

Research Article

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของธูปฤาษี และสารสกัดเซลลูโลสจากธูปฤาษีเพื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

Study on chemical composition of *Typha angustifolia* L and extracted cellulose from *Typha angustifolia* L for food applications

พัชรารณ พิมพจันทร์ * สุรีย์รัตน์ อู่สูงเนิน แสงระวี บิดร สิริกานต์ ดวงดีและอรุณรัตน์ อุทัยกู

Patcharaporn Pimchan*, Sureerat Usoungnern, Sangravee Bidon, Sirikan Duangde and A-roonrat Utaiku

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham

*E-mail: Patcharaporn145@gmail.com

Received: 22/04/2020; Revised: 24/07/2020; Accepted: 28/07/2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า สารแทรกที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ลิกนิน เชื้อใยหยาบ ไฮโดรเซลลูโลส และแอลฟา-เซลลูโลส จากส่วนใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ ของธูปฤาษีในดินเค็มหนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม และสกัดเซลลูโลสจากส่วนใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ ของธูปฤาษี จากการศึกษาพบว่าความชื้น เถ้า สารแทรกที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์และลิกนินมีปริมาณร้อยละ 78.60-88.99 7.43-9.40 11.98-15.73 และ 8.92-16.75 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่สามารถแปรรูปรับประทานได้ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายและมีปริมาณเชื้อใยหยาบ ปริมาณไฮโดรเซลลูโลส และแอลฟา-เซลลูโลสร้อยละ 29.13-36.61 52.53-66.16 และ 37.83-54.44 ตามลำดับ ซึ่งเหมาะสมที่จะเป็นพืชทางเลือกในการใช้ประโยชน์จากเส้นใย เมื่อสกัดเซลลูโลสจากใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ของธูปฤาษีพบว่ามีปริมาณสารเจือปนต่ำและมีปริมาณแอลฟา-เซลลูโลสสูง โดยเซลลูโลสจากโคนแก่มีปริมาณแอลฟา-เซลลูโลสสูงสุดคือร้อยละ 86.52 มีค่าเทียบเท่ากับเซลลูโลสในท้องตลาด เมื่อวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction) และอินฟราเรดสเปกตรัม (FT-IR) พบว่าลิกนินถูกกำจัดออกได้เซลลูโลสที่มีความเป็นผลึกและมีความบริสุทธิ์สูง แสดงให้เห็นว่าธูปฤาษีในดินเค็มหนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม สามารถเป็นแหล่งเซลลูโลสใช้ประโยชน์ในอาหารได้และส่วนโคนแก่มีความเหมาะสมในการนำมาสกัดเซลลูโลสมากที่สุด

คำสำคัญ : ธูปฤาษี, ดินเค็ม, เซลลูโลส, เส้นใยอาหาร

Abstract

The aims of this study were to study the chemical composition such as moisture, ash, insoluble substance in organic solvents, lignin, crude fiber, holocellulose, and alpha-cellulose of *Typha angustifolia* L in saline soil at Nong Bo, Borabue, Maha Sarakham District from four parts of the plant (young leaf, young stem, mature leaf and mature stem) and to extract the cellulose from *Typha angustifolia* L in saline soil from all of four parts. The amount of moisture, ash, insoluble substance in organic solvents and lignin were 78.60-88.99 7.43-9.40 11.98-15.73 and 8.92-16.75%, respectively, which was in a level that can be processed and consumed without harm to the body. The crude fiber, holocellulose, and alpha-cellulose of *Typha angustifolia* L in saline soil were 29.13-36.61 52.53-66.16 and 37.83-54.44%, respectively. The chemical composition indicated that *Typha angustifolia* L was a promising alternative as a source of fiber. The extracted cellulose from young leaf, young stem, mature leaf and mature stem showed the low impurity and a high alpha-cellulose. The cellulose from the mature stem revealed the highest alpha-cellulose content of 86.52%, equivalent to cellulose in the market. When analyzing crystal structure by X-ray diffraction and FT-IR, it was found that lignin was eliminated, and the high purity and crystalline cellulose were constraining. The *Typha angustifolia* L in saline soil at Nong Bo, Borabue, Maha Sarakham District can be a source of cellulose in food applications and the mature stem was most suitable for cellulose extraction.

Keywords: *Typha angustifolia* L., Saline soil, Cellulose, Dietary Fiber

บทนำ

องค์ประกอบหลักทางเคมีของเนื้อไม้มี 3 ชนิดคือ โฮโลเซลลูโลส (holocellulose) ลิกนิน (lignin) และสารแทรก (extractive) โดยปริมาณจะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของพืช ปริมาณโฮโลเซลลูโลส (holocellulose) พบมากที่สุดประมาณร้อยละ 60-75 โดยโครงสร้างของโฮโลเซลลูโลสจะประกอบด้วย ส่วนเซลลูโลส (cellulose) ซึ่งเป็นโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสจำนวนมากต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่งเบต้า-1,4 (β -1,4) มีลักษณะการจัดเรียง 2 แบบคือ จัดเรียงอย่างเป็นระเบียบมีเนื้อหนาแน่นมากเรียกว่า ผลึก (crystalline) และจัดเรียงตัวอย่างหลวม ๆ ไม่เป็นระเบียบ เรียกว่า ออสัญฐาน (amorphous) และส่วนของเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ซึ่งเป็นน้ำตาล 6 คาร์บอน (hexose) และน้ำตาล 5 คาร์บอน (pentose) ที่มีโครงสร้างเป็นกิ่งก้านสาขา จัดเรียงตัวอย่างหลวม ๆ เป็นอสัญฐาน (Juan et al., 2008)

เซลลูโลส สามารถแบ่งตามปริมาณการละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้เป็น 3 ชนิด คือ แอลฟา-เซลลูโลส (alpha-cellulose) เบต้า-เซลลูโลส (beta-cellulose) และแกมมา-เซลลูโลส (gamma-cellulose) แอลฟา-เซลลูโลสเป็นเซลลูโลสที่มีสายโซ่ยาวที่สุด และมีความเสถียรที่สุด (Kaewruang & Limmanee, 2013) นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งตามลักษณะ โครงสร้างการจัดเรียงระหว่างสายโซ่ได้เป็น 4 ประเภท (type I, II, III and IV) คือ เซลลูโลสที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเป็นเซลลูโลสประเภท I มีการเรียงตัวของสายโพลิเมอร์เป็นแบบขนาน (parallel) ระหว่างเกลียวของสายโพลิเมอร์ไม่เกิดพันธะไฮโดรเจน เซลลูโลสประเภท II มีการเรียงตัวของสายโพลิเมอร์แบบตรงกันข้าม (antiparallel) และระหว่างเกลียวของสายโพลิเมอร์เกิดพันธะไฮโดรเจนทำให้มีความเสถียรทางอุณหพลศาสตร์มากกว่า ในขณะที่เซลลูโลส III เป็น amorphous เกิดจากการหุบเซลลูโลส I หรือ II กับเอมีน และเซลลูโลส IV เกิดจากการหุบเซลลูโลส III กับกลีเซอรอลที่อุณหภูมิสูงมาก (Nunes, 2017)

อย่างไรก็ตามในการสกัดเพื่อใช้ประโยชน์นั้นไม่มีการแยกโครงสร้างจึงเรียกรวมส่วนของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำว่า เซลลูโลส ในแง่ของอาหาร เซลลูโลสเป็นอาหารลดความอ้วน เพราะไม่ให้พลังงาน และไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่น นอกจากนี้ยัง

ช่วยป้องกันมะเร็ง ปกป้องลำไส้ให้สุขภาพดี มีสมบัติอุ้มน้ำได้ดี และเพิ่มปริมาณกากอาหาร ช่วยควบคุมโรคเบาหวาน โดยลดระดับน้ำตาล ไขมัน คอเลสเตอรอลในเลือด และลดการเกิดนิ่วในถุงน้ำดีได้ (Winuprasith et al., 2018) มีการนำเซลลูโลสผงมาช่วยเพิ่มปริมาตร และปรับปรุงเนื้อสัมผัสในเค้ก เนื่องจากช่วยให้การหดตัวของเค้กหลังการอบลดลง เพราะเซลลูโลสผงทำให้โครงสร้างที่เก็บกักก๊าซแข็งแรงขึ้น (Thompson et al., 2004) และนอกจากนี้เซลลูโลสยังช่วยลดการอมน้ำมันในอาหารทอดต่างๆ ได้ด้วย (Khemacheewakul et al., 2018) ปัจจุบันประเทศไทยยังต้องนำเข้าเซลลูโลสและอนุพันธ์ของเซลลูโลสจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพงเนื่องจากแหล่งผลิตภายในประเทศไม่มีเพียงพอ อีกทั้งในประเทศยังไม่มีการผลิตเชิงพาณิชย์ ใดๆ ก็ตาม การใช้เซลลูโลสมีแนวโน้มสูงขึ้นในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากคนส่วนใหญ่หันมาให้ความสำคัญด้านสุขภาพมากขึ้นจึงสนใจเซลลูโลสและใยอาหารธรรมชาติมากขึ้น ดังนั้นการหาแหล่งเซลลูโลสในประเทศจึงมีความสำคัญต่อทั้งด้านปริมาณและการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

ธูปฤาษี หรือกกช้าง (ชื่อวิทยาศาสตร์ *Typha angustifolia* L ชื่อวงศ์ Typhaceae) เป็นวัชพืชล้มลุกมีลักษณะคล้ายพืชพวกกก จัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม เพราะมีดอกที่ใช้ในการสืบพันธุ์เป็นจำนวนมาก ทำให้ขยายพันธุ์ได้อย่างกว้างขวาง (Saengchu et al., 2008) และจากการศึกษาพบว่าธูปฤาษีมีเซลลูโลสร้อยละ 40 ซึ่งนำมาผลิตเยื่อกระดาษ ปั่นเป็นเส้นด้ายใช้ทอเป็นผืนผ้าได้ และ ธูปฤาษียังมีสรรพคุณทางยา คือ ช่วยขับปัสสาวะ ช่วยเพิ่มน้ำนมของสตรีหลังการคลอดบุตร (Central Laboratory and Greenhouse Complex, 2018) และจากการศึกษาพบว่า พืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเค็ม จะมีความสามารถดูดซับเกลือได้ดี และทำให้มีสมบัติบางอย่างเปลี่ยนแปลงไป เช่น ข้าวที่ปลูกในดินเค็มมีความหอมพิเศษ หรือกกในดินเค็มจะเกิดเชื้อราได้น้อยกว่ากกที่เกิดในดินธรรมดา (Pimchan & Saesim, 2016) ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของธูปฤาษีและเซลลูโลสจากธูปฤาษีที่เก็บตัวอย่างในดินเค็ม บริเวณหนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม แยกส่วนเป็นใบอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ เพื่อศึกษาแนวทางการใช้เซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัชพืช

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างธูปฤาษีโดยแบ่งเป็น 2 ช่วงวัย คือธูปฤาษีอ่อน หมายถึง ธูปฤาษีที่ยังไม่โตเต็มวัย มีลำต้นที่ยังไม่มีดอก และ ธูปฤาษีแก่ หมายถึง ธูปฤาษีที่โตเต็มวัย ลำต้นมีดอกสีน้ำตาลเข้ม และเก็บตัวอย่างทั้งสองช่วงอายุแยกเป็นส่วนโคน คือส่วนลำต้นสูงจากพื้นดิน 0-60 เซนติเมตร และส่วนใบสูงจากพื้นดินมากกว่า 60 เซนติเมตรจนถึงปลาย จะได้ตัวอย่างธูปฤาษี 4 ตัวอย่างคือ ใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ หั่นเป็นชิ้นขนาด 1 x 1 เซนติเมตร ผึ่งที่อุณหภูมิห้องจากนั้นบดผ่านตะแกรงขนาด 45 mesh

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของธูปฤาษี

ทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยให้ความร้อนตัวอย่างที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส ด้วยเตาอบเป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง และ เถ้า โดยให้ความร้อนตัวอย่างที่อุณหภูมิ 575±25 องศาเซลเซียส ในเตาเผา เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตามมาตรฐานการวิเคราะห์ของ Technical association of the pulp and paper industry (TAPPI, 1998, T 264 om-88 และ TAPPI, 2000, T 211 om-93)

วิเคราะห์ปริมาณสารแทรกที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งตัวอย่าง 1 กรัม สกัดโดยวิธี Soxhlet ด้วยสารละลายผสมเอทานอล ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) และเบนซีน (C_6H_6) อัตราส่วน 64:137 เป็นเวลา 6 ชั่วโมงและสกัดด้วยเอทานอล 4 ชั่วโมง ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น นำตัวอย่างใส่ในขวดรูปชมพู่ และเติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ให้ความร้อนจนเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นกรองและล้างด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร อบจนแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส บันทึกน้ำหนักและคำนวณ ดังสมการ (1) (ตามมาตรฐาน TAPPI, 1997, T 264 om-97)

วิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยหยาบ ซึ่งตัวอย่าง 1 กรัม สกัดโดยวิธี Soxhlet ด้วยสารละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ จากนั้นสกัดเยื่อใยด้วยกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 (v/v) 30 นาที และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 เป็นเวลา 30 นาที ล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อนจน pH เป็นกลาง จะใช้น้ำร้อนประมาณ 1,500 มิลลิลิตร นำ beaker ที่มีเยื่อใยไปอบจนแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 16-18 ชั่วโมง จากนั้นนำ beaker ออกมาใส่โถดูดความชื้นปล่อยให้เย็นบนตึกน้ำหนักแล้วเข้าในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนัก (โดยส่วนของเยื่อใยคือส่วนที่ถูกเผาไหม้) คำนวณดังสมการ (1) (ตามมาตรฐาน AOAC, 1990)

$$\% \text{Chemical composition} = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W_1} \quad (1)$$

W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนสกัด

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังสกัดที่ผ่านการอบจนคงที่

วิเคราะห์ปริมาณลิกนิน โดยซึ่งตัวอย่าง 1 กรัม เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 72 (v/v) 15 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คนด้วยแท่งแก้ว ปิดด้วยกระจกนาฬิกา จากนั้นแช่ที่อุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส คนทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เติมน้ำกลั่น (H_2O) 560 มิลลิลิตร เพื่อลดความเป็นกรดให้เหลือความเข้มข้นร้อยละ 3 (w/w) ต้มให้เดือดโดยรักษาระดับน้ำให้คงที่ 4 ชั่วโมง กรอง ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 500 มิลลิลิตร อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและชั่งน้ำหนัก คำนวณดังสมการ (2) (ตามมาตรฐาน TAPPI, 1998, T 264 om-88)

วิเคราะห์ปริมาณโซโลเซลลูโลส ทำโดยนำตัวอย่าง 0.7 กรัม ทำปฏิกิริยากับกรดแอซิติก (CH_3COOH) ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 (w/v) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 (w/v) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ตามด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้นร้อยละ 20 (w/v) 1 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 70 ± 2 องศาเซลเซียส แกว่งเป็นวงกลมทุกๆ 15 นาที และเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้นร้อยละ 20 (w/v) 1 มิลลิลิตร ทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นวางในอ่างน้ำแข็งจนสารละลายมีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างมากรองผ่าน sinter glass เบอร์ 3 ล้างด้วยกรดแอซิติก (CH_3COOH) ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 (w/v) 100 มิลลิลิตร ตามด้วยอะซิโตน ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) 5 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่อง suction อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส และชั่งน้ำหนัก ทำการคำนวณดังสมการ (2) (ตามมาตรฐาน T 204 om-88)

วิเคราะห์ปริมาณแอลฟา-เซลลูโลส โดยนำตัวอย่างโซโลเซลลูโลสใน sinter glass crucible มาวางลงใน dish ที่มีน้ำสูง 1 เซนติเมตร จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 17.5% (w/w) หรือ 5.21 N ปริมาตร 3 มิลลิลิตรคนด้วยแท่งแก้ว 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 17.5 (w/w) 3 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 35 นาที เติมน้ำกลั่น (H_2O) 6 มิลลิลิตร จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น (H_2O) 60 มิลลิลิตร ตามด้วยอะซิโตน ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) 10 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่อง suction อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมงและชั่งน้ำหนัก คำนวณดังสมการ (2) (Zobel & McElwee, 1966)

$$\%Lignin, Holo - cellulose or \alpha - cellulose = \frac{W_2 \times 100}{W_1} \quad (2)$$

W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนสกัด

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังสกัดที่ผ่านการอบจนคงที่

การสกัดเซลลูโลสจากรูปถา

สกัดเซลลูโลส ตามวิธีของ Singanusong & Sodchi (2011) โดยกำจัดไขมันและสารแทรกด้วยสารละลายเอทานอล (CH_3CH_2OH) ความเข้มข้นร้อยละ 90 (v/v) ที่อุณหภูมิ 57.5 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กำจัดลิพิดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 15 (w/w) ที่อุณหภูมิ 57.5 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และกำจัดโปรตีนด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้นร้อยละ 12 (w/w) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นฟอกสีของเซลลูโลสด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ความเข้มข้นร้อยละ 12 (v/v) และกรดแอซิติก (CH_3COOH) เข้มข้นอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 45 นาทีและล้างด้วยน้ำกลั่น (H_2O) จนกว่าสารที่ได้จะมีค่า pH เป็นกลาง กรองและอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารแทรกที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ปริมาณลิพิด ปริมาณเชื้อยีส ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และปริมาณแอลฟา-เซลลูโลส โดยวิธีเดียวกับตัวอย่างรูปถา

การพิสูจน์เอกลักษณ์

วิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) ด้วยเครื่อง XRD, Bruker D8 ADVANCE diffractometer ที่มีการแผ่ของรังสี $Cu K\alpha$ ($\lambda = 0.15418$ nm) และศึกษาหมู่ฟังก์ชันและพันธะทางเคมีด้วยเทคนิค FT-IR ที่ช่วงเลขคลื่น $400-4,000$ cm^{-1} ด้วยเครื่อง Perkin-Elmer Spectrum-One FTIR spectrophotometer

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น .05

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีของรูปถา

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของรูปถาในดินเค็มบริเวณหนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ได้ผลดังตารางที่ 1 ตัวอย่างรูปถาใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ มีความชื้นร้อยละ 7.86-8.89 ความชื้นถือว่าเป็นตัวแปรในสภาพการเก็บรักษาที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรก หากมีน้ำแทรกในโมเลกุลปริมาณมากจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีและกายภาพหรือเกิดการสลายตัวของเส้นใย และพืชสมุนไพรควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 (Phayakphrom, 2015) ซึ่งความชื้นในโมเลกุลของรูปถาอยู่ในระดับมาตรฐานของพืชสมุนไพรและจากการเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าความชื้นของใบอ่อนและใบแก่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าในโคนแก่ และโคนอ่อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงถึงอาจไม่มีผลต่อปริมาณน้ำในใบของรูปถา และส่วนโคนมีปริมาณน้ำมากกว่าส่วนใบ โดยโคนอ่อนมีปริมาณน้ำมากกว่าโคนแก่

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของรูปถ่ายในดินเค็มบริเวณหนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม

ตัวอย่าง รูปถ่าย	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	สารแทรก (%)	ลิกนิน (%)	เยื่อใยหยาบ (%)	โพลี เซลลูโลส (%)	แอลฟา- เซลลูโลส (%)
ใบอ่อน	8.02±0.86 ^a	7.43±0.21 ^a	17.81±0.42 ^d	8.92±0.65 ^a	33.84±0.65 ^b	66.16±0.65 ^d	37.83±1.00 ^a
โคนอ่อน	8.89±0.57 ^c	9.40±0.20 ^c	15.73±0.30 ^c	14.54±0.83 ^c	33.69±0.93 ^b	57.82±0.58 ^b	54.44±0.91 ^b
ใบแก่	7.86±1.53 ^a	7.57±0.20 ^a	13.86±0.37 ^b	16.75±0.85 ^d	29.13±1.00 ^a	64.89±0.48 ^c	38.01±0.50 ^a
โคนแก่	8.56±0.55 ^b	8.50±0.30 ^b	11.98±0.57 ^a	11.42±0.71 ^b	36.61±1.29 ^c	52.53±0.61 ^a	52.93±0.25 ^b

หมายเหตุ ข้อมูลแสดง ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ทางสถิติ One-way ANOVA ที่ระดับ .05 ตัวอักษรในสมมติเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างทางสถิติ

ถ้าในตัวอย่างรูปถ่ายใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ มีปริมาณร้อยละ 7.43-9.40 ถ้าเกี่ยวข้องกับแร่ธาตุ และ สารอนินทรีย์ในตัวอย่าง ถ้ามีปริมาณเถ้าสูงแสดงถึงการปนเปื้อนของสารอนินทรีย์และแร่ธาตุสูงด้วยซึ่งจะมีผลต่อการผลิตเชื้อ กระจาย (Atiwannapat et al., 2008) หรือการสกัดสารให้บริสุทธิ์ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าเถ้าของใบอ่อนและใบแก่มี ปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าต่ำกว่าในโคนแก่ และ โคนอ่อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงถึงส่วนโคน มีการสะสมของสารอนินทรีย์สูงกว่าส่วนใบ โดยโคนอ่อนสะสมสารอนินทรีย์สูงกว่าโคนแก่ และอายุไม่มีผลต่อการสะสมของ สารอนินทรีย์ของรูปถ่ายส่วนของใบ ดังนั้นหากพิจารณาในแง่การปนเปื้อนของสารอนินทรีย์ส่วนใบจะต่ำกว่า และจาก การศึกษาพบว่าในฟางข้าวมีเถ้าร้อยละ 16.93 (Pansuwan, 1999) เปลือกข้าวมีเถ้าร้อยละ 14.64 (Tanarungrangsee et al., 2015) เมื่อพิจารณาการใช้ประโยชน์ พืชสมุนไพรต่าง ๆ ควรมีเถ้าไม่เกินร้อยละ 10 (Phayakphrom, 2015) แสดงให้เห็นว่ารูปถ่ายใน ดินเค็มทุกส่วนมีเถ้าในระดับต่ำ มีความเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ในการผลิตเชื้อได้ และมีปริมาณเถ้าเหมาะสมเทียบเท่าพืช สมุนไพรซึ่งมีสารเจือปนในระดับที่ไม่อันตราย

ปริมาณสารแทรกที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ในตัวอย่างรูปถ่ายในส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ มีร้อยละ 11.98-17.81ซึ่งสารแทรกหลักที่พบอยู่ในพืชจะเป็นกรดไขมัน สารระเหย ไขมัน และสารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นวง แหวน เป็นส่วนที่ทำให้พืชมีสี กลิ่น และรส แตกต่างกัน (Pansuwan, 1999) ซึ่งในการใช้ประโยชน์ของพืชเส้นใยควรจะมีสาร แทรกต่ำเพื่อช่วยต่อการกำจัด จากการศึกษาปริมาณสารแทรกในใบสับปะรดพบร้อยละ 11.23 และเปลือกกล้วยร้อยละ 10.34 (Pansuwan, 1999) พืชทั้งสองชนิดมีการใช้ประโยชน์ของเส้นใยและปริมาณสารแทรกใกล้เคียงกับรูปถ่ายในดินเค็ม แสดงให้ เห็นว่ารูปถ่ายมีปริมาณสารแทรกไม่สูงมากสามารถนำมาสกัดใช้ประโยชน์เส้นใยได้ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารแทรกจาก ส่วนต่างๆ ของรูปถ่ายพบว่าทุกส่วนมีปริมาณต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยสารแทรกในรูปถ่ายอ่อนมีปริมาณสูงกว่า รูปถ่ายแก่ และส่วนใบสูงกว่าส่วนโคนเนื่องจากอยู่ในรูปสารเคลือบใบ ไขมัน และกลื่น ในการกำจัดสารอินทรีย์เพื่อใช้ ประโยชน์เส้นใย ส่วนโคนแก่และใบแก่เหมาะสมต่อการสกัดเซลลูโลสมากกว่าเนื่องจากมีปริมาณสารอินทรีย์ที่ต้องกำจัดออก ปริมาณน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามปริมาณสารแทรกในส่วนต่างๆ ของรูปถ่ายอยู่ในระดับที่สามารถกำจัดออกได้โดยไม่เป็น อันตราย

ปริมาณลิกนินในตัวอย่างรูปถ่ายส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ พบร้อยละ 8.92±0.65 14.54±0.83 16.75±0.85 และ 11.42±0.71 ตามลำดับ ลิกนินในพืชทำหน้าที่เชื่อมเส้นใยให้ยึดติดกัน เส้นใยที่มีปริมาณลิกนินสูงจะมีความ แข็งแรง เนื่องจากลิกนินมีโครงสร้างที่ซับซ้อน สามารถเปลี่ยนรูปทางเคมีได้ จึงมีการนำไปใช้ในงานด้านการแพทย์และ เป็นสารเติมเต็มในอุตสาหกรรมเคมีได้ ซึ่งเส้นใยพืชที่ดีจะต้องมีลิกนินไม่เกินร้อยละ 20-30 (Pansuwan, 1999) จึงจะสามารถ

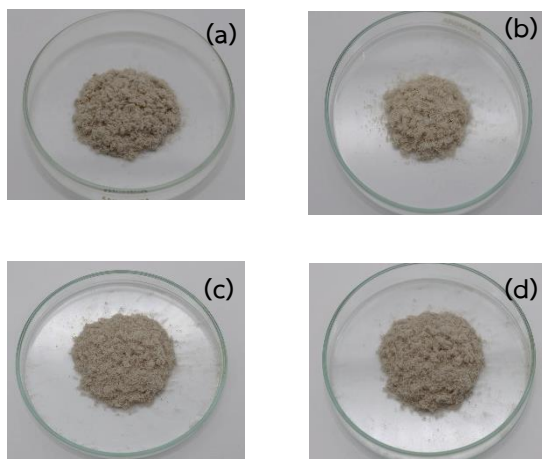
รับประทานได้ ไม่ส่งผลให้เกิดอาการท้องเสีย เนื่องจากถั่วงอกได้รับลิกนินสูง อาจมีผลชะลอการดูดซึมสารอาหารบางชนิดในลำไส้เล็ก จากการศึกษาปริมาณลิกนินในฝ้ายพบร้อยละ 17 ปอแก้วพบร้อยละ 15.12 และทะลายปาล์มพบร้อยละ 9.33 (Liampeechea et al., 2014) เมื่อเปรียบเทียบจะเห็นว่าลิกนินของรูปถ่ายทุกส่วนมีปริมาณต่ำ โดยเฉพาะในใบอ่อนและโคนแก่มีปริมาณต่ำกว่าส่วนอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งปริมาณลิกนินที่ต่ำจะส่งผลดีต่อร่างกาย

ปริมาณเชื้อใยหยาบในตัวอย่างรูปถ่ายส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ มีค่าร้อยละ 29.13-36.61 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณเชื้อใยหยาบที่พบในเปลือกข้าวร้อยละ 47.24 (Tanarungrangsee et al., 2015) ถากมันสำปะหลังร้อยละ 19.46 (Punyanunt et al., 2018) เชื้อใยหยาบที่พบในรูปถ่ายมีในปริมาณที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ และจากการเปรียบเทียบพบว่าส่วนใบและส่วนโคนของรูปถ่ายอ่อนมีปริมาณเชื้อใยหยาบไม่แตกต่างกัน และเมื่อรูปถ่ายแก่เต็มวัยส่วนโคนจะมีปริมาณเชื้อใยสูงกว่าส่วนใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนโคนแก่จึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์ด้านเส้นใยมากที่สุด

ปริมาณโซลิดเซลลูโลสในตัวอย่างรูปถ่ายส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่ารูปถ่ายมีโซลิดเซลลูโลส ร้อยละ 52.52-66.16 โซลิดเซลลูโลสเกี่ยวข้องกับส่วนของคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้งและเพคตินในพืช ซึ่งโซลิดเซลลูโลสประกอบด้วยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ถ้าพืชมีโซลิดเซลลูโลสในปริมาณสูงก็จะเป็นแหล่งเซลลูโลสที่ดีจากการศึกษาปริมาณโซลิดเซลลูโลสของฟางข้าว และชานอ้อยพบร้อยละ 64-71 ใบสับปะรดพบร้อยละ 67.05 (Pansuwan, 1999) กกในดินเค็มพบร้อยละ 78.08 (Pimchan & Saesim, 2016) เปลือกข้าวพบร้อยละ 78.78 (Tanarungrangsee et al., 2015) และพบว่าปริมาณโซลิดเซลลูโลสในส่วนใบของรูปถ่ายมีปริมาณสูงกว่าส่วนโคนและรูปถ่ายอ่อนจะมีปริมาณโซลิดเซลลูโลสสูงกว่ารูปถ่ายแก่ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณแอลฟา-เซลลูโลสในตัวอย่างรูปถ่ายส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบร้อยละ 37.83-54.45 โดยส่วนโคนมีปริมาณสูงกว่าส่วนใบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งจากปริมาณโซลิดเซลลูโลสและแอลฟา-เซลลูโลสสามารถคำนวณปริมาณเฮมิเซลลูโลสได้ร้อยละ 28.33 สำหรับใบอ่อน ร้อยละ 3.38 สำหรับโคนอ่อน ร้อยละ 26.88 สำหรับใบแก่ และไม่พบสำหรับโคนแก่ แสดงให้เห็นว่าส่วนใบมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูงกว่าส่วนโคนแสดงว่าส่วนใบสะสมเฮมิเซลลูโลสซึ่งเป็นเซลลูโลสสายสั้นมีโครงสร้างอ่อนนุ่ม และละลายน้ำได้ดี ขณะที่ส่วนโคนมีการสะสมของเซลลูโลสในรูปผลึกสูงกว่าส่วนใบ (Reddy and Yang, 2009) จากการศึกษาแอลฟา-เซลลูโลสในกก พบร้อยละ 43.47 (Pimchan & Saesim, 2016) เปลือกข้าวพบร้อยละ 95.84 (Tanarungrangsee et al., 2015) ชานอ้อยพบร้อยละ 51.04 (Pansuwan, 1999) ฟางข้าวพบร้อยละ 78-86.61 (Narkchamnan & Krongtaew, 2012) ซึ่งพืชเส้นใยที่ดีจะต้องมีปริมาณแอลฟา-เซลลูโลสไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 (Pansuwan, 1999) เห็นได้ว่าตัวอย่างรูปถ่ายมีปริมาณแอลฟา-เซลลูโลสในระดับที่เหมาะสมในการแปรรูปใช้ประโยชน์จากเส้นใยได้เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีแล้วส่วนที่เหมาะสมที่สุดน่าจะเป็นโคนแก่เนื่องจากปริมาณสารแทรก สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ปริมาณต่ำ ง่ายต่อการกำจัดและมีปริมาณเส้นใยและแอลฟา-เซลลูโลสสูงกว่าส่วนอื่น

องค์ประกอบทางเคมีของเซลลูโลสจากรูปถ่าย

เมื่อทำการสกัดเซลลูโลสในตัวอย่างรูปถ่าย ส่วนใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่าได้เซลลูโลสผงสีน้ำตาล ดังรูปที่ 1. ร้อยละเซลลูโลสที่สกัดได้เป็น 23.90 25.90 21.83 และ 26.55 ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแล้วได้ผลดังตารางที่ 2



รูปที่ 1 ตัวอย่างเซลลูโลสจากรูปถ่ายที่สกัดจาก a) ไบอ่อน b) ไคอ่อน c) ไบแก่ และ d) ไคแก่

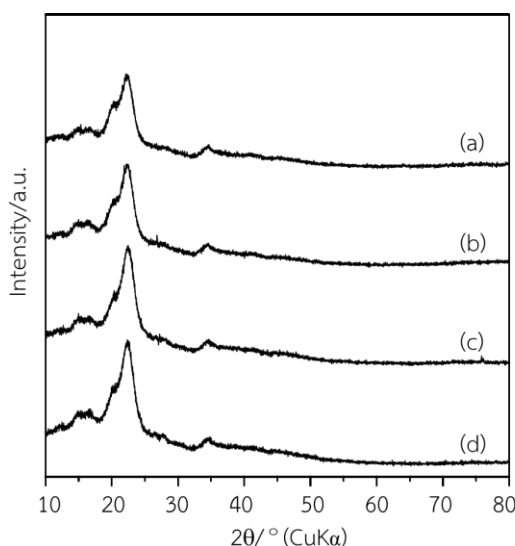
ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของเซลลูโลสสกัดจากรูปถ่ายในดินเค็มบริเวณหนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม

ตัวอย่าง เซลลูโลส	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	สารแทรก (%)	ลิกนิน (%)	เยื่อใยหยาบ (%)	ไฮโดร เซลลูโลส (%)	แอลฟา- เซลลูโลส (%)
ไบอ่อน	3.31 ± 0.25^c	1.57 ± 0.04^b	1.96 ± 0.20^c	0.40 ± 0.10^b	61.71 ± 0.85^a	67.40 ± 0.80^b	60.18 ± 0.93^b
ไคอ่อน	1.75 ± 0.15^a	1.67 ± 0.17^b	1.60 ± 0.20^b	0.04 ± 0.01^a	65.35 ± 0.66^b	78.11 ± 0.70^c	77.38 ± 1.06^c
ไบแก่	2.90 ± 0.10^b	1.76 ± 0.14^b	1.61 ± 0.16^b	0.14 ± 0.05^a	63.37 ± 0.87^a	62.56 ± 1.05^a	42.61 ± 0.91^a
ไคแก่	1.61 ± 0.10^a	0.79 ± 0.18^a	1.09 ± 0.13^a	0.06 ± 0.28^a	67.09 ± 1.41^b	87.61 ± 1.17^d	86.52 ± 0.64^d

หมายเหตุ ข้อมูลแสดง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ทางสถิติ One-way ANOVA ที่ระดับ .05 ตัวอักษรในสมมติเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างทางสถิติ

ตัวอย่างเซลลูโลสจากรูปถ่ายไบอ่อน ไคอ่อน ไบแก่ และ ไคแก่ มีความชื้นร้อยละ 1.61-3.31 โดยทั่วไปเส้นใยจะมี น้ำแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลตรงหมู่ไฮดรอกซิล (OH) และมีการจัดตัวแบบไม่เป็นระเบียบ (Kaewruang & Limmanee, 2013) ระดับความชื้นในพืชสมุนไพรต้องมีปริมาณไม่เกินร้อยละ 8 (Phayakphrom, 2015) ปริมาณน้ำในเซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของ รูปถ่ายอยู่ในระดับที่ไม่เกินมาตรฐาน จากการเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าความชื้นของเซลลูโลสจากไคแก่ และ ไคอ่อน มีค่า ต่ำกว่าส่วนไบแก่และไบอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบความชื้นของเซลลูโลสกับความชื้นของ รูปถ่ายพบว่าเซลลูโลสจากส่วน ไคมีความชื้นต่ำกว่าจากส่วนไบขณะที่รูปถ่ายส่วน ไคมีความชื้นสูงกว่าไบแสดงว่าน้ำผลึก ส่วนที่แทรกในโมเลกุลเส้นใยของส่วน ไคมีปริมาณต่ำกว่าเมื่อสกัดเซลลูโลสน้ำที่ผิวภายนอกโมเลกุลถูกกำจัดออกจึงมีปริมาณ ความชื้นต่ำกว่า และจากปริมาณเถ้า สารแทรกและลิกนิน พบว่าเซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของรูปถ่ายมีปริมาณต่ำมาก แสดงถึง การมีสารเจือปนต่ำสามารถใช้เป็นเส้นใยอาหารเพื่อรับประทานโดยไม่เป็นอันตราย และเซลลูโลสจากส่วน ไคแก่มีปริมาณเถ้า สารแทรกและลิกนินร้อยละ 0.79 1.09 และ 0.06 ตามลำดับซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าส่วนอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วน ไคแก่จึงมีความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์มากที่สุดสอดคล้องกับองค์ประกอบทางเคมีของรูปถ่าย

การสกัดเซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของรูปถ่ายได้ผ่านกระบวนการกำจัดโปรตีน ไขมัน และสารแทรก ส่งผลให้เซลลูโลสมีปริมาณเชื้อยีสหยาบ ไฮโดรเซลลูโลส และแอลฟา-เซลลูโลสสูงขึ้น โดยปริมาณไฮโดรเซลลูโลส และแอลฟา-เซลลูโลสที่สกัดจากส่วนโคนเพิ่มขึ้นในปริมาณที่สูงมาก สอดคล้องกับปริมาณสารแทรก และเถ้าที่ต่ำ ทำให้หลังสกัดเซลลูโลสมีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งจากการศึกษาปริมาณเซลลูโลสที่สกัดได้จากเมล็ดมะรุมพบร้อยละ 96.54 (Foophow et al., 2014) ฟางข้าวพบร้อยละ 30.11 (Rivai et al., 2018) กกพบร้อยละ 37.27 และหญ้านวลจันทร์พบร้อยละ 26.476 (Songthanasak & Jiraphongpong, 2011) โดยปริมาณเซลลูโลสที่สกัดได้มีความสัมพันธ์กับวิธีการสกัด สภาพที่ใช้ในการสกัด วัตถุดิบที่นำมาเตรียม ซึ่งส่งผลให้เซลลูโลสที่สกัดได้มีสมบัติแตกต่างกันด้วย (Pongnoree, 2004) ปริมาณเซลลูโลสจากรูปถ่ายที่สกัดได้โดยเฉพาะจากส่วนโคนอ่อน และ โคนแก่ มีปริมาณใกล้เคียงกับเซลลูโลสที่ผลิตทางการค้าซึ่งมีองค์ประกอบของแอลฟา-เซลลูโลสร้อยละ 80 ขึ้นไป (Leppänen et al., 2009) จึงถือเป็นพืชทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งเซลลูโลสได้ จากนั้นนำเซลลูโลสที่ได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction) และอินฟราเรดสเปกตรัม (FT-IR) ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 2 และ 3

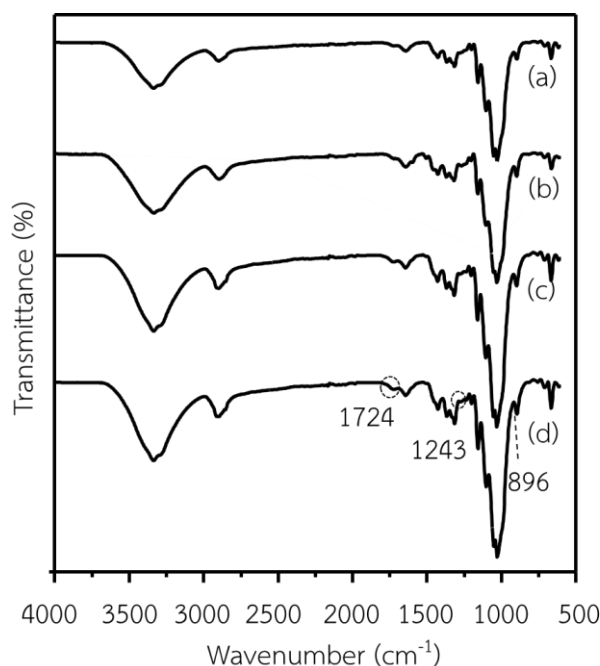


รูปที่ 2 X-ray diffraction ของเซลลูโลสจากรูปถ่ายที่สกัดจาก a) ใบอ่อน b) โคนอ่อน c) ใบแก่ และ d) โคนแก่

จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction) เซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของรูปถ่าย พบพีค 2θ ที่ตำแหน่ง 22° และ 35° ซึ่งสอดคล้องกับระนาบ 200 และ 400 (Oun & Rhim, 2015) นอกจากนี้ยังปรากฏพีคตำแหน่ง 2θ ที่ 14.9° และ 16.6° สอดคล้องกับระนาบ 110 และ 110 ตามลำดับ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แสดงโครงสร้างเซลลูโลส II คือโครงสร้างแบบบิดเกลียว มีความเป็นผลึกสูง (Yiying et al., 2015; Phinichka & Kaenthong, 2018) คล้ายกับที่เตรียมได้ในฝ้าย (Reddy & Yang, 2009; Reddy et al., 2014)

จากอินฟราเรดสเปกตรัมของเซลลูโลสจากรูปถ่ายในดินเค็มดังภาพที่ 3 พบพีคที่ตำแหน่ง 3200-3300 cm^{-1} ซึ่งเป็นการสั่นของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) (Ping & You-Lo, 2012) พีคที่ตำแหน่ง 2893 cm^{-1} เป็นการสั่นของพันธะ C-H ในหมู่เมทิล (CH_2) (Yiying et al., 2015) ตำแหน่ง 800-1200 cm^{-1} เป็นการสั่นของหมู่ C-O-C และ C-O ของวงแหวนอะโรมาติก (Maiti et al., 2013) ยืนยันโครงสร้างของเซลลูโลส นอกจากนี้พีคที่ตำแหน่ง 3329 และ 3288 cm^{-1} ยังแสดงลักษณะการสั่นของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) ระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลส II ยืนยันได้ว่าสารที่สกัดจากรูปถ่ายในดินเค็มมีเซลลูโลส II อยู่ใน

โครงสร้างด้วย (Ping & You-Lo, 2012) สอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction) และยังพบว่า FT-IR ของตัวอย่างรูปถ่ายปรากฏพบความเข้มต่ำมากที่ตำแหน่ง 1724 cm^{-1} ซึ่งเป็นการสั่นของหมู่เอซิติล (acetyl) และหมู่เอสเทอร์ของกรดยูโรนิก (uronic ester) ในโครงสร้างเพคติน เฮมิเซลลูโลส หรือพันธะเอสเทอร์ของหมู่คาร์บอกซิลของ กรดเฟอร์รูลิก (ferulic acid) และกรดพาราคูเมอริก (p-coumaric acid) ของลิกนิน (Chen et al., 2009) และที่ตำแหน่ง 1245 cm^{-1} ซึ่งเป็นการสั่นแบบโค้งงอ (bending) ของ C-H O-H หรือ CH_2 ของหมู่เอริล (aryl) ของลิกนิน (Mandal & Chakrabarty, 2011; Abraham et al., 2011; Morán et al., 2008) แต่ปรากฏพิกที่ตำแหน่ง 896 cm^{-1} ที่ชัดเจนซึ่งเป็นพิกของพันธะเบต้า-ไกลโคซิดิก (β -glycosidic) (Chen et al., 2009) แสดงถึงเซลลูโลสที่เตรียมได้มีความบริสุทธิ์สูง (Punyanunt et al., 2018) สอดคล้องกับ ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี



รูปที่ 3 FT-IR ของเซลลูโลสจากรูปถ่ายที่สกัดจาก a) กล้วย b) ทุเรียน c) กล้วย และ d) ทุเรียน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของรูปถ่าย ในดินเค็มหนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม พบว่าความชื้น เถ้า สารแทรกที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์และลิกนินมีปริมาณในระดับที่สามารถแปรรูปปรับประทานได้ ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย และเชื้อไฮยาบ โอลิเซลลูโลส และแอลฟา-เซลลูโลสมีปริมาณสูง เหมาะสมที่จะเป็นพืชทางเลือกในการใช้ประโยชน์ จากเส้นใยโดยเฉพาะส่วนโคนแก่ซึ่งมีความเหมาะสมที่สุด เมื่อสกัดเซลลูโลสจากกล้วย ทุเรียน กล้วย และโคนแก่ของ รูปถ่ายพบว่าเซลลูโลสที่ได้มีความบริสุทธิ์สูง และเซลลูโลสจากโคนแก่มีปริมาณแอลฟา-เซลลูโลสร้อยละ 86.52 ซึ่งมีค่า เทียบเท่ากับเซลลูโลสในท้องตลาด รูปถ่ายในดินเค็มหนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม จึงสามารถใช้เป็นแหล่ง เซลลูโลสในการใช้ประโยชน์ในอาหารได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ในการสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Abraham, E., Deepa, B., Pothan, L. A., Jacob, M., Thomas, S., Cvelbar U., & Anandjiwala, R. (2011). Extraction of nanocellulose fibrils from lignocellulosic fibers: A novel approach. *Carbohydrate Polymer*, 86, 1468–1475.
- Atiwannapat, P., Anapanuruk, W., Oonjittichai, W., & Karuhaputtana, B. (2008). *Study on chemical constituents of Acacia crassicarpa*. pp. 125-129. In The 46th Kasetsart University annual conference, 29 January - 1 February 2008, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. The Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C., 298.
- Central Laboratory and Greenhouse Complex. (2018). *Cattail*. Retrieved January 10, 2020, from <http://clgc.agri.kps.ku.ac.th/resources/weed/typha.html>
- Chen, Y., Liu, C., Chang, P.R., Cao, X., & Anderson, D.P. (2009). Bionanocomposites based on pea starch and cellulose nanowhiskers hydrolyzed from pea hull fibre: Effect of hydrolysis time. *Carbohydrate Polymers*, 76(4), 607–615.
- Foophow, T., Promsang, A., Onto, P., & Bhumgerd, W. (2014). Effect of the extraction methods on the properties of moringa seed cake cellulose. *SDU research journal humanities and social science*, 7(2), 43-55. (in Thai)
- Juan, I.M., Vera A.A., Viviana, P.C., & Analia, V. (2008). Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers. *Cellulose*, 15, 149-159.
- Kaewruang, W., & Limmanee, S. (2013). *Lotus fiber from the stream: textile innovation*. Retrieved January 10, 2020, from <http://library.dip.go.th/multim6/edoc/2557/23088.pdf>.
- Khemacheewakul, J., Halee, A., Janmud, W., & Boonkomol, S. (2018). Antioxidant dietary fiber from edible bean coats and the application in food products. *RMUTP Research Journal*, 12(1), 183-195. (in Thai)
- Leppänen, K., Andersson, S., Torkkeli, M., Knaapila, M., Kotelnikova, N., & Serimaa, R. (2009). Structure of cellulose and microcrystalline cellulose from various wood species, cotton and flax studied by X-ray scattering. *Cellulose*, 16, 999-1015.
- Liampeechea, L., Jutakradsada, P., & Kamwilaisak, K. (2014). *The properties of extracted linin from black liquor*. pp. 21-26. In The 1st National conference of farm engineering and automation technology, 5 - 30 September 2014, Khon Kaen University, Khon Kaen. (in Thai)
- Maiti, S., Jayaramudu, J., Das, K., Reddy, S. M., Sadiku, R., Ray, S. S., & Liu, D. (2013). Preparation and characterization of nano-cellulose with new shape from different precursor. *Journal of Carbohydrate Polymers*, 98, 562-567.
- Mandal, A., & Chakrabarty, D. (2011). Isolation of nanocellulose from waste sugarcane bagasse (SCB) and its characterization. *Carbohydrate Polymers*, 86, 1291– 1299.
- Morán, J.I., Alvarez, V.A., Cyras, V.P., & Vázquez, A. (2008). Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers. *Cellulose*, 15, 149-159.
- Narkchamnan, S., & Krongtaew, C. (2012). Separation of Nanoscale Natural Fibers from Rice Straw by Organosolv-High Shear Homogenization System. *KKU Research Journal*, 17(2), 267-277. (in Thai)
- Nunes, R.C.R. (2017). Rubber nanocomposites with nanocellulose. In Thomas, S. & Hanna J.M. (Eds.), *Progress in Rubber Nanocomposites*. pp. 463-494. Rio de Janeiro, Brazil: Woodhead Publisher.

- Oun, A.A., & Rhim, J.W. (2015). Effect of post-treatments and concentration of cotton linter cellulose nanocrystals on the properties of agar-based nanocomposite films. *Journal of Carbohydrate Polymers*, 134, 20-29.
- Pansuwan, W. (1999). Chemical component determination of non wood raw material for pulp and paper industry. In Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, *HUFA Project Handbook: Research Project for Higher Utilization of Forestry and Agricultural Plant Materials in Thailand (HUFA)*. pp. 3-14. Thailand: KAPI-JICA. (in Thai)
- Phayakphrom, P. (2015). Quality control of Thai herbal products. *Journal of Organization Pharmacy*, 22(4), 1-7. (in Thai)
- Phinichka, N., & Kaenthong, S. (2018). Regenerated cellulose from high alpha cellulose pulp of steam-exploded sugarcane bagasse. *Journal of Materials Research and Technology*, 7(1), 55-65
- Pimchan, P., & Saesim, N. (2016). Effects of saline soils on culms and culm strands of *Cyperus Rottb.* *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 14(3), 55-64.
- Ping, L., & You-Lo, H. (2012). Cellulose isolation and core-shell nanostructures of cellulose nanocrystals from chardonnay grape skins. *Journal of Carbohydrate Polymers*, 87, 2546–2553.
- Pongnoree, J. (2004). *Cellulose extraction from banana peel*. Retrieved January 10, 2020, from <http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files>.
- Punyanunt, S., Piyachomkwan, K. & Sriroth, K. (2018). Preparation and Characterization of Cellulose Gel from Cassava Pulp for Food Applications. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 36(2), 106-116. (in Thai)
- Reddy, N., & Yang, Y. (2009). Natural cellulose fibers from soybean straw. *Bioresource Technology*, 100, 3593-3598.
- Reddy, K.O., Zhang, J., Zhang, J., & Rajulu, A.V. (2014). Preparation and properties of self-reinforced cellulose composite films from Agave microfibrils using an ionic liquid. *Carbohydrate Polymers*, 114, 537-545.
- Rivai, H., Hamdani, A.S., Ramdani, R., Lalfari, R.S., Andayani, R., Armin, F., & Djamaan, A. (2018). Production and characterization of alpha cellulose derived from rice straw (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 52(1), 45-48.
- Saengchu, N., Puttnual, C., Pongsakchat, V., Limroongreungrat, K., & Sangnark, A. (2008). Fortification of Carboxymethylcellulose Prepared from Rice Straw for Decreasing Oil Uptake in Chinese Dough Product. *KMUTT Research and Development Journal*, 31(3), 513-521. (in Thai)
- Singanusong, R., & Sodchit, C. (2011). Production of cellulose from banana peels. *Agricultural Science Journal*, 42(3) (Suppl.), 741-744.
- Songthanasak, K., & Jiraphongpong, W. (2011). *Study of cellulose hemicellulose and lignin from waste in plants for use in the production of bioplastic film*. pp. 1-4. In The 21st International Thai Institute of chemical engineering and applied science conference, 10-11 November 2011, Hat Yai, Songkhla. (in Thai)
- Tanarungrangsee, K., Laohakunjit, N., & Kerdchoechuen, O. (2015). Alkaline Extraction Optimization, Characteristics and Functional Properties of Dietary Fiber from Rice Hull. *Agricultural Science Journal*, 46(3), 69-472. (in Thai)
- TAPPI (US Technical Association of Pulp and Paper Industry): Preparation of wood for chemical analysis, T 264om-88. (1998). *Tappi test methods*. Atlanta, GA, USA: Technical Association of the Pulp and Paper Industry.

- TAPPI (US Technical Association of Pulp and Paper Industry): Technical association of pulp and paper industry, T 211 om-93. (2000). *Tappi test methods*. Atlanta, GA, USA: Technical Association of the Pulp and Paper Industry.
- TAPPI (US Technical Association of Pulp and Paper Industry): Preparation of wood for chemical analysis, T 264-om-97. (1997). *Tappi test methods*. Atlanta, GA, USA: Technical Association of the Pulp and Paper Industry.
- Thompson, O.M., Ballew, G., Resincow, K., Must, A., Bandini, H., Cyr H., & Dietz, W.H. (2004). Food purchased away from-home as a predictor of change in BMI-score among girls. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 28, 282-289.
- Winuprasith, T., Sahasakul, Y., & Rungraung, N. (2018). Nanocellulose: Food Application and Food Safety Aspects. *Thai Journal of Toxicology*, 32(1), 67-79. (. (in Thai)
- Yiying, Y., Jingquan, H., Guangping, H., Quanguo, Z., French, A. D., & Wu, W. Q. (2015). Characterization of cellulose I/II hybrid fibers isolation from energycane bagasse during the delignification process: Morphology, crystallinity and percentage estimation. *Journal of Carbohydrate Polymers*, 133, 438-447.
- Zobel, B. J., & McElwee, R. L. (1966). Variation of cellulose in loblolly pine. *Tappi Journal*, 49, 383-387.