บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการฟอกเยื่อกระดาษ โดยใช้สารเคมีของ บริษัทเยื่อกระดาษสยาม จำกัด (มหาชน) จังหวัดราชบุรี พบว่าใช้ระบบ CEH_1H_2 โดย C หมายถึงการฟอกเยื่อด้วยคลอรีน E หมายถึงการสกัดเยื่อด้วย Caustic soda และมีการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เล็กน้อย H_1 หมายถึง การฟอกเยื่อด้วย Hypochlorite ขั้นที่ 1 H_2 การฟอกเยื่อด้วย Hypochlorite ขั้นที่ 2 และได้นำเยื่อชานอ้อยและเยื่อยูคาลิปตัส ซึ่งผ่านขบวนการต้มเยื่อ (pulping) แล้วแต่ยังไม่เข้าสู่ระบบ CEHH เพื่อนำไปศึกษาการฟอกเยื่อกระดาษโดยใช้เชื้อรา ซึ่งเมื่อทำการวัดค่า Kappa number เริ่มต้นของเยื่อทั้ง 2 ชนิด พบว่าเยื่อชานอ้อยมีค่า Kappa number เท่ากับ 10.64 ซึ่งสูงกว่าเยื่อยูคาลิปตัสที่มีค่า Kappa number เท่ากับ 6.34 แสดงว่าเยื่อชานอ้อยมีปริมาณลิกนินในเยื่อสูงกว่าเยื่อยูคาลิปตัส

เมื่อได้ทำการศึกษาการเจริญของเชื้อรา P. chrysosporium พบว่าควรใช้เชื้อรา P. chrysosporium ที่เจริญอยู่ในอาหาร Potato Dextrose Broth(PDB) เป็นเวลา 7 วัน เป็นเชื้อเริ่มต้น(inoculum) สำหรับใช้ในการฟอกเยื่อ

ผลของ pH ที่เหมาะสมที่สุดต่อการฟอกเยื่อชานอ้อย และเยื่อยูคาลิปตัสโดยเชื้อรา P. chrysosporium คือ pH ที่ 4.5 และที่ pH ช่วง 3.5-5.0 ก็ยังสามารถย่อยสลายลิกนินออกจากเยื่อได้ดี

ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดต่อการฟอกเยื่อยูคาลิปตัส และเยื่อชานอ้อย โดยเชื้อรา P. chrysosporium คืออุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิช่วง 30-38 องศาเซลเซียส เชื้อรา P. chrysosporium ก็ยังสามารถย่อยสลายลิกนินออกจากเยื่อกระดาษ หรือสามารถฟอกเยื่อกระดาษได้ดีปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมในการฟอกเยื่อยูคาลิปตัส และเยื่อชานอ้อยโดยเชื้อรา P. chrysosporium คือ 1 % (น้ำหนัก/ปริมาตร) หรือเท่ากับ

1.0 กรัม

สภาพการฟอกเยื่อยูคาลิปตัสและเยื่อชานอ้อยที่เหมาะสมโดยใช้เชื้อรา P. chrysosporium คือสภาวะแบบเขย่า เพื่อให้เชื้อได้สัมผัสกับออกซิเจนมากขึ้น หรือถ้าไม่ทำในสภาวะเขย่า ก็ควรจะมีระบบที่สามาถเติมออกซิเจนเข้าไปในสารละลายเยื่อกระดาษได้โดยตรง

การศึกษาคุณภาพของเยื่อที่ได้หลังจากการฟอก โดยใช้เชื้อราในสภาวะที่เหมาะสมทั้งในเยื่อชานอ้อยและเยื่อยูคาลิปตัสจากการวิะคราะห์คุณภาพของเยื่อที่ได้หลังจากการฟอก คือผลผลิตหลังการฟอก (% yield) ค่า Permangnate number และค่า Brightness สำหรับเยื่อยูคาลิปตัสพบว่า % Yield มีค่าเท่ากับ 99.1 ค่า Permanganate number เท่ากับ 1.84 และค่าเยื่อยูคาลิปตัสพบว่า Brightnessเท่ากับ 68.60 % โดยค่า Brightness ก่อนเริ่มต้น การฟอกเท่ากับ 37.18 % และค่า Kappa number ก่อนเริ่มต้นการฟอกเท่ากับ 6.34 สำหรับเยื่อชานอ้อยพบว่าค่า % yield มีค่าเท่ากับ 99.6 และค่า Permanganate number เท่ากับ 4.60 และค่า Brightness เท่ากับ 54.61 โดยค่า Brightness ก่อนเริ่มต้นการฟอกเท่ากับ 41.18 % ค่า Kappa number ก่อนเริ่มต้นการฟอกเท่ากับ 10.64

การศึกษาฟอกเยื่อโดยวิธีทางเคมี โดยฟอกเยื่อตามขั้นตอน CE/PHH ในเยื่อชานอ้อยและในเยื่อยูคาลิปตัส หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพของเยื่อที่ได้หลังการฟอกในแต่ละขั้นตอน จากการวิเคราะห์คุณภาพของเยื่อที่ได้หลังจากการฟอกในเยื่อยูคาลิปตัสพบว่าหลังจากผ่านขั้นตอน C (Cl_2) จะได้ค่าความขาวสว่างเท่ากับ 53.98 % หลังจากผ่านขั้นตอน E จะได้ค่า Brightness เท่ากับ 70.14 % และค่า Permanganate number เท่ากับ 1.80 หลังผ่านขั้นตอน H_1 ได้ค่า Brightness เท่ากับ 84.31 % หลังผ่านขั้นตอน H_2 ได้ค่า Brightness เท่ากับ 85.35 % โดยค่า Kappa number เริ่มต้นการฟอกเท่ากับ 6.34 ค่า Brightness เท่ากับ 37.18 % และ % yield ที่ได้หลังจากการฟอกผ่านขั้นตอนสุดท้าย H_2 เท่ากับ 99.0 % สำหรับเยื่อชานอ้อยพบว่าหลังผ่านขั้นตอน C (Cl_2) จะได้ค่า Brightness เท่ากับ 53.19 % หลังผ่านขั้นตอน E จะได้ค่า Brightness เท่ากับ 68.75 % และค่า Permanganate number เท่ากับ 1.92 หลังผ่านขั้นตอน H_1 ได้ค่าความขาว

สว่างเท่ากับ 83.75 % และหลังผ่านขั้นตอน H_2 ได้ค่า Brightness เท่ากับ 85.06 % โดยค่า Kappa number เริ่มต้นการฟอกเท่ากับ 10.64 ค่าความขาวสว่างเท่ากับ 41.18 และ % yield ที่ได้หลังจากการฟอกผ่านขั้นตอนสุดท้าย H_2 เท่ากับ 99.0%

จากการสรุปข้อมูลต่าง ๆ ข้างต้น ทำให้ได้ปัจจัยที่เหมาะสม และศักยภาพของการฟอกเยื่อกระดาษโดยเชื้อรา P. chrysosporium แล้วนำมาประยุกต์ใช้ทดแทน วิธีการฟอกเยื่อกระดาษ ทางเคมี โดยสามารถทดแทนได้นั้นขั้นตอน CE สำหรับเยื่อยูคาลิปตัส หรือสามารถใช้ขบวนการ FHH (F หมายถึง Fungal) แทนขบวนการ CEHH และสำหรับเยื่อชานอ้อย สามารถทดแทนได้ในขั้นตอน C หรือสามารถใช้ FEHH แทนขบวนการ CEHH ซึ่งขบวนการนี้ยังไม่เป็นการฟอกเยื่อกระดาษโดยไม่ใช้คลอรีนหรือสารประกอบคลอรีน โดยสมบูรณ์

เมื่อทำการศึกษาแนวทางการฟอกเยื่อ โดยใช้เชื้อรามาประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีทางเคมีโดยไม่ใช้คลอรีนหรือสารประกอบคลอรีน ซึ่งการฟอกเยื่อแบบนี้เรียกว่า TCF (Total Chlorine Free Bleaching) โดยใช้ขบวนการที่เรียกว่า FEP คือใช้เชื้อรา (F) ฟอกแล้วต่อด้วยการใช้ NaOH 2 % (E) และใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (P) 2 % สำหรับยูคาลิปตัสและ 4 % สำหรับเยื่อชานอ้อย จะได้ค่า Brightness ของเยื่อที่สูงเป็นที่น่าพอใจ

ได้ทำการศึกษาคุณภาพของน้ำเสียที่ได้หลังจากการฟอก ด้วยขบวนการ FEP และ CEHH พบว่าน้ำเสียที่ได้หลังขบวนการ FEP จะได้ค่า COD BOD และโดยเฉพาะความเข้มของสีต่ำกว่าน้ำเสียที่ได้จากขบวน CEHH มาก

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากเชื้อ white rot fungi โดยเฉพาะ P. chrysosporium มีศักยภาพในการย่อยสลายลิกนินได้ดี และวิธีทางชีวภาพหรือเทคโนโลยีชีวภาพเป็นวิธีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้ดี เนื่องจากมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย และกำจัดสารพิษ ที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมได้ดี จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ ให้เกิดประโยชน์ได้อีกหลายประการดังต่อไปนี้

1. การแยกลิกนินออกจากเส้นใยหรือชิ้นไม้สับ เมื่อทำเยื่อกระดาษ

(pulping)วิธีทางชีวภาพหรือเทคโนโลยีชีวภาพ โดยการใช้เชื้อราหรือเอนไซม์จะสามารถช่วยลดการใช้สารเคมี และพลังงานได้

2. ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษ ซึ่งใช้วิธีทางเคมีอยู่แล้ว สามารถใช้เชื้อราในการย่อยสลายลิกนินในน้ำทิ้ง และสารมลพิษต่างๆ เช่น Dioxins ในน้ำทิ้งเพื่อลดสีและสารพิษต่างๆ ในน้ำทิ้งที่เกิดจากขบวนการผลิตโดยวิธีทางเคมี ซึ่งเป็นการลดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมในบั้นปลายได้

3. การศึกษาถึงการผลิตหรือสกัดแยกเอนไซม์จากเชื้อจุลินทรีย์ และนำเอนไซม์ไปใช้ในการย่อยสลายลิกนินออกจากชิ้นไม้สับ หรือเส้นใย และเยื่อที่ยังไม่ได้ฟอก จะทำให้ลดปัญหาในด้านของเวลาและขนาดของ Bioreactor สำหรับวิธีทางชีวภาพได้ดี