บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

ปริมาณน้ำเสียรวมที่เกิดขึ้นจากโรงงานผลิตถุงมือยางมีค่าสารแขวนลอยที่แปรปรวนมากในแต่ละวัน (172-1,594 มก./ล) สำหรับพีเอชที่เหมาะสมสำหรับพีเอซี คือช่วง 9.0-10.0 และพีเอชที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียด้วยไคโตซานและโพลิเมอร์สังเคราะห์ประจุบวกและลบคือพีเอชช่วง 8.5-9.0 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารช่วยสร้างตะกอนระหว่างไคโตซานและโพลิเมอร์สังเคราะห์ประจุบวกและลบ พบว่าเมื่อใช้พีเอซีเป็นสารสร้างตะกอนตามด้วยไคโตซานเป็นสารช่วยสร้างตะกอนทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพดีที่สุดคือ สามารถลดค่าความขุ่น จาก 50.06±0.03 NTU ลงอยู่ระหว่าง 22.30±0.02 ถึง 41.68±0.01 NTU และสารแขวนลอยทั้งหมดจาก 141±1.53 มก./ล ลงอยู่ระหว่าง 63±1.00 ถึง 118±0.58 มก./ล ส่วนโพลิเมอร์สังเคราะห์ประจุบวกจะบำบัดได้ดีรองลงมาคือ ลดค่าความขุ่นจาก 50.03±0.03 NTU ลงอยู่ระหว่าง 30.57±0.02 ถึง 44.48±0.04 NTU และสารแขวนลอยทั้งหมดจาก 142±1.00 มก./ล ลงอยู่ระหว่าง 86±1.53 ถึง 126±0.58 มก./ล สำหรับโพลิเมอร์สังเคราะห์ประจุลบจะบำบัดได้น้อยที่สุดคือ ลดค่าความขุ่นจาก 50.10±0.02 NTU ลงอยู่ระหว่าง 36.10±0.01 ถึง 47.27±0.01 NTU และสารแขวนลอยทั้งหมดจาก 141±1.00 มก./ล ลงอยู่ระหว่าง 102±1.00 ถึง 136±1.15 มก./ล ปริมาณพีเอซีและไคโตซานที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียเมื่อใช้พีเอซีเป็นสารสร้างตะกอนและไคโตซานเป็นสารช่วยสร้างตะกอนคือ ต้องใช้พีเอซีความเข้มข้น 12 มก./ล ร่วมกับไคโตซานความเข้มข้น 3 มก./ล ทำให้ปริมาณมวลสารลดลงได้ดี สามารถลดค่าความขุ่น จาก 57.80±0.03 NTU ลงเหลือ 20.30±0.02 NTU , สารแขวนลอยทั้งหมดจาก 164±0.58 มก./ล ลงเหลือ 58±0.58 มก./ล และซีโอดีจาก 622±38.49 ลงเหลือ 444±00.00 มก./ล เมื่อคิดเป็นร้อยละเฉลี่ยในการกำจัดมวลสาร สามารถลดค่าความขุ่นได้ถึงร้อยละ 64.89±0.01 , สารแขวนลอยทั้งหมด 64.77±0.23 และซีโอดี 28.48±4.29 เมื่อทดลองใช้ไคโตซานเป็นสารช่วยสร้างตะกอนเติมลงในระบบบำบัดน้ำเสียเอเอสที่ใช้งานอยู่ของบริษัท เอ็ม. อาร์. ไอ. จำกัด จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของการบำบัดดีกว่าระบบบำบัดเดิมที่ใช้โพลิเมอร์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สังเคราะห์ประจุลบ เนื่องจากเมื่อคิดเป็นร้อยละเฉลี่ยในการกำจัดมวลสารจะมีเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่า คือ สามารถลดค่าสารแขวนลอยทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 96.97±1.14 , ลดปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 25.90±6.54 , ลดปริมาณซีโอดีคิดเป็นร้อยละ 83.28±6.09 , ลดปริมาณบีโอดีคิดเป็นร้อยละ 87.16±5.36 ซึ่งโพลิเมอร์กำจัดได้เพียงร้อยละ 93.75±1.90 มก./ล , 24.54±6.42 มก./ล , 75.88±7.23 มก./ล และ 80.85±6.38 มก./ล ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นผลต่างร้อยละเฉลี่ยในการกำจัดมวลสารไคโตซานจะสามารถลดปริมาณมวลสารได้มากกว่าโพลิเมอร์ประจุลบอยู่ในช่วงร้อยละ 1.37-7.40

อภิปรายผลการทดลอง

ปริมาณน้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิตถุงมือยางจะมีค่าเท่ากันทุกวันในช่วงหนึ่งเดือน คิดเป็น 1,636.32 ลบ.ม./วัน เนื่องจากได้มีการจัดตั้งเครื่องสูบน้ำเข้าสู่ระบบบำบัด โดยมีการตั้งค่าอัตราการไหลเข้าที่คงที่ หากมีปริมาณน้ำเสียสูงมากขึ้นกว่าเดิมก็จะมีการปรับลดตามปริมาณน้ำเข้าอีกครั้งหนึ่ง ปริมาณน้ำเสียที่คงที่นี้จะทำให้การดูแลระบบบำบัดเป็นไปได้ง่ายขึ้น เพราะปริมาณสารเคมีที่ใช้เติมลงไปก็จะมีค่าคงที่ตามไปด้วย

ลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียรวมของบริษัท เอ็ม.อาร์.ไอ จำกัด ช่วงเวลาหนึ่งเดือนชี้ให้เห็นว่าน้ำเสียมีปริมาณสารอินทรีย์สูงและยังมีลักษณะขุ่นจากการมีอนุภาคสารแขวนลอยอยู่ในน้ำมาก นอกจากนี้ในแต่ละวันปริมาณมวลสารยังมีความแปรปรวนมาก สังเกตได้จากปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดจะมีค่าขึ้นลงไม่คงที่ในแต่ละวัน (เฉลี่ย 552±311) ซึ่งน้ำเสียจากโรงงานผลิตถุงมือยางโดยทั่วไปจะมีองค์ประกอบหลักเป็นสารอนินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น ซิงค์ออกไซด์มีประมาณ 0.3-130 มก./ล และเคมีที่เป็นพิษ (Zaid, 2001; Ir, 1999) นอกจากนี้ยังมีความขุ่นจากน้ำยางที่มาจากกระบวนการผลิต เช่น น้ำเสียของประเทศมาเลเซียที่ตรวจสอบจากโรงงานที่ใช้น้ำยางเป็นองค์ประกอบในการผลิตพบว่ามีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 98-3,058 มก./ล และสารแขวนลอยได้ทั้งหมด 7-2,413 มก./ล (Zaid, 2001) สำหรับค่าบีโอดีจะมีความสำคัญน้อยกว่าค่าซีโอดีเนื่องจากน้ำเสียสามารถย่อยสลายทางชีวภาพ (biodegradable) ในปริมาณที่ไม่สูงนัก (Nordin, n.d.) จะเห็นว่าปัญหาสำคัญที่พบในน้ำเสียคือปริมาณสารแขวนลอยที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นหากสามารถลดปริมาณสารแขวนลอยในระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้นได้ ก็จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียขั้นต่อไป โดยที่วัตถุประสงค์สำคัญของการบำบัดน้ำเสียคือ เพื่อลดปริมาณสารอนินทรีย์ในน้ำ กล่าวคือการลดค่าซีโอดีนั่นเอง และกำจัดปริมาณน้ำยางที่ทำให้น้ำเสียมีความขุ่นสูง เพื่อป้องกันมิให้น้ำทิ้งที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมไปมีผลทำให้เกิดมลพิษในแหล่งน้ำธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการผลิตถุงมือยางส่วนใหญ่จะใช้การบำบัดทางชีววิทยาแทบทั้งสิ้น (Zaid, 2001) เป็นระบบที่มีการสร้างตะกอนด้วยสารเคมีก่อนแล้วจึงบำบัดด้วยระบบเอเอส (activated sludge) และมีระบบการลอยตะกอนบ้างเล็กน้อย สำหรับการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตถุงมือยาง บริษัท เอ็ม.อาร์.ไอ. จำกัด ใช้ระบบเอเอส เป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา ประสิทธิภาพในการบำบัดที่พบไม่ค่อยดีนัก สามารถกำจัดซีโอดีและสารแขวนลอยทั้งหมดออกจากน้ำเสียได้ประมาณร้อยละ 87 และ 80 ตามลำดับ แต่ต้องใช้ปริมาณสารเคมีในการบำบัดค่อนข้างมาก คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 170 มก./ล., พีเอซี (Al_2O_3) 16 มก./ล. และโพลิเมอร์ 6.11 มก./ล. รวมเป็นค่าใช้จ่ายสารเคมีทั้งสิ้นประมาณ 4.29 บาท/ลบ.ม. ซึ่งถือว่าเป็นจำนวนเงินที่สูงมากและพีเอซีที่ใช้อาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อมได้ เนื่องจากโครงสร้างของพีเอซีประกอบด้วยอะลูมิเนียมทำให้เกิดปัญหาสุขภาพและหากสะสมในปริมาณมากอาจเป็นสาเหตุให้เป็นโรคอัลไซเมอร์ (Chihpin, Shuchuan & Jill, 2000) นอกจากนี้พารามิเตอร์บางตัว เช่น ของแข็งละลายน้ำได้ทั้งหมด (total dissolved solids) มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพียงร้อยละ 15 ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วอาจมีคุณภาพไม่ดีพอที่จะผ่านมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม (ภาคผนวก ค) หากสามารถใช้สารสร้างตะกอนที่มีประสิทธิภาพในการตกตะกอนได้สูง ราคาถูก และไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมมาใช้แทนได้ก็จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียและช่วยรักษาสภาพแวดล้อมได้มากขึ้น ไคโตซานผลิตจากวัสดุธรรมชาติ เป็นสารที่นำมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง ทั้งทางด้านการแพทย์ อุตสาหกรรมอาหารและสิ่งแวดล้อม ในทางด้านสิ่งแวดล้อมนั้นได้มีการนำไคโตซานมาใช้ในการดูดซับโลหะหนักและสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน เนื่องจากไคโตซานเป็นโพลิเมอร์ที่มีประจุบวก มีความสามารถพิเศษในการจับตัวกับสารอื่นที่มีประจุทั้งบวกและลบ ไคโตซานจึงมีประสิทธิภาพในการดูดซับได้สูง (ไคตินไคโตซาน, 2542) นอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจึงไม่มีพิษตกค้าง และไม่มีปัญหาเรื่องความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Dongsheng & Hongxiao, 2001) นอกจากนี้ไคโตซานยังไม่มีพิษอันตรายต่อสุขภาพเพราะสามารถเปลี่ยนเป็นรูปสารประกอบโดยไลโซโซมในน้ำเหลืองมนุษย์ได้ (Nordtveit, 1996)

ประสิทธิภาพของการรวมตัวของตะกอนขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านเคมีและฟิสิกส์ โดยเฉพาะค่าพีเอชในน้ำเสียจะมีผลต่อการรวมตัวของตะกอนมากเพราะค่าพีเอชในน้ำจะเป็นตัวเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าที่ผิวของอนุภาคให้เป็นบวกหรือเป็นลบขึ้นอยู่กับปริมาณอิออนบวกและอิออนลบที่ปะปนอยู่ในน้ำ การปรับสภาพความเป็นกรดด่างของน้ำให้ได้ค่าพีเอชที่อนุภาคค่าศักย์ไฟฟ้าที่ผิวอนุภาคที่น้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ทำให้แรงผลักระหว่างอนุภาคมีน้อยที่สุด อนุภาคจึงถูกดึงดูดเข้ามาใกล้และเกาะติดกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลล์ในที่สุด พีเอชของน้ำเสียโรงงานถุงมือยางมีค่า

ประมาณ 7.1-7.7 (Nordin, n.d.) และเป็นค่าที่ค่อนข้างจะคงที่ทำให้ง่ายในการปรับค่าพีเอช พีเอชที่สูงขึ้นทำให้อนุภาคยางแสดงความเป็นประจุลบ ดังนั้นในการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียด้วยไคโตซานและโพลิเมอร์สังเคราะห์ประจุบวกและลบ จึงได้กำหนดช่วงพีเอชที่ค่อนไปทางด่างเพื่อจะให้อนุภาคยางแสดงประจุไฟฟ้าเป็นลบซึ่งทำให้ง่ายในการรวมตะกอน เมื่อพิจารณาจากค่าความขุ่นและสารแขวนลอยทั้งหมดที่ลดลงได้ดีคือ เมื่อใช้ที่พีเอชช่วง 8.5-9.0 ซึ่งถือว่าเป็นค่าพีเอชที่อนุภาคมีศักย์ทางไฟฟ้าที่ผิวน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย เป็นการลดแรงผลักกันระหว่างอนุภาค อนุภาคจึงถูกดูดเข้าใกล้และเกาะติดกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลล์ในที่สุด (Cheremisinoff, n.d.) แนวโน้มในการกำจัดมลสารจากช่วงพีเอชเป็นกรดจนกระทั่งเป็นด่างสำหรับโพลิเมอร์สังเคราะห์ประจุบวกและลบจะมีประสิทธิภาพดีขึ้นแต่ไคโตซานจะมีประสิทธิภาพกำจัดดีที่ช่วงพีเอชค่อนไปทางกรดเข้มข้นหรือด่างมากกว่าดังการทดลองของบอช (1975) ที่ใช้ไคโตซานบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับไข่ โดยใช้ไคโตซานความเข้มข้น 100-200 มก./ล ที่พีเอช 6.5-8.0 , มานูลา และแพ็ททริค (Manuela & Patrick, 1997) ได้นำไคโตซานมาใช้ในการเลือกตกตะกอนเปปไทด์ในเนยแข็ง พบว่าที่พีเอช 4.0 ไคโตซานสามารถเลือกตกตะกอนเปปไทด์ในเนยแข็งที่ละลายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ , วราภรณ์ ขจรไชยกุล (2541) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ของไคโตซานในการดักจับตะกั่วในน้ำเสีย พบว่าไคโตซานสามารถลดระดับตะกั่วในน้ำได้ มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการดักจับตะกั่วคือ 6.0 และ 7.0 และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไคโตซานสูงขึ้นประสิทธิภาพในการดักจับตะกั่วจะสูงขึ้นด้วย การวิจัยของสุวลี จันทร์กระจ่าง และปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ (2542) ได้ทดลองใช้สารไคโตซานตกตะกอนโปรตีนออกจากหางนม โดยเปรียบเทียบกับสารตกตะกอนตัวอื่น ๆ เช่น สารส้ม , พีเอซีและคาร์ราจีแนน พบว่าประสิทธิภาพของการใช้สารไคโตซานเป็นตัวตกตะกอนดีกว่าสารอื่นๆที่นำมาเปรียบเทียบ ซึ่งไคโตซานสามารถตกตะกอนแยกโปรตีนออกมาได้สูงสุดถึงร้อยละ 77.8 ที่ค่าพีเอช 7.0 และสามารถลดค่าความขุ่นของสารละลายลงได้ถึงร้อยละ 72.5 โดยใช้ปริมาณของสารไคโตซานน้อยกว่าสารตกตะกอนตัวอื่นทั้งหมด สำหรับพีเอชที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียด้วยพีเอซี คือพีเอชช่วง 9.0-10.0 โดยค่าความขุ่นและสารแขวนลอยทั้งหมดจะลดลงเรื่อยๆจากสภาวะกรดไปเป็นด่าง แนวโน้มในการกำจัดมวลสารจากช่วงพีเอชเป็นด่างจะมีประสิทธิภาพดีกว่า นอกจากนี้ระบบบำบัดน้ำเสียมักจะมีการปรับน้ำเสียดิบให้มีพีเอชที่ 11.00 ด้วยปูนขาวหรือคอสติกโซดาก่อนที่จะตกตะกอนด้วยสารเคมีอยู่แล้วเพื่อกำจัดปริมาณซิงค์ออกไซด์และเคมีที่เป็นพิษออก (Zaid, 2001)

ชนิดของสารช่วยสร้างตะกอนที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียเมื่อเปรียบเทียบระหว่างไคโตซานและโพลิเมอร์สังเคราะห์ประจุบวกและลบ เมื่อใช้พีเอซีเป็นสารสร้างตะกอนแล้วใช้ไคโตซานหรือโพลิเมอร์สังเคราะห์เป็นสารช่วยสร้างตะกอน พบว่าไคโตซานทำให้น้ำที่ผ่าน

การบำบัดแล้วมีค่าความขุ่นและสารแขวนลอยทั้งหมดน้อยที่สุด ส่วนการใช้โพลิเมอร์สังเคราะห์เป็นสารช่วยสร้างตะกอนนั้น ประสิทธิภาพในการกำจัดมวลสารจะต่ำกว่าโดยเฉพาะโพลิเมอร์ประจุลบจะกำจัดมวลสารได้น้อยที่สุด ทั้งนี้เพราะการรวมตัวของตะกอนเกิดจากการที่อนุภาควิ่งชนกันแล้วเกาะติดกันเป็นฟล็อคเนื่องจากมีแรงดูดระหว่างอนุภาคมากกว่าแรงผลักที่เกิดขึ้นจากประจุไฟฟ้ารอบ ๆ ผิวของอนุภาค และในน้ำยางจะมีส่วนของสารโปรตีนซึ่งมีอนุมูลลบของคาร์บ็อคซิเลตดูดซับอยู่รอบ ๆ ผิวของอนุภาคยาง และห่อหุ้มอนุภาคยางไว้ (นุชนาฏ ณ ระนอง, 2541) ทำให้น้ำยางมีประจุไฟฟ้าเป็นลบซึ่งก่อให้เกิดการผลักกันระหว่างอนุภาคยางทำให้กระจัดกระจายอยู่ในน้ำ การใส่ไคโตซานหรือโพลิเมอร์ประจุบวกลงไป ทำให้ความหนาของชั้นประจุบางลง มีผลทำให้ศักย์ทางไฟฟ้าลดลงและแรงผลักระหว่างอนุภาคลดลงด้วยอนุภาคจึงเข้าใกล้กันมากขึ้น หลังจากนั้นจะถูกดึงดูดด้วยแรงแวนเดอร์วาลล์ ทำให้เกิดการรวมตัวของตะกอน (Deraquin & Landau, 1941; Verwey & Overbeek, 1948; Kruyt, 1952; Van, 1963; Michaels & Bolger, 1964) ถ้าได้รับแรงจากภายนอก เช่น การกวนก็จะยิ่งทำให้อนุภาคเข้าใกล้กันและเกาะติดกันมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ประจุบวกของไคโตซานยังสามารถจับกับประจุลบที่เหลืออยู่ที่ผิวของอนุภาค เมื่ออนุภาคตั้งแต่สองอนุภาคขึ้นไปมาจับกับไคโตซานจะมีการสร้างสะพานตลอดความยาวของสายไคโตซาน สายไคโตซานที่มีอนุภาคเกาะติดกันมาเกี่ยวพันกัน มีการรวมกันทั้งสามมิติทำให้ได้ฟล็อคมีขนาดใหญ่ขึ้น (Kays & Hogg, 1979) จึงตกตะกอนลงได้ง่าย ทำให้น้ำที่ได้มีความใส และมีค่าความขุ่นและปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดต่ำลงมาก สำหรับโพลิเมอร์สังเคราะห์ประจุลบจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดมวลสารได้น้อยกว่าโพลิเมอร์ประจุบวก ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากองค์ประกอบของน้ำเสียที่มีอนุภาคยางที่มีประจุลบเป็นส่วนประกอบหลัก จึงทำให้อนุภาคผลักกันไม่รวมกันเป็นตะกอน ดังนั้นไคโตซานจึงเป็นสารช่วยสร้างตะกอนที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้น้ำเสียที่มีส่วนประกอบของยางอยู่เป็นจำนวนมากเกิดการรวมตัวของตะกอนได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของเวย์ และคณะ (Wayne & other, 1974) ซึ่งได้ทดลองบำบัดน้ำทิ้งรวมจากกระบวนการผลิตสัตว์ปีกด้วยไคโตซาน พบว่ามีความเข้มข้น 5-10 มก./ล. สามารถลดตะกอนได้ถึง 74-94 % และความขุ่นจาก 140 มาเป็น 10 FTU แต่ค่าซีโอดีลดเพียง 13 % และยังมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นและสารแขวนลอยได้ดีกว่าโพลิเมอร์สังเคราะห์ตัวอื่น ๆ

การทดลองหาปริมาณพีเอซีและไคโตซานที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสีย เมื่อใช้พีเอซีเป็นสารสร้างตะกอนและไคโตซานเป็นสารช่วยสร้างตะกอน ปริมาณพีเอซีและไคโตซานที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสีย คือช่วงที่ใช้พีเอซีความเข้มข้น 12 มก./ล. ร่วมกับไคโตซานความเข้มข้น 3 มก./ล. ซึ่งเป็นปริมาณที่ทำให้น้ำเสียที่ได้เหลือสารแขวนลอยทั้งหมด (58 มก./ล.) ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานอุตสาหกรรมในระดับหนึ่งแล้ว ส่วนค่าซีโอดีนั้นจะลดได้น้อยทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำ

เสียที่มีสารอินทรีย์สูงมักไม่สามารถลดค่าซีโอดีได้ดีด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน (Wayne et al. 1974) สำหรับเหตุผลที่เลือกใช้พีเอซีทดลองที่ช่วงความเข้มข้น 0-15 มก./ล และไคโตซานที่ช่วง 0-5 มก./ล ก็เนื่องมาจากระบบบำบัดน้ำเสียที่บริษัท เอ็ม.อาร์.ไอ.ใช้อยู่เดิมคือใช้พีเอซีอยู่ที่ความเข้มข้น 16มก/ล และปริมาณโพลิเมอร์สังเคราะห์ประจุลบที่ความเข้มข้น 6 มก./ล จึงกำหนดให้ช่วงความเข้มข้นในการทดลองมีค่าไม่เกินไปจากระบบเดิม เพื่อจะทดสอบว่าเมื่อใช้ปริมาณสารเคมีใกล้เคียงของเดิมแล้วประสิทธิภาพในการบำบัดจะดีขึ้นกว่าที่ใช้อยู่เดิมหรือไม่ นอกจากนี้ในการรวมตัวของตะกอนนั้น ปริมาณสารสร้างตะกอนจำนวนหนึ่งเท่านั้นที่ทำให้เกิดการรวมตัวของตะกอนในน้ำเสียได้ดีที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราส่วนพื้นที่ผิวของสารแขวนลอยต่อสารสร้างตะกอน การเพิ่มปริมาณสารสร้างตะกอนไม่ว่าจะเป็นพีเอซีหรือไคโตซาน ไม่เพียงแต่ทำให้การรวมตัวของตะกอนไม่มีประสิทธิภาพเท่านั้นยังทำให้เกิดการรีสเตบิไลท์เซชัน (restabilization) ของอนุภาคสารแขวนลอย ทำให้น้ำใสที่ได้กลับขุ่นขึ้นมาอีก (Cox, 1969)

ระบบบำบัดน้ำเสียเอเอสที่ลองใช้ไคโตซานเป็นสารช่วยสร้างตะกอนเติมลงในระบบ จะมีประสิทธิภาพของการบำบัดดีกว่าใช้โพลิเมอร์สังเคราะห์ประจุลบที่โรงงานใช้อยู่เดิม เนื่องจากเมื่อคิดเป็นผลต่างร้อยละเฉลี่ยในการกำจัดมวลสารไคโตซานจะสามารถลดปริมาณมวลสารได้มากกว่าโพลิเมอร์ประจุลบอยู่ในช่วงร้อยละ 1.37-7.40 ซึ่งเปอร์เซ็นต์ที่มีมากได้มาจากค่าซีโอดีและบีโอดี สาเหตุที่ไคโตซานสามารถลดค่าบีโอดีได้ดีนั้น อาจเป็นได้ว่าเมื่อตกตะกอนด้วยไคโตซานนั้นหมู่อะมิโนซึ่งเป็นหมู่ที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาของไคโตซานจะสร้างพันธะกับสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย และยึดติดไว้ที่โมเลกุลของไคโตซานเอง ทำให้น้ำเสียมีปริมาณสารอินทรีย์ลดลง (เอมอร วัฒนานนท์, 2545) สำหรับปริมาณซีโอดีที่ลดลงได้นั้น เหตุผลหนึ่งที่ใช้อธิบายได้คือ หมู่ฟังก์ชันในไคโตซานคือหมู่อะมิโนที่ตำแหน่ง C-2 เป็นหมู่ที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีประจุบวก (สุวบุญ จิรชาญชัย, 2544) ในขณะที่น้ำยางมีประจุลบ ดังนั้นเมื่อตกตะกอนน้ำเสียด้วยไคโตซานแล้ว หมู่อะมิโนมุมมองที่ทำให้ไคโตซานเป็นโพลิเมอร์ประจุบวกจะสร้างพันธะจับกับอนุภาคยางหรือไอออนของโลหะไว้ได้ทั้งหมด เมื่อนำน้ำเสียมาวิเคราะห์ปริมาณซีโอดีและสารแขวนลอยทั้งหมดจึงลดลงจนอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้ในการทดลองได้ใช้ปริมาณพีเอซีในบ่อที่เติมไคโตซานน้อยกว่าที่เติมในบ่อโพลิเมอร์สังเคราะห์อยู่ถึง 4 มก./ล หากเติมพีเอซีในปริมาณที่เท่ากันทั้งสองบ่อน่าจะทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ในการกำจัดมวลสารที่มากกว่าเดิม

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ไคโตซานสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีส่วนประกอบของเนื้อยางอยู่ค่อนข้างจะประสบผลสำเร็จโดยเฉพาะปริมาณซีโอดี ถึงแม้ว่าน้ำใสที่ผ่านการบำบัดจะมีค่าบีโอดีสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม (ภาคผนวก ค) ก็ตาม (ค่าบีโอดีน้อยกว่า 20 มก./ล) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากประสิทธิภาพของระบบเอเอสที่ใช้อยู่เดิมยังไม่ดีพอ

หากนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปปรับปรุงบ่อเติมอากาศที่ใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำก็จะทำให้ค่าบีโอดีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ เพราะไคโตซานไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตจึงทำให้จุลินทรีย์ในน้ำยังคงดำรงชีวิตอยู่ได้นาน จึงไม่ต้องหาหัวเชื้อจุลินทรีย์มาเติมลงในบ่อเติมอากาศอย่างที่โรงงานต้องเติมอยู่เป็นประจำ เนื่องจากจุลินทรีย์ไม่ค่อยเจริญเติบโตและตายเพราะความเป็นพิษในน้ำ และควรเตรียมน้ำในบ่อปรับสภาพให้มีค่าที่ใกล้เคียงกันเสียก่อนที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดโดยการควบคุมอัตราการไหลจากท่อน้ำทิ้งของแต่ละจุดที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น จากจุดน้ำล้างคลอรีน จุดน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตและจากจุดล้างแป้ง เพื่อให้คุณสมบัติของน้ำก่อนบำบัดมีค่าที่คงที่ขึ้นไม่แปรปรวนมากในแต่ละวัน (Rudolf, 1992) จะทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียทำงานได้มีประสิทธิภาพดีมากขึ้นอีกหลายเท่าตัว

ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในโรงงานผลิตถุงมือยาง

ค่าสารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย ระบบบำบัดเดิมจะต้องเติมพีเอซีปริมาณ 16 มก./ล และโพลิเมอร์ประจุลบ 6 มก./ล ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่าย (ที่ปริมาณน้ำเสีย 1,636.32 ลบ.ม./วัน) ได้เป็นเงินทั้งสิ้น 2.07 บาทต่อลบ.ม. ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายสำหรับพีเอซี 1.20 บาทและโพลิเมอร์ 0.87 บาท สำหรับระบบบำบัดที่ทดลองเติมพีเอซี 12 มก./ล ตามด้วยไคโตซาน 3 มก./ล คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 6.61 บาทต่อลบ.ม. ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายสำหรับพีเอซี 0.90 บาท และไคโตซาน 5.71 บาท (ตารางที่ 13) จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมแล้วระบบที่ใช้ไคโตซานจะสูงกว่าถึงสามเท่า ทั้งนี้เป็นผลมาจากไคโตซานที่ใช้ในการทดลองนี้ซื้อมาในรูปสารละลายซึ่งราคาจะสูงกว่ารูปแบบเกล็ดที่มีราคาประมาณกิโลกรัมละ 400-800 บาทเท่านั้น หากใช้ชนิดเกล็ด (400บ./กก.) จะใช้งบประมาณสำหรับไคโตซานเพียง 1.20 บาทต่อลบ.ม. นอกจากนี้ยังเป็นราคาขายปลีกซึ่งสั่งซื้อในปริมาณน้อย แต่ราคาโพลิเมอร์เป็นราคาขายส่งและสั่งซื้อเป็นจำนวนมากจึงค่อนข้างจะถูก สำหรับการนำไคโตซานไปใช้ในระบบบำบัดจริง ๆ จะต้องสั่งซื้อในปริมาณมากและสามารถใช้ชนิดที่คุณภาพต่ำหรือคุณภาพระดับ อุตสาหกรรมได้ซึ่งจะทำให้ราคาค่าใช้จ่ายถูกลงกว่านี้

ตารางที่ 13 ค่าสารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย

สารสร้างตะกอน	พีเอซี	โพลิเมอร์	ไคโตซาน	รวม
		ราคา (บาท/ลบ.ม)		
ระบบบำบัดเดิม [พีเอซี 16+โพลิเมอร์ประจุลบ 6 mg/l]	1.20	0.87	-	2.07
ระบบบำบัดทดลอง [พีเอซี 12+ไคโตซาน 3 mg/l]	0.90	-	5.71	6.61

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะด้านการวิจัย เนื่องจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดทางด้านงบประมาณและเวลา ทำให้ไม่สามารถทำการศึกษาวิจัยในทุกเรื่องที่เกี่ยวข้องได้ เรื่องที่น่าสนใจและควรจะศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในโอกาสต่อไป ได้แก่

1. ศึกษาระยะเวลากักเก็บน้ำเสียในถังเติมอากาศที่ทำให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพดีที่สุด เพื่อจะดูได้ว่าสารสร้างตะกอนชนิดใดใช้ปริมาณและเวลาในการตกตะกอนที่น้อยที่สุด

2. ปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการรวมตัวของตะกอน เช่น ขนาดของอนุภาคต่อการรวมตัวของตะกอน

3. ศึกษาประสิทธิภาพของการสร้างตะกอนจากน้ำเสียด้วยไคโตซานในรูปแบบอื่น เช่น ชนิดเกล็ด ที่มีราคาถูกกว่าชนิดสารละลาย

4. ศึกษาปริมาณสารเคมีที่ใช้ปรับสภาพพีเอชเมื่อใส่สารสร้างตะกอน เพื่อหาค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีทั้งหมด

ข้อเสนอแนะทางการจัดการสิ่งแวดล้อม

1. ควรใช้ค่าซีโอดีร่วมกับค่าสารแขวนลอยทั้งหมด เป็นมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งสำหรับโรงงานถุงมือยาง

2. เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องควรจัดอบรมให้ความรู้แก่ผู้ดูแลระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะระบบทางชีวภาพที่ต้องใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายมวลสาร ซึ่งจะมีความไวต่อปริมาณสารเคมีที่ปนเปื้อนมาในน้ำทิ้งมาก เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

3. เจ้าหน้าที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโรงงานอุตสาหกรรมและเจ้าหน้าที่ด้านสิ่งแวดล้อมของรัฐบาล ควรเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมให้แก่ผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เพื่อให้ผู้ประกอบการเห็นความสำคัญของสิ่งแวดล้อม มีจิตสำนึกและความตระหนักในปัญหาสิ่งแวดล้อมและร่วมมือในการป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากกิจการของตนเอง

4. หน่วยงานด้านการศึกษา เช่นมหาวิทยาลัย ควรร่วมมือกับโรงงานอุตสาหกรรมในการศึกษาวิจัยหาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University