

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

1. น้ำเสียจากระบบการผลิตเยื่อกระดาษ จากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ บริษัทสยามเซลลูโลส จำกัด ตำบลวังศาลา อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี มีความเข้มข้นของสีเฉลี่ยเท่ากับ 1,378 หน่วยสี (Pt.Co unit) ค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 7.7
2. การศึกษาการเจริญของเชื้อรา *P.chrysosporium* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ PDB และ synthetic growth medium โดยทำการบันทึกน้ำหนักแห้งของเส้นใยเชื้อรา พบว่า *P.chrysosporium* เจริญในอาหาร PDB ได้ดีกว่าในอาหาร synthetic growth medium โดยมีการเจริญเข้าสู่ระยะ stationary phase ในวันที่ 7
3. การลดสีของน้ำเสียจากระบบการผลิตเยื่อกระดาษ โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* ในเม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนต ในการทำการตรึงเซลล์จะต้องใช้เชื้อราที่เจริญเข้าสู่ระยะ stationary phase เพราะ *P.chrysosporium* เป็นเชื้อราที่จัดอยู่ในกลุ่ม white rot fungi สามารถผลิตเอนไซม์ extracellular oxydative enzyme ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีสมบัติในการย่อยสลายโครงสร้างสารลิกนิน โดยจะประกอบด้วยเอนไซม์ 2 ชนิด คือ ลิกนินเปอร์ออกซิเดส (LIP) และมังกานีสเปอร์ออกซิเดส (MnP) ซึ่งเป็นสารทุติยภูมิในกระบวนการสร้างและสลาย (secondary metabolite) คือเป็นเอนไซม์ที่สร้างขึ้นและขับออกนอกเซลล์เมื่อเชื้อรามีการเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะ stationary phase ดังนั้นระยะ stationary phase จึงเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่เชื้อราจะถูกกระตุ้นให้สร้างเอนไซม์เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารลิกนินในน้ำเสียจากระบบการผลิตเยื่อกระดาษ
4. การทดลองในระดับขวดเขย่า เมื่อไม่มีการเติมสารใดๆ ลงในน้ำเสีย พบว่าประสิทธิภาพการลดสีมีค่าประมาณ 6 % ที่เวลาในการเขย่า 72 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า น้ำเสียมีความสามารถในการลดสีได้ด้วยตัวเองเมื่อมีการเขย่า ซึ่งการเขย่าเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้ละลายในน้ำเสียและเกิดการออกซิไดซ์สารอินทรีย์จำพวกลิกนิน และสารอนุพันธ์ของลิกนินโดยออกซิเจน ซึ่งเรียกว่าการเกิด Autoxidation และการใช้เม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนตที่ไม่มีการตรึงเซลล์ นั้นการกำจัดสีของน้ำเสียเกิดจากการดูดซับสีไว้บนเม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนต

5. การทดลองในระดับขวดเขย่า ประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสีย โดยการใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* จะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเพิ่มเวลาในการเขย่านานขึ้น โดยอัตราส่วนเซลล์เชื้อราที่ใช้ในการตรึงเซลล์ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้ คือ 60 กรัม(น้ำหนักเซลล์เปียก)ต่อสารละลายไซโตเดียมอัลจินต 1,000 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการลดสีของน้ำเสียเท่ากับ 49.7 % ที่เวลา 3 ชั่วโมงแรกของการทดลอง (ค่าหน่วยสีเฉลี่ยของน้ำเสียก่อนทดลองเท่ากับ 1,069 หน่วยสี ในหน่วย Pt.Co)

6. เวลาที่เหมาะสมในการลดสีของน้ำเสีย โดยการใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* อัตราส่วนเซลล์ 60 กรัม (น้ำหนักเซลล์เปียก) ต่อสารละลายไซโตเดียมอัลจินต 1,000 มิลลิลิตร ในระดับขวดเขย่า คือที่เวลาทดลอง 15 นาที มีประสิทธิภาพในการลดสีสูงเท่ากับ 72.8 % (ค่าหน่วยสีเฉลี่ยของน้ำเสียก่อนทดลองเท่ากับ 840 หน่วยสี ในหน่วย Pt.Co)

7. การทดลองในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิดไคส์เบด ที่มีความสูงของหอปฏิกรณ์เท่ากับ 200 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางหอปฏิกรณ์ 10 เซนติเมตร ซึ่งมีปริมาตรเท่ากับ 15,700 ลบ.ซม. บรรจุเม็ดเซลล์ตรึงที่มีอัตราส่วนเซลล์เชื้อรา 60 กรัม(น้ำหนักเปียก)ต่อสารละลายไซโตเดียมอัลจินต 1,000 มิลลิลิตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ปริมาตร 1 ลิตร ลงในหอปฏิกรณ์ พร้อมทั้งบรรจุสารละลายอาหารที่เหนียวนำไปเชื้อราสร้างเอนไซม์ ปริมาตร 3 ลิตร ก่อนที่จะทำการทดลอง จะต้องเป่าอากาศเข้าในเครื่องปฏิกรณ์ เป็นเวลา 1 คืน เพื่อให้เชื้อรามีการปรับตัวและเจริญเติบโตภายในเม็ดเจลแคลเซียมอัลจินตก่อน น้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษที่ใช้ในการทดลองนี้ มีความเข้มข้นตั้งแต่ 979 – 1,795 หน่วยสี (Pt.Co unit) อุณหภูมิสูงประมาณ 60 องศาเซลเซียส ก่อนทำการทดลองจะต้องทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนและที่ชุดเครื่องปฏิกรณ์จะมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนติดตั้งอยู่ด้วยเพื่อควบคุมอุณหภูมิของน้ำเสียที่สูบเข้าหอปฏิกรณ์ให้มีอุณหภูมิประมาณ 38 องศาเซลเซียส ทำการทดลองที่อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ ตั้งแต่ 0.012 จนถึง 0.036 ลบ.ม./ชั่วโมง และที่อัตราการเติมอากาศเข้าหอปฏิกรณ์ ตั้งแต่ 0.033 – 0.086 ลบ.ม./ชั่วโมง ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นตามความสูงของหอปฏิกรณ์ และจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการเติมอากาศด้วย ภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปฏิกรณ์นี้ คือ อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.036 ลบ.ม./ชั่วโมง มีความเข้มข้นของน้ำเสียเริ่มต้นเท่ากับ 1,168 หน่วยสี (Pt.Co unit) ที่อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง และอุณหภูมิ 38 °C ซึ่งมีประสิทธิภาพการลดสีเท่ากับ 60.3 เปอร์เซ็นต์

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทดลองใช้กับน้ำเสียที่มีสีเข้มประเภทต่างๆ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* ในแคลเซียมอัลจิเนต เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในโอกาสต่อไป
2. ควรมีการศึกษาผลของปริมาณของเม็ดเซลล์ตรึงที่ใช้ในการทดลองในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิดไคซ์เบดต่อประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสีย
3. ควรมีการทดลองกับเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิดไคซ์เบดที่มีการเพิ่มจำนวนหอยปฏิกรณ์ เพื่อทดสอบว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสีของน้ำเสียได้หรือไม่ เพราะจากผลการทดลองการลดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิดไคซ์เบด ที่มีจำนวนหอยปฏิกรณ์ 1 หอย พบว่า การลดสีของน้ำเสียจะเกิดได้อย่างรวดเร็วตลอดความสูงของหอยปฏิกรณ์ ดังนั้นจึงควรเพิ่มจำนวนหอยปฏิกรณ์ขึ้นอีก แล้วทำการทดลองโดยให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในหอยปฏิกรณ์ลำดับที่ 1 ผ่านเข้าสู่หอยปฏิกรณ์ลำดับที่ 2 ซึ่งบรรจุเม็ดเซลล์ตรึง *P. chrysosporium* ด้วย คาดว่าประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียของระบบบำบัดรวมจะเพิ่มขึ้น