บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ก. สรุปผล

การศึกษานี้แบ่งออกเป็นสามขั้นตอนหลัก ๆ คือขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาสารที่ทำให้เกิดสีในน้ำยางธรรมชาติ รวมทั้งความเข้มข้น และอิทธิพลของความเข้มข้นแต่ละองค์ประกอบต่อสีของยาง ขั้นตอนที่สองคือ การพัฒนาวิธีการลดสารที่ทำให้เกิดสีในน้ำยางธรรมชาติ และขั้นตอนที่สามคือ การศึกษาสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มน้ำยางข้นจากการจุ่ม และพบว่าวิธีการลดสีในน้ำยางธรรมชาติด้วยการใช้สารลดสี (Color reducing agent, CRA) ความเข้มข้นเท่ากับ 0.15 % wt.wt^{-1} latex เป็นสภาวะที่ดีที่สุด เนื่องจากเป็นความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพในการลดสีของน้ำยางมากที่สุดโดยไม่ทำให้น้ำยางภายหลังเซนตริฟิวจ์เสียสภาพ โดยสามารถลดดัชนีสีเหลืองของแผ่นฟิล์มน้ำยางเท่ากับร้อยละ 8 รวมทั้งสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มน้ำยางข้นจากการจุ่มที่ผ่านการลดสีไม่มีความแตกต่างจากแผ่นฟิล์มน้ำยางข้นที่ไม่เติมสารลดสี

5.1 การศึกษาความสามารถของสารที่ทำให้เกิดสีในน้ำยางธรรมชาติ

การศึกษา สารหลัก ๆ ที่ ไม่ใช่เนื้อยางที่ ก่อให้เกิดสีในน้ำยาง ได้แก่ สารพอลิฟีนอล โปรตีน ซึ่ง รวม ถึงเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส และคาโรทีนอยด์ ซึ่งสารแต่ละชนิดมี มีการดูดกลืนแสง ที่แตกต่างกัน โดยคาโรทีนอยด์เป็นสารที่มีสีและมีการดูดกลืนแสงมากที่สุด สารที่มีการดูดกลืนแสงรองลงมาคือ พอลิฟีนอล และโปรตีน เท่ากับ 33.09 และ 0.01% ของการดูดกลืนแสงของคาโรทีนอยด์ นอกจากนี้ส่วนที่เหลือของยางธรรมชาติที่ผ่านการหลังผ่านการสกัดด้วยสารละลายไดคลอโรมีเทนและเมทานอล ยังคงมีการดูดกลืนแสงเป็น 0.50% ของคาโรทีนอยด์

Prince of Songkla University Pattani Campus

5.2 การศึกษาความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดสีของน้ำยางธรรมชาติ

1) ความน่าเชื่อถือของวิธีการวิเคราะห์สารที่ทำให้เกิดสีของน้ำยางธรรมชาติ

การวิเคราะห์สารที่ทำให้เกิดสีที่ไม่ใช่เนื้อยาง คือ พอลิฟีนอลด้วยวิธีโฟลิน-ไซโอแคลทู โปรตีนด้วยวิธี MS 1392: 1998 และคาโรทีนอยด์ด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย พบความน่าเชื่อถือของวิธีการวิเคราะห์สารที่ทำให้เกิดสี มีค่าความแม่นและความเที่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ มีร้อยละของการกู้คืนอยู่ในช่วง 95 -105% คือ 95.82±3.89, 102.1±3.8 และ 103.6±2.8% ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนที่ต่ำอยู่ในช่วง 1-6 % คือ 1.1±0.1, 5.3±0.4 และ 5.8±0.2% ตามลำดับ

2) ปริมาณของสารที่ทำให้เกิดสีในตัวอย่างน้ำยางสด

ความเข้มข้นขององค์ประกอบที่ทำให้เกิดสีในน้ำยางเรียงจากมากไปน้อย คือเนื้อยาง โปรตีน พอลิฟีนอล และคาโรทีนอยด์ โดยมีค่าเท่ากับ 37.73±0.35, 1.12±0.03, 0.02±0.00 และ 3×10^{-5}±0.00% $wt.wt^{-1}$ latex ตามลำดับ

ส่วนเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่เป็น ตัวเร่งในปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดกระบวนการ พอลิเมอไรเซชัน ของสารประกอบ ฟีนอลิก ให้กลายเป็นสารจำพวกควิโนนนั้น มีแอคติวิตี้เท่ากับ 83,333±7,572% $Unit.g^{-1}$ latex ส่วนความเข้มข้นของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 1.77±0.36 นาโนคาทาล และมีค่าจำเพาะแอคติวิตี้ของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 2.07±0.42 นาโนคาทาลต่อมิลลิกรัมโปรตีน

5.3 อิทธิพลของแต่ละองค์ประกอบที่ทำให้เกิดสีต่อความเข้มสีในยาง

อิทธิของแต่ละองค์ประกอบที่ศึกษาต่อการเกิดสีในยาง โดยการตรวจวัดค่าดูดกลืนแสงขององค์ประกอบต่าง ๆ ด้วยสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พบองค์ประกอบที่ไม่ใช่ยางเฉพาะที่ทำการศึกษาที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของยาง ตามลำดับจากสูงสุดไปต่ำสุด ดังนี้ พอลิฟีนอล โปรตีน และ คาโรทีนอยด์ โดยคิดเป็น 3.36, 0.08 และ 0.01% ของการดูดกลืนแสงทั้งหมด และสำหรับการดูดกลืนแสงที่เหลือของยางหลังผ่านการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนและเมทานอลเท่ากับ 91.61%

Prince of Songkla University Pattani Campus

5.4 ปริมาณสีของยาง

การวัดสีของตัวอย่างยางนอกจากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์แล้ว ยังสามารถใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter) เพื่อการตรวจสอบสี ได้ด้วย โดยการใช้ค่าดัชนีสีเหลือง (Yellowness index, YI E313) ที่ 460 นาโนเมตร สำหรับศึกษาปริมาณสีของแผ่นฟิล์มน้ำยางธรรมชาติและผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง โดยวิธีนี้จะเป็นวิธีที่มีความสะดวก ง่ายและรวดเร็ว ซึ่งพบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีสีเหลืองของแผ่นฟิล์มน้ำยางธรรมชาตินั้น เท่ากับ 103±3 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง ดัชนีสีเหลืองกับ เนื้อยางแห้ง พบว่า ดัชนีสีเหลืองกับเนื้อยางแห้งมีความสัมพันธ์ระดับที่สูง นอกจากนี้ในการศึกษาปริมาณสีของผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติและยางพอลิไอโซพรีนสังเคราะห์ พบยางธรรมชาติมีดัชนีสีเหลืองที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับยางพอลิไอโซพรีนสังเคราะห์

5.5 วิธีการลดสารที่ทำให้เกิดสีในน้ำยางธรรมชาติ

การลดสีคล้ำของน้ำยางธรรมชาตินั้นต้องการที่ลดสีอันเกิดจากสารที่ทำให้เกิดสีที่ไม่ใช่เนื้อยาง คือพอลิฟีนอล โปรตีน และคาโรทีนอยด์ เมื่อพบ ว่าพอลิฟีนอลเป็นสารที่มีอิทธิต่อความเข้มสีของน้ำยางมากกว่าโปรตีน และคาโรทีนอยด์ ตามลำดับ ดังนั้นการศึกษาต่อไปนี้จึงต้องการที่จะลดสารพอลิฟีนอล และโปรตีนเป็นหลัก โดยวิธีการใช้สารดูดซับ และสารละลายลดสี

1) วิธีการลดสารที่ทำให้เกิดสีในน้ำยางด้วยการใช้สารดูดซับ

สารดูดซับที่ใช้ลดสารที่ทำให้เกิดสีในน้ำยาง คือเบนทอไนต์ที่ปรับสภาพผิวด้วยกรดไนตริก เบนทอไนต์ปรับสภาพผิวด้วยเฮกซะเดกซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (HDTMA) และชานอ้อย โดยพบว่า เบนทอไนต์ที่ปรับสภาพผิวด้วยกรดไนตริกนั้นเป็นสารดูดซับที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดและเหมาะสมเป็นสารดูดซับเมื่อเปรียบเทียบกับเบนทอไนต์ที่ปรับสภาพผิวด้วย HDTMA และชานอ้อย เนื่องจากสามารถลดความเข้มข้นของโปรตีนได้อย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเข้มข้นของเบนทอไนต์ 2% $wt.wt^{-1}$ latex แม้ว่าจะไม่สามารถลดความเข้มข้นของพอลิฟีนอลและดัชนีสีเหลืองได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่มีสมบัติอื่นคือ ปริมาณแมกนีเซียม พีเอช ค่าการนำไฟฟ้า และน้ำหนักที่สูญเสีย ที่อยู่ในระดับใกล้เคียงน้ำยางที่ไม่เติมสารดูดซับ นอกจากนี้ยังมีต้นทุนที่ต่ำกว่าเบนทอไนต์ที่ปรับสภาพผิวด้วย HDTMA ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับพอลิฟีนอลที่ไม่แตกต่างกัน หรือการใช้ชานอ้อยเป็นสารดูดซับ

Prince of Songkla University Pattani Campus

2) วิธีการลดสีของแผ่นฟิล์มน้ำยางด้วยการใช้สารลดสี

วิธีการลดสีของน้ำยางนอกจากสารดูดซับแล้วได้มีการศึกษาการลดสีคล้ำของยางด้วยสารลดสี เนื่องจากสามารถยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส และเป็นสารกลุ่มฟอกสีด้วย พบการเ พิ่มความเข้มข้นสารลดสี ทำให้ดัชนีสีเหลืองของน้ำยางลดลง และเมื่อมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดดัชนีสีเหลืองของแผ่นฟิล์มน้ำยาง ระหว่างการใช้ สารลดสีเพียงอย่างเดียว และการใช้สารดูดซับคือ เบนทอไนต์ที่ปรับสภาพผิวด้วยกรดไนตริก 2% $wt.wt^{-1}$ latex ร่วมกับสารลดสี พบว่า สารลดสีเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพในการลดสี ส่วนความเข้มข้นของสารลดสีที่เหมาะสมที่สุดในการลดสีและเตรียมเป็นน้ำยางข้นคือ 0.15% $wt.wt^{-1}$ latex เนื่องจากสามารถลดดัชนีสีเหลืองของแผ่นฟิล์มน้ำยางเท่ากับร้อยละ 8 รวมทั้งสามารถนำไปปั่นเหวี่ยงเป็นน้ำยางข้นได้ โดยไม่ทำให้น้ำยางหลังการปั่นเหวี่ยงเสียสภาพ

5.6 สมบัติเชิงกลแผ่นฟิล์มน้ำยางข้นจากการจุ่ม

การเติมสารลดสีในน้ำยางสดเพื่อนำไปทำเป็นน้ำยางข้นไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์แผ่นฟิล์มน้ำยางข้นจากการจุ่ม เพราะสมบัติเชิงกลคือ 100% และ 300% มอดุลัส ค่าความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile strength) และสมบัติความสามารถในการยืดจนขาด (Elongation at breake) ของแผ่นฟิล์มน้ำยางข้นจากการจุ่มที่ผ่านการเติมและไม่เติมสารลดสี มีสมบัติเชิงกลส่วนใหญ่ที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % และความเข้มข้นของสารลดสีที่มีความเหมาะสมต่อการเตรียมเป็นน้ำยางข้นคือ ความเข้มข้น 0.15 % $wt.wt^{-1}$ latex เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มน้ำยางข้นจากการจุ่มที่ใกล้เคียงกับน้ำยางที่ไม่เติมลดสี และมีการลดลงของดัชนีสีเหลืองแผ่นฟิล์มน้ำยางสดสูงที่สุดโดยไม่ทำให้น้ำยางหลังการปั่นเหวี่ยงเสียสภาพ นอกจากนี้สาร CRA ความเข้มข้น 0.15 % $wt.wt^{-1}$ latex เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์พบว่ามีราคาต้นทุนเท่ากับ 2.8 บาทต่อกิโลกรัมน้ำยางสด

5.7 การเปรียบเทียบสียางพอลิไอโซพรีนด้วยเครื่องเปรียบเทียบสีมาตรฐานโลวิบอนด์

ความเข้มสีของยางพอลิไอโซพรีนด้วยโลวิบอนด์เรียงลำดับจากน้อยไปมากดังนี้คือ ยางพอลิไอโซพรีนสังเคราะห์ ยางธรรมชาติที่ผ่านการสกัดเอาสารที่ไม่ใช่เนื้อยางที่ทำให้เกิดสีด้วยสารละลายไดคลอโรมีเทนและเมทานอล ยางธรรมชาติที่ผ่านการเติมสารลดสี CRA และยางธรรมชาติแห้ง ตามลำดับ โดยยางธรรมชาติแห้งจะมีสีเข้มกว่ายางพอลิไอโซพรีนสังเคราะห์ เนื่องจากยางธรรมชาติมีสารที่ไม่ใช่เนื้อยางที่ทำให้เกิดสี ซึ่งอุณหภูมิมีผลต่อการเร่งให้เกิดปฏิกิริยา

Prince of Songkla University Pattani Campus

อันเกิดจากสารที่ไม่ใช่เนื้อยางที่ทำให้เกิดสี และอาจรวมถึงความยาวสายโซ่คอนจูเกตของโมเลกุลยางธรรมชาติด้วย นอกจากนี้การเติมสารลดสี CRA ความเข้มข้น 1.5% ซึ่งเป็นตัวออกซิไดส์ทำให้ยางมีสีจางลง

ข. ข้อเสนอแนะ

1) องค์ประกอบที่ไม่ใช่เนื้อยางแล้วทำให้เกิดสีในยางธรรมชาตินั้นยังมีสารอื่นที่ไม่ได้ถูกศึกษา แต่มีผลต่อการเกิดสีเล็กน้อยของยางด้วยเช่น โลหะ น้ำตาล เรซิน เป็นต้น ดังนั้นหากมีการศึกษาเพิ่มถึงความเข้มข้น และอิทธิต่อการเกิดสี จะทำให้เห็นสัดส่วนของสีที่เกิดขึ้นจากแต่ละองค์ประกอบชัดเจนขึ้น

2) ปัจจัยอื่นนอกจากชนิดและความเข้มข้นของแต่ละองค์ประกอบที่ทำให้เกิดสีแล้ว ยังมีเรื่องปัจจัยของการอบเร่งยางในระยะเวลาสั้น ๆ เพื่อดูการเสื่อมสภาพ และการออกซิเดชันด้วย ซึ่งหากมีการศึกษาเพิ่มเติม อาจทำให้เห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้น สำหรับสีคล้ำของน้ำยางธรรมชาติและแนวทางในการลดสีคล้ำ

3) ผู้ประกอบสามารถนำวิธีในการลดสีในน้ำยางนี้ไปใช้ในการลดสียางในอุตสาหกรรมยางแท่ง หรือยางเครฟได้เช่นเดียวกันกับอุตสาหรรมน้ำยาง

4) เพื่อประสิทธิภาพที่มากขึ้นน่าจะมีการพัฒนาสารชนิดอื่นร่วมกับสารนี้ในการลดสีคล้ำของน้ำยางธรรมชาติต่อไป

5) ในการวัดสีของตัวอย่างยางควรใช้สภาวะในการวัดสีเช่นเดียวกับสภาวะที่ใช้ในโรงงานผลิตยางแท่ง

Prince of Songkla University Pattani Campus