ค่าที่ยอมรับได้ ไม่เกิน100 มก./อาหาร1 กิโลกรัม ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่98(พ.ศ. 2529) เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ข้อที่ 4 ว่าด้วยอาหารที่มีสารปนเปื้อน

**3.5 ผลประโยชน์จากการประยุกต์ใช้น้ำซีรัมจากหางน้ำยางสกิมเพาะเห็ดนางฟ้า**

เนื่องจากมีความเป็นไปได้ทางด้านวิชาการในการใช้น้ำซีรัมที่แยกได้จากหางน้ำยางในการผสมกับน้ำบาดาลด้วยสัดส่วนที่เหมาะสมนั่นคือ ประมาณ3% ของน้ำทั้งหมดที่ใช้ผสมในวัสดุเพาะเห็ดนางฟ้า จึงนำข้อมูลการลงทุนค่าใช้จ่ายในการเพาะเห็ดของการทดลองนี้มาคำนวณการเปรียบเทียบผลประโยชน์-ทุนในการเพาะเห็ด เมื่อใช้สูตรอาหารเสริมซีรัม3%กับการเพาะเห็ดด้วยสูตรอาหารปกติเพื่อประเมินว่าโครงการนี้มีความเหมาะสมในการจะศึกษาต่อในระดับต้นแบบหรือไม่

รายละเอียดการคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตและปริมาณของผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าแสดงในภาคผนวก ง. หมายเลข 2 ผลสรุปของการคำนวณค่าใช้จ่ายและปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น การผลิตก้อนเชื้อเห็ด 5,000 ก้อน ในช่วงระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่การทำก้อนเชื้อเห็ดจนกระทั่งเปิด

ดอก โดยใช้เวลาบ่มเชื้อ 1 เดือน และเก็บเกี่ยวผลผลิตเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าจากตารางที่3.32 การประยุกต์ใช้น้ำซีรัม3%ในวัสดุเพาะเห็ดจะให้ผลผลิตมากกว่าการเพาะเห็ดสูตรอาหารปกติที่เติมปุ๋ยยูเรีย0.3% คิดเป็นผลกำไรที่มากกว่าถึง73% โดยไม่คิดราคาของเครื่องautoclave

ตารางที่3.32 เปรียบเทียบรายได้จากปริมาณผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าเมื่อใช้วัสดุเพาะที่เติมยูเรียและเติมน้ำซีรัม จากวัสดุเพาะ 5,000ก้อน ระยะเวลา 4 เดือน

| รายการ | วัสดุเพาะสูตรอาหารปกติที่เติมยูเรีย0.3% | วัสดุเพาะสูตรอาหารเสริมซีรัม3% ใช้เครื่องautoclave | วัสดุเพาะสูตรอาหารเสริมซีรัม3% ไม่ใช้เครื่องautoclave |
|---|---|---|---|
| รายได้จากการขายเห็ด | 31,392 | 40,943 | 40,943 |
| ต้นทุน | 18,385 | 18,399 | 18,350 |
| กำไร | 13,006 | 22,544 | 22,593 |
| %ของกำไรที่เพิ่มขึ้น | - | 73.3 | 73.7 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย