บทที่ 4

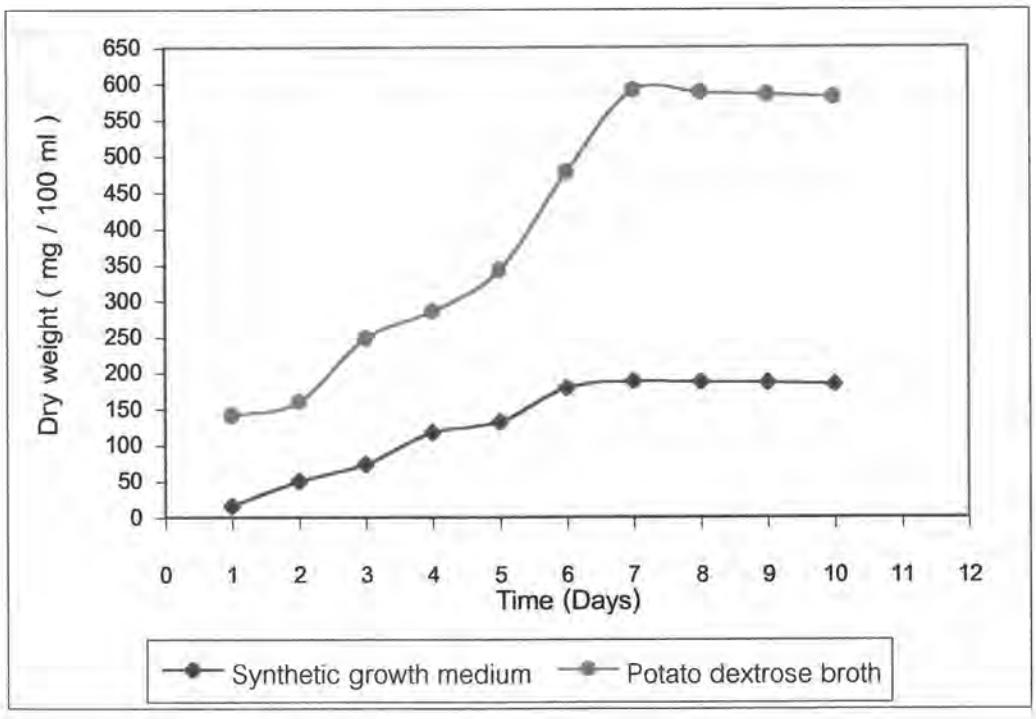
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาการเจริญของเชื้อรา *P. chrysosporium* เปรียบเทียบการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose broth (PDB) **กับ** Synthetic growth medium

การศึกษาการเจริญของเชื้อรา *P. chrysosporium* ในอาหารสำหรับการเจริญเติบโต Potato dextrose broth และ Synthetic growth medium (ภาคผนวก ก) นำค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างและน้ำหนักเซลล์แห้งจะได้กราฟการเจริญของเชื้อรา (รายละเอียดข้อมูลการทดลองแสดงในภาคผนวก ฉ)

จากการทดลองเลี้ยงเชื้อรา *P. chrysosporium* เปรียบเทียบการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิดคือ Potato dextrose broth (PDB) และ Synthetic growth medium แล้วนำข้อมูลน้ำหนักแห้งของเส้นใยที่ได้ในแต่ละวันมาเขียนกราฟแสดงการเจริญเติบโต ได้กราฟดังรูป 4.1 จากผลการทดลองพบว่า ในอาหาร PDB เส้นใยของเชื้อรามีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น ตั้งแต่วันที่ 1 – 6 จนกระทั่ง วันที่ 7 จะให้น้ำหนักแห้งของเส้นใยเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 589.6 กรัม และน้ำหนักแห้งเริ่มคงที่อยู่ในช่วงวันที่ 7 - 10 ซึ่งในวันที่ 7 ของการเจริญ เป็นระยะที่เชื้อราเจริญเข้าสู่ระยะ stationary phase ส่วนในอาหาร Synthetic growth medium พบว่าเชื้อรามีแนวโน้มการเจริญเช่นเดียวกับการเจริญในอาหาร PDB แต่ให้น้ำหนักแห้งของเส้นใยน้อยกว่า คือให้น้ำหนักแห้งเพียง 186.8 กรัม เท่านั้น แสดงว่ามีการเจริญได้น้อยกว่า ดังนั้น อาหารที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อรา *P. chrysosporium* คือ อาหาร PDB

การที่เชื้อราสามารถเจริญได้ดีในอาหาร PDB นั้นเป็นเพราะอาหาร PDB เป็นอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราทั่วไป มีแหล่งคาร์บอนและแร่ธาตุต่างๆ รวมทั้งสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต



รูป 4.1 การเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. chrysosporium* เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลว PDB **และ** Synthetic growth medium

4.2 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ สรุปได้ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย เดือน / ปี	
	มิถุนายน / 1999	กรกฎาคม / 1999
COD (มก / ล)	1,071	1,103
BOD_5 (มก / ล)	309	317
TSS (มก / ล)	3,088	3,231
TDS (มก / ล)	2,509	2,425
pH	8.07	7.24
Color (Pt.Co unit)	1,430	1,327

4.3 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการลดสีของน้ำเสียโดยการใช้เซลล์ตรึง *P. chrysosporium* ในระดับขวดเขย่า

ได้ศึกษาการลดสีของน้ำเสียจากโรงผลิตเยื่อกระดาษแบ่งหัวข้อดังนี้ (รายละเอียดข้อมูลการทดลองแสดงในภาคผนวก ฉ)

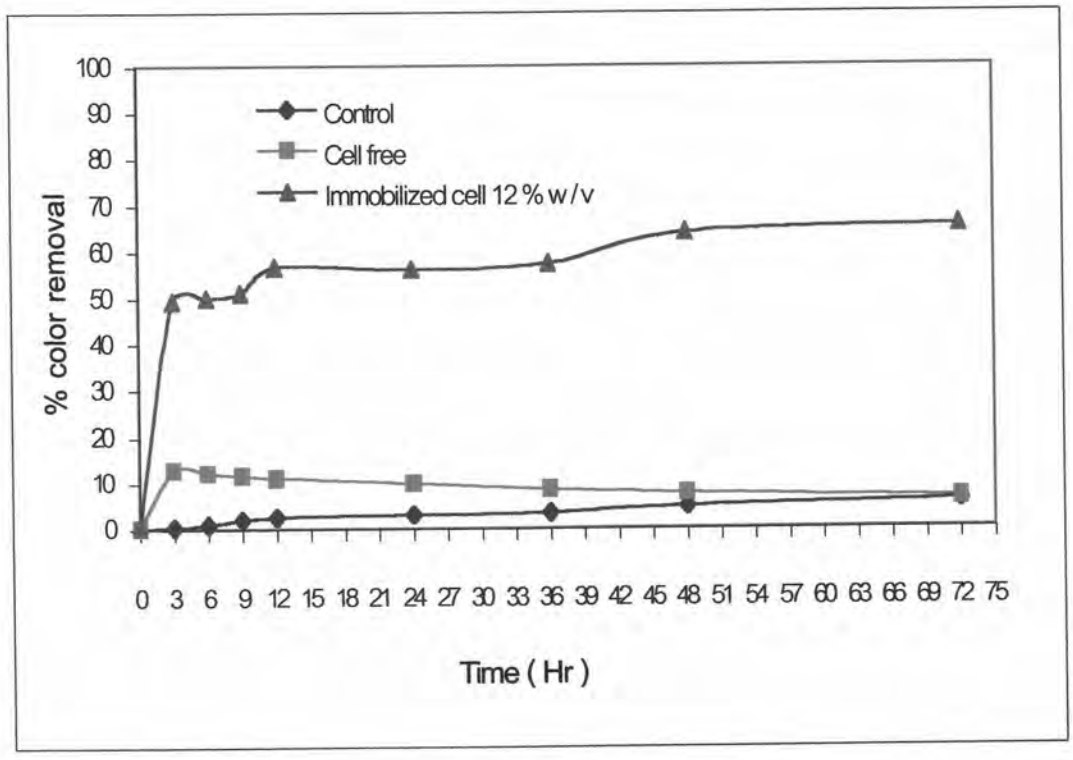
4.3.1 การศึกษาประสิทธิภาพในการลดสีของน้ำเสียโดยการใช้เซลล์ตรึง *P. chrysosporium* เปรียบเทียบกับเมื่อไม่ใช้เซลล์ตรึงและไม่ใช้สารใด ๆในระดับขวดเขย่า

ในการศึกษาประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสีย เปรียบเทียบกันระหว่างเมื่อมีการใช้และไม่ใช้เซลล์ตรึง ทำการทดลองโดยใช้เส้นใยของเชื้อรา *P. chrysosporium* 12 กรัม (น้ำหนักเซลล์เปียก) ต่อสารละลายโซเดียมอัลจิเนต ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ในการตรึงเซลล์ นำเม็ดเซลล์ตรึง ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ไปเลี้ยงในอาหารสำหรับการสร้างเอนไซม์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร(ภาคผนวก ก) ในขวดทดลองขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับพีเอชเท่ากับ 4.5 บ่มเชื้อบนเครื่องเขย่า ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน เมื่อครบ 4 วัน เติมน้ำเสียปริมาตร 50 มิลลิลิตรลงไป ทำการทดลอง

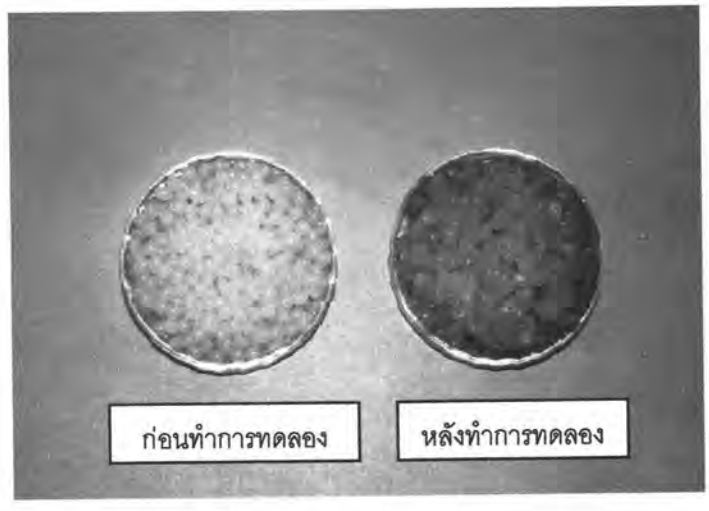
3 ซ้ำ นำตัวอย่างน้ำมาแยกเอาเม็ดเซลล์ตรึงออก และนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ความเข้มของสี (ภาคผนวก ข) ที่ 3, 6, 9, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ส่วนการทดลองเมื่อไม่มีการใช้เซลล์ตรึง (Cell free) ทำได้โดยใช้เม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนตที่ไม่ได้ผสมเซลล์เชื้อรา ทำการทดลองเช่นเดียวกัน (รายละเอียดข้อมูลการทดลองแสดงในภาคผนวก ฉ)

จากรูป 4.2 ซึ่งเป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีที่เวลาทดลองต่างๆ โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* ซึ่งเป็นเชื้อราที่มีความสามารถในการกำจัดสีในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษได้ พบว่า ที่ความเข้มสีเฉลี่ยของน้ำเสียเริ่มต้นเท่ากับ 1,381 หน่วยสี (Pt.Co unit) การใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* 12 % (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงกว่าเมื่อใช้เม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนตที่ไม่ผสมเซลล์เชื้อรา (Cell free) และไม่เติมสารใดๆ โดยประสิทธิภาพการกำจัดสีจะสูงขึ้นเมื่อเวลาในการเขย่านานขึ้น ที่ 3 ชั่วโมงแรกของการทดลอง มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่ากับ 49.3 %,12.7 % และ 0.3 % เรียงตามลำดับ ทั้งนี้เพราะเอนไซม์ที่เซลล์ขับออกมาสามารถย่อยสลายสารลิกนินและสารอนุพันธ์ต่างๆของลิกนินได้อย่างดี เมื่อปริมาณสารเหล่านี้ลดลง ทำให้การสัมผัสกันระหว่างเอนไซม์และสารลิกนินทำได้ยากขึ้น ดังนั้นเมื่อเพิ่มเวลาในการเขย่านานขึ้นประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย การใช้เซลล์ตรึงเชื้อราในการกำจัดสีนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงถึง 65.6 % ที่เวลาในการเขย่า 72 ชั่วโมง โดยประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเข้าสู่สถานะคงตัวเมื่อเวลาทดลองผ่านไปประมาณ 24 ชั่วโมง จะเห็นว่าการใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียได้สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้เซลล์ตรึง หรือไม่เติมสารใดๆ

ในการทดลองที่ไม่เติมสารใดๆเลยนั้น การที่สามารถกำจัดสีในน้ำเสียได้นั้นเกิดจากการเกิด Autoxidation ของสารอินทรีย์จำพวกลิกนินและสารอนุพันธ์ต่างๆของลิกนิน ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลเข้มในน้ำเสียด้วยออกซิเจนที่อยู่ในขวดทดลองในภาวะเขย่า ซึ่งการเขย่านี้สามารถช่วยเพิ่มออกซิเจนได้ ส่วนในการทดลองที่ใช้เม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนตที่ไม่มีการตรึงเซลล์นั้นสามารถกำจัดสีได้ โดยเกิดจากการดูดซับสีในเม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนต (ดังรูป 4.3) ควบคู่กับการเกิด Autoxidation ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้สูงกว่าการที่ไม่เติมสารใดๆ ในน้ำเสีย



รูป 4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียเมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* ที่เวลาทดลองต่าง ๆ ในระดับขวดเขย่า (ค่าหน่วยสีเฉลี่ยของน้ำเสียก่อนทดลองเท่ากับ 1,381 ในหน่วย Pt.Co)



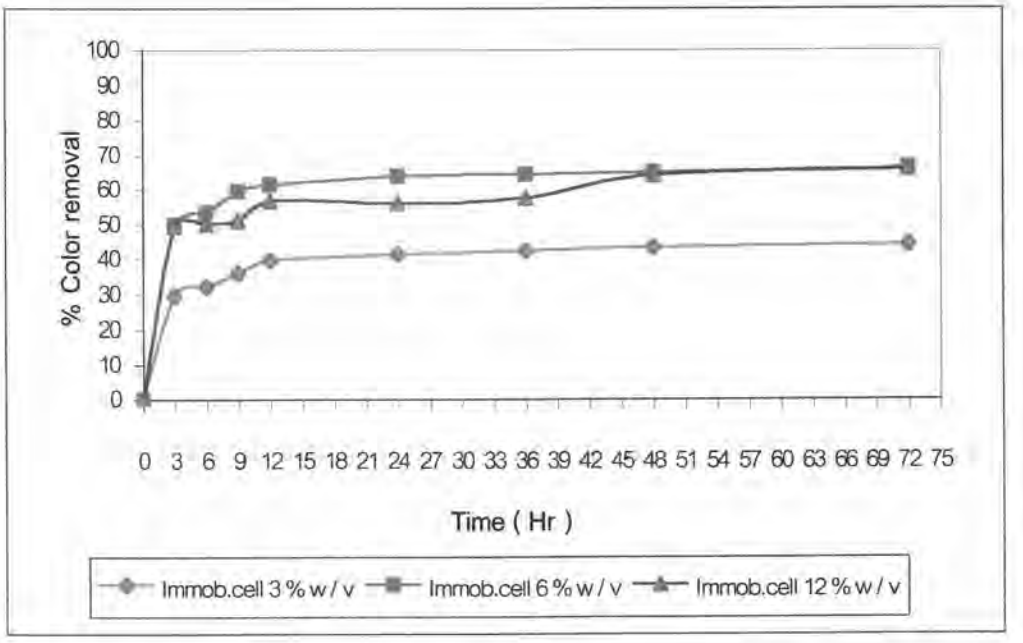
รูป 4.3 การเปรียบเทียบสีของเม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนตที่ไม่มีการตรึงเซลล์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองการกำจัดสีของน้ำเสีย ในระดับขวดเขย่า (ค่าหน่วยสีเฉลี่ยของน้ำเสียก่อนทดลองเท่ากับ 1,381 ในหน่วย Pt.Co)

4.3.2 การหาอัตราส่วนของเซลล์ต่อแคลเซียมอัลจิเนตที่เหมาะสมในการตรึงเซลล์เพื่อใช้ในการลดสีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ในระดับขวดเขย่า

ในการหาอัตราส่วนของเซลล์ต่อแคลเซียมอัลจิเนตที่เหมาะสมในการตรึงเซลล์เพื่อใช้ในการลดสีของน้ำเสีย ได้ทดลองที่น้ำหนักเซลล์เปียก 30, 60 และ 120 กรัมต่อสารละลายโซเดียมอัลจิเนต ความเข้มข้น 2 % w / v (กรัมต่อลิตร) ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร นำเม็ดเซลล์ตรึงที่ได้ไปเลี้ยงในอาหารสำหรับการสร้างเอนไซม์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร (ภาคผนวก ก) ปรับพีเอชให้เท่ากับ 4.5 บ่มเชื้อบนเครื่องเขย่า ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน เมื่อครบ 4 วัน เติมน้ำเสียปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงไป ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำตัวอย่างน้ำมาแยกเอาเม็ดเซลล์ตรึงออกและนำน้ำไปวิเคราะห์ความเข้มของสี (ภาคผนวก ข) ทุก 3, 6, 9, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง (รายละเอียดข้อมูลการทดลองแสดงในภาคผนวก ฉ)

จากรูป 4.4 ซึ่งเป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสีย เมื่อใช้อัตราส่วนของเซลล์ต่างๆ ต่อแคลเซียมอัลจิเนต ในการตรึงเซลล์ที่เวลาทดลองต่างๆ พบว่า เมื่อใช้น้ำหนักเซลล์เชื้อรา 60 กรัม(น้ำหนักเปียก) ต่อสารละลายโซเดียมอัลจิเนต ความเข้มข้น 2 % w / v (กรัมต่อลิตร) ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร (6 % w / v) ในการตรึงเซลล์ จะมีประสิทธิภาพในการลดสีสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อใช้น้ำหนักเซลล์ 30 และ 120 กรัมต่อสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 1,000 มิลลิลิตร (3 % และ 12 % w / v ตามลำดับ) โดยทั้ง 3 อัตราส่วนของเซลล์เชื้อรานี้ ที่ 3 ชั่วโมงแรกของการทดลอง มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่ากับ 49.7% , 29.5 % และ 49.3% เรียงตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการเขย่านานขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเข้าสู่สถานะคงตัวเมื่อเวลาในการทดลองผ่านไปประมาณ 24 ชั่วโมง

ในการทดลองใช้อัตราส่วนเซลล์ 12 % w / v นั้นพบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้อยกว่าเมื่อใช้อัตราส่วนเซลล์ 6 % w / v ทั้งนี้เนื่องจาก การทดลองทำในขวดทดลองขนาดเท่ากัน มีปริมาตรน้ำเสีย,ปริมาตรอาหารเลี้ยงเชื้อ และ ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึงเท่ากัน ภาวะการทดลองเหมือนกัน แต่ความหนาแน่นของเซลล์เชื้อราในเม็ดเซลล์ตรึงต่างกัน ที่ 12 % w / v มีความหนาแน่นของเซลล์มากก็ใช้ออกซิเจนและธาตุอาหารมากกว่าเมื่อมีความหนาแน่นของเซลล์น้อยจึงทำให้ผลิตเอนไซม์ได้น้อยลง และทำให้แอกทิวิที (activity) ของเชื้อราลดลง



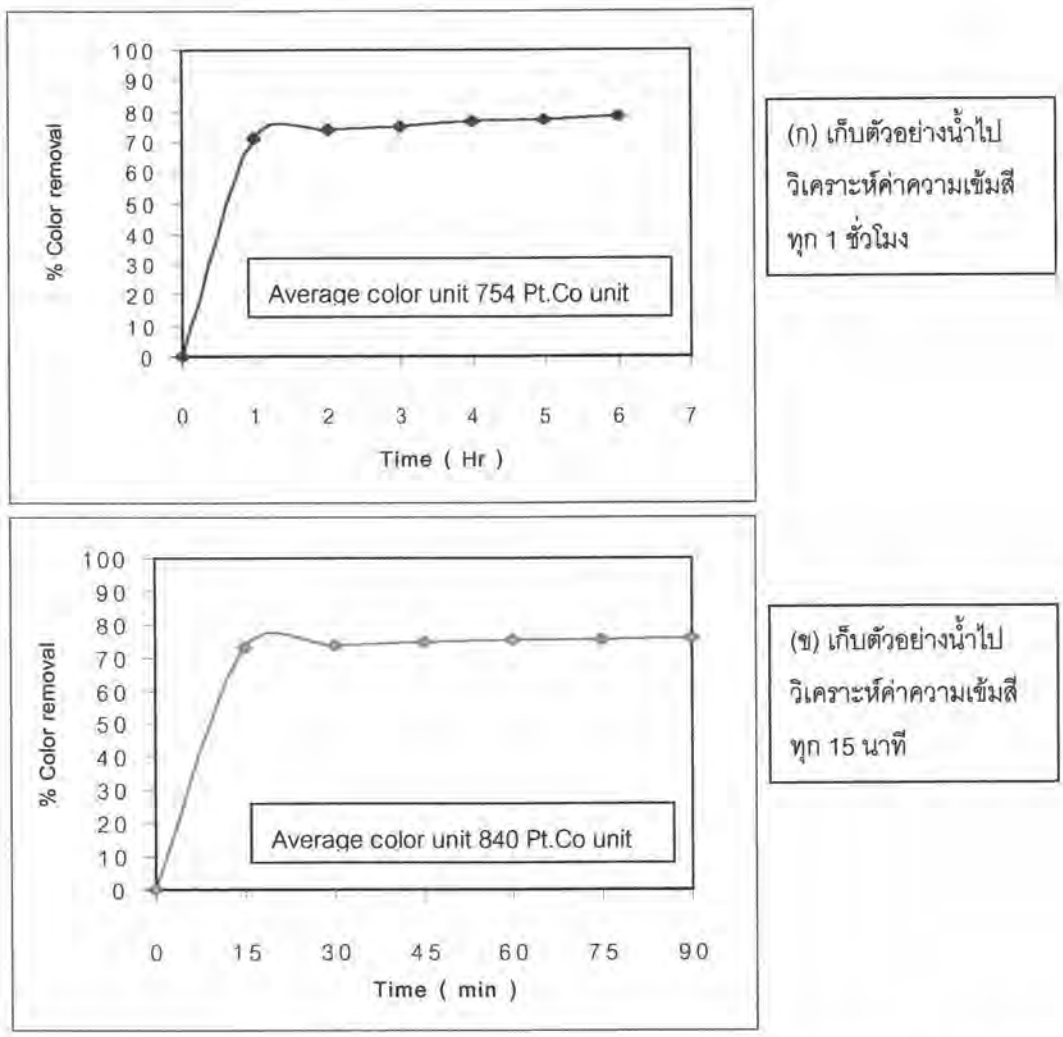
รูป 4.4 ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียที่เวลาทดลองต่างๆ เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* อัตราส่วนเซลล์ต่างๆ ในระดับขวดเขย่า (ค่าหน่วยสีเฉลี่ยของน้ำเสียก่อนทดลองเท่ากับ 1,069 หน่วยสี ในหน่วย Pt.Co)

4.3.3 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* ในการลดสีของน้ำเสีย ในระดับขวดเขย่า

จากการทดลอง 4.3.2 ได้อัตราส่วนของเซลล์เชื้อราต่อแคลเซียมอัลจิเนตที่เหมาะสมในการตรึงเซลล์เพื่อใช้ในการลดสีของน้ำเสีย คือ อัตราส่วนเซลล์ 6 % w / v (กรัมต่อสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 1,000 มิลลิลิตร) ใช้เม็ดเซลล์ตรึงปริมาตร 10 มิลลิลิตร เลี้ยงในอาหารสำหรับเหนี่ยวนำให้เซลล์สร้างเอนไซม์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปรับพีเอชเท่ากับ 4.5 บ่มเชื้อบนเครื่องเขย่าความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้อง นาน 4 วัน แล้วเติมน้ำเสียปริมาตร 50 มิลลิลิตรลงไป นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าความเข้มสีทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และทุก 15 นาที เป็นเวลา 90 นาที (รายละเอียดข้อมูลการทดลองแสดงในภาคผนวก ฉ)

จากรูป 4.5 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีที่เวลาทดลองต่างๆ สรุปได้ดังนี้ คือ ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการทดลองนานขึ้น (ก) ที่ค่าความเข้มสีเริ่มต้นของน้ำเสียเท่ากับ 754 หน่วยสี ในหน่วย Pt.Co ที่เวลาทดลอง 1 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการกำจัดสีเท่ากับ 70.8 % เมื่อเพิ่มเวลาในการเขย่านานขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเข้าสู่สถานะคงตัวเมื่อเวลาทดลองผ่านไปประมาณ 2 ชั่ว

โมง และ (ข) ที่ค่าความเข้มสีเริ่มต้นของน้ำเสียเท่ากับ 840 หน่วยสี ในหน่วย Pt.Co ที่เวลาทดลอง 15 นาที มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่ากับ 72.8 % เมื่อเพิ่มเวลาในการเขย่านานขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเข้าสู่สถานะคงตัวเมื่อเวลาทดลองผ่านไปประมาณ 30 นาที



รูป 4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียที่เวลาทดลองต่างๆ เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* อัตราส่วนเซลล์ 6 % W / V (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ในระดับขวดเขย่า (ก) เก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ค่าความเข้มสีทุก 1 ชั่วโมง (ข) เก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ค่าความเข้มสีทุก 15 นาที

จากผลการทดลองพบว่า การใช้เซลล์ตรึงเชื้อราในการกำจัดสีของน้ำเสียสามารถลดสีของน้ำเสียได้ในเวลา 15 – 60 นาที ในการทดลองนี้ใช้น้ำเสียที่มีค่าความเข้มสีเริ่มต้นต่ำ ทำ

ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีมีค่าสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ทำก่อนหน้านี้ ซึ่งความเข้มสีเริ่มต้นของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีค่าสูง

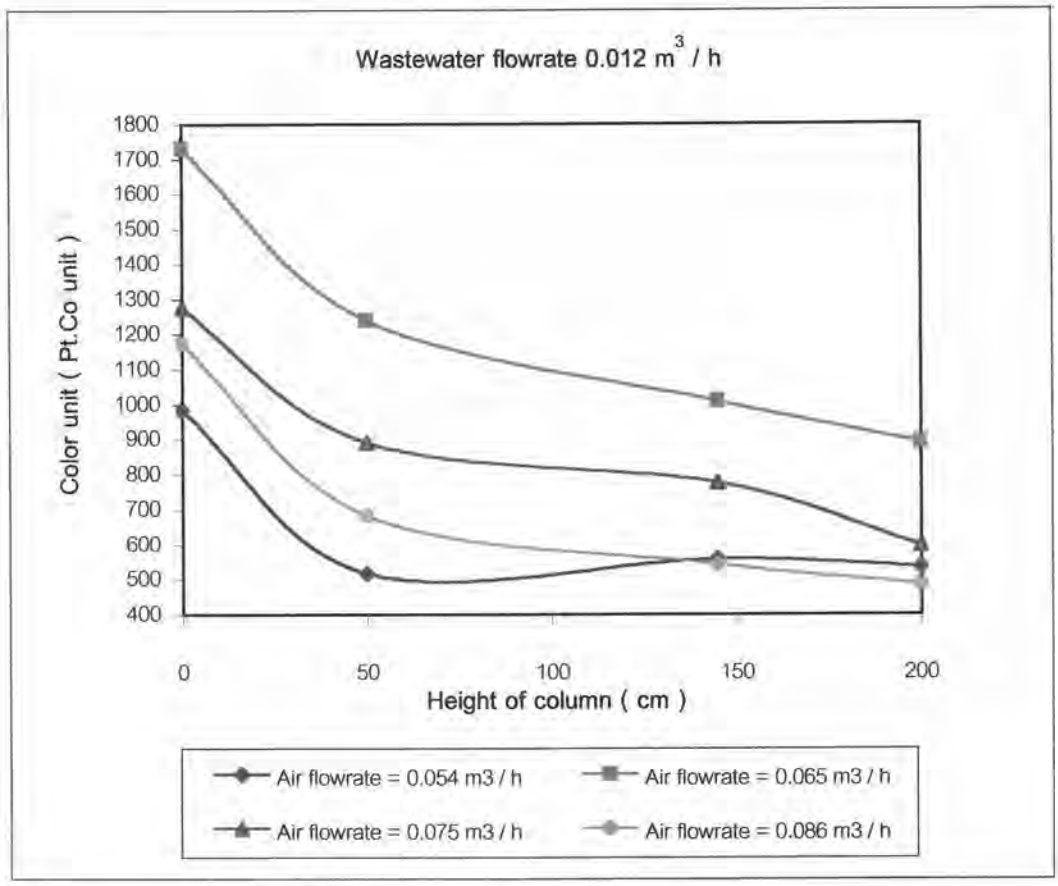
4.4 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการลดสีของน้ำเสียโดยการใช้เซลล์ตรึง *P. chrysosporium* ในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด

จากข้อมูลการทดลองในระดับขวดเขย่า ได้รู้ว่าเวลาในการลดสีของน้ำเสียจากการใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* นั้นนานเท่าไร ก็นำข้อมูลมาออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบดแบบ 3 สถานะได้ โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* อัตราส่วนเซลล์ 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตร สารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 พยายามให้น้ำเสียไหลผ่านเครื่องปฏิกรณ์ในช่วงระยะเวลาที่กำหนด ดังมีรายละเอียดการทดลองดังนี้ (รายละเอียดข้อมูลการทดลองแสดงในภาคผนวก ฉ)

อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.012 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.6 เป็นกราฟแสดงค่าหน่วยสีของน้ำเสียในหน่วย Pt.Co unit ที่ความสูงต่างๆ ของหอปฏิกรณ์ เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.012 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.054, 0.065, 0.075 และ 0.085 ลบ.ม./ชั่วโมง

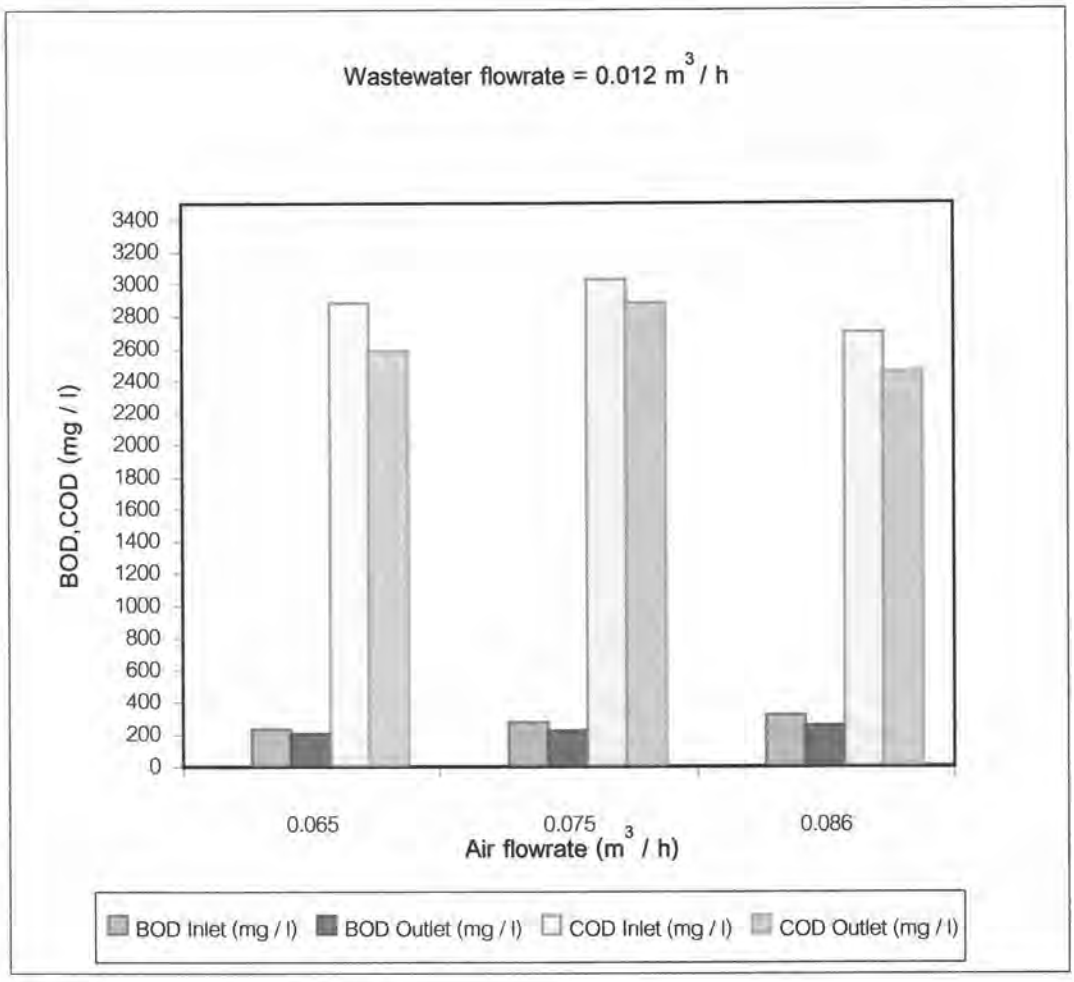
จากการทดลอง พบว่าน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีค่าความเข้มของสีต่างกันในแต่ละอัตราการเติมอากาศ ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองในแต่ละอัตราการเติมอากาศนั้นไม่ใช่น้ำเสียที่เก็บในเวลาเดียวกัน ในการทดลองจะทำการเก็บน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อทุกวันทำการทดลองดังนั้นค่าความเข้มสีของน้ำจึงมีค่าต่างกัน



รูป 4.6 ค่าหน่วยสีในหน่วย Pt.Co unit ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษที่ความสูงต่าง ๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* อัตราส่วนเซลล์ 6% w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ใช้ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ที่อัตราการเติมอากาศต่าง ๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.012 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.7 เป็นกราฟแสดงค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเสีย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่จุด Inlet และ Outlet ของเครื่องปฏิกรณ์ เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.012 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.065, 0.075 และ 0.085 ลบ.ม./ชั่วโมง จากผลการทดลอง พบว่าน้ำเสียที่จุด Inlet ของเครื่องปฏิกรณ์มีค่าซีโอดีสูงกว่าค่าซีโอดีเริ่มต้นของน้ำเสียที่เก็บจากจุดเก็บตัว

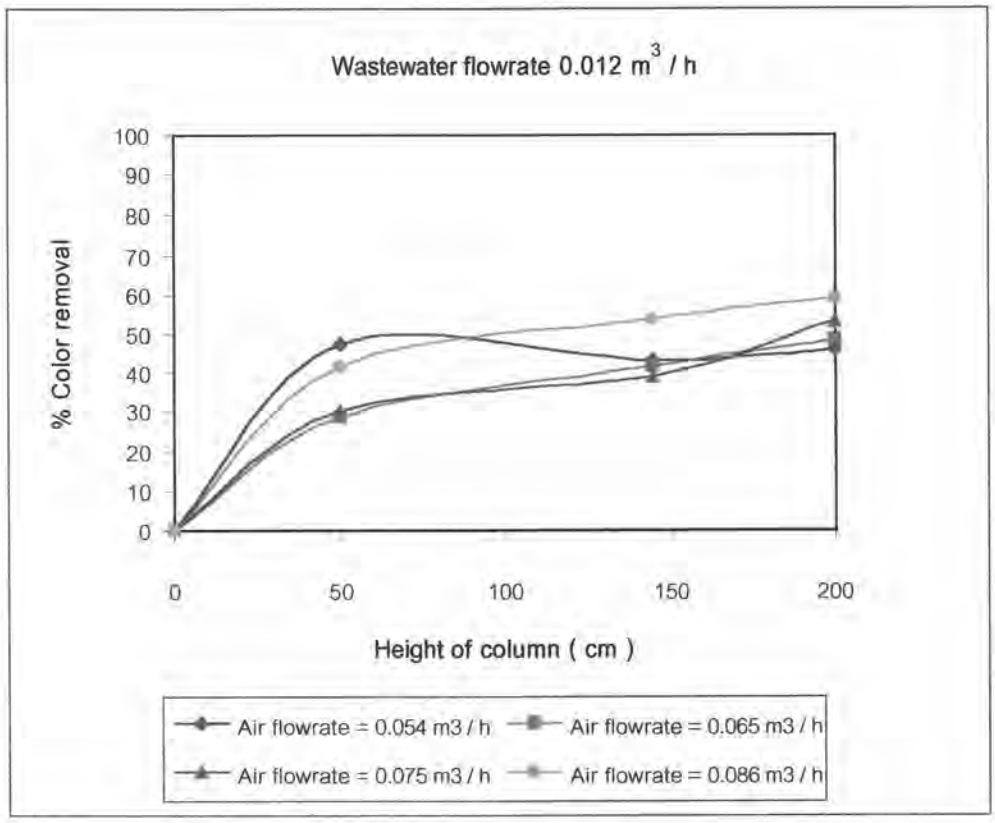
อย่างน้ำเสีย ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองมีการเติมสารอาหารที่เหนี่ยวนำให้เซลล์เชื้อราสร้างเอนไซม์ลงในน้ำเสียที่ถังเก็บน้ำเสียก่อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ด้วยจึงทำให้ค่าซีโอดีของน้ำเพิ่มขึ้น



รูป 4.7 ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี (มก./ลิตร) ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ที่จุด Inlet และจุด Outlet ของเครื่องปฏิกรณ์ เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* อัตราส่วนเซลล์ 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.012 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.8 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสีย ที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.012 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.054, 0.065, 0.075 และ 0.085 ลบ.ม./ชั่วโมง

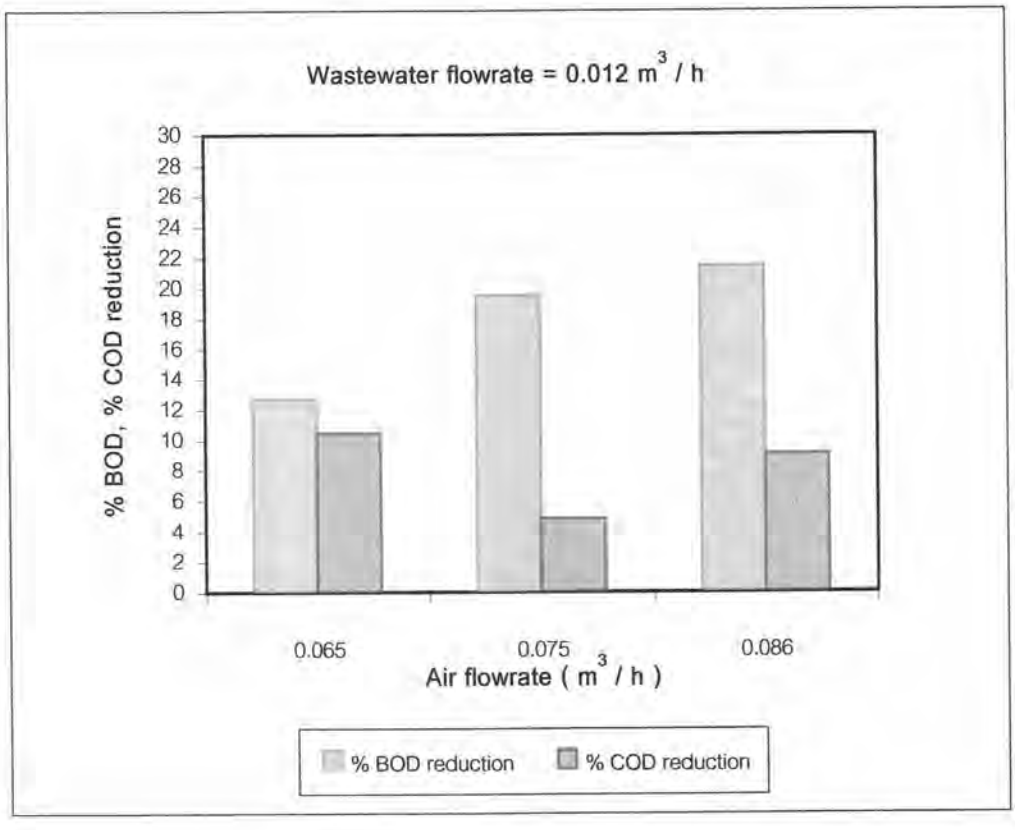
พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการเติมอากาศ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสีให้สูงขึ้น ที่อัตราการเติมอากาศ 0.054, 0.065, 0.075 และ 0.085 ลบ.ม./ชั่วโมง ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียที่จุด Outlet ของหอปฏิกรณ์เท่ากับ 45.7, 48.6, 53.2 และ 58.8 % ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดสีจะสูงขึ้นตามความสูงของหอปฏิกรณ์ ยกเว้นที่อัตราการเติมอากาศ 0.054 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่มีประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดที่ความสูงของหอปฏิกรณ์ 50 เซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องจาก อัตราการไหลของอากาศต่ำ เม็ดเซลล์ตรึงจะเคลื่อนตัวและเกิดการผสมผสานกับน้ำเสียได้มากบริเวณส่วนล่างของหอปฏิกรณ์แต่ที่ความสูงของหอปฏิกรณ์สูงขึ้นเกือบไม่มีเม็ดเซลล์ตรึงอยู่เลย มีผลทำให้ประสิทธิการกำจัดสีไม่เพิ่มขึ้น



รูป 4.8 ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.012 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.9 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเสีย โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เซชั่น 0.012 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.065, 0.075 และ 0.085 ลบ.ม./ชั่วโมง

จากผลการทดลองพบว่า ที่อัตราการเติมอากาศ 0.065, 0.075 และ 0.085 ลบ.ม./ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีของน้ำเสียเท่ากับ 12.7, 19.5 และ 21.4 % ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีของน้ำเสียเท่ากับ 10.4, 4.8 และ 9.0 % ตามลำดับ

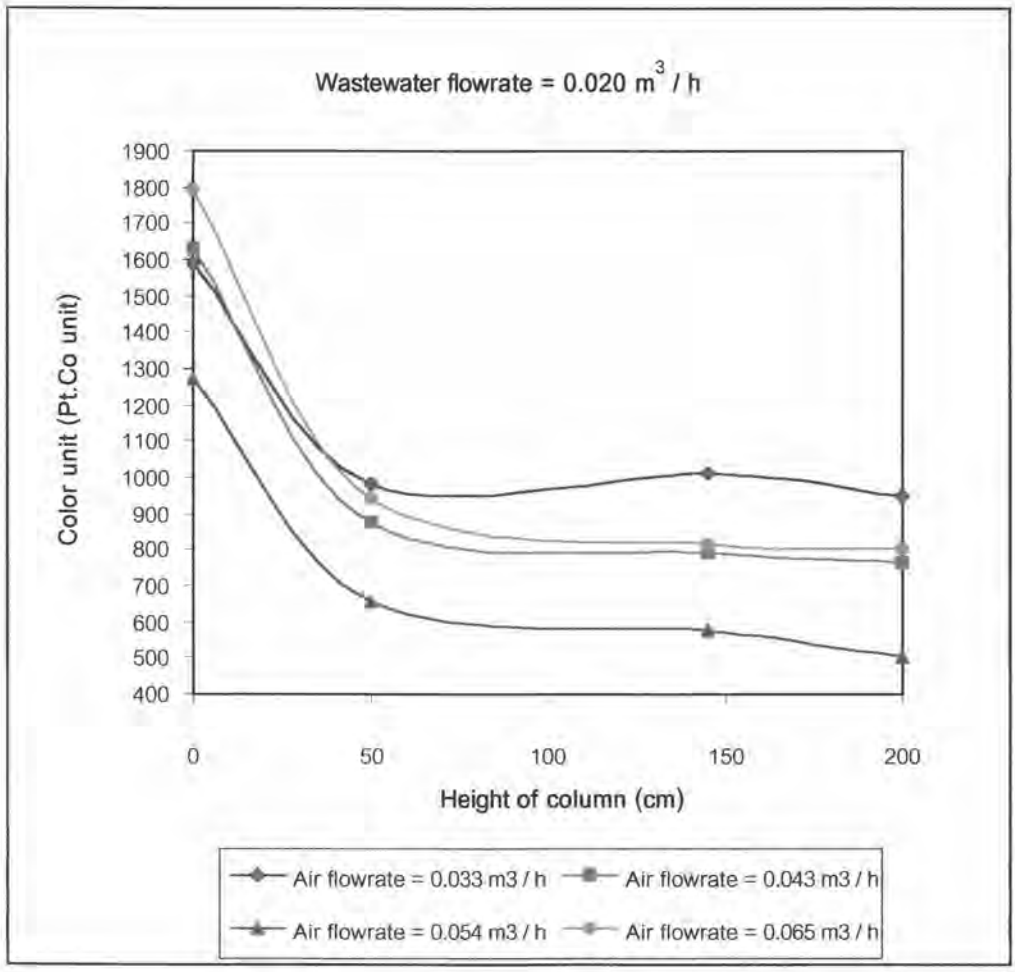


รูป 4.9 ประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.012 ลบ.ม./ชั่วโมง

อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.020 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.10 เป็นกราฟแสดงค่าหน่วยสีของน้ำเสียในหน่วย Pt.Co unit ที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.020 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.033, 0.043, 0.054 และ 0.065 ลบ.ม./ชั่วโมง

จากผลการทดลอง พบว่าน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีค่าความเข้มของสีต่างกันในแต่ละอัตราการเติมอากาศ ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองในแต่ละอัตราการเติมอากาศนั้นไม่ใช่น้ำเสียที่เก็บในเวลาเดียวกัน ในการทดลองจะทำการเก็บน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษทุกวันทำการทดลอง ดังนั้นค่าความเข้มสีของน้ำจึงมีค่าต่างกัน

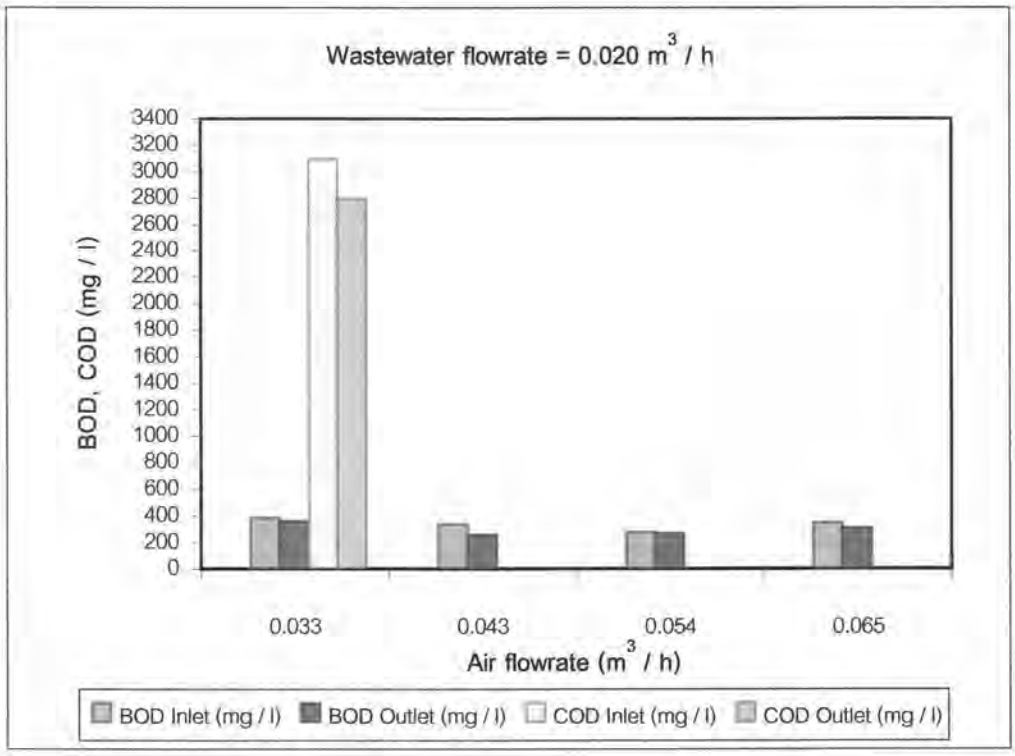


รูป 4.10 ค่าหน่วยสีในหน่วย Pt.Co unit **ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา** *P. chrysosporium* **อัตราส่วนเซลล์ 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ใช้ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.020 ลบ.ม./ชั่วโมง**

รูป 4.11 เป็นกราฟแสดงค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเสีย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่จุด Inlet และจุด Outlet ของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่อง

ปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.020 ลบ.ม. / ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.033, 0.043, 0.054 และ 0.065 ลบ.ม./ชั่วโมง

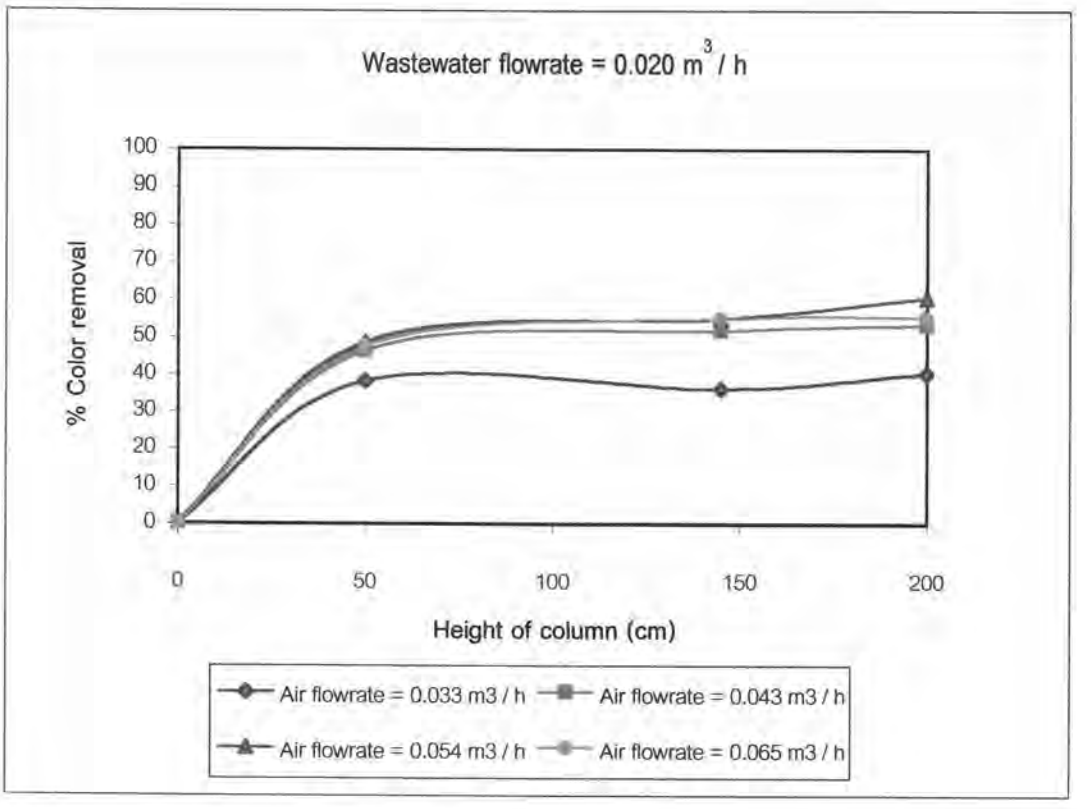
จากผลการทดลอง พบว่าน้ำเสียที่จุด Inlet ของเครื่องปฏิกรณ์ มีค่าซีโอดีสูงกว่าค่าซีโอดีเริ่มต้นของน้ำเสียที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลอง มีการเติมสารอาหารที่เหนี่ยวนำให้เซลล์เชื้อราสร้างเอนไซม์ลงในน้ำเสียที่ถังเก็บน้ำเสียก่อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ด้วย จึงทำให้ค่าซีโอดีของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น



รูป 4.11 ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี (มก./ลิตร) ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ที่จุด Inlet และจุด Outlet ของเครื่องปฏิกรณ์ เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* อัตราส่วนเซลล์ 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.020 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.12 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสีย ที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.020 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.033, 0.043, 0.054 และ 0.065 ลบ.ม./ชั่วโมง

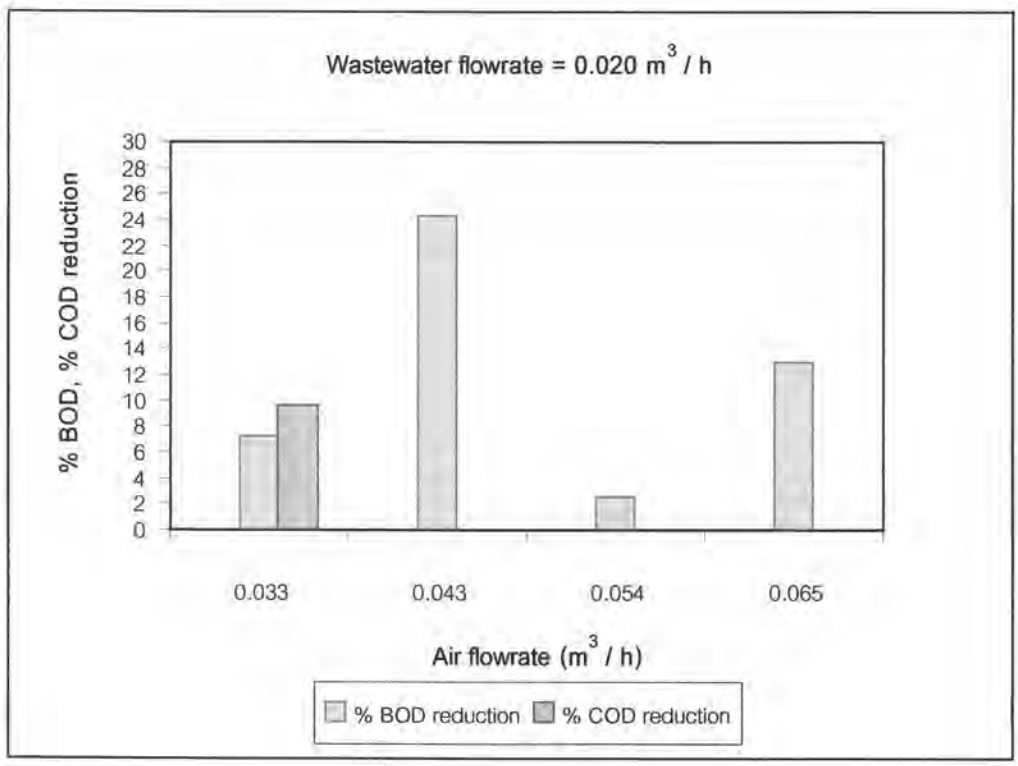
พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการเติมอากาศ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสีให้สูงขึ้น และประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นตามความสูงของหอปฏิกรณ์ ที่อัตราการเติมอากาศ 0.033 , 0.043 , 0.054 และ 0.065 ลบ.ม./ชั่วโมง ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียที่จุด Outlet ของเครื่องปฏิกรณ์ เท่ากับ 40.3, 53.2, 60.0 และ 55.4 % ตามลำดับ ที่อัตราการเติมอากาศ 0.065 ลบ.ม./ชั่วโมง ประสิทธิภาพในการกำจัดสีมีค่าน้อยกว่าที่อัตราการเติมอากาศ 0.054 ลบ.ม./ชั่วโมง นั้นเนื่องจาก ที่อัตราการเติมอากาศ 0.065 ลบ.ม./ชั่วโมง น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีค่าความเข้มสีเริ่มต้นสูงกว่าน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองที่อัตราการเติมอากาศ 0.054 ลบ.ม./ชั่วโมง



รูป 4.12 ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ที่ความสูงต่าง ๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่าง ๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.020 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.13 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเสีย เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.020 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.033, 0.043, 0.054 และ 0.065 ลบ.ม./ชั่วโมง

จากผลการทดลองพบว่า ที่อัตราการเติมอากาศ 0.033, 0.043, 0.054 และ 0.065 ลบ.ม./ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีของน้ำเสียเท่ากับ 7.3, 24.3, 2.6 และ 13.0 % ตามลำดับ และที่อัตราการเติมอากาศ 0.033 ลบ.ม./ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีของน้ำเสียเท่ากับ 9.6 %

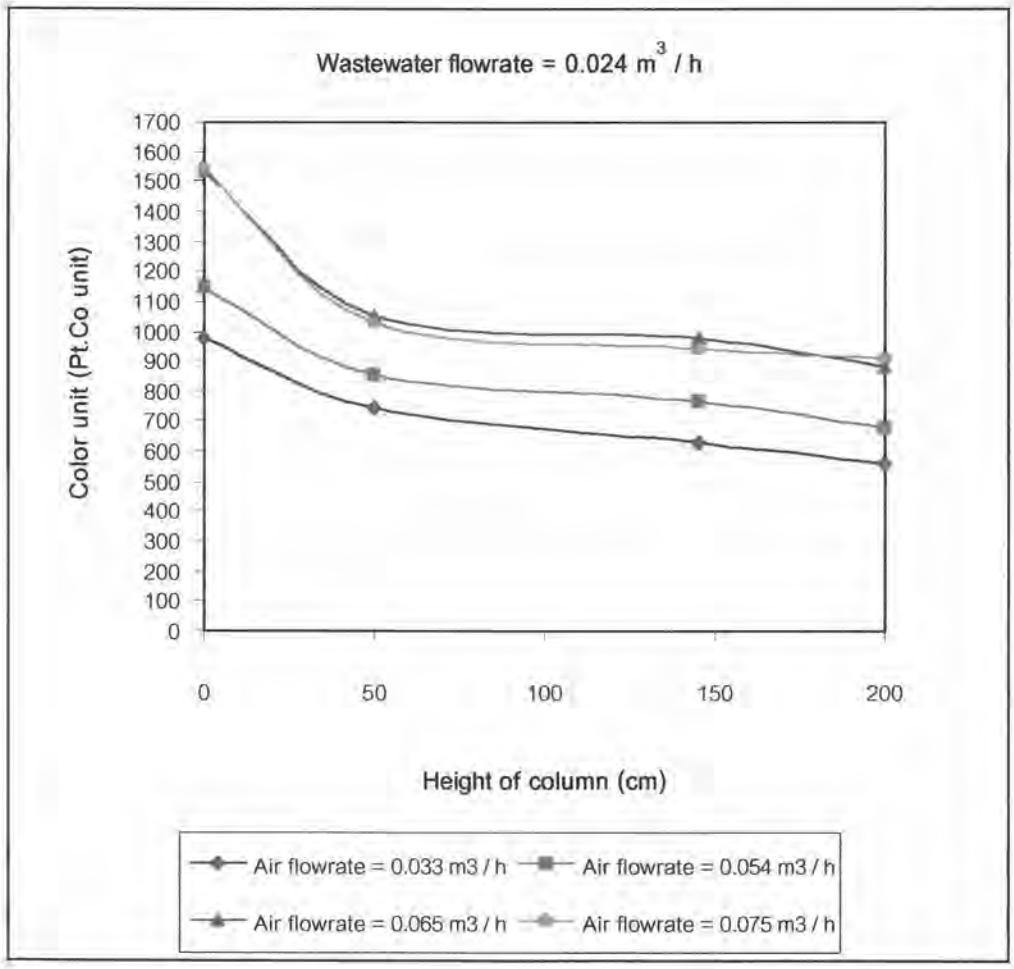


รูป 4.13 ประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.020 ลบ.ม./ชั่วโมง

อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.024 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.14 เป็นกราฟแสดงค่าหน่วยสีของน้ำเสียในหน่วย Pt.Co unit ที่ความสูงต่างๆ ของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.024 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.033, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง

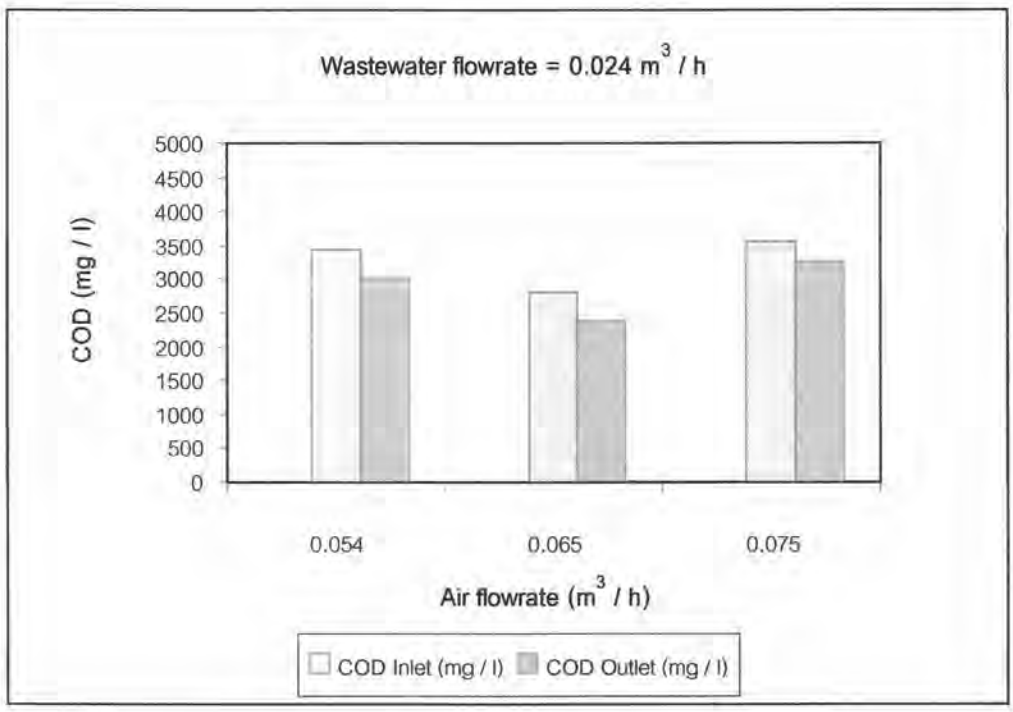
จากผลการทดลอง พบว่าน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีค่าความเข้มของสีต่างกันในแต่ละอัตราการเติมอากาศ ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองในแต่ละอัตราการเติมอากาศนั้นไม่ใช่น้ำเสียที่เก็บในเวลาเดียวกัน ในการทดลองจะทำการเก็บน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษทุกวันทำการทดลอง ดังนั้นค่าความเข้มสีของน้ำจึงมีค่าต่างกัน



รูป 4.14 ค่าหน่วยสีในหน่วย Pt.Co unit **ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา** *P. chrysosporium* **อัตราส่วนเซลล์** 6% w / v **(กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ใช้ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง** 1 **ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ** 1 : 16 **ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย** 0.024 **ลบ.ม./ชั่วโมง**

รูป 4.15 เป็นกราฟแสดงค่าซีโอดีของน้ำเสีย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่จุด Inlet และจุด Outlet ของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.024 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.033, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง

จากผลการทดลอง พบว่าน้ำเสียที่จุด Inlet ของเครื่องปฏิกรณ์มีค่าซีโอดีสูงกว่าค่าซีโอดีเริ่มต้นของน้ำเสียที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลอง มีการเติมสารอาหารที่เหนี่ยวนำให้เซลล์เชื้อราสร้างเอนไซม์ลงในน้ำเสียที่ถังเก็บน้ำเสียก่อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ด้วย จึงทำให้ค่าซีโอดีของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น

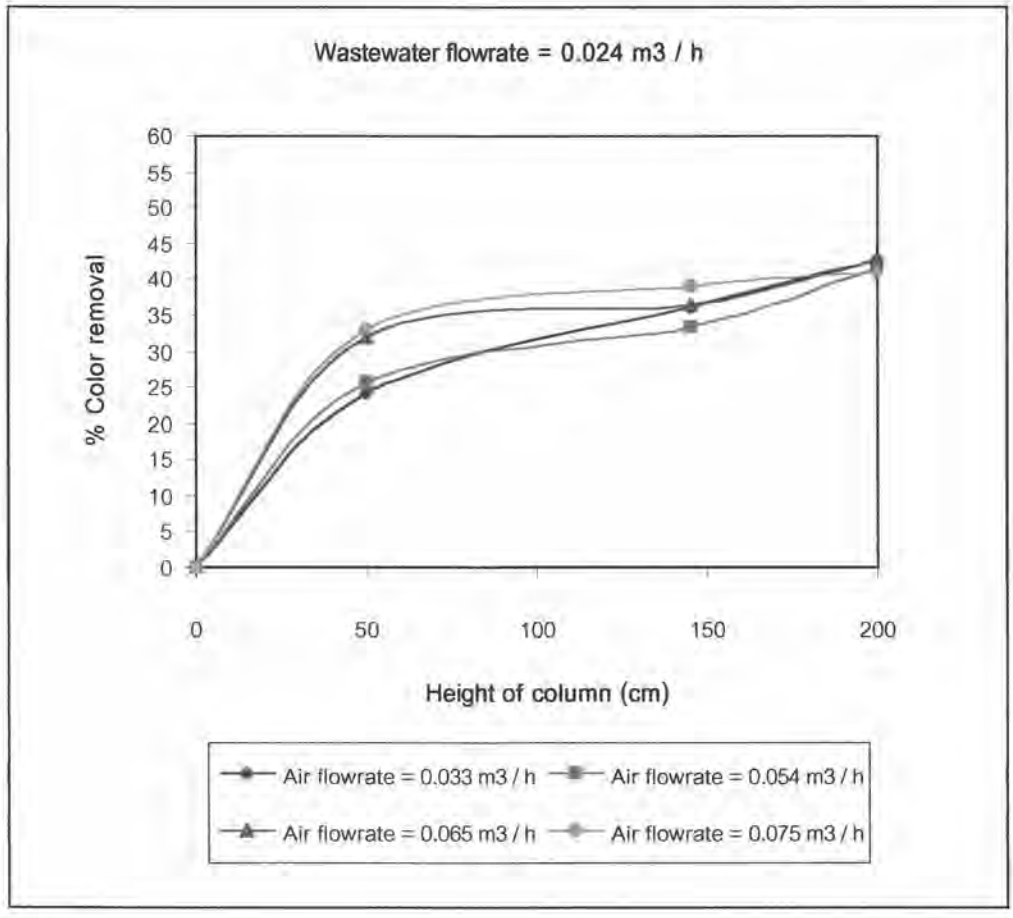


รูป 4.15 **ค่าซีโอดี (มก./ลิตร) ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ที่จุด** Inlet **และจุด** Outlet **ของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา** *P. chrysosporium* **อัตราส่วนเซลล์** 6% w / v **(กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง** 1 **ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ** 1 : 16 **ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย** 0.020 **ลบ.ม./ชั่วโมง**

รูป4.16 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสีย ที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด

อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.024 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.033, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง

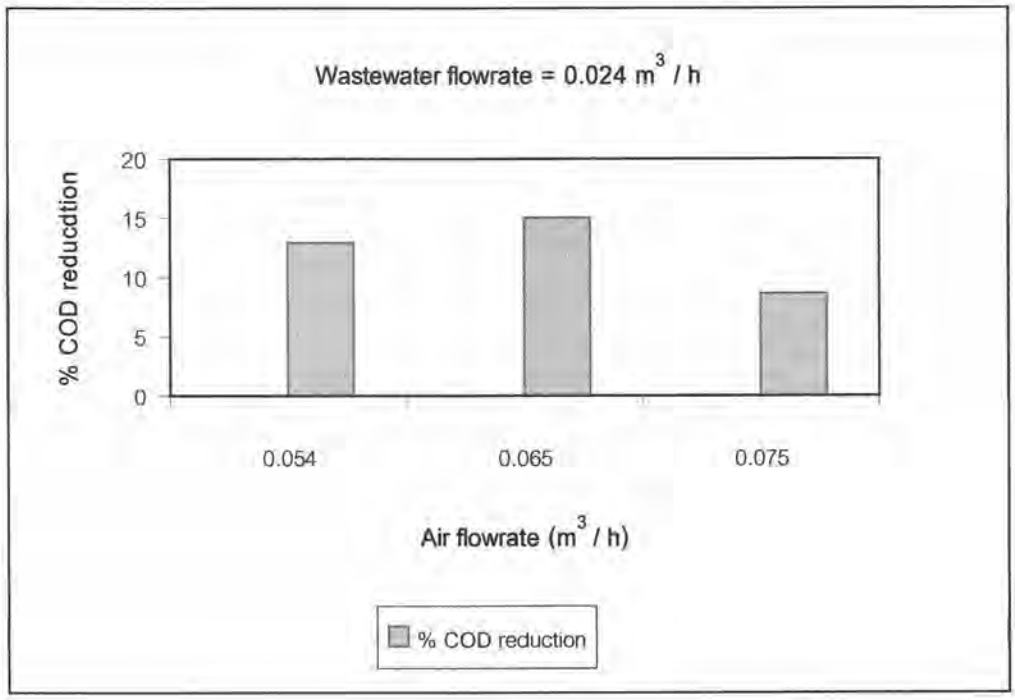
พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการเติมอากาศ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่าไรนัก ที่อัตราการเติมอากาศ 0.033, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีที่จุด Outlet ของเครื่องปฏิกรณ์ เท่ากับ 42.7, 41.4, 42.6 และ 41.0 % และประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นตามความสูงของหอปฏิกรณ์



รูป 4.16 ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.024 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.17 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการลดค่าซีโอดีของน้ำเสีย โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.024 ลบ.ม./ชั่วโมง อัตราการเติมอากาศ 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง

จากผลการทดลองพบว่า ที่อัตราการเติมอากาศ 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีของน้ำเสียเท่ากับ 13.0,15.0 และ 8.6 % ตามลำดับ

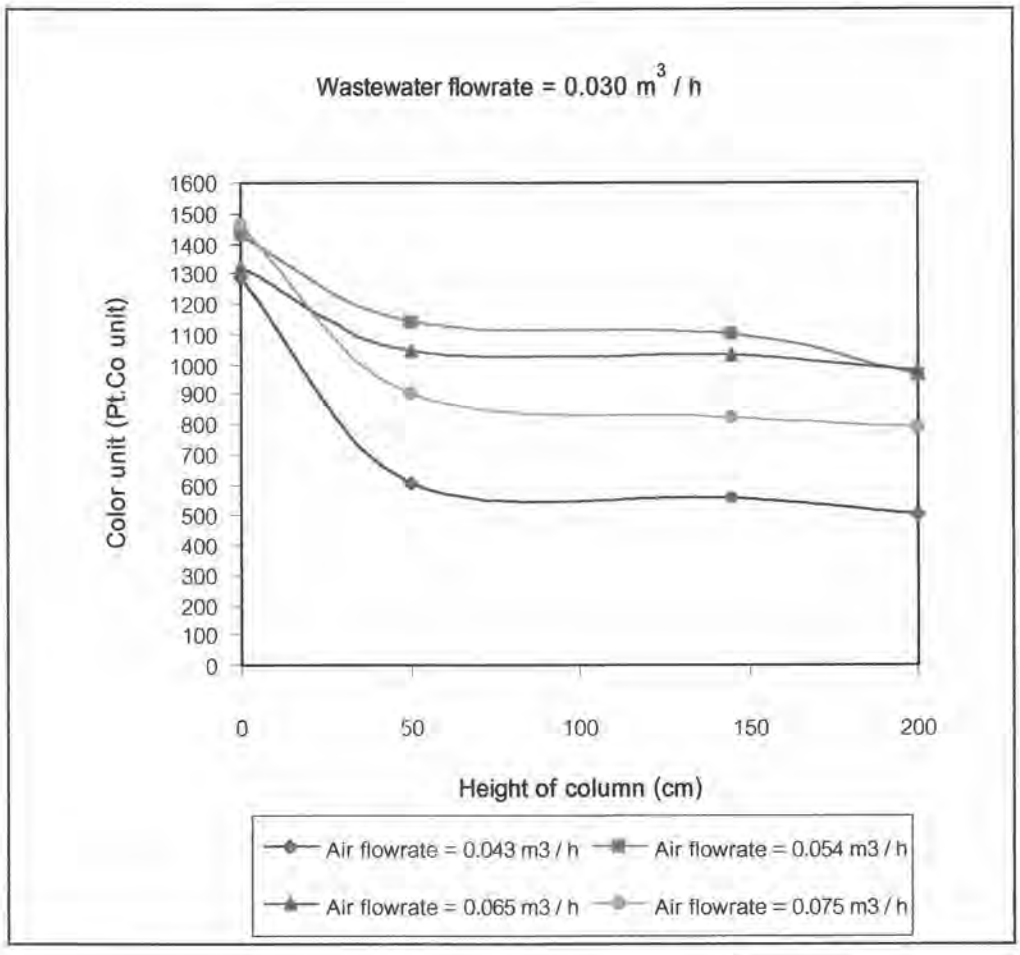


รูป 4.17 ประสิทธิภาพการลดค่าซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.024 ลบ.ม./ชั่วโมง

อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.030 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.18 เป็นกราฟแสดงค่าหน่วยสีของน้ำเสียในหน่วย Pt.Co unit ที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.030 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง

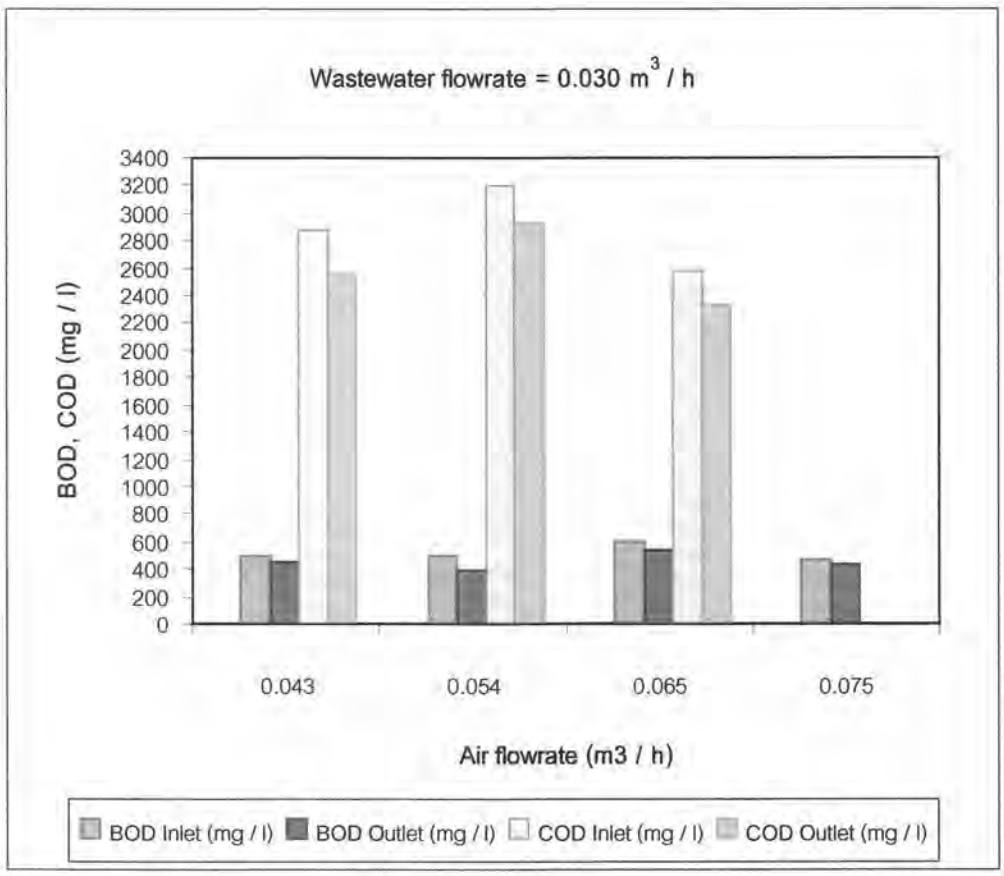
จากผลการทดลอง พบว่าน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีค่าความเข้มของสีต่างกันในแต่ละอัตราการเติมอากาศ ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองในแต่ละอัตราการเติมอากาศนั้นไม่ใช่น้ำเสียที่เก็บในเวลาเดียวกัน ในการทดลองจะทำการเก็บน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษทุกวันทำการทดลอง ดังนั้นค่าความเข้มสีของน้ำจึงมีค่าต่างกัน



รูป 4.18 ค่าหน่วยสีในหน่วย Pt.Co unit ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* อัตราส่วนเซลล์ 6% w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ใช้ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.030 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.19 เป็นกราฟแสดงค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเสีย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่จุด Inlet และจุด Outlet ของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.030 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง

จากผลการทดลอง พบว่าน้ำเสียที่จุด Inlet ของเครื่องปฏิกรณ์มีค่าซีโอดีสูงกว่าค่าซีโอดีเริ่มต้นของน้ำเสียที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลอง มีการเติมสารอาหารที่เหนี่ยวนำให้เซลล์เชื้อราสร้างเอนไซม์ลงในน้ำเสียที่ถังเก็บน้ำเสียก่อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ด้วย จึงทำให้ค่าซีโอดีของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น

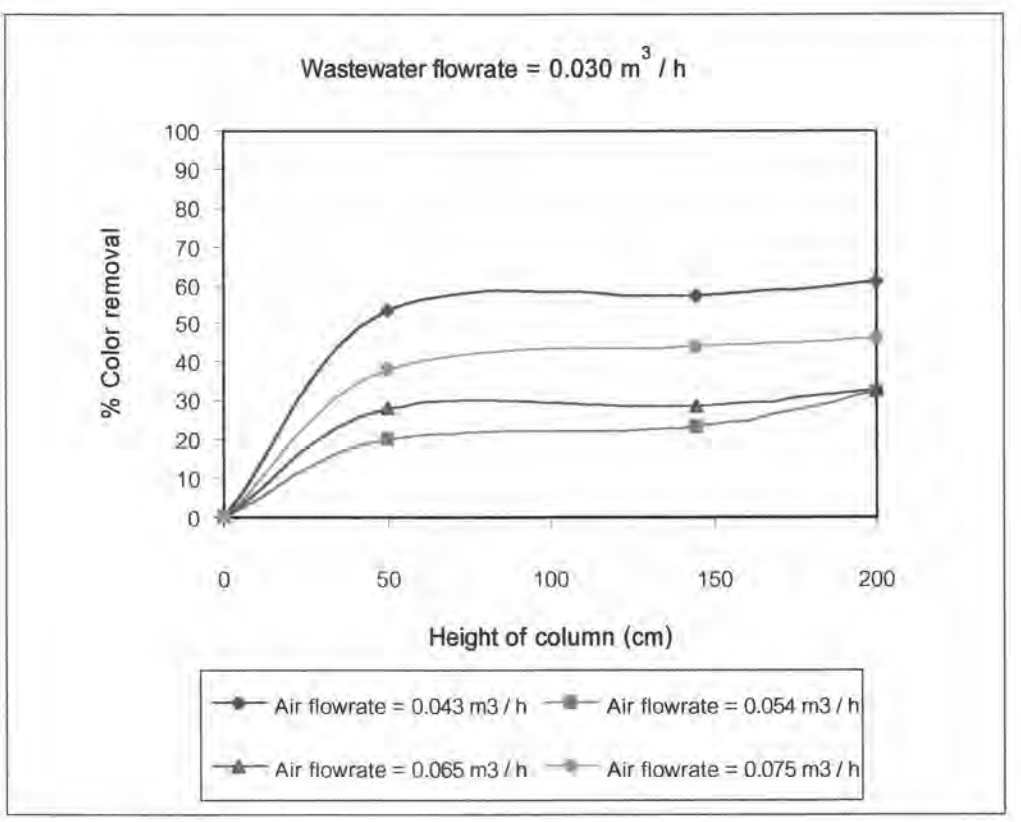


รูป 4.19 ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี (มก./ลิตร) ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ที่จุด Inlet และจุด Outlet ของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* อัตราส่วนเซลล์ 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.030 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.20 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสีย ที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด

อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.030 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง

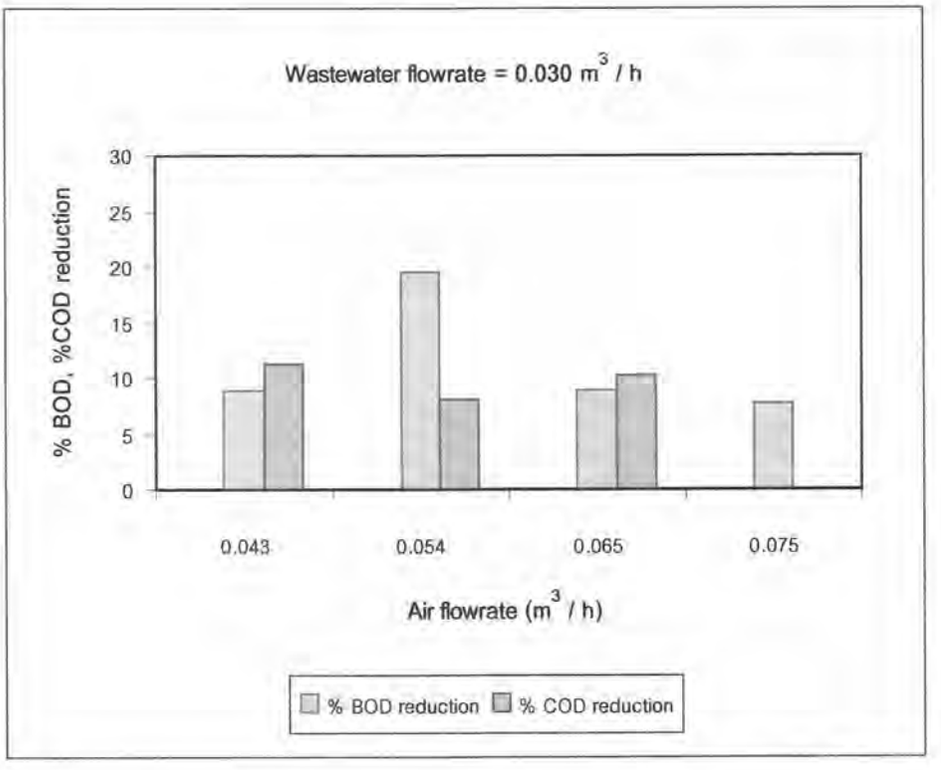
พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการเติมอากาศ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสีให้สูงขึ้น ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง ประสิทธิภาพในการกำจัดสีที่จุด outlet ของเครื่องปฏิกรณ์มีค่าเท่ากับ 60.0, 32.5, 32.6 และ 46.2 % ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นตามความสูงของหอปฏิกรณ์ ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043 ลบ.ม./ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงที่สุดนั้นเป็นเพราะว่า น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีค่าความเข้มสีน้อยกว่าน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองที่อัตราการเติมอากาศ 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง



รูป 4.20 ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.030 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.21 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเสีย โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.030 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง

จากผลการทดลองพบว่า ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง ประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีของน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 8.8, 19.5, 8.8 และ 7.7% ตามลำดับ ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043, 0.054 และ 0.065 ลบ.ม./ชั่วโมง ประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีมีค่าเท่ากับ 11.2, 8.0 และ10.1% ตามลำดับ

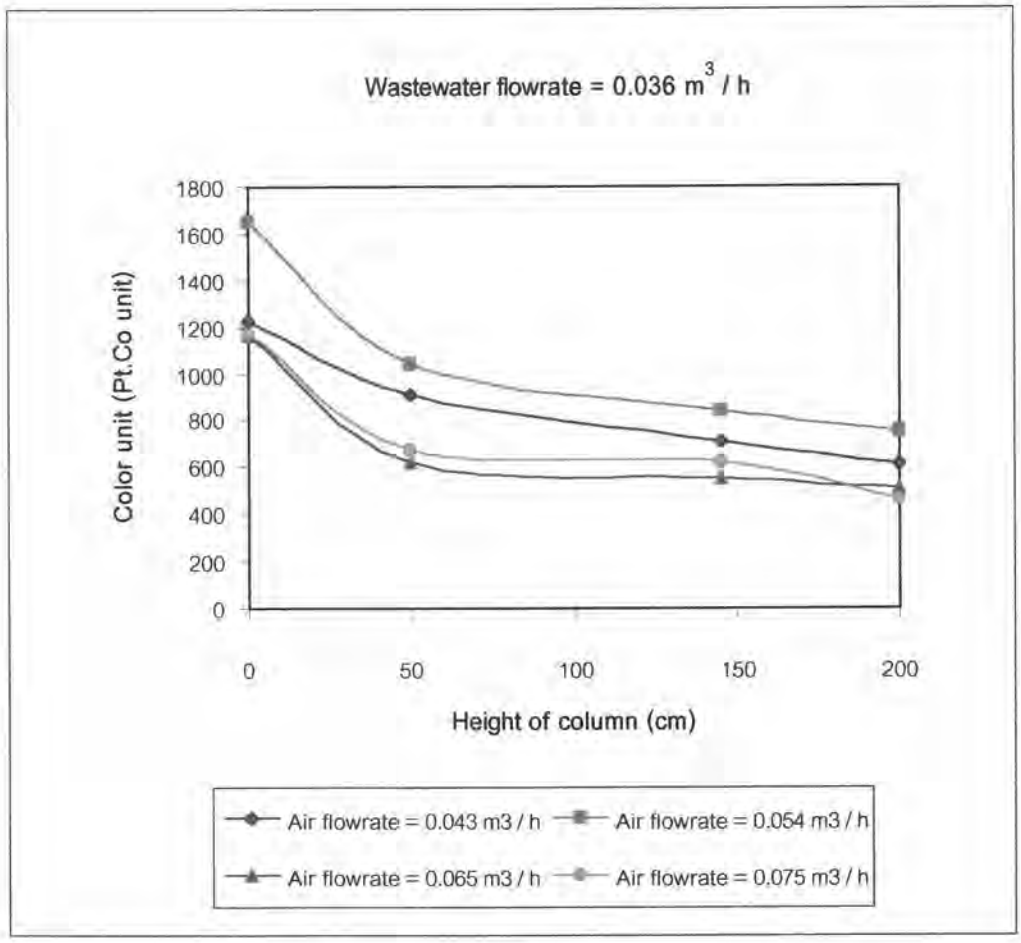


รูป 4.21 ประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.030 ลบ.ม./ชั่วโมง

อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.036 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.22 เป็นกราฟแสดงค่าหน่วยสีของน้ำเสียในหน่วย Pt.Co unit ที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.036 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง

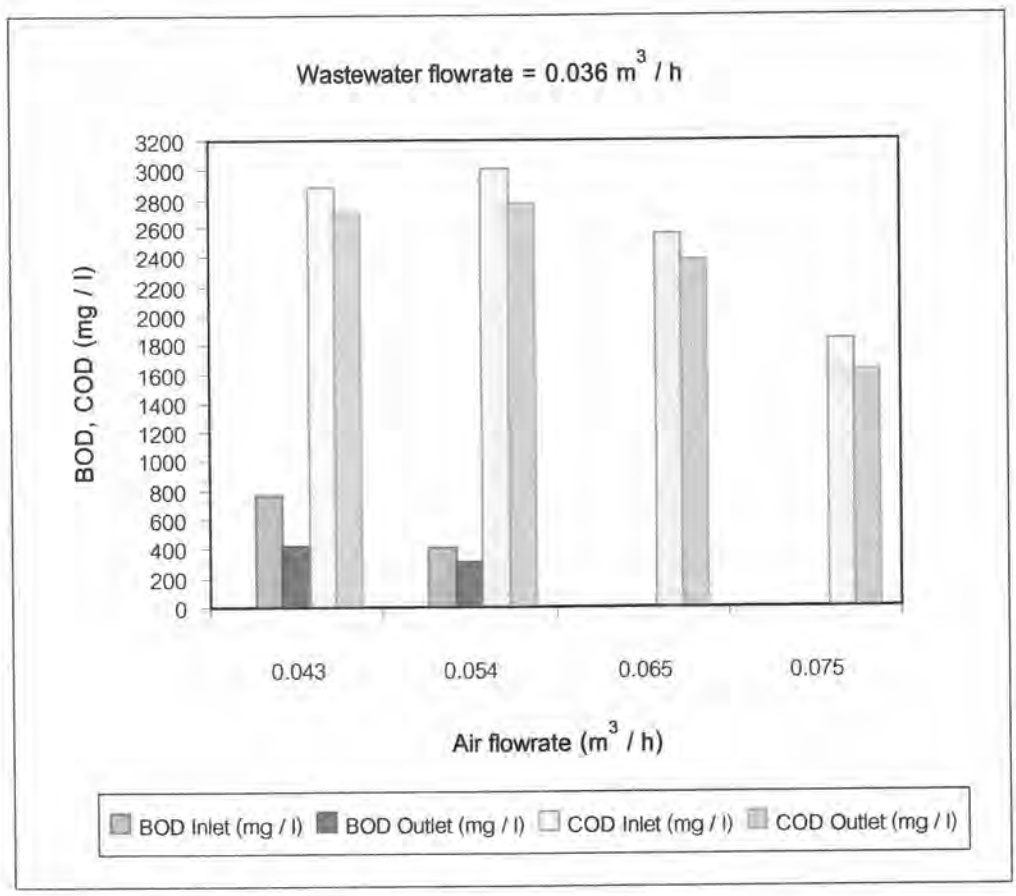
จากผลการทดลอง พบว่าน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีค่าความเข้มของสีต่างกันในแต่ละอัตราการเติมอากาศ ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองในแต่ละอัตราการเติมอากาศนั้นไม่ใช่น้ำเสียที่เก็บในเวลาเดียวกัน ในการทดลองจะทำการเก็บน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษทุกวันทำการทดลอง ดังนั้นค่าความเข้มสีของน้ำจึงมีค่าต่างกัน



รูป 4.22 ค่าหน่วยสีในหน่วย Pt.Co unit ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* อัตราส่วนเซลล์ 6% w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ใช้ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.036 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.23 เป็นกราฟแสดงค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเสีย(มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่จุด Inlet และจุด Outlet ของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตร สารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.036 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง

จากผลการทดลอง พบว่าน้ำเสียที่จุด Inlet ของเครื่องปฏิกรณ์มีค่าซีโอดีสูงกว่าค่าซีโอดีเริ่มต้นของน้ำเสียที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลอง มีการเติมสารอาหารที่เหนี่ยวนำให้เซลล์เชื้อราสร้างเอนไซม์ลงในน้ำเสียที่ถังเก็บน้ำเสียก่อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ด้วย จึงทำให้ค่าซีโอดีของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น

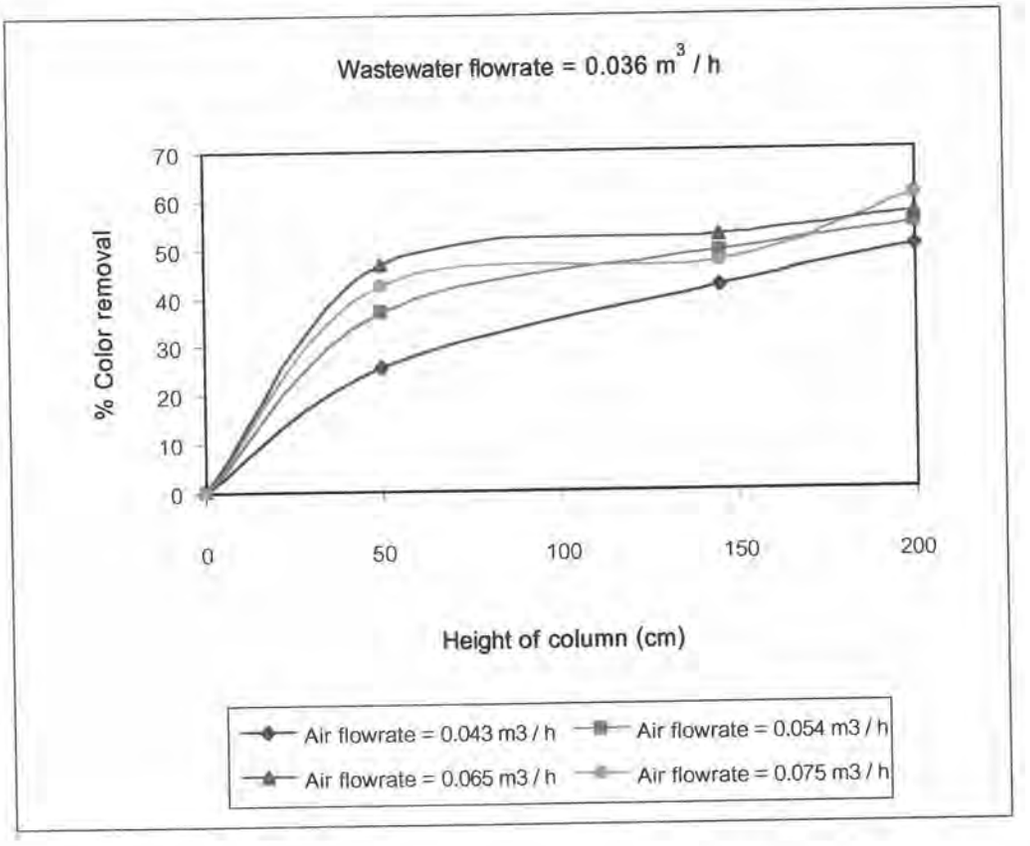


รูป 4.23 ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี (มก./ลิตร) ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ที่จุด Inlet และจุด Outlet ของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน เมื่อใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* อัตราส่วนเซลล์ 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.036 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.24 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสีย ที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสาร

ละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.036 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง

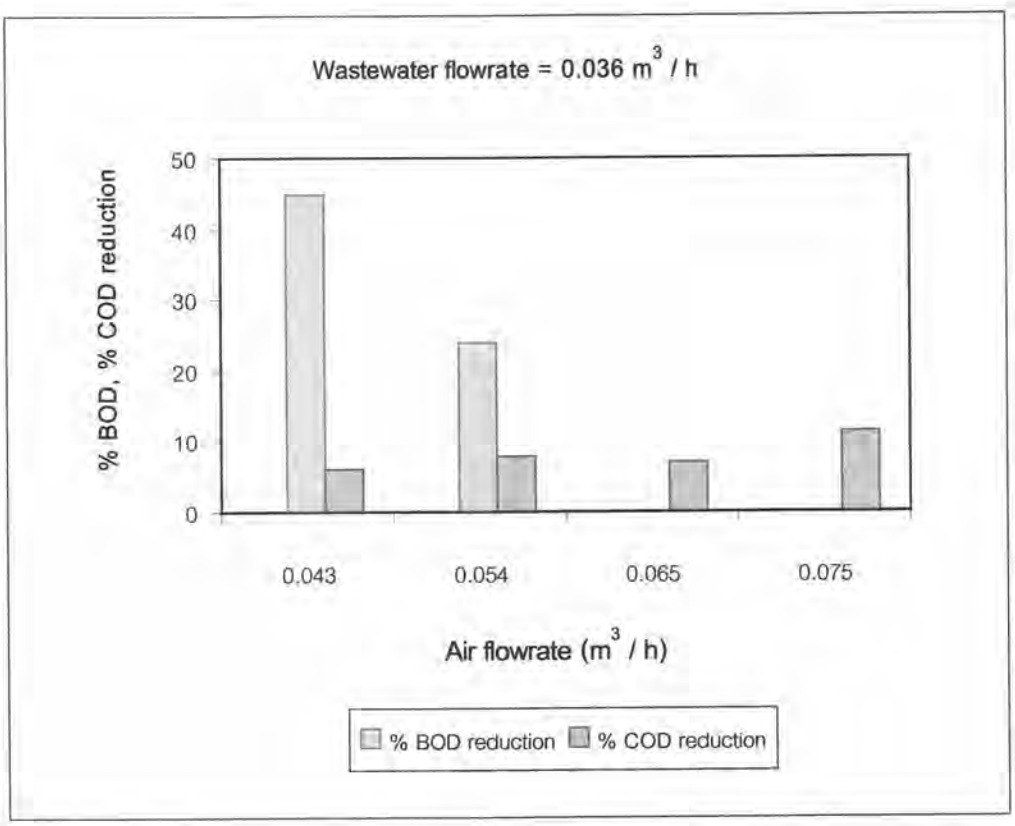
พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการเติมอากาศ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสีให้สูงขึ้น ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง ประสิทธิภาพการกำจัดสีเท่ากับ 50, 54.6, 56.5 และ 60.3 % ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นตามความสูงของหอปฏิกรณ์



รูป 4.24 ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ที่ความสูงต่างๆของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.030 ลบ.ม./ชั่วโมง

รูป 4.25 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำโดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์ เท่ากับ 1:16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดเซชัน 0.036 ลบ.ม./ชั่วโมง ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม. / ชั่วโมง

จากผลการทดลองพบว่า ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043 และ 0.054 ลบ.ม./ชั่วโมง ประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีของน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 44.9 และ 24.1 % ตามลำดับ และ ที่อัตราการเติมอากาศ 0.043, 0.054, 0.065 และ 0.075 ลบ.ม./ชั่วโมง ประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีมีค่าเท่ากับ 6.0, 7.8, 7.0 และ 11.3 % ตามลำดับ



รูป 4.25 ประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ โดยใช้เซลล์ตรึงเชื้อรา *P.chrysosporium* 6 % w / v (กรัมต่อมิลลิลิตรสารละลายโซเดียมอัลจิเนต) ปริมาตรเม็ดเซลล์ตรึง 1 ลิตร สัดส่วนเม็ดเซลล์ตรึงต่อปริมาตรของหอปฏิกรณ์เท่ากับ 1 : 16 ในการกำจัดสีของน้ำเสียในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่อัตราการเติมอากาศต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.036 ลบ.ม./ชั่วโมง

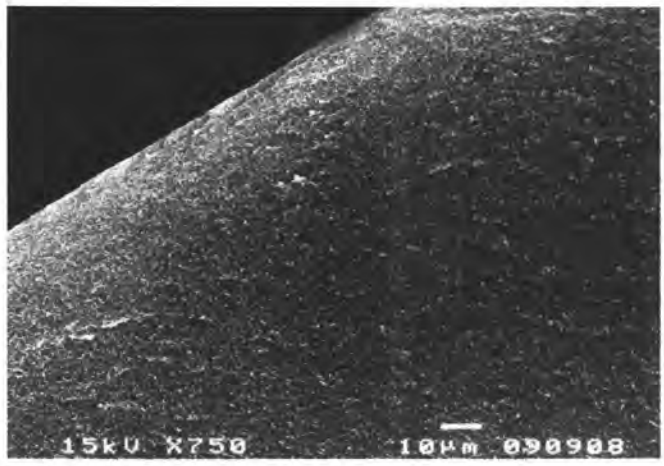
4.5 การศึกษาลักษณะของเชื้อรา *P.chrysosporium* ที่ถูกตรึงในเม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนตโดยดูจากภาพถ่าย Scanning Electron Micrograph (SEM)

การศึกษาลักษณะเชื้อรา *P. chrysosporium* ที่ถูกตรึงในเม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนตเปรียบเทียบกับเม็ดเจลที่ไม่มีการตรึงเซลล์ (Cell free) โดยการนำเม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนตที่ไม่มีการตรึงเซลล์ และเม็ดเซลล์ตรึง ไปถ่ายภาพพื้นผิวภาคตัดขวาง โดยดูจากภาพถ่าย Scanning electron micrograph (SEM) จากเครื่อง Scanning electron microscope รุ่น JSM-5410 LV ภาพ SEM แสดงดังรูป 4.26 – รูป 4.28

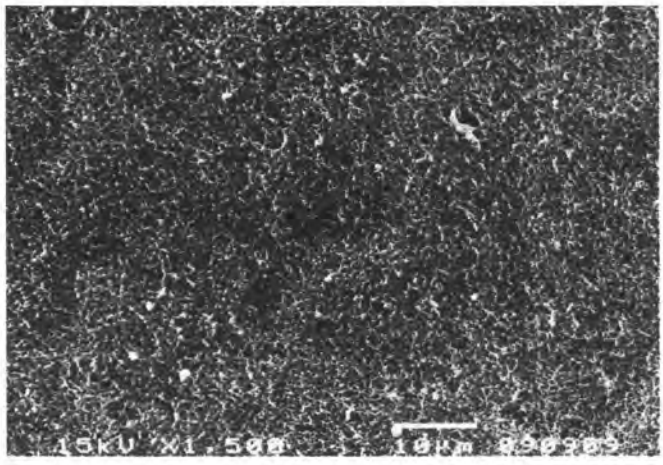
รูป4.26 เป็นภาพถ่ายพื้นผิวภาคตัดขวางของเม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนตที่ไม่มีการตรึงเซลล์เชื้อรา ที่กำลังขยาย (ก) x750, (ข) x1,500 และ (ค) x10,000 จะเห็นว่าพื้นผิวของเม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนตจะมีลักษณะเป็นรูพรุนขนาดเล็กและมีจำนวนมาก

รูป 4.27 เป็นภาพถ่ายพื้นผิวภาคตัดขวางของเม็ดเซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* อัตราส่วนเซลล์เชื้อรา 60 กรัมต่อสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 1 ลิตร หลังจากที่ทำการตรึงเซลล์แล้วเก็บไว้ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.2 โมลาร์ เป็นเวลา 1 วัน ที่กำลังขยาย (ก) x500 และ (ข , ค) x3,500 จะเห็นว่ามีเส้นใยของเชื้อราแทรกอยู่ตามรูพรุนของเม็ดเจล และพบว่ารูพรุนจะมีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของเม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนตที่ไม่มีการผสมเซลล์เชื้อรา

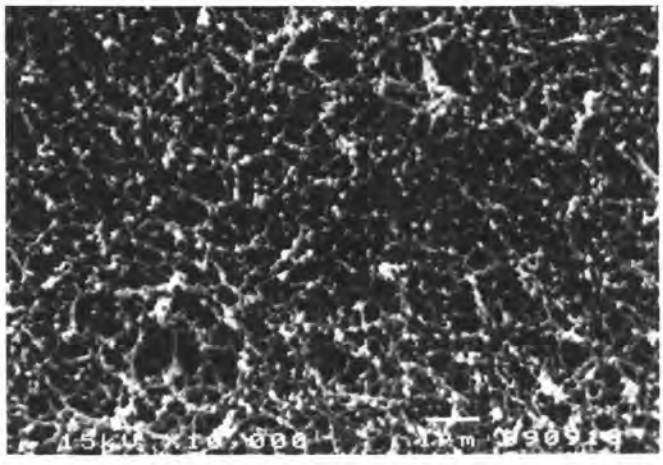
รูป 4.28 เป็นภาพถ่ายพื้นผิวภาคตัดขวางของเม็ดเซลล์ตรึงเชื้อรา *P. chrysosporium* อัตราส่วนเซลล์เชื้อรา 60 กรัมต่อสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 1 ลิตร ในวันที่ 3 ของการทดลองในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด ที่กำลังขยาย (ก) x200, (ข) x1,500, และ (ค) x2,000 ที่กำลังขยาย 200 เท่า จะเป็นภาพถ่ายพื้นผิวภาคตัดขวางตรงขอบของเม็ดเซลล์ตรึง จะเห็นว่าเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ภายในเม็ดเจล และจะเจริญได้ดีตรงขอบของเม็ดเจล ซึ่งจะเห็นจากรูปว่ามีเส้นใยของเชื้อราจำนวนมากตรงขอบของเม็ดเจล ที่เป็นเช่นนี้เนื่องเชื้อรา *P. chrysosporium* เป็นเชื้อราที่อาศัยออกซิเจนในการเจริญเติบโต ซึ่งตรงขอบของเม็ดเจลจะเป็นส่วนที่มีการสัมผัสกับอาหารเลี้ยงเชื้อ และสัมผัสกับอากาศได้มากกว่าภายในเม็ดเจล ที่กำลังขยาย 1,500 และ 2,000 เท่า เป็นภาพถ่ายพื้นผิวภาคตัดขวางภายในเม็ดเจล จะเห็นว่ามีเส้นใยของเชื้อราที่เจริญแทรกอยู่ตามรูพรุนของเม็ดเจล



(ก) กำลังขยาย x750



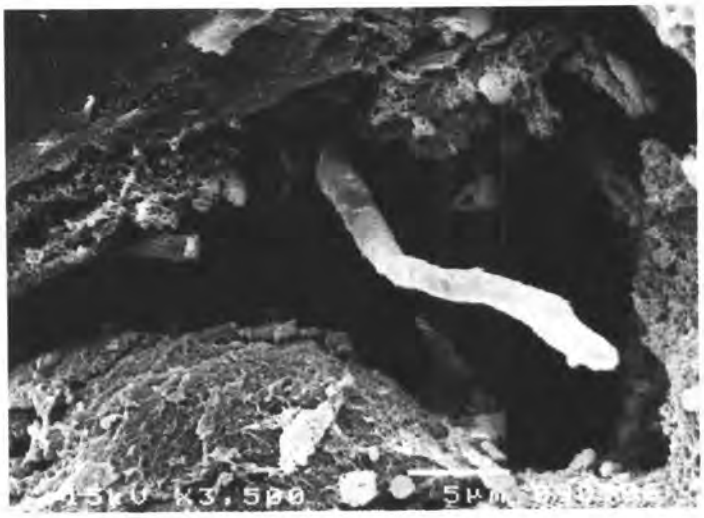
(ข) กำลังขยาย x1,500



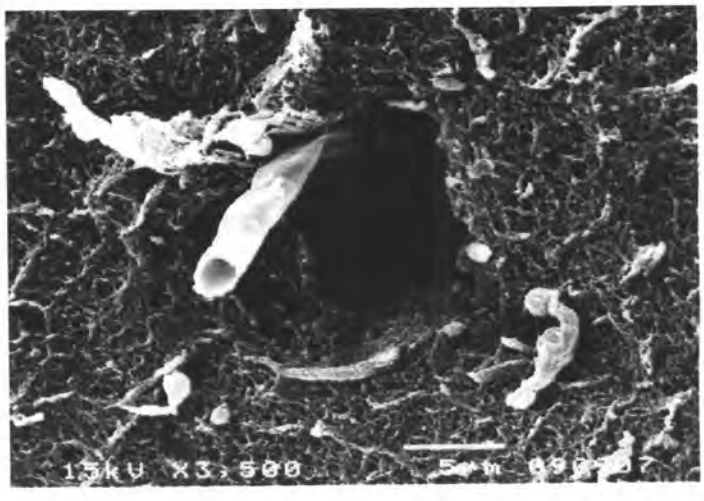
(ค) กำลังขยาย x10,000

รูป 4.26 **ภาพถ่ายพื้นผิวภาคตัดขวาง** Scanning electron micrograph (SEM) **ของเม็ดเจลแคลเซียมอัลจิเนตที่ไม่มีเซลล์เชื้อรา ที่กำลังขยายต่างๆ (ก) กำลังขยาย** x750 **(ข) กำลังขยาย** x1,500 **(ค) กำลังขยาย** x 10,000

(ก) กำลังขยาย x500

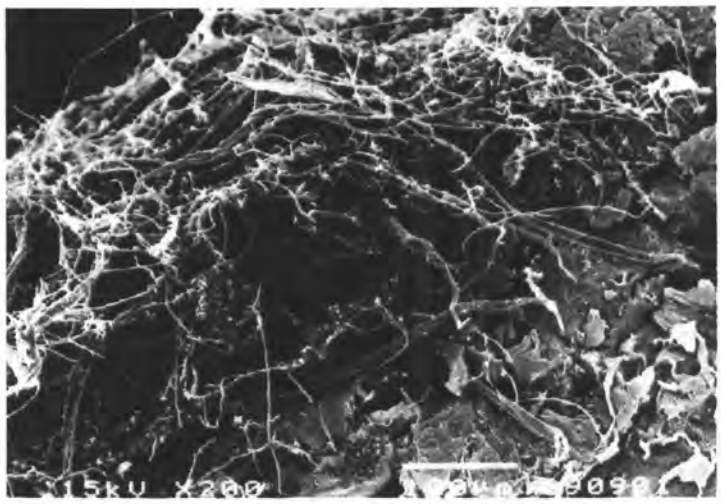


(ข) กำลังขยาย x3,500

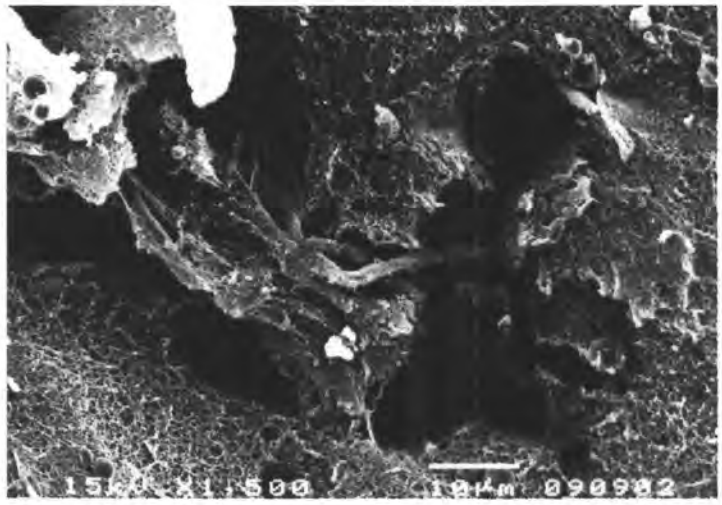


(ค) กำลังขยาย x3,500

รูป 4.27 **ภาพถ่ายพื้นผิวภาคตัดขวาง** Scanning electron micrograph (SEM) **ของเม็ดเซลล์ตรึงเชื้อรา** *P.chrysosporium* (6% w/ v) **หลังจากทำการตรึงเซลล์แล้วเก็บไว้** 1 **วัน ก่อนทำการทดลอง (ก) กำลังขยาย** x500 **(ข) กำลังขยาย** x3,500 **(ค) กำลังขยาย** x3,500



(ก) กำลังขยาย x200



(ข) กำลังขยาย x1,500

(ค) กำลังขยาย x2,000

รูป 4.28 **ภาพถ่าย** Scanning electron micrograph (SEM) **ของเม็ดเซลล์ตรึงเชื้อรา** *P. chrysosporim* (6% w/ v) **ในวันที่** 3 **ของการทดลองในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด (ก) กำลังขยาย** x200 **(ข) กำลังขยาย** x1,500 **(ค) กำลังขยาย** x2,000