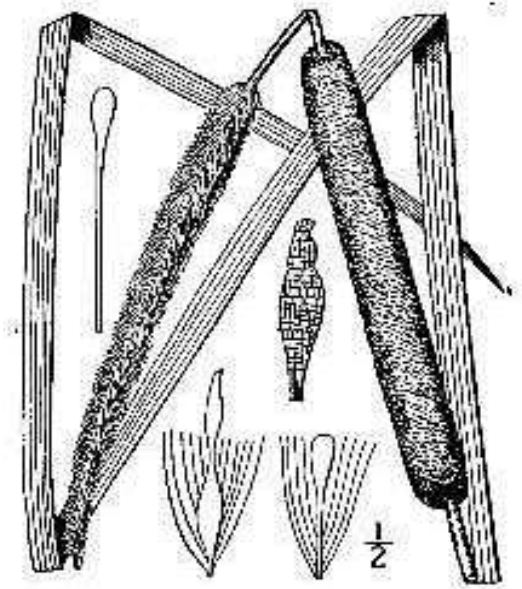


บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รูปฤาษี

รูปฤาษี หรือในชื่อกกรูป กกช้าง เพื้อ(ภาคกลาง) ปรีอ(ภาคใต้) และหญ้าสลาบหลวง (ภาคเหนือ) ชื่อสามัญอังกฤษว่า Lesser reedmace, Narrow-leaved cat tail, bulrush, cattail, Flag, reedmacetule, narroeleaf cattail มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Typhaangustifolia* L. วงศ์ Typhaceae รูปฤาษีมีการกระจายพันธุ์อยู่ทั่วโลกในเขตร้อน และเขตอบอุ่น ในประเทศไทยพบในทุกภูมิภาค ขึ้นตามพื้นที่ชุ่มน้ำ พบได้ทั่วไป



ภาพที่ 2.1 รูปฤาษี

ที่มา: <http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=TYAN>

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

รูปฤาษีเป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี ตั้งตรง สูง 1.5-3 เมตร เหน้งากลมแทงหน่อขึ้นเป็นระยะสั้นๆ ใบเดี่ยวเรียงสลับระนาบเดียว ใบเป็นรูปแถบแบน กว้าง 1-2 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร ใบแตกสลับกันเป็นสองแถวด้านข้าง มีกาบใบ แผ่นใบด้านบนโค้งเล็กน้อย ส่วนด้านล่างแบน ช่อดอกเป็นสีน้ำตาล ช่อดอกรูปทรงกระบอก แยกเพศบนก้านเดียวกัน ก้านช่อดอกกลม แข็ง ช่วงดอกเพศผู้อยู่ที่ปลายช่อ ยาว 8-40 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร มีใบประดับ 1-3 ใบ แต่จะหลุดร่วงไป ช่วงดอกเพศเมียอยู่ด้านล่าง ยาว 5-30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร มักแยก

ออกจากส่วนดอกเพศผู้ด้วยส่วนก้านช่อดอกที่เป็นหมันที่ยาว 2.5-7 เซนติเมตร ดอกมีขนาดเล็ก ไม่มีกลีบดอกและกลีบเลี้ยง เกสรเพศผู้ส่วนมากมี 3 อัน มีขนล้อมรอบ ก้านเกสรเพศผู้สั้น อับเรณูยาว 1.5-2 มิลลิเมตร ดอกเพศเมียมีใบประดับย่อยรูปเส้นด้าย รังไข่รูปกระสวย ก้านรังไข่เรียวยาว ประมาณ 5 มิลลิเมตร มีขนยาวสีขาว ก้านเกสรเพศเมียยาว 1-1.5 มิลลิเมตร มีขนแต่สั้นกว่าบนก้านรังไข่ ยอดเกสรรูปใบหอก ผลมีขนาดเล็ก รูปรี เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5-3 เซนติเมตร ช่อดอกแบบช่อเชิงลด ดอกมีจำนวนมาก ติดกันแน่น สีน้ำตาล ลักษณะคล้ายรูปดอกใหญ่ ก้านช่อดอกกลม แข็ง ดอกแยกเพศ แบ่งเป็นตอนเห็นได้ชัด กลุ่มดอกเพศผู้อยู่ปลายก้าน รูปทรงกระบอก กลุ่มดอกเพศเมียรูปทรงกระบอกเช่นกันแต่ใหญ่กว่ากลุ่มดอกเพศผู้ ดอกแก่จะแตกเห็นเป็นขนขาวฟู ผลเล็กมาก เมื่อแก่แตกตามยาว

2.1.2 ประโยชน์ของต้นรูปถาษี

ใบยาวและเหนียวนิยมใช้ทำเครื่องจักสาน เช่น เสื่อ ตะกร้า ไซ่มุงหลังคา และทำเชือก ดอกแก่จัดมีขนปุยนุ่มมีลักษณะคล้ายปุยขนุนจึงนิยมใช้แทนขนุน ยอดอ่อนกินได้ทั้งสดและทำให้สุก ช่อดอกปิ้งกินได้ แป้งที่ได้จากลำต้นใต้ดินและรากใช้บริโภคได้เช่นกัน ในอินเดียเคยใช้ก้านช่อดอกทำปากกา และเชื่อว่าลำต้นใต้ดินและรากใช้เป็นยาบำบัดโรคบางชนิด เช่น ขับปัสสาวะ เยื่อ (pulp) ของต้นรูปถาษีนำมาใช้ทำใยเทียม (rayon) และกระดาษได้ มีเส้นใย (fiber) ถึงร้อยละ 40 เส้นใยนี้มีความชื้นร้อยละ 8.9 เซลลูโลส (cellulose) ร้อยละ 63 เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ร้อยละ 8.7 ลิกนิน (lignin) ร้อยละ 9.6 ไช (wax) ร้อยละ 1.4 และเถ้า (ash) ร้อยละ 2 เส้นใยมีสีขาวหรือน้ำตาลอ่อน นำมาทอเป็นผ้าใช้แทนฝ้ายหรือขนสัตว์ สามารถนำมาใช้เป็นพืชคลุมดิน เพื่อลดการพังทลายของหน้าดิน เนื่องจากมีระบบรากที่ดี (ศาสตราจารย์จิติ หนูแก้ว, 2556)

ต้นรูปถาษีสามารถช่วยบำบัดน้ำเสียตามแหล่งต่างๆ และสามารถเจริญเติบโตได้ดี แม้จะอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำเสียตามชุมชนหรือตามแหล่งน้ำจากโรงงานต่างๆ และยังทำให้น้ำเสียในบริเวณนั้นมีคุณภาพที่ดีขึ้น มีศักยภาพในการลดค่าความเป็นกรดต่างของน้ำ ช่วยปรับเปลี่ยนสีของน้ำที่ไม่พึงประสงค์ให้ต่ำลง และช่วยลดความเป็นพิษในน้ำได้ ต้นรูปถาษีมีระบบรากที่ดี จึงช่วยป้องกันการพังทลายของดินตามชายน้ำได้ ดอกของต้นรูปถาษีสามารถใช้กำจัดคราบน้ำมันได้เป็นอย่างดี โดยน้ำหนักของดอกต้นรูปถาษี 100 กรัม สามารถช่วยกำจัดคราบน้ำมันได้มากกว่า 1 ลิตร ใบรูปถาษีมีความยาวและเหนียวจึงนิยมนำมาใช้มุงหลังคา และสามารถนำมาใช้สานตะกร้า ทำเสื่อ ทำเชือกได้อีกด้วย ชากของรูปถาษีสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุคลุมดินสำหรับไม้ยืนต้นตามสวนผลไม้ต่างๆ

สรรพคุณทางยา ใช้ส่วนของลำต้นอับเรณู และรากโดยวิธีการใช้ถ้ำรักษาโรคทางเดินปัสสาวะ ช่วยขับปัสสาวะ ช่วยเพิ่มน้ำนมของสตรีหลังการคลอดบุตร นำลำต้นมาต้มกับน้ำดื่มรับประทานยารักษาโรคทางเดินปัสสาวะ นำอับเรณูมาต้มกับน้ำดื่มรับประทานยาบำบัดโรคบางชนิด ช่วยขับปัสสาวะ นำรากมาต้มกับน้ำดื่มรับประทาน (สารานุกรมพืช, 2557)

รูปถาษีมีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตค่อนข้างสูง กากที่เหลือจากการสกัดเอาโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตออกแล้วใช้แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ย่อย จะให้แก๊สมีเทน (methane) ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ผลของรูปถาษีมี long chain hydrocarbon 2 ชนิด คือ

pentacosane 1-triacontanol สารพวก phytosterol 2 ชนิด คือ β -sitosterol และ β -sitosteryl-3-O-B-D-glucopyranoside ฐุภยาสามารถกำจัดไนโตรเจนจากน้ำเสียในทีลุ่มต่อไร่ได้ถึง 400 กิโลกรัมต่อปี และสามารถดูดเก็บโพแทสเซียมต่อไร่ได้ถึง 690 กิโลกรัมต่อปี จึงเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งทีจะมีบทบาทเป็นพืชเศรษฐกิจในอนาคต

2.2 เส้นใยอาหาร

เส้นใยอาหาร หรือทีมักเรียกกันว่า ไฟเบอร์ (fiber) มี 2 กลุ่ม คือ เส้นใยอาหารชนิดทีละลายน้ำได้ (soluble fiber) เช่น เพคติน (pectin) มิวสิเลจ (mucilage) เมื่อละลายน้ำจะมีลักษณะคล้ายเจล เมื่อรับประทานเข้าไปในทางเดินอาหาร เส้นใยอาหารชนิดนี้ทีจะจับกับโมเลกุลของไขมันได้ จึงส่งผลให้สารอาหารต่างๆ ทีละลายในน้ำและสารอาหารจำพวกไขมันไม่สามารถถูกย่อยและถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือดได้ ทำให้มีผลในการลดระดับคอเลสเตอรอล และระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติได้ เส้นใยอาหารทีไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) เป็นพวกคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนทีย่อยสลายได้ยาก เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เมื่อรับประทานเข้าไปทำให้เกิดการพองตัว เป็นเสมือนกากอาหารทีทำให้กระเพาะเต็มจึงเสมือนเป็นการรับประทานอาหารเท่าเดิม แต่อ้วนน้อยลง และทำให้อุจจาระมีการเคลื่อนทีผ่านลำไส้ใหญ่ได้รวดเร็วขึ้น สามารถใช้แก้ไขภาวะท้องผูกได้

2.3 โฮโลเซลลูโลส

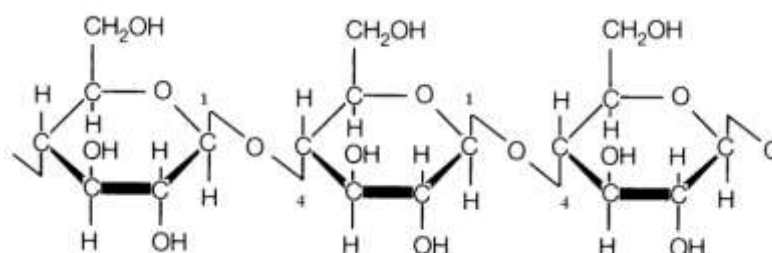
โฮโลเซลลูโลส (holocellulose) เป็นส่วนของคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) หลักทีมีองค์ประกอบของเซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ซึ่งมีส่วนของน้ำตาลต่างๆ อยู่เล็กน้อย เช่น แป้งและเพคติน (pectin) การรวมกันของเซลลูโลส (40-45%) และเฮมิเซลลูโลส (15-25%) จะเรียกว่า โฮโลเซลลูโลส โดยทั่วไปจะมีปริมาณ (65-70%) ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งการเกิดพอลิเมอร์ (polymer) ส่วนใหญ่เกิดจากน้ำตาล D-glucose, D-mannose, D-galactose, D-xylose, L-arabinose, D-glucuronic acid และน้ำตาลอื่นๆ อีกเล็กน้อยเช่น L-rhamnose และ D-fucose โดยพอลิเมอร์ดังกล่าวมีส่วนของ Hydroxyl Group ซึ่งสอดคล้องกับการจับตัวของความชื้นในพันธะไฮโดรเจน (hydrogen Bonding)

2.4 เซลลูโลส

เซลลูโลส (cellulose) เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ในพืช โดยมีสารอื่นร่วมเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย เช่น เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เพคติน (pectin) และลิกนิน (lignin) เซลลูโลสเป็นเส้นใยทีไม่ละลายน้ำ โครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส (glucose) ต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic bond) ชนิด เบต้า-1,4 เป็นสายยาวมากกว่า 2,000 หน่วย แต่ละสายของเซลลูโลสเรียงตัวขนานกัน จับกันอย่างหลวมๆ เซลลูโลสมีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารเป็นอย่างมาก เนื่องด้วยคุณสมบัติในการเป็นสารเพิ่มปริมาณ (bulking agent) สารทีทำให้คงตัว (Stabilizer) สารให้ความข้นหนืด (Thickener) และสารกันการรวมตัวเป็นก้อน (Anticaking agent) สามารถดูดซับน้ำหรือซ้กับน้ำได้ดี ในอุตสาหกรรมอาหารมีการนำเซลลูโลสมาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในน้ำผลไม้ ช่วยลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด และช่วยเพิ่มการพองตัวในขนมขบเคี้ยว เป็นต้น

(Angand Miller, 1990) ด้วยคุณสมบัติที่หลากหลายของเซลลูโลสจึงมีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาถึงวิธีการสกัดและการทำให้เซลลูโลสบริสุทธิ์ในพืชหลายชนิด วิธีในการสกัดเซลลูโลสมักเป็นการกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออก ตัวอย่างเช่น การสกัดแป้งต้นด้วยน้ำร้อนร่วมกับวิธีการสกัดด้วยต่าง (Sun, *et al.*, 2004; Prakongpan, Nitithamyong and Luangpituksa, 2002) ซึ่งมีการกำจัดองค์ประกอบและเส้นใยที่ละลายน้ำด้วยน้ำร้อน กำจัดลิกนินออกจากเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำด้วยกรด กำจัดโปรตีน เพคติน เฮมิเซลลูโลส สารประกอบพวกฟีนอลิก และสารในกลุ่มไขมันที่ไม่ละลายน้ำออกด้วยการใช้ต่าง (Wallter, *et al.*, 1997) เป็นต้น วิธีการสกัดที่ทำได้ง่าย ค่าใช้จ่ายน้อย และในกระบวนการสกัดมีการกวนผสม ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการอมน้ำที่สูงขึ้นและความหนาแน่นที่ลดลง ของสารสกัดเซลลูโลส (Punnavarakul and Sangnark, 2009) นอกจากนี้ยังมีการสกัดแป้งต้นด้วยเอนไซม์ร่วมกับวิธีการสกัดด้วยต่าง (Sun and Hughes, 1998) โดยมีการใช้เอนไซม์โปรติเอสในการกำจัดโปรตีน เอนไซม์เพคตินเนสในการกำจัดเพคติน หลังจากนั้นจึงนำเส้นใยที่ได้มากำจัดด้วยต่างต่อไป วิธีการนี้ในขั้นตอนสุดท้ายการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เป็นกลาง มีการล้างด้วยน้ำกลั่นน้อย ส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตสารสกัดค่อนข้างสูง

เซลลูโลสเป็นโพลีแซกคาไรด์ชนิด glucan คือ เป็นโพลีเมอร์ของกลูโคส เป็นลูกโซ่สายตรงไม่มีแขนง เชื่อมด้วยพันธะ β -1,4 glycosidic ดังนั้นจึงทำให้เซลลูโลสมีรูปร่างต่างไปจาก amylase คือ พันธะ β -1,4 ทำให้กลูโคสต่อกันอยู่ในสายโซ่ของเซลลูโลสยึดตัวออกในแนวเส้นตรงได้ ทำให้สายของลูกโซ่หลายสายมีโอกาสใกล้ชิดกันโดยที่โมเลกุลของน้ำไม่สามารถเข้าไปแทรกตัวอยู่ได้เลยโดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างเซลลูโลส

ที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com>

โครงสร้างของเซลลูโลสลักษณะนี้ ได้แก่ เส้นใยที่มีความเหนียว โมเลกุลของเซลลูโลสมีขนาดใหญ่ น้ำหนักโมเลกุลมาก เป็นสารเหนียว เกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้ยาก ต้องใช้ปฏิกิริยาทางเคมีที่รุนแรง เซลลูโลสไม่ละลายน้ำหรือตัวทำละลายปกติทั่วไป ไม่มีคุณค่าทางอาหารเนื่องจากไม่ถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในคนแต่ในสัตว์ชนิดกินพืชจะมีแบคทีเรียในลำไส้สามารถย่อยสลาย cellobiose ซึ่งเป็น

หน่วยย่อยของเซลลูโลสได้ในธรรมชาติจะพบว่าเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์พืชในชั้นปฐมภูมิ เมื่อพืชเจริญขึ้นผนังเซลล์จะมีการสร้างสารอื่นมาเกาะ เช่น เฮมิเซลลูโลส เพคติน และ ลิกนิน ซึ่งจะทำหน้าที่คล้ายกับซีเมนต์ ให้ความแข็งแรงแก่ผนังเซลล์ของพืชเกิดเป็นผนังเซลล์ชั้นทุติยภูมิ จึงทำให้เซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรตที่พบมากที่สุด ในธรรมชาติและเป็นตัวให้ความแข็งแรงกับเนื้อเยื่อพืช โมเลกุลของเซลลูโลสเป็นสายยาวและอยู่รวมกันเป็นมัด โดยจะมีแรงยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลที่อยู่ใกล้กัน การจัดเรียงตัวของโมเลกุลค่อนข้างที่จะสม่ำเสมอ จากการศึกษาโดย x-ray diffraction พบว่าเส้นใยของเซลลูโลสประกอบด้วยส่วนที่เป็นผลึกซึ่งเป็นระเบียบ และส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ สำหรับส่วนที่เป็นผลึกในเส้นใยของเซลลูโลสนั้น โมเลกุลจะจัดตัวขนานกันและกัน และยึดติดกันอย่างมีระเบียบโดยพันธะไฮโดรเจน แต่สำหรับส่วนที่ไม่เป็นระเบียบนั้นจะมีจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมากกว่าส่วนที่เป็นระเบียบ ดังนั้นส่วนที่เป็นระเบียบจะเป็นส่วนที่ให้ความแข็งแรง ในขณะที่ส่วนที่ไม่เป็นระเบียบเป็นส่วนที่ให้ความยืดหยุ่น

เซลลูโลสประกอบด้วย 2 ส่วนในโมเลกุล คือ

- 1) ด้านนอกของโมเลกุล จะมีลูกโซ่ที่จับกันอย่างหลวมๆ ตัวทำละลายสามารถแทรกเข้าไปได้ ดังนั้นการย่อยสลายหรือเกิดสารอนุพันธ์จะเกิดที่ส่วนนี้ก่อน เรียกส่วนนี้ว่า amorphous region
- 2) ด้านในโมเลกุล จะมีลูกโซ่ที่จับกันแน่นมากด้วยแรงจากพันธะไฮโดรเจนและแรงอื่นๆ ทำให้ตัวทำละลายแทรกเข้าไปในส่วนนี้ได้ยาก เรียกส่วนนี้ว่า crystalline region

ถ้ามีการย่อยสลายเฉพาะ amorphous region จนเหลือแต่ crystalline region จะได้ผลผลิตที่เรียกว่า Avicel ซึ่งเป็น microcrystalline cellulose ใช้เป็นสารช่วยตกในยาเม็ด เซลลูโลสจะพองตัวในต่าง โดยเฉพาะสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ยิ่งความเข้มข้นของสารละลายสูง การพองตัวก็จะมากขึ้น มีการแบ่งเซลลูโลสตามการละลายใน 18% โซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้เป็น 3 ชนิด โดยเมื่อเอาเซลลูโลสใส่ใน 18% โซเดียมไฮดรอกไซด์แล้ว ส่วนที่ไม่ละลายซึ่งส่วนใหญ่จะเรียกว่า α -cellulose ซึ่งใน 1 โมเลกุลจะประกอบไปด้วยกลูโคสมากกว่า 200 โมเลกุล ส่วนที่ละลายเมื่อแยกออกมาทำให้เป็นกลาง ถ้ามีตะกอนเกิดขึ้น ส่วนที่เป็นตะกอน β -cellulose ซึ่งใน 1 โมเลกุลจะประกอบไปด้วยกลูโคส 10-200 โมเลกุล ส่วนสุดท้ายที่ไม่เกินตะกอนเรียก γ -cellulose จะประกอบไปด้วยกลูโคส 10 โมเลกุล หรือน้อยกว่าต่อ 1 โมเลกุล เซลลูโลสสามารถละลายได้ในสารละลายเข้มข้นของกรดแร่และเกิดการย่อยสลายได้ในสารละลายกรดแร่ที่อุณหภูมิห้องและยังอุณหภูมิสูงจะเกิดการย่อยสลายได้เร็วขึ้น

2.4.1 ความหนืดของเซลลูโลส

ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเซลลูโลส โดยถ้าเราเพิ่มความเข้มข้นของเซลลูโลส ความหนืดก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้มีคุณสมบัติทางกายภาพดีขึ้น

2.4.2 ตัวทำละลายสำหรับเซลลูโลส

- 1) Schweitzer's reagent เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดและใช้กันมากในอุตสาหกรรม เป็นสารละลายแอมโมเนียมของเกลือ cupric โดยละลาย cupric hydroxide ในสารละลายเข้มข้นของแอมโมเนียและถ้านำเซลลูโลสมาแช่ในสารละลายแอมโมเนียก่อนเพื่อให้พองตัว จะทำให้การละลายดีขึ้น
- 2) Copper Ethylene Diamine
- 3) Cadoxon เป็นสารละลายที่ไม่มีสีของ Cadmium ion กับ ethylenediamine
- 4) Dimethylformamide ผสมกับ Dinitrogen tetroxide

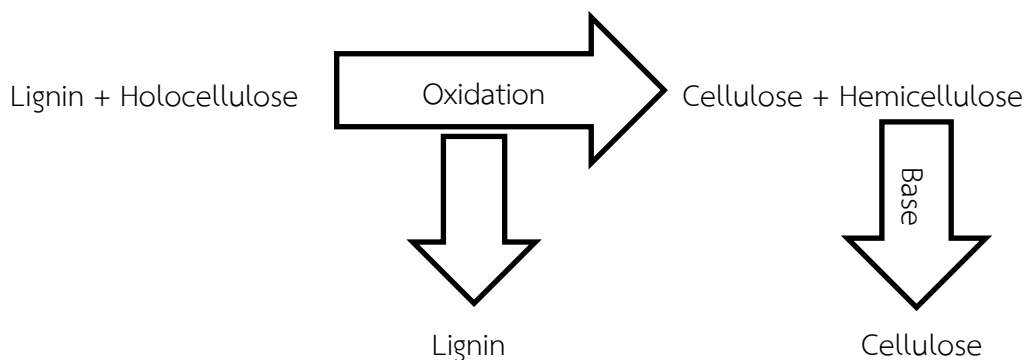
2.4.3 การสกัดเซลลูโลส

ขั้นที่ 1 delignification เป็นขั้นตอนการสกัดลิกนิน ออกไปโดยปฏิกิริยา oxidation ส่วนที่เหลือเรียกว่าไฮโดเซลลูโลส ซึ่งเป็นสารผสมรวมกันระหว่างเซลลูโลส กับเฮมิเซลลูโลส

ขั้นที่ 2 chloriting treatment เป็นขั้นตอนการสกัดเฮมิเซลลูโลส ออกจากเซลลูโลส โดยใช้ต่างเป็นตัวสกัด

เฮมิเซลลูโลส เป็นโมเลกุลลูกโซ่ที่มีกิ่งแขนงของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลายชนิดและโมเลกุลถูก acetylate ด้วยพันธะที่เชื่อมต่อกับโมเลกุลของน้ำตาลเหล่านี้ก็พบได้หลายชนิด คือ β -1,4, β -1,3, α -1,2, α -1,3 เป็นต้น น้ำตาลที่พบมากที่สุดคือ xylose นอกจากนี้ยังพบ mannose, glucose, galactose, arabinose ส่วน uronic acid จะพบ glucuronic acid และ galacturonic acid เมื่อเปรียบเทียบกับ hemicellulose กับเซลลูโลสจะมีข้อแตกต่างดังนี้

- 1) hemicelluloses มี Degree of polymerization ต่ำกว่าเซลลูโลส
- 2) hemicelluloses ละลายในต่างและถูกย่อยสลายด้วยสารละลายกรดเจือจางได้ดีกว่าเซลลูโลส
- 3) เมื่อสลาย hemicellulose ให้ xylose และน้ำตาลอื่นหลายชนิด แต่เซลลูโลสให้กลูโคสชนิดเดียว
- 4) โครงสร้างของ hemicellulose มีโซ่กิ่ง แต่เซลลูโลสเป็นสายโซ่ตรง



ภาพที่ 2.3 ปฏิกริยาการแยกสกัดเซลลูโลส

ในอุตสาหกรรมยา มีการนำสารในกลุ่มเซลลูโลสและอนุพันธ์ของเซลลูโลสมาใช้เป็นสารปรุงแต่งยาเพื่อทำหน้าที่หลายประการ เช่น เป็นสารเพิ่มปริมาณ (filler) สารยึด (binder) สารก่อฟิล์ม (film forming agent) ในตัวตำรับยาเม็ด หรือสารเพิ่มความหนืด (viscosity enhancing agent) ในตำรับยาแขวนตะกอน เป็นต้น

ตัวอย่างอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่ใช้ในทางเภสัชกรรมได้แก่

- 1) Carboxymethyl cellulose (CMC)
- 2) Methyl cellulose (MC)
- 3) Hydroxypropylmethyl cellulose (HPMC)
- 4) Hydroxyethyl cellulose (HEC)
- 5) Hydroxypropylmethyl cellulose phthalate (HPMCP)
- 6) Ethyl cellulose (EC)
- 7) High-substituted hydroxypropyl cellulose (H-HPC)
- 8) Microcrystalline cellulose (MCC)

เซลลูโลสที่ใช้ประโยชน์ในทางเภสัชกรรมในช่วงแรกๆ คือ powdered cellulose โมเลกุลเซลลูโลสจะมีความหลากหลายในเรื่องของขนาดอนุภาค และความชื้น ทำให้มีสมบัติและการนำไปใช้ที่แตกต่างกัน เช่น เป็นสารดูดซับ (absorbant) สารช่วยไหล (glidant) สารช่วยเจือจาง (tablet and capsule diluent) สารช่วยแตกตัว (disintegrant) ในยาเม็ด หรือสารช่วยกระจายตัว (suspending agent) ในยาน้ำ นอกจากนี้ยังมีลักษณะเป็นฟู (fluffy) มีความพรุน และการไหลที่ไม่ดี แต่มีสมบัติในการตอกอัดจึงสามารถนำมาใช้เป็นสารเพิ่มปริมาณสำหรับตอกอัดโดยตรง (direct compression filler) ส่วน Microcrystalline cellulose (MCC) เกิดจากกระบวนการ depolymerization ของเซลลูโลสทำให้พอลิเมอร์มีขนาดเล็กลง หรือที่เรียกว่า “partially depolymerized cellulose” Microcrystalline cellulose มีสูตรโมเลกุลเช่นเดียวกับเซลลูโลสแต่มีขนาดอนุภาคเล็ก น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 36,000 ลักษณะเป็น crystalline powder ซึ่งเป็นผงสีขาวละเอียด ไม่มีกลิ่นและรส โมเลกุลมีความหลากหลายในเรื่องของขนาดอนุภาคและความชื้น ทำให้มีสมบัติและการนำไปใช้ที่

แตกต่างกัน เช่นเดียวกับ powdered cellulose ไม่ละลายในน้ำ สารละลายกรดเจือจาง ตัวทำละลายอินทรีย์ และ diluted sodium hydroxide solution

นอกจากจะใช้ microcrystalline cellulose เป็นสารเพิ่มปริมาณสำหรับการตอกอัดโดยตรงแล้ว ยังสามารถนำมาใช้เป็นสารเพิ่มปริมาณในการทำแกรนูลเปียก (wet granulation) ได้โดยปริมาณที่แนะนำคือ ร้อยละ 5-15 ของตำรับ พบว่าเมื่อใช้ microcrystalline cellulose เป็นสารเพิ่มปริมาณทำให้แรงผ่านแรงได้ง่าย ไม่เกิดการอุดตัน และได้แกรนูลที่สม่ำเสมอดี แต่ด้วยเหตุผลด้านราคามักไม่นิยมใช้ microcrystalline cellulose เป็นสารเพิ่มปริมาณชนิดเดียวในตำรับ จะมีการผสมกับสารเพิ่มปริมาณชนิดอื่นด้วย (ดุซฎี สุริยพรรณพงศ์และคณะ, 2553)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิทวัส จิรัฐพงศ์ (2554: บทคัดย่อ) ศึกษาปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน จากของเหลือทิ้งจากพืชเพื่อใช้ในการผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพโดยของเหลือทิ้งจากพืชที่นำมาศึกษาคือ ต้นกก ชานอ้อย ชังข้าวโพด ฟางข้าว และกาบมะพร้าว โดยวิธี Detergent ในการสกัดและวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน จากนั้นทำการเลือกวัตถุดิบที่มีปริมาณเซลลูโลสมากที่สุดมาทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพ โดยเปลี่ยนเซลลูโลสมาอยู่ในรูปของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส จากการทดลองพบว่า ชานอ้อย ชังข้าวโพด ฟางข้าว ต้นกก กาบมะพร้าว ก้านกล้วยกากปาล์ม ใบคะน้า ใบสับปะรด หน่วนวลจันทร์ และผักตบชวา มีปริมาณเซลลูโลสคือ 41.255 39.352 37.704 37.276 35.556 33.856 33.082 26.782 26.702 26.476 และ 24.372 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสคือ 19.782 22.900 22.060 7.870 25.808 9.380 20.518 20.074 11.957 25.734 และ 19.828 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีปริมาณลิกนิน คือ 22.912 17.854 21.002 20.430 15.016 16.840 15.099 19.372 14.900 17.460 และ 25.336 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลอง ชานอ้อยมีปริมาณเซลลูโลสมากที่สุด และจากนั้นนำเซลลูโลสที่ได้จากชานอ้อยไปขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพ

เหรียญทอง สิ่งจามุสงค์และจิราภรณ์ สอดจิตร (2554: บทคัดย่อ) ศึกษาการเพิ่มมูลค่าของเปลือกกล้วยโดยผลิตเป็นเซลลูโลส เปลือกกล้วยที่ใช้ในการทดลอง คือ เปลือกกล้วยระยะ 5 6 และ 7 ทั้งนี้เพื่อคัดเลือกระยะเวลาการสุกที่เหมาะสมในการผลิตเซลลูโลส พบว่าเปลือกกล้วยสุกระยะ 5 มีปริมาณเซลลูโลสสูงสุด และมากกว่าระยะ 6 และ 7 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงคัดเลือกเปลือกกล้วยระยะ 5 มาทำการศึกษาต่อไป การสกัดเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยใช้แอลกอฮอล์ ต่างและสารฟอกสี ทั้งนี้เพื่อทำการกำจัด ไขมัน โปรตีน และสารสี ตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยแอลกอฮอล์ ได้แก่ เอทานอล 95% เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ในขณะที่สกัดด้วยต่าง ใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ พีเอช 12 เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นมีการฟอกสี สภาวะที่เหมาะสมคือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 15% ระยะเวลา 12 ชั่วโมง เซลลูโลสจากเปลือกกล้วยที่ผลิตได้มีความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า โยอาหาร และปริมาณเซลลูโลส เท่ากับ 8.07, 0.40, 0.83, 47.77, 9.36, 33.52, และ 78.90% ตามลำดับ นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี พีเอช ค่า a_w ค่า L^* ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสามารถในการอุ้มน้ำมัน เท่ากับ 6.30 0.57 86.06 10.26 และ 1.47 กรัม น้ำมันต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ เซลลูโลสจากเปลือกกล้วยมีคุณสมบัติทางเคมีและ

กายภาพใกล้เคียงกับเซลลูโลสทางการค้า การประยุกต์ใช้ประโยชน์ของเซลลูโลสผงในผลิตภัณฑ์ขนมเค้กเนยสด โดยใช้เซลลูโลส 1.5% 3.0% และ 4.5% พบว่าการเติมเซลลูโลสในเค้กเนยสดได้รับคะแนนการยอมรับมากกว่าสูตรควบคุมในทุกๆ ด้านคือ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชุ่มฉ่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ฐิตา พุฒ่า และคณะ (2556: บทคัดย่อ) ศึกษาวิธีการสกัดเซลลูโลส 2 วิธี ได้แก่ การสกัดเบื้องต้นด้วยน้ำร้อน หรือเอนไซม์ร่วมกับวิธีการสกัดด้วยต่าง หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของสารสกัดเซลลูโลสจากเมล็ดมะรุม ผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดมะรุมประกอบด้วยปริมาณเส้นใยสูงถึง 31.03% โดยน้ำหนักแห้ง และวิธีการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม คือการสกัดเบื้องต้นด้วยน้ำร้อนร่วมกับวิธีการสกัดด้วยต่าง โดยใช้อุณหภูมิพีเอชโรไลซิสที่ 70 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ 5%(w/v) ได้ปริมาณเซลลูโลสจากสารสกัดกากเมล็ดมะรุมอยู่ที่ 96.54% และเซลลูโลสที่ได้มีความสามารถในการพองตัว 8.79 กรัม/น้ำต่อกรัมตัวอย่าง สารสกัดเซลลูโลสที่ได้มีความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันที่ดีกว่าสารสกัดเซลลูโลสจากวิธีการสกัดด้วยเอนไซม์ สารสกัดเซลลูโลสที่ได้มีปริมาณเส้นใยสูงถึง 70.74% และเส้นใยที่มีความยาวประมาณ 30-60 ไมโครเมตร ดังนั้นกากเมล็ดมะรุมจึงเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่เหมาะสมในการนำมาสกัดเซลลูโลส และเซลลูโลสที่สกัดได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบแต่งอาหารได้ในอนาคต

ดุขฎิ สุริยพรรณพงศ์ (2556: บทคัดย่อ) ศึกษาหากระบวนการผลิตเซลลูโลสสำหรับใช้ทางเภสัชกรรมจากใบผักตบชวา ก้านผักตบชวา ใบธูปฤาษี และกากชานอ้อย โดยวิธีย่อยด้วยกรด และคุณสมบัติของเซลลูโลสที่ผลิตได้ กระบวนการเริ่มต้นจากการสกัดสารมีสีด้วยตัวทำละลายซึ่งพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดคือ การใช้ Methanol สกัดสารมีสีออกจากพืชสดที่บดย่อยขนาดแล้วนาน 1 ชั่วโมง ทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นฟอกขาวด้วยสารละลาย NaClO (8 g/L available Cl) ที่อุณหภูมิ 60 เซนติเกรด จำนวน 3 ครั้ง นาน 2 ชั่วโมง แล้วฟอกขาวอีกครั้งด้วย 20% (w/v) hydrogenperoxide นาน 30 นาที ขั้นตอนสุดท้ายคือ การย่อยเส้นใยที่ได้ด้วย hydrochloric acid พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือการใช้ที่อุณหภูมิห้องด้วยกรด 5 นอร์มอล นาน 72 ชั่วโมง สำหรับใบธูปฤาษี ใบผักตบชวา และก้านผักตบชวา นาน 96 ชั่วโมง สำหรับกากชานอ้อย พบว่าอนุภาคของเซลลูโลสที่ย่อยได้จากผักตบชวามีรูปร่างค่อนข้างกลม bulk density สูง ความพรุนต่ำและมี flow character อยู่ในช่วง passable ถึง poor ขณะที่อนุภาคเซลลูโลสที่ย่อยได้จากจากใบธูปฤาษี และกากชานอ้อยมีลักษณะเป็นท่อนสั้นๆ bulk density ต่ำ ความพรุนสูง และมี flow character อยู่ในช่วง very poor ถึง very very poor และเมื่อพิจารณาถึงอัตราการพองตัวพบว่าผงเซลลูโลสที่ผลิตจากกากชานอ้อยมีการพองตัวที่ดีที่สุด รองลงมาคือเซลลูโลสที่ผลิตจากธูปฤาษี และชนิดที่มีการพองตัวต่ำที่สุดคือผงเซลลูโลสที่ได้จากทั้งส่วนใบและก้านของผักตบชวา

พรชัย ราชตะนทะพันธ์ และคณะ (2556: บทคัดย่อ) ศึกษาการผลิตฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) จากเปลือกมะละกอและศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์มเซลลูโลสสกัดโดย NaOH แล้วเซลลูโลสถูกดัดแปรโดยทำปฏิกิริยากับกรดคลอโรอะซิติก (chloroacetic acid) ได้เป็นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสอินฟราเรดสเปกตรัม (IR) ใช้ในการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของเซลลูโลส และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอ (CMCp) เทียบกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในทางการค้า (CMCc) ผลของฟิล์มผสมระหว่าง CMCp: CMCc (0:100 25:75 50:50 75:25 และ 100:0) ต่อคุณสมบัติทางกลคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์มผสม CMCp: CMCc (25:75) คล้ายกับคุณสมบัติของฟิล์ม CMCc การเติมกลีเซอรอลลงใน CMC ฟิล์มทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงลดลงแต่ % การยืดเพิ่มขึ้น