

การสกัดและประเมินคุณลักษณะของเซลล์โลสจากชานอ้อย

ผักตบชวา และธูปฤๅษี

นาย ดุษฎี สุริยพรรณพงศ์

นาง ศุจิมน ตันวิเชียร

นางสาว จิตติมา มานะกิจ

นางสาว ดวงรัตน์ ชูวิสิฐกุล

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**Isolation and characterization of cellulose from water
hyacinth, sugar cane bagasse, and narrow leaf cattail**

Mr. Dusadi Suriyapunpong

Ms. Sujimon Tunvichien

Miss Chittima Managit

Miss Duangratana Shuwisitkul

Faculty of Pharmacy

Srinahkarinwirot University

บทคัดย่อ

คุณุญี สุริยพรรณพงศ์, ศุภิมิน ตันวิเชียร, จิตติมา มานะกิจ, ดวงรัตน์ ชูวิสิฐกุล

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คำสำคัญ : ผักตบชวา, ใบรูปฤๅษี, กากชานอ้อย, เซลลูโลส, ย่อยด้วยกรด

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาหากระบวนการผลิตเซลลูโลสสำหรับใช้ทางเภสัชกรรมจาก ใบผักตบชวา ก้านผักตบชวา ใบรูปฤๅษี และกากชานอ้อย โดยวิธีย่อยด้วยกรด และคุณสมบัติของเซลลูโลสที่ผลิตได้ กระบวนการเริ่มต้นจากการสกัดสารมีสีด้วยตัวทำละลายซึ่งพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดคือการใช้ methanol สกัดสารมีสีออกจากพืชสดที่บดย่อยขนาดเล็กล้วน 1 ชั่วโมง ทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นฟอกขาวด้วย NaOCl solution (8 g/L available Cl) ที่อุณหภูมิ 60 เซนติเกรด จำนวน 3 ครั้ง นาน 2 ชั่วโมง แล้วฟอกขาวอีกครั้งด้วย 20%w/v hydrogenperoxide นาน 30 นาที ขั้นตอนสุดท้ายคือการย่อยเส้นใยที่ได้ด้วย hydrochloric acid พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือการใช้ที่อุณหภูมิห้องด้วยกรด 5N นาน 72 ชั่วโมง สำหรับใบรูปฤๅษี ใบผักตบชวา และก้านผักตบชวา และนาน 96 ชั่วโมงสำหรับกากชานอ้อย พบว่าอนุภาคของเซลลูโลสที่ย่อยได้จากผักตบชวามีรูปร่างค่อนข้างกลม bulk density สูง ความพรุนต่ำและมี flow character อยู่ในช่วง passable ถึง poor ในขณะที่อนุภาคเซลลูโลสที่ย่อยได้จากใบรูปฤๅษี และกากชานอ้อยมีลักษณะเป็นท่อนสั้นๆ bulk density ต่ำ ความพรุนสูงและมี flow character อยู่ในช่วง very poor ถึง very very poor และเมื่อพิจารณาถึงอัตราการฟองตัวพบว่าผงเซลลูโลสที่ผลิตจากกากชานอ้อยมีการฟองตัวดีที่สุด รองลงมาคือผงเซลลูโลสที่ผลิตจากใบรูปฤๅษี และชนิดที่มีการฟองตัวต่ำที่สุดคือผงเซลลูโลสที่ได้จากทั้งส่วนใบและก้านของผักตบชวา

Abstract

Dusadi Suriyapunpong, Sujimon Tunvichien, Chittima Managit, Duangratana Shuwisitkul

Faculty of Pharmacy, Srinakharinwirot University

Keywords : water hyacinth, lesser reedmace, sugarcane baggese, cellulose, acid hydrolysis

This study aimed to develop production method of cellulose powder from three sorts of weed which were water hyacinth, cat-tail and sugarcane bagasse to use in pharmaceutical formulations. Firstly, weeds were extracted with different organic solvents to elute pigment. Optimized process was fermenting with methanol for 1 hour 3 times. Secondly, then bleached using 50 ml of NaOCl per 1 g of weed with heating at 60°C for 2 hours for 3 times and bleach again with 20%w/v hydrogenperoxide at room temperature for 30 minutes. Final process was size reduction by acid hydrolysis, using 5N hydrochloric carried out at room temperature for 72 minutes(for water hyacinth and cat-tail) and for 96 minutes(for sugarcane bagasse). Cellulose powder from water hyacinth had round shape particles with high bulk density, low porosity, and flow character between passable to poor. While powders from cat-tail and sugarcane were rod shape with low bulk density, high porosity, and flow characteristics between very poor to very very poor. For swellability, cellulose from sugarcane bagasse had the highest swellability follow by cellulose from cat-tail and cellulose from water hyacinth had the lowest swellability.

สารบัญ

	หน้า
บัญชีตาราง	1
บัญชีภาพประกอบ	4
บทนำ	8
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
วิธีดำเนินการวิจัย	19
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	22
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	74
บรรณานุกรม	83
ภาคผนวก	85
อภิธานศัพท์	110
ประวัติย่อผู้วิจัย	111

บัญชีตาราง

	หน้า
<u>ตารางที่ 1</u> ร้อยละของน้ำหนักคงเหลือของตัวอย่างพืชทั้งสี่ชนิด	22
<u>ตารางที่ 2</u> ลักษณะตัวอย่างพืชภายหลังการบดย่อยเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า และส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์	23
<u>ตารางที่ 3</u> ผลการสกัดสารมีสีในตัวอย่างก้านผักตบชวาสด ด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ	23
<u>ตารางที่ 4</u> ความเข้มข้นของสีเขียวใน methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีออกจากใบรูปไข่และใบผักตบชวา เปรียบเทียบวิธีสกัดเบื้องต้นด้วย hexane และไม่สกัดเบื้องต้นด้วย hexane	24
<u>ตารางที่ 5</u> ผลการสกัดสารมีสีในตัวอย่างพืชสดทั้งสามชนิด.	37
<u>ตารางที่ 6</u> ผลการฟอกขาวตัวอย่างที่ได้จากใบผักตบชวาสด โดยใช้สารละลายชนิดต่าง ๆ นาน 2 ชั่วโมง	39
<u>ตารางที่ 7</u> ผลการฟอกขาวรอบที่ 2 ด้วยสารละลายชนิดและความเข้มข้นต่างๆ	40
<u>ตารางที่ 8</u> ผลการทดลองฟอกขาวตัวอย่างพืชด้วยสารละลาย NaOCl	40
<u>ตารางที่ 9</u> ผลการฟอกขาวตัวอย่างพืชครั้งที่ 2 ด้วยสารละลาย H_2O_2	41
<u>ตารางที่ 10</u> ผลการย่อยเส้นใยที่ได้จากการฟอกขาวรูปไข่ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 3N, 4N และ 5N ต่อขนาดและลักษณะของเส้นใยจากการสังเกตด้วยตาเปล่า	42
<u>ตารางที่ 11</u> ผลการย่อยเส้นใยที่ได้จากการฟอกขาวรูปไข่ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 3N, 4N และ 5N ต่อสีของเส้นใยจากการสังเกตด้วยตาเปล่า	42
<u>ตารางที่ 12</u> ลักษณะเส้นใยที่ได้จากใบรูปไข่ที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิ 60 เซนติเกรด ที่เวลาต่างๆ โดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์	43

ตารางที่ 13	ลักษณะเส้นใยที่ได้จากใบรูปดาบที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิ 60 เซนติเกรด ที่เวลาต่างๆ โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า	44
ตารางที่ 14	สีของเส้นใยที่ได้จากใบรูปดาบที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิ 60 เซนติเกรด ที่เวลาต่างๆ โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า	45
ตารางที่ 15	ลักษณะเส้นใยที่ได้จากใบรูปดาบที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิห้อง ที่เวลาต่างๆ โดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์	46
ตารางที่ 16	ลักษณะเส้นใยที่ได้จากใบรูปดาบที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิห้อง ที่เวลาต่างๆ โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า	47
ตารางที่ 17	สีเส้นใยที่ได้จากใบรูปดาบที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิห้องนาน 72 ชั่วโมง โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า	48
ตารางที่ 18	ลักษณะเส้นใยที่ได้จากตัวอย่างพืชชนิดต่างๆ ที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิห้อง ที่เวลาต่างๆ โดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์	49
ตารางที่ 19	ลักษณะเส้นใยที่ได้จากตัวอย่างพืชชนิดต่างๆ ที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิห้อง ที่เวลาต่างๆ โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า	50
ตารางที่ 20	สีเส้นใยที่ได้จากตัวอย่างพืชชนิดต่างๆ ที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิห้อง ที่เวลาต่างๆ โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า	50
ตารางที่ 21	ข้อมูลน้ำหนักของเส้นใยที่ได้จากพืชแต่ละชนิดในแต่ละขั้นตอนการผลิต และ % yield	51
ตารางที่ 22	แสดงผลระดับสีของตัวอย่างพืชในขั้นตอนต่าง ๆ ของการผลิตโดยเปรียบเทียบกับจากแถบสีที่กำหนด	54
ตารางที่ 23	ค่าเฉลี่ยและการกระจายของขนาดอนุภาคของผลเซลลูโลสที่ย่อยได้จากพืชตัวอย่างแต่ละชนิดและ Avicel® PH101 วัดโดยการส่องกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า	60

<u>ตารางที่ 24</u>	ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของผงเซลลูโลสที่ข่อยได้จากพืชทั้ง 4 ชนิด และ Avicel® PH101	70
<u>ตารางที่ 25</u>	bulk density, tapped density, true density, % compressibility และ % porosity ของผงเซลลูโลสที่ข่อยได้จากพืชทั้ง 4 ชนิด และ Avicel® PH101	71
<u>ตารางที่ 26</u>	angle of repose ของผงเซลลูโลสที่ข่อยได้จากพืชทั้ง 4 ชนิด และ Avicel® PH101	72
<u>ตารางที่ 27</u>	อัตราการพองตัวของผงเซลลูโลสจากพืชทั้ง 4 ชนิด และ Avicel® PH101	73
<u>ตารางที่ 28</u>	น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดสารมีสี	75
<u>ตารางที่ 29</u>	เกณฑ์การเปรียบเทียบ % compressibility กับการไหลของอนุภาค	80
<u>ตารางที่ 30</u>	เกณฑ์การพิจารณา flow characteristics จาก angle of repose	81

บัญชีภาพประกอบ

	หน้า
รูปที่ 1 โครงสร้างของเซลล์โกล	9
รูปที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของ chlorophyll	14
รูปที่ 3 ภาพแสดงปฏิกิริยา acid hydrolysis	17
รูปที่ 4 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบรูปไข่ อบแห้งน้ำหนัก 0.5 g	25
รูปที่ 5 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบรูปไข่ อบแห้งน้ำหนัก 1.0 g	25
รูปที่ 6 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบรูปไข่ อบแห้งน้ำหนัก 2.0 g	26
รูปที่ 7 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบผักตบชวา อบแห้งน้ำหนัก 0.5 g	26
รูปที่ 8 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบผักตบชวา อบแห้งน้ำหนัก 1.0 g	27
รูปที่ 9 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบผักตบชวา อบแห้งน้ำหนัก 2.0 g	27
รูปที่ 10 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในก้าน ผักตบชวาอบแห้งน้ำหนัก 0.5 g	28
รูปที่ 11 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในก้าน ผักตบชวาอบแห้งน้ำหนัก 1.0 g	28
รูปที่ 12 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในก้าน ผักตบชวาอบแห้งน้ำหนัก 2.0 g	29

รูปที่ 13 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบรูปไข่สด น้ำหนัก 0.5 g	29
รูปที่ 14 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบรูปไข่สด น้ำหนัก 1.0 g	30
รูปที่ 15 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบรูปไข่สด น้ำหนัก 2.0 g	30
รูปที่ 16 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบผักตบชวา สด น้ำหนัก 0.5 g	31
รูปที่ 17 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบผักตบชวา สด น้ำหนัก 1.0 g	31
รูปที่ 18 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบผักตบชวา สด น้ำหนัก 2.0 g	32
รูปที่ 19 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในก้าน ผักตบชวาสด น้ำหนัก 0.5 g	32
รูปที่ 20 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในก้าน ผักตบชวาสด น้ำหนัก 1.0 g	33
รูปที่ 21 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในก้าน ผักตบชวาสด น้ำหนัก 2.0 g	33
รูปที่ 22 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดใบรูปไข่สด น้ำหนัก 1.0 g โดยสกัดครั้งแรกด้วย hexane	34
รูปที่ 23 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดใบรูปไข่สด น้ำหนัก 1.0 g โดยไม่สกัดครั้งแรกด้วย hexane	35
รูปที่ 24 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดใบผักตบชวาสด น้ำหนัก 0.5 g โดยสกัดครั้งแรกด้วย hexane	35

รูปที่ 25 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดใบผักตบชวาสด น้ำหนัก 0.5 g โดยไม่สกัดครั้งแรกด้วย hexane	36
รูปที่ 26 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดก้านผักตบชวาสด น้ำหนัก 1.0 g โดยสกัดครั้งแรกด้วย hexane	36
รูปที่ 27 กราฟกราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดก้านผักตบชวาสด น้ำหนัก 1.0 g โดยไม่สกัดครั้งแรกด้วย hexane	37
รูปที่ 28 รูปอนุภาคของ Avicel® PH101 จากกล้อง polarized light microscope ที่กำลังขยาย 100 เท่า	55
รูปที่ 29 รูปอนุภาคของอนุภาคที่ได้จากการย่อยเส้นใยใบผักตบชวาจากกล้อง polarized light microscope ที่กำลังขยาย 100 เท่า	56
รูปที่ 30 รูปอนุภาคที่ได้จากการย่อยเส้นใยก้านผักตบชวาจากกล้อง polarized light microscope ที่กำลังขยาย 100 เท่า	57
รูปที่ 31 รูปอนุภาคที่ได้จากการย่อยเส้นใยใบรูปฤๅษีจากกล้อง polarized light microscope ที่กำลังขยาย 100 เท่า	58
รูปที่ 32 รูปอนุภาคที่ได้จากการย่อยเส้นใยกากชานอ้อยจากกล้อง polarized light microscope ที่กำลังขยาย 100 เท่า	59
รูปที่ 33 รูปร่างของอนุภาค Avicel® PH101	61
รูปที่ 34 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของความยาวอนุภาค Avicel® PH101	61
รูปที่ 35 รูปร่างของอนุภาคที่ย่อยได้จากใบผักตบชวา ครั้งที่ 1 และ 2	62
รูปที่ 36 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของความยาวอนุภาคที่ย่อยได้จากใบผักตบชวา ครั้งที่ 1 และ 2	63
รูปที่ 37 รูปร่างของอนุภาคที่ย่อยได้จากก้านผักตบชวา ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	64

รูปที่ 38 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของความยาวอนุภาคที่ข้อยได้จากก้านผักตบชวา ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	65
รูปที่ 39 แสดงรูปร่างของอนุภาคที่ข้อยได้จากใบรูปฤๅษี ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	66
รูปที่ 40 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของความยาวอนุภาคที่ข้อยได้จากใบรูปฤๅษี ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	67
รูปที่ 41 แสดงรูปร่างของอนุภาคที่ข้อยได้จากกากชานอ้อย ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	68
รูปที่ 42 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของความยาวอนุภาคที่ข้อยได้จากกากชานอ้อย ครั้งที่ 1 และครั้งที่	69
รูปที่ 43 ค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดสารมีสีออกจากตัวอย่างพืชชนิดต่างๆ ตามน้ำหนักที่เลือกไว้ในชั่วโมงที่ 1	76

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันเซลลูโลสและอนุพันธ์ของเซลลูโลสถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอาหาร ยา เครื่องสำอาง พงษ์ฟอก กระดาษ สิ่งทอ พอลิเมอร์ น้ำมัน เซรามิก สารฆ่าแมลง กาว สีและวาร์นิช เป็นต้น ประเทศไทยยังคงต้องพึ่งพาการนำเข้าเซลลูโลสและอนุพันธ์จากต่างประเทศเนื่องจากไม่มีแหล่งผลิตภายในประเทศ ซึ่งพบว่ามูลค่าการนำเข้าในปี พ.ศ. 2544 จากต่างประเทศ(รวม 31 ประเทศ) เป็นมูลค่าสูงถึง 861,000,000 บาท และคาดว่าจะมีแนวโน้มสูงขึ้นในอนาคต อันเป็นผลมาจากการเติบโตและขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบหลายด้าน โดยเฉพาะด้านเศรษฐกิจ ทำให้ประเทศสูญเสียเงินตราในการจัดซื้อวัตถุดิบเหล่านั้นเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตและราคาสินค้าสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อศักยภาพในการผลิต โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมยาทำให้การผลิตยาเป็นไปอย่างมีขีดจำกัด เนื่องจากเซลลูโลสและอนุพันธ์ถูกนำมาใช้เป็นสารปรุงแต่งยา (excipient) โดยเฉพาะยาเม็ด (tablet) ซึ่งเป็นรูปแบบที่นิยมใช้มากที่สุดในการรักษาโรคในปัจจุบัน จึงมีความจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบจำนวนมากในการผลิต แต่วัตถุดิบเหล่านั้นมาจากหลายประเทศ ความแตกต่างในเรื่องของแหล่งผลิตส่งผลให้วัตถุดิบที่นำเข้านั้นมีคุณภาพและราคาที่แตกต่างกัน จึงสามารถเลือกใช้วัตถุดิบเพื่อนำมาเป็นสารปรุงแต่งยาได้จากบางแหล่งผลิตเท่านั้น

จากผลกระทบดังกล่าวจึงเป็นสาเหตุให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาการสกัดแยกเซลลูโลสจากพืชที่มีในประเทศไทยเอง พืชที่สนใจทำการศึกษาคือผักตบชวาและรูปฤาษี ซึ่งจัดเป็นวัชพืชร้ายแรงในแหล่งน้ำสามารถพบได้ทั่วไปและมีอยู่เป็นจำนวนมาก และจากกากชานอ้อยซึ่งเป็นของเหลือใช้จากการคั้นน้ำอ้อย นอกจากนี้พบว่าพืชชนิดดังกล่าวมีเซลลูโลสปริมาณมาก หากสามารถศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมและไม่ยุ่งยากในการสกัดเซลลูโลสได้และได้ปริมาณเซลลูโลสที่คุ้มค่าแก่การผลิต ก็อาจนำมาใช้ในการผลิตเซลลูโลสและอนุพันธ์เพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศในอนาคตได้เช่นกัน

บทที่ 2

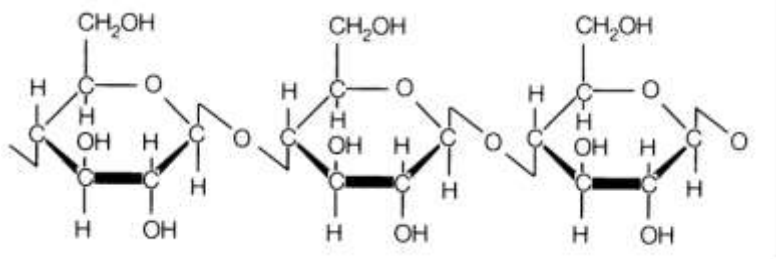
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

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

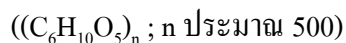
ตัวอย่างอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่ใช้ในทางเภสัชกรรม ได้แก่^{10, 14}

- Carboxymethyl cellulose (CMC)
- Methyl cellulose (MC)
- Hydroxypropylmethyl cellulose (HPMC)
- Hydroxyethyl cellulose (HEC)
- Hydroxypropylmethyl cellulose phthalate (HPMCP)
- Ethyl cellulose (EC)
- High-substituted hydroxypropyl cellulose (H-HPC)
- Microcrystalline cellulose (MCC)

เซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญของผนังเซลล์พืช⁹ และจัดเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ชนิดหนึ่งซึ่งประกอบด้วยกลูโคสชนิด β -D-glucose ที่เชื่อมต่อกันเป็นสายโซ่ตรงที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 4 ของโมเลกุลกลูโคส ด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic linkage) มีสูตรโมเลกุล $(C_6H_{10}O_5)_n$ และมีสูตรโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างของเซลลูโลส



เซลลูโลสมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 243,000 กรัมต่อโมล มีลักษณะเป็นผงสีขาวหรือค่อนข้างขาว ไม่มีกลิ่นและรส ประกอบด้วย fibrous particle อยู่รวมกันเป็นกลุ่มหรือมัดที่เรียกว่า fibrous bundle ซึ่งมีส่วนประกอบ 2 ส่วนคือส่วนผลึก (crystalline region) และส่วนอสัณฐาน (amorphous region) สามารถแบ่งชนิดของเซลลูโลสได้เป็น 3 ชนิด คือ แอลฟา เบต้า และแกมมาเซลลูโลส¹⁶ ซึ่งทั้งสามชนิดนี้มีความแตกต่างกันในเรื่องการละลายใน sodium hydroxide solution โดยที่แอลฟาเซลลูโลสหรือที่เรียกว่า true cellulose เป็นส่วนที่ไม่สามารถละลายใน 17.5% sodium hydroxide solution ที่อุณหภูมิ 20 °C ได้ แต่เบต้าเซลลูโลสสามารถละลายได้ในสภาวะดังกล่าว และแกมมาเซลลูโลสจะละลายเมื่อทำการสะเทินสารละลายต่าง ให้เป็นกลางแล้ว จะเห็นว่าแอลฟาเซลลูโลสเป็นเซลลูโลสที่มีความคงทนต่อการทำปฏิกิริยา จึงเป็นเซลลูโลสที่ได้ภายหลังทำการสกัด²²

ในยาเม็ด นอกจากตัวยาสำคัญ (active ingredient) แล้วยังประกอบด้วยสารประเภทอื่นๆ ซึ่งมีความสำคัญในการดองยาให้ออกมาเป็นเม็ดได้ เรียกสารเหล่านี้ว่า “สารปรุงแต่งยา” ซึ่งมีอยู่หลายประเภท เช่น สารเพิ่มปริมาณ (filler) สารช่วยแตกตัว (disintegrant) สารยึดเกาะ (binder) สารช่วยไหล (glidant) เป็นต้น⁶

เซลลูโลสที่ใช้ประโยชน์ในทางเภสัชกรรมในช่วงแรกๆ คือ powdered cellulose โมเลกุลเซลลูโลสจะมีความหลากหลายในเรื่องของขนาดอนุภาคและความชื้น²⁰ ทำให้มีสมบัติและการนำไปใช้ที่แตกต่างกัน เช่น เป็นสารดูดซับ (adsorbant) สารช่วยไหล (glidant) สารช่วยเจือจาง (tablet and capsule diluent) สารช่วยแตกตัว (disintegrant) ในยาเม็ด หรือสารช่วยกระจายตัว (suspending agent) ในยาน้ำกระจายตัว นอกจากนี้ยังมีลักษณะเป็นฟู (fluffy) มีความพรุน และการไหลที่ไม่ดี แต่มีสมบัติในการดองอัดจึงสามารถนำมาใช้เป็นสารเพิ่มปริมาณสำหรับดองอัดโดยตรง (direct compression filler) เซลลูโลสมีสมบัติทางกายภาพเคมีคือไม่ละลายในน้ำ สารละลายกรดเจือจางหรือตัวทำละลายอินทรีย์ละลายได้น้อยใน sodium hydroxide solution ขนาดของเส้นใยจะมีความยาวของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.5-4 mm และความกว้างอยู่ในช่วง 0.0005-0.35 mm powdered cellulose มีสมบัติเฉพาะดังนี้

Angle of repose

<62° for Arbocel M80

<49° for Arbocel P290

<36° for Arbocel A300

Density(bulk) : 0.139-0.391 g/cm³ ขึ้นกับแหล่งที่มา

Density(tapped) : 0.210-0.481 g/cm³ ขึ้นกับแหล่งที่มา

Density(true) : 1.5 g/cm³

Moisture content : powdered cellulose is slightly hygroscopic

ส่วน microcrystalline cellulose (MCC) เกิดจากกระบวนการ depolymerization ของเซลลูโลส ทำให้พอลิเมอร์มีขนาดเล็กกลง หรือที่เรียกว่า “partially depolymerized cellulose” microcrystalline cellulose มีสูตรโมเลกุลเช่นเดียวกับเซลลูโลสแต่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า (n ประมาณ 220) น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 36,000 ลักษณะเป็น crystalline powder ซึ่งเป็นผงสีขาวละเอียด ไม่มีกลิ่นและรส โมเลกุลมีความหลากหลายในเรื่องของขนาดอนุภาคและความชื้น ทำให้มีสมบัติและการนำไปใช้ที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับ powdered cellulose ไม่ละลายในน้ำ สารละลายกรดเจือจาง ตัวทำละลายอินทรีย์ และ diluted sodium hydroxide solution¹²

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

Microcrystalline cellulose จัดเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้เป็นสารปรุงแต่งยาในผลิตภัณฑ์ยาเม็ด ซึ่งทำหน้าที่ได้หลายประการ ดังนี้คือ เป็นสารเพิ่มปริมาณ(filler) สารยึด (binder) และสารช่วยแตกตัว (disintegrant) เมื่อนำมาใช้เป็นสารเพิ่มปริมาณในการทำแกรนูลเปียก (wet granulation) ได้โดยปริมาณที่แนะนำคือ ร้อยละ 5-15 ของตำรับ พบว่าเมื่อใช้ microcrystalline

cellulose เป็นสารเพิ่มปริมาณทำให้แรงผ่านแรงได้ง่าย ไม่เกิดการอุดตัน และได้เกรนูลที่สม่ำเสมอดี แต่ด้วยเหตุผลด้านราคามักไม่นิยมใช้ microcrystalline cellulose เป็นสารเพิ่มปริมาณชนิดเดียวในตำรับ จะมีการผสมกับสารเพิ่มปริมาณชนิดอื่นด้วยนอก จากนี้ยังมีสมบัติพิเศษคือเป็นสารเพิ่มปริมาณสำหรับ ตอกอัดโดยตรง (direct compression filler) อีกด้วย²¹ เนื่องจาก microcrystalline cellulose ไม่มี โรงงานผลิตในเมืองไทย จึงจำเป็นต้องสั่งซื้อจากบริษัทต่างประเทศ เช่น Avicel® PH101 จากบริษัท PMC ประเทศอังกฤษ Emocel® จากบริษัท Edward Mendell ประเทศฟินแลนด์ MCC® จากบริษัท Steetley Bark ประเทศอินเดีย และ Unimac® จากบริษัท Unitika ประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งเซลลูโลส และอนุพันธ์จากแหล่งที่ต่างกันจะมีสมบัติที่แตกต่างกัน microcrystalline cellulose มีสมบัติเฉพาะดังนี้⁷

Angle of repose

49° for Ceolus KG

34.4° for Emcocel 90M

Density(bulk) : 0.337 g/cm³

0.32 g/cm³ for Avicel PH101

0.29 g/cm³ for Emcocel 90M and VivaPur 101

Density(tapped) : 0.478 g/cm³

0.45 g/cm³ for Avicel PH101

0.35 g/cm³ for Emcocel 90M

Density(true) : 1.512-1.668 g/cm³

Flowability : 1.41 g/s for Emcocel 90M

Melting point : 260-270 °C

Moisture content : typically less than 5% w/w.However different grades may contain varying amounts of water.microcrystalline cellulose is hygroscopic.

Particle size distribution : 20-120 µm(different grades may have a different nominal mean particle size)

ผักตบชวา (water hyacinth) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms วงศ์ Pontederiaceae มีลักษณะลำต้นสั้นแตกใบเป็นกอ ลอยไปตามน้ำ ถ้าน้ำตื้นก็จะหยั่งรากลงดิน ใบเป็นใบเดี่ยวรูปไข่หรือเกือบกลม ก้านใบกลมอวบน้ำตรงกลางพองออก ภายในเป็นช่องอากาศคล้ายฟองน้ำ ดอกเกิดเป็นช่อที่ปลายยอดมีดอกย่อย 3-25 ดอก สีม่วงอ่อน องค์กรประกอบในผักตบชวามีเซลลูโลสร้อยละ 43-44 ลิกนินร้อยละ 12-15 แพนโตแซนร้อยละ 14-15 และสารอื่นๆ^{3, 19}

รูปฤาษี หรือในชื่ออกกฐูป , กกช้าง, เพ็ญ (ภาคกลาง), ปรีอ (ภาคใต้) และหญ้าน้ำหลวง (ภาคเหนือ) ชื่อสามัญอังกฤษว่า lesser reedmace, narrow-leaved cat tail, bulrush, cattail, flag, reedmace tule, narrowleaf cattail มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Typha angustifolia* L. วงศ์ Typhaceae มีลักษณะเป็นไม้ล้มลุกสองปี เหง้ากลม แตงหน่อขึ้นเป็นระยะสั้นๆ ใบเดี่ยว เรียงสลับระนาบเดียว รูปแถบกว้าง 1.2-1.8 เซนติเมตร ยาวประมาณ 2 เมตร แผ่นใบด้านบนโค้งเล็กน้อยเพราะมีเซลล์หุ้มตัว คล้ายฟองน้ำหนาอยู่กลางใบ ส่วนด้านล่างแบน ช่อดอกแบบช่อเชิงลด ดอกมีจำนวนมาก ติดกันแน่น สีน้ำตาล ลักษณะคล้ายรูปดอกใหญ่ ก้านช่อดอกกลม แข็ง ประกอบด้วยเส้นใย (fibre) ถึงร้อยละ 40 เส้นใยนี้มีความชื้นร้อยละ 8.9 เซลลูโลสร้อยละ 63 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 8.7 ลิกนินร้อยละ 9.6 ไชร้อยละ 1.4 และเถ้าร้อยละ 2⁸

อ้อย มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Saccharum officinarum* L. อยู่ในวงศ์ Poaceae (Gramineae) ชื่อสามัญคือ sugar cane ชื่ออื่นคือ อ้อยขม หรืออ้อยดำ เป็นไม้ล้มลุก สูง 2 - 5 m ลำต้นสีม่วงแดง มีไขสีขาวปกคลุม ไม่แตกกิ่งก้าน ใบเดี่ยว เรียงสลับ กว้าง 2.5 - 5 cm ยาว 0.5 - 1 m ดอกช่อ ออกที่ปลายยอด สีขาว ผลเป็นผลแห้ง ขนาดเล็ก ลำต้นของอ้อยประกอบด้วยเซลลูโลสร้อยละ 30 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 6.67^{11, 24}

การสกัดเซลลูโลสจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการสกัดหลายขั้นตอนโดยเริ่มจากการสกัดสารมีสีออกจากผักตบชวา และรูปฤาษี จากนั้นต้องผ่านกระบวนการฟอกสีที่เรียกว่า “bleaching” โดยอาศัยปฏิกิริยา oxidation ในการฟอก เพื่อกำจัดสารจำพวกลิกนิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญส่วนหนึ่งในพืช ที่มีผลขัดขวางกระบวนการย่อยขนาด หลังจากฟอกสีแล้วจะนำมาผ่านกระบวนการย่อยขนาดเพื่อให้ได้เซลลูโลสขนาดเล็กที่เรียกว่า microcrystalline cellulose¹⁵

ขั้นตอนการสกัดเซลลูโลสแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ

1. ขั้นตอนเชิงกล (mechanical process)

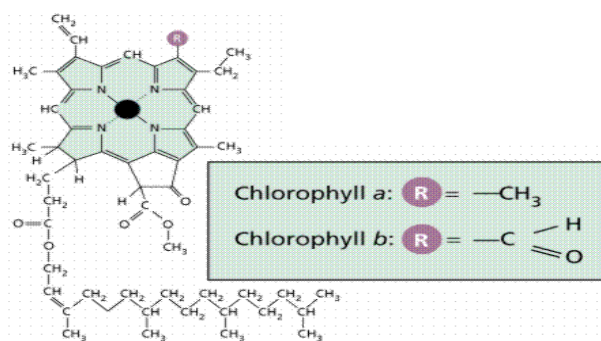
2. ขั้นตอนทางเคมี (chemical process)

ขั้นตอนเชิงกลจะทำโดยวิธีการตัดหรือบดเพื่อขยอยขนาดของเนื้อไม้ (pulp) ให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นจะทำการสกัดเซลลูโลสโดยใช้ขั้นตอนทางเคมีซึ่งทำได้หลายวิธีดังนี้

1. อาศัยเอนไซม์ในการขยอย

2. อาศัยการเกิดปฏิกิริยา hydrolysis ซึ่งแบ่งออกเป็น acid hydrolysis และ basic hydrolysis

ในขั้นตอนการสกัดสารมีสีออกจากพืชที่ทำการศึกษานั้น พบว่าสารมีสีส่วนใหญ่ที่พบเป็นคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ซึ่งเป็นสารประกอบที่พบได้ในส่วนที่มีสีเขียวของพืช โดยพบมากในใบ นอกจากนี้อาจพบได้ที่ลำต้น ดอก ผลและรากที่มีสีเขียว และยังพบได้ในสาหร่ายทุกชนิด และในแบคทีเรียบางชนิด คลอโรฟิลล์ทำหน้าที่เป็นโมเลกุลรับพลังงานจากแสง และนำพลังงานดังกล่าวไปใช้ในการสร้างพลังงานเคมีโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อสร้างสารอินทรีย์ เช่น น้ำตาล และนำไปใช้เพื่อการดำรงชีวิต คลอโรฟิลล์ อยู่ในโครงสร้างที่เรียกว่า เยื่อหุ้มไทลาคอยด์ (thylakoid membrane) ซึ่งเป็นเยื่อหุ้มที่อยู่ภายในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ในส่วน cytoplasm ของเซลล์พืช



รูปที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของ chlorophyll

คลอโรฟิลล์เป็นสารที่ละลายได้ดีใน acetone และ alcohol โครงสร้างอาจแบ่งได้เป็นสองส่วน คือ ส่วนหัว และส่วนหาง โดยที่ส่วนหัวของคลอโรฟิลล์มีลักษณะเป็นวงแหวนไพโรล (pyrrole ring) ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ 4 วง และมีธาตุแมกนีเซียมอยู่ตรงกลางโดยทำพันธะกับไนโตรเจน ส่วนหัวนี้มีขนาดประมาณ 1.5x1.5 อังสตรอม ส่วนหางของคลอโรฟิลล์มีลักษณะเป็นสารประกอบ

ไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ 20 อะตอม มีความยาวประมาณ 2 อังสตรอม คลอโรฟิลล์ ดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงคลื่นของแสงสีฟ้าและสีแดง แต่ดูดกลืนช่วงแสงสีเหลืองและเขียวได้น้อย ดังนั้น เมื่อได้รับแสงจะดูดกลืนแสงสีฟ้าและสีแดงไว้ ส่วนแสงสีเขียวที่ไม่ได้ดูดกลืนจึงสะท้อนออกมา ทำให้เห็นคลอโรฟิลล์มีสีเขียว

ในธรรมชาติมีคลอโรฟิลล์อยู่หลายชนิดด้วยกันซึ่งแต่ละชนิดมีโครงสร้างหลักที่เหมือนกันคือ วงแหวนไพโรล 4 วง แต่โซ่ข้าง (side chain) ของคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดจะมีลักษณะที่ต่างกันออกไป เช่น คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) และคลอโรฟิลล์ บี (chlorophyll b) มีโครงสร้างโมเลกุลที่ต่างกัน เพียงตำแหน่งเดียวเท่านั้น นั่นคือ ที่วงแหวนไพโรลวงที่สองของคลอโรฟิลล์ เอ มีโซ่ข้างเป็นหมู่เมทิล ($-CH_3$) ส่วนของคลอโรฟิลล์ บี เป็นหมู่อัลดีไฮด์ ($-CHO$) ซึ่งการที่โครงสร้างที่ต่างกันนี้ทำให้มีสมบัติแตกต่างกันด้วยโดยเฉพาะสมบัติด้านการละลาย โดยที่หมู่เมทิลของคลอโรฟิลล์ทำให้โมเลกุลมีขั้ว ดังนั้นจึงละลายได้ดีในสารละลายที่มีขั้ว เช่น methyl alcohol ส่วนหมู่อัลดีไฮด์ซึ่งไม่มีขั้ว จึงทำให้คลอโรฟิลล์ บี ละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่มีขั้ว เช่น petroleum ether รวมทั้งสมบัติการดูดกลืนแสงก็ต่างกันด้วย คลอโรฟิลล์ เอ จะดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 430 nm และ 662 nm ส่วนคลอโรฟิลล์ บี ดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 453 nm และ 642 nm ทำให้คลอโรฟิลล์ทั้งสองชนิดนี้มีสีต่างกันเล็กน้อย โดยที่คลอโรฟิลล์ เอ มีสีเขียวเข้ม ส่วนคลอโรฟิลล์ บี มีสีเขียวอ่อน

มีการทดลองเกี่ยวกับการสกัดเซลล์ลูโลสจากเปลือกมะละกอโดยการนำมาต้มกับ sodium hydroxide solution (ความเข้มข้น 0.5 M) และทำการฟอกขาวโดยใช้ hydrogen peroxide solution (ความเข้มข้น 5% ,10% ,15% และ 20%) พบว่ากระบวนการฟอกมีผลต่อความขาวของเยื่อเซลล์ลูโลส และค่าความขาวที่ได้เพิ่มมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ hydrogen peroxide solution ที่ใช้ เนื่องจากสารลิกนินในพืชถูกกำจัดออกไป⁵

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการสกัดเซลล์ลูโลสจากเปลือกทุเรียน โดยการนำวัตถุดิบไปต้มกับน้ำ ก่อนเพื่อแยกพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ออกไป จากนั้นนำไปต้มกับ sodium hydroxide solution ที่อุณหภูมิ 120-130 °C เพื่อสกัดเซลล์ลูโลส ก่อนนำไปฟอกโดยใช้ hypochlorite solution (HOCl) พบว่าได้ปริมาณเซลล์ลูโลสประมาณ 38-44% w/w จากเปลือกทุเรียนอบแห้ง¹

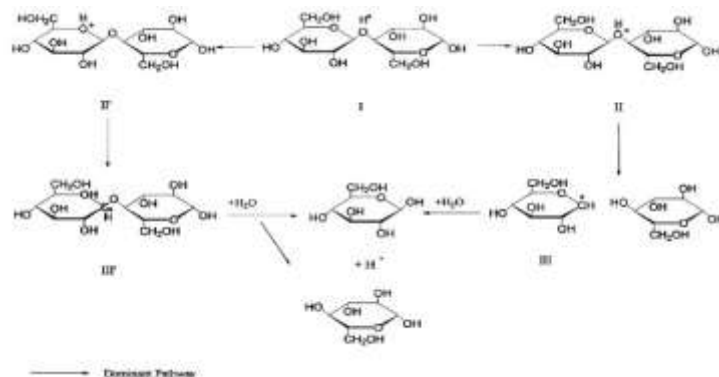
Barai, Singhal และ Kulkarni ได้ทำการสกัดเซลลูโลสจากผักตบชวาด้วยกระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อน ก่อนจะนำเซลลูโลสที่ได้ไปศึกษาการเตรียม carboxymethyl cellulose ต่อไปโดยการสกัดเซลลูโลสนั้นจะใช้วิธีการตัดให้เยื่อพืชมีขนาดเล็กแล้วทำให้แห้งโดยใช้ sapphire fluidized bed drier ที่ 65 °C นาน 6 ชั่วโมง จากนั้นทำให้อยู่ในรูปผงแล้วนำไปผ่านร่อนขนาดรู 80 mesh ก่อนจะนำไปแยกด้วยกระบวนการต่างๆจนได้เป็นเซลลูโลส¹³

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการผลิตเซลลูโลสจากสาลีเพื่อใช้ในทางเภสัชกรรมพบว่าสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการย่อยโดยใช้กรดคือการ ใช้ hydrochloric acid solution ที่ความเข้มข้น 3.22 N ที่อุณหภูมิ 85 °C นาน 60 ชั่วโมงทำให้ได้เซลลูโลสที่มีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกับ MCC ของ Avicel® PH101^{2,4}

การศึกษาการเตรียม MCC จากพืชที่เหลือใช้ทางเกษตรกรรม เช่น กากชานอ้อย ฟางข้าว และ cotton stalk โดยใช้ sulfuric acid solution (H₂SO₄) และ hydrochloric acid solution (HCl) เพื่อศึกษาชนิดของกรดที่ใช้ในการย่อยว่ามีผลต่อสมบัติของ MCC ที่ได้หรือไม่ พบว่าชนิดของกรดไม่มีผลต่อสภาพผลึก (crystallinity) และขนาดผลึก (crystallite size) แต่มีผลอย่างไม่มีนัยสำคัญต่อ bulk และ tapped density ของ MCC ที่ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดของกรดไม่มีผลต่อขนาดอนุภาคในการเตรียม MCC จากกากชานอ้อย แต่ในฟางข้าวและ cotton stalk พบว่าการใช้ sulfuric acid solution จะได้ MCC ที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าการเตรียมโดยใช้ hydrochloric acid solution¹⁸

Gaonkar และ Kulkarni ได้ทำการสกัดแอลฟาเซลลูโลสจากผักตบชวาแล้วนำเซลลูโลสที่สกัดได้ไปเตรียมเป็น microcrystalline cellulose ซึ่งใช้ขั้นตอนหลายขั้นตอนดังนี้ เริ่มจากการนำผักตบชวาที่อบแห้งไปล้างด้วย petroleum ether นาน 2 ชม. เป็นจำนวน 2 รอบ จากนั้นย่อยด้วย nitric acid แล้วตามด้วย 17.5 %w/v sodium hydroxide solution เพื่อแยกแอลฟาเซลลูโลสออกจากเบต้าและแกมมาเซลลูโลส แล้วนำมาผ่านขั้นตอนสุดท้ายคือการฟอกขาว (bleaching) ซึ่งมีกระบวนการย่อยหลายขั้นตอนคือ ฟอกด้วย sodium hypochlorite (4 g/l available Cl), 5 %w/v sodium hydroxide และ sodium hypochlorite (4 g/l available Cl) ตามลำดับ ก่อนนำมาอบแห้งที่ 60 °C พบว่าได้แอลฟาเซลลูโลส 26% ของน้ำหนักผักตบชวาแห้ง จากนั้นนำมาย่อยด้วย 2.5 N hydrochloric acid ที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 20 นาที เพื่อเตรียมเป็น microcrystalline cellulose

กลไกการย่อยเซลลูโลสโดยวิธี acid hydrolysis มี 3 ขั้นตอน เริ่มจากโปรตอนจากกรดเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจนของพันธะไกลโคซิดิก ซึ่งเป็นตัวเชื่อมต่อน้ำตาล 2 โมเลกุล จากนั้นพันธะ C-O ก็แตกออก ได้เป็น cyclic carbonium ion สุดท้ายโมเลกุลของน้ำเข้ามาทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว ทำให้ปลดปล่อยโปรตอน (proton) ออกมาและได้เป็นเส้นใยเซลลูโลสท่อนสั้นๆ ปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยน้ำ ดังกล่าวนี้นี้มักจะเกิดบริเวณปลายสายของพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ดังแสดงในรูปที่ 1 การย่อยจะสิ้นสุดเมื่อขนาดของเซลลูโลสไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว ซึ่งอาจเนื่องมาจากกรดได้ย่อยส่วนที่เป็นออสแตทอนจนหมดเหลือแต่ส่วนที่เป็นผลึกซึ่งไม่สามารถลดขนาดได้อีก



รูปที่ 3 ภาพแสดงปฏิกิริยา acid hydrolysis (Qian Xiang, 2003)

ในการย่อยเซลลูโลสโดยวิธีทางเคมีนั้น มักจะใช้กรดในการย่อย กรดที่นิยมใช้คือกรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟูริก แต่กรดไฮโดรคลอริกสามารถทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วกว่าและมีความจำเพาะในการแตกพันธะไกลโคซิดิกมากกว่ากรดซัลฟูริกเมื่อทำการทดลองที่สภาวะเดียวกัน แต่ทั้งนี้กรดไฮโดรคลอริกมีฤทธิ์กัดกร่อนสูงกว่า ถ้าความเข้มข้นกรดสูงขึ้นฤทธิ์ในการกัดกร่อนจะแรง จึงต้องระมัดระวังในการใช้ การย่อยด้วยนั้นกรดมักจะใช้อุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วย อุณหภูมิที่ใช้จะสูงกว่า 100 °C จากการศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้น การย่อยจะเกิดรวดเร็วขึ้น (Qian Xiang, 2003) และเมื่อย่อยด้วยปฏิกิริยาเคมีแล้วต้องการเพิ่มความเป็นเนื้อเดียวกันของสาร อาจนำไปเข้าเครื่องบดเพื่อย่อยส่วนที่เป็นเส้นใย (fiber) ซึ่งกรดไม่สามารถย่อยได้²³

หลังจากได้เซลลูโลสที่สกัดจากพืชแล้ว ก่อนจะนำไปใช้เป็นสารปรุงแต่งยาจะต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติทางอนุภาคศาสตร์ ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือ สมบัติพื้นฐาน ประกอบด้วย ขนาดอนุภาค (particle size) รูปร่างอนุภาค (particle shape) และพื้นที่ผิว (surface area) และกลุ่มที่สอง

คือ สมบัติสืบเนื่อง ประกอบด้วย ความพรุน (porosity) ความหนาแน่น (density) และการไหล (flow properties) สมบัติของวัตถุดิบเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลถึงคุณสมบัติทางเภสัชกรรมของยาเม็ด ซึ่งคุณสมบัติทางเภสัชกรรมที่ทำการทดสอบหลังจากตอกอัดเป็นเม็ดยาแล้วได้แก่ ความแปรปรวนของน้ำหนัก (weight variation) ความแข็ง (hardness) การแตกตัว (disintegration) ความกร่อน (friability) การละลาย (dissolution)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างพืชและตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ
 - 1.1. ทำความสะอาดตัวอย่างพืชและคัดแยกเอาเฉพาะส่วนที่ต้องการคือ ใบผักตบชวา ก้าน ผักตบชวา ใบรูปไข่ และกาบขานอ้อยส่วนที่เป็นสีขาว แล้วตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ
 - 1.2. สำหรับตัวอย่างส่วนที่ต้องการทำแห้งอบในตู้อบแห้งชนิดใช้ลมร้อนด้วยอุณหภูมิ 80 เซนติเกรด นาน 24 ชั่วโมง แล้วคำนวณหาร้อยละของน้ำหนักคงเหลือตามสมการต่อไปนี้
$$\text{ร้อยละของน้ำหนักคงเหลือ} = (1 - \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบแห้ง}}) \times 100$$
 - 1.3. บดย่อยขนาดตัวอย่างพืชสดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้(Otto BG-122G, Thailand) โดยต่อกับอุปกรณ์สำหรับบดย่อยของแข็ง หากเป็นตัวอย่างพืชที่อบแห้งแล้วให้บดย่อยด้วยเครื่องลดขนาดแบบตัด โดยใช้ตะแกรงที่มีรูเปิดขนาด 0.2 มิลลิเมตร
 - 1.4. การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างพืชโดยการสังเกตด้วยตาเปล่าและการใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงส่องผ่าน(Nikon type 119, Japan) ที่กำลังขยาย 100 เท่า
2. การสกัดสารมีสีออกจากผักตบชวาและรูปไข่
 - 2.1. ศึกษาหาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมโดยคัดเลือกระหว่าง purified water, ethanol, methanol และ isopropanol โดยประเมินจากปริมาณสารมีสีซึ่งสกัดออกมาได้โดยสังเกตจากสีของพืชตัวอย่างและสีของตัวทำละลายที่ใช้สกัด
 - 2.2. ศึกษาผลกระทบของการล้างตัวอย่างด้วยตัวทำละลายชนิดที่มีความเป็นขั้วต่ำคือ hexane ก่อนการสกัดด้วยตัวทำละลายแล้วประเมินตามวิธีการในข้อ 2.1
 - 2.3. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารมีสีออกจากพืชตัวอย่างโดยเปลี่ยนแปลง เวลาที่ใช้ หมัก ปริมาตรของตัวทำละลาย และจำนวนครั้งที่สกัด และทำซ้ำเพื่อยืนยัน
3. การฟอกสีตัวอย่างที่สกัดสารมีสีออกแล้ว
 - 3.1. ศึกษาเปรียบเทียบผลการฟอกขาวพืชตัวอย่างที่สกัดสารมีสีออกแล้วโดยใช้สารละลายและสภาวะดังต่อไปนี้

- 20% hydrogen peroxide(H_2O_2)
- 2 N sodium hydroxide(NaOH)
- 2 N NaOH+6% H_2O_2
- NaOCl(4 g/L available Cl)
- NaOCl(6 g/L available Cl)
- NaOCl(8 g/L available Cl)
- NaOCl(6 g/L available Cl)+heat
- NaOCl(8 g/L available Cl)+heat

3.2. ศึกษาเปรียบเทียบผลการฟอกขาวพืชตัวอย่างขั้นที่ 2 โดยใช้สารละลายต่อไปนี้

- NaOCl(8 g/L available Cl)
- 20% hydrogen peroxide(H_2O_2)
- 20% hydrogen peroxide(H_2O_2)
- 20% hydrogen peroxide(H_2O_2)

3.3. ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างตัวอย่างพืชแต่ละชนิดและสารเคมีที่ใช้ในการฟอกขาว

4. การย่อยขนาดตัวอย่างที่ผ่านการฟอกสีแล้ว

4.1. ศึกษาผลของความเข้มข้นของhydrochloric acid ต่อการย่อยขนาด

4.2. ศึกษาผลของอุณหภูมิและการบดย่อยตัวอย่างต่อการย่อยขนาด

4.3. คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างพืชแต่ละชนิด

5. กำหนดหา % yield ของผงเซลล์โลสที่ได้จากพืชแต่ละชนิดตามสมการต่อไปนี้

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{น้ำหนักผงเซลล์โลสที่ได้}}{\text{น้ำหนักพืชสดที่ใช้}} \times 100$$

6. ตรวจสอบคุณสมบัติของสารที่ย่อยได้

6.1. สี โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า

6.2. รูปร่าง โดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

6.3. ขนาด โดยการหาค่าเฉลี่ยขนาดอนุภาคที่วัดได้ในกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า เทียบกับ stage micrometer

6.4. ความชื้น(moisture content) โดยการอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 100 เซนติเกรด นาน 6 ชั่วโมงแล้วคำนวณตามสมการต่อไปนี้

$$\text{ความชื้นเป็นร้อยละ} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักหลังอบแห้ง})}{\text{น้ำหนักหลังอบแห้ง}}$$

6.5. ความหนาแน่นและความพรุนโดยใช้ jolting volumeter() แล้วคำนวณตามสมการต่อไปนี้

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{น้ำหนักสารตัวอย่าง}}{\text{bulk volume (V}_0\text{)}}$$

$$\text{Tapped density} = \frac{\text{น้ำหนักสารตัวอย่าง}}{\text{tapped volume (V}_p\text{)}}$$

$$\text{True density} = \frac{\text{น้ำหนักสารตัวอย่าง}}{\text{true volume}}$$

$$\% \text{ compressibility} = \frac{[(\text{tapped density} - \text{bulk density}) / \text{tapped density}] \times 100}{}$$

$$\% \text{ porosity} = \frac{[(\text{bulk volume} - \text{true volume}) / \text{bulk volume}] \times 100}{}$$

6.6. การไหลโดยการใส่สารตัวอย่างลงในกระบอกทรงกลม กลิ้ง 1 รอบ แล้วองศาที่ผิวของสารตัวอย่างทำมุมกับพื้นโต๊ะ

6.7. ความสามารถในการฟองตัวโดยการชั่งสาร 1 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำจนเกินพอ และทิ้งไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 40 เซนติเกรด นาน 30 นาที จากนั้นนำไป centrifuge เพื่อแยกน้ำออกและชั่งน้ำหนัก คำนวณค่าการฟองตัวตามสมการต่อไปนี้

$$\text{ค่าการฟองตัว} = \frac{\text{น้ำหนักสารตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักรู้น้ำที่ถูกดูดซับ}} \times 100$$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การเตรียมตัวอย่างพืชและตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

1.1. ระหว่างทำความสะอาดและคัดแยกส่วนต่างๆ ของพืชตามที่ต้องการ พบว่าส่วนก้านผักตบชวา และใบรูปฤๅษีมีลักษณะเป็นรูพรุนอยู่ด้านในโดยมีส่วนผิวนอกเป็นสีเขียว โดยใบรูปฤๅษีจะมี ด้านนอกที่มีสีเขียวเข้มกว่าก้านผักตบชวา ส่วนใบผักตบชวานั้นจะมีสีเขียวเข้ม และกากชาน อ้อยซึ่งเป็นของเสียจากการคั้นน้ำอ้อยมีสีเกือบขาวเนื่องจากในการคั้นน้ำอ้อยจะต้องมีการปอก เปลือกด้านนอกออกเสียก่อน

1.2. เมื่อคัดแยกส่วนของพืชตามที่ต้องการแล้วจึงนำส่วนที่ต้องการทำให้แห้งมาอบแห้งโดยซึ่ง ตัวอย่างพืชสดก่อนอบและหลังอบ พบว่า ใบผักตบชวา ใบรูปฤๅษี และก้านผักตบชวา เปลี่ยนสี เป็นสีน้ำตาลโดยมีความเข้มของสีเรียงตามลำดับจากมากลงมา ส่วนกากชานอ้อยมีสีออก เหลืองเล็กน้อยหลังอบแห้ง เมื่อคำนวณร้อยละของน้ำหนักของตัวอย่างพืชแต่ละชนิด ได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ชนิดตัวอย่างพืช	น้ำหนัก (g)		ร้อยละน้ำหนักของเหลือ
	ก่อนอบ	หลังอบ	
ใบรูปฤๅษี	303.0	59.5	19.64
ใบผักตบชวา	235.0	32.53	13.84
ก้านผักตบชวา	404.5	37.17	9.18
กากชานอ้อย	302.0	64.5	21.36

ตารางที่ 1 ร้อยละของน้ำหนักของเหลือของตัวอย่างพืชทั้งสี่ชนิด

1.3. ระหว่างการบดย่อยขนาดพืชสด พบว่า ใบรูปฤๅษี กากชานอ้อย ก้านผักตบชวา และใบ ผักตบชวา มีความยากในการบดย่อยขนาดด้วยเครื่องบดเรียงลำดับจากมากสู่น้อย สำหรับการ บดย่อยขนาดพืชที่อบแห้งแล้วนั้นมีความยากไม่แตกต่างกัน

- 1.4. จากการสังเกตลักษณะตัวอย่างพืชสดภายหลังการบดย่อยด้วยตาเปล่า และลักษณะเส้นใยเมื่อ
ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ด้วยกำลังขยาย 100 เท่า พบว่าได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

ชนิดตัวอย่างพืช	ผลการบดย่อยขนาดตัวอย่างพืช	
	สังเกตด้วยตาเปล่า	ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์
1. ใบรูปไข่	ลักษณะเป็นเส้นชัดเจน	พบเส้นใยยาว ขนาดใหญ่ ปริมาณมาก
2. ใบผักตบชวา	ลักษณะเป็นเส้นชัดเจน และบางส่วน มีลักษณะเป็นแผ่น	พบเส้นใยยาว ขนาดใหญ่ และเส้นใย ท่อนสั้นๆ ปริมาณใกล้เคียงกัน
3. ก้านผักตบชวา	เส้นใยค่อนข้างเล็ก ละเอียด	พบเส้นใยท่อนสั้นๆ เป็นจำนวนมาก
4. กากขานอ้อย	เส้นใยยาวและหยาบ	พบเส้นใยยาว ขนาดใหญ่ ปริมาณมาก

ตารางที่ 2 ลักษณะตัวอย่างพืชภายหลังการบดย่อยเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า และส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

2. การสกัดสารมีสีออกจากผักตบชวาและรูปไข่

- 2.1. ในการศึกษาเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารมีสีใช้ก้าน

ผักตบชวาสดที่บดย่อยขนาดแล้วเป็นตัวอย่าง โดยชั่งตัวอย่างพืชประมาณ 10 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร แล้วเติมตัวทำละลายที่ต้องการศึกษา 100 มิลลิลิตร ปิดด้วยพาราฟิล์ม แช่ตัวอย่างพร้อมคนด้วย magnetic stirrer นาน 1 ชั่วโมง แล้วกรองตัวทำละลายออก ทำซ้ำ 2 ครั้ง สำหรับครั้งที่ 3 คนทิ้งไว้นาน 24 ชั่วโมง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3

ชนิดตัวทำละลาย	ผลการทดลอง	
	สีของกากตัวอย่างพืช	ความเข้มข้นของสารละลาย
น้ำกลั่น	มีสีเขียวอมเหลือง	+
Methanol	มีสีขาวอมเหลือง	+++++
Ethanol	มีสีค่อนข้างขาวอมเหลือง	++++
Isopropanol	มีสีเขียวอ่อน	+++

หมายเหตุ เครื่องหมายบวก(+)แสดงถึงความเข้มของสีในสารละลายหลังการล้างสารมีสีในพืชตัวอย่าง
โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า

ตารางที่ 3 ผลการสกัดสารมีสีในตัวอย่างก้านผักตบชวาสด ด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ

2.2. ในการทดลองผลของการสกัดด้วย hexane นาน 2 ชั่วโมง เพื่อสกัดเอาสารบางชนิดละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วต่ำ ซึ่งสารเหล่านั้นอาจขัดขวางการสกัดสารมีสีด้วยตัวทำละลายอื่น แล้วจึงสกัดด้วย methanol ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่สามารถสกัดสารมีสีออกได้ดีที่สุดจากการศึกษาในส่วนของ 2.1 โดยสกัดตัวอย่างพืชด้วย methanol ทั้งหมด 4 ครั้ง 3 ครั้งแรกแช่ตัวอย่างพร้อมคนด้วย magnetic stirrer นานครั้งละ 2 ชั่วโมง และสกัดครั้งที่ 4 โดยการคนนาน 24 ชั่วโมง ตัวอย่างพืชที่เลือกใช้ในการทดลองคือ ใบรูปฤๅษี และใบผักตบชวา เนื่องจากเป็นตัวอย่างพืชที่มีสีเข้ม พบว่าเมื่อใส่ตัวอย่างพืชลงใน hexane เส้นใยจะเกาะกันเป็นกลุ่ม และเมื่อสังเกตความเข้มข้นใน methanol ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4

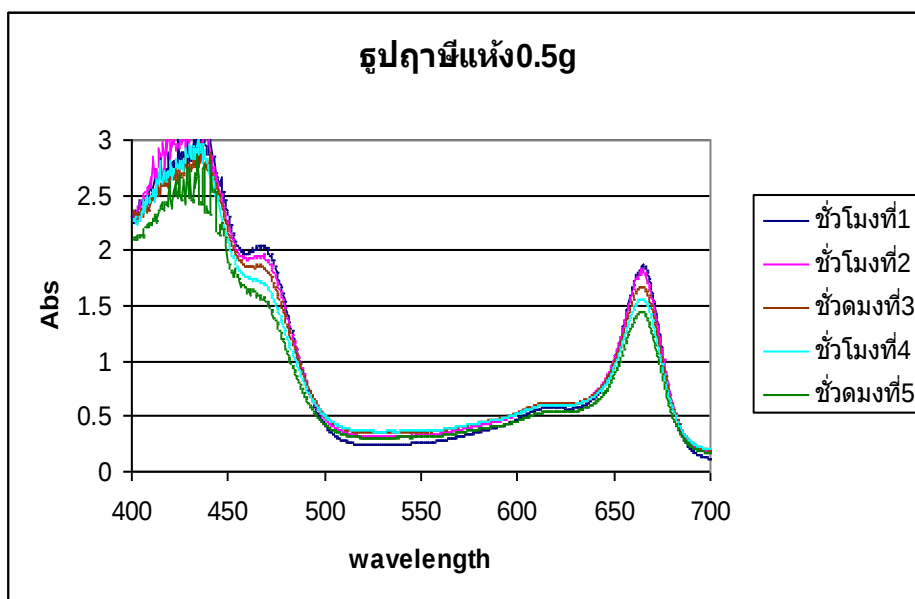
จำนวนรอบ ที่ล้าง	ใบรูปฤๅษี		ใบผักตบชวา	
	Methanol	Hexane pretreated	Methanol	Hexane pretreated
1	+++	+++	++++	++++
2	++	++	+++	+++
3	+	+	++	+++
4 (ทิ้งข้ามคืน)	+	+	+++	+++

*หมายเหตุ เครื่องหมายบวก(+)แสดงถึงความเข้มของสีในสารละลายหลังการล้างสารมีสีในพืชตัวอย่าง โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า

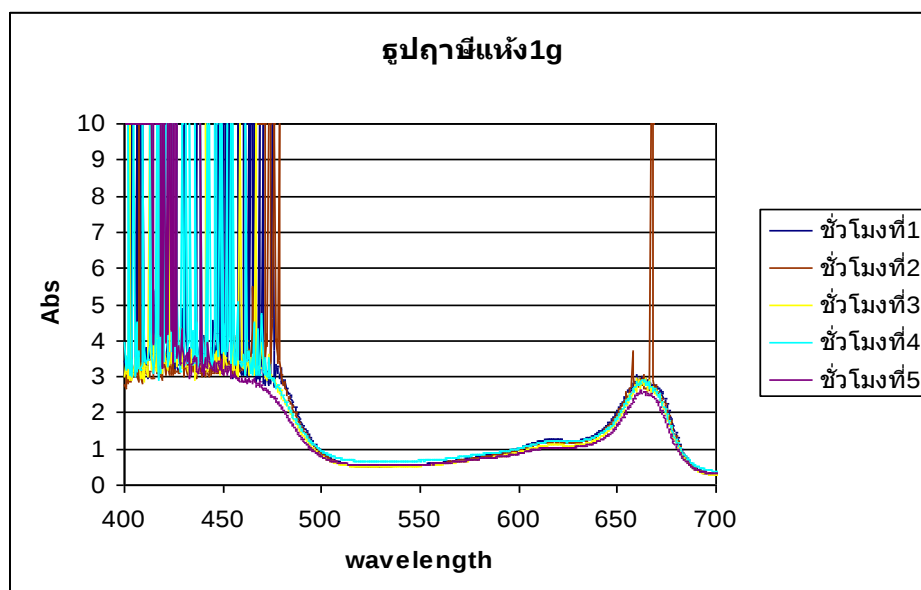
ตารางที่ 4 ความเข้มของสีเขียวใน methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีออกจากใบรูปฤๅษีและใบผักตบชวา
เปรียบเทียบวิธีสกัดเบื้องต้นด้วย hexane และไม่สกัดเบื้องต้นด้วย hexane

2.3. การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารมีสีเริ่มต้นด้วยการทดลองนำตัวอย่างพืชทั้ง 3 ชนิด (ใบรูปฤๅษี, ใบผักตบชวา และรูปฤๅษี) แบบบอบแห้งและสดที่บดย่อยขนาดแล้ว ที่น้ำหนักต่าง ๆ นำไปสกัดสารมีสีออกโดยแช่ตัวอย่างและคนด้วย magnetic stirrer ใน methanol 100 มิลลิลิตร จากนั้นสุ่มตัวอย่างสารละลายปริมาตร 5 มิลลิลิตรไปวัดค่าการดูดกลืนแสงทุก 1 ชั่วโมง และเติมตัวทำละลาย 5 มิลลิลิตร ทดแทน จนกระทั่งความเข้มของสีในตัวทำละลายที่

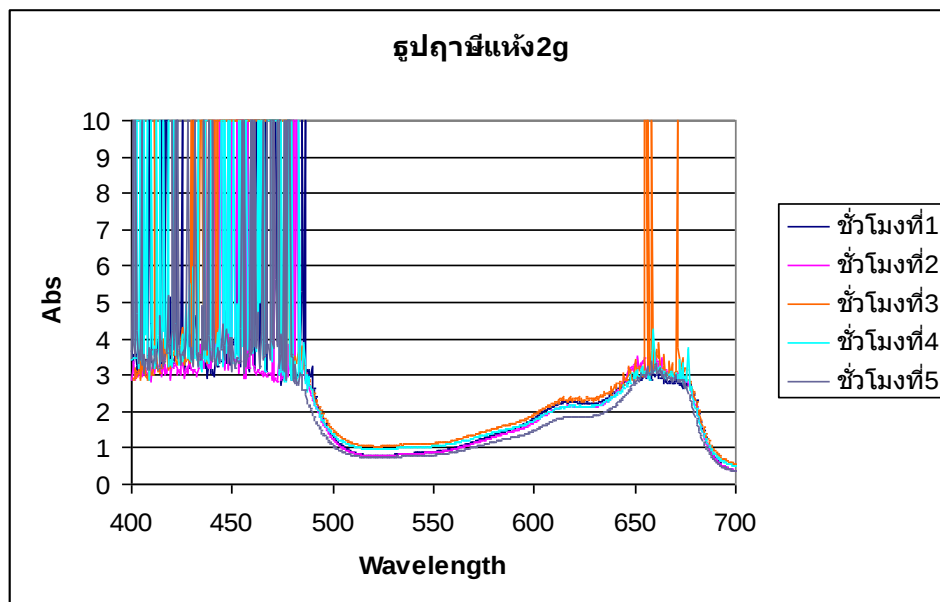
ใช้สกัด 2 ครั้ง ไม่แตกต่างกัน แต่สกัด 5 ครั้ง เพื่อดูปริมาณตัวอย่างที่เหมาะสมในการสกัดแต่ละครั้ง พบว่าได้ค่าการดูดกลืนแสงดังรูปที่ 4-21



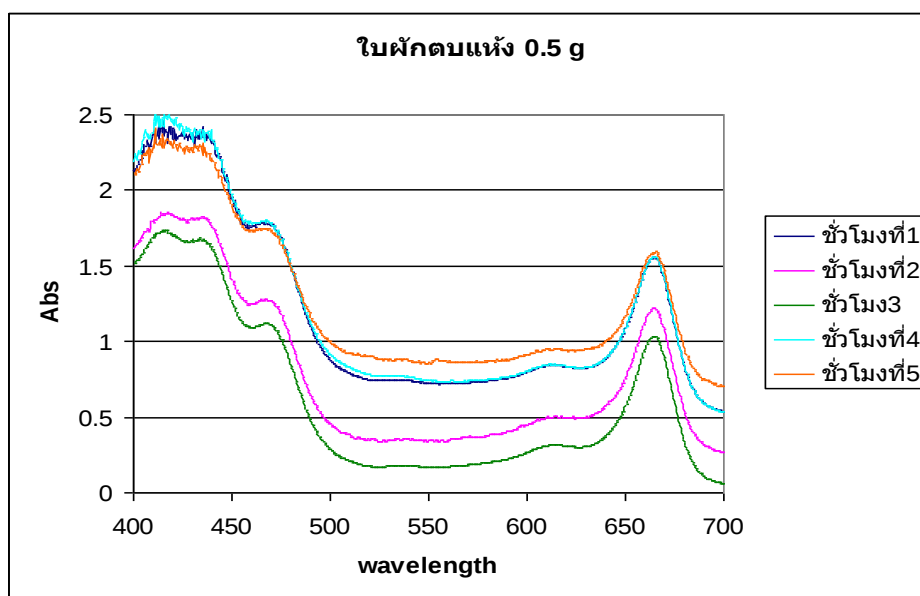
รูปที่ 4 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบรูปถ่ายแห้ง น้ำหนัก 0.5 g



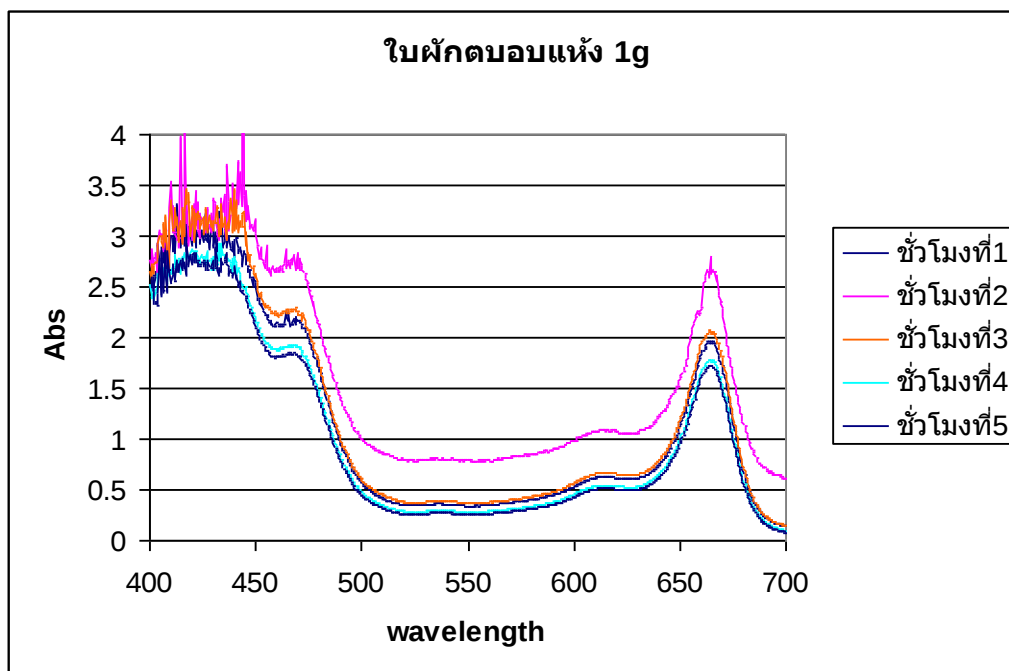
รูปที่ 5 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบรูปถ่ายแห้ง น้ำหนัก 1.0 g



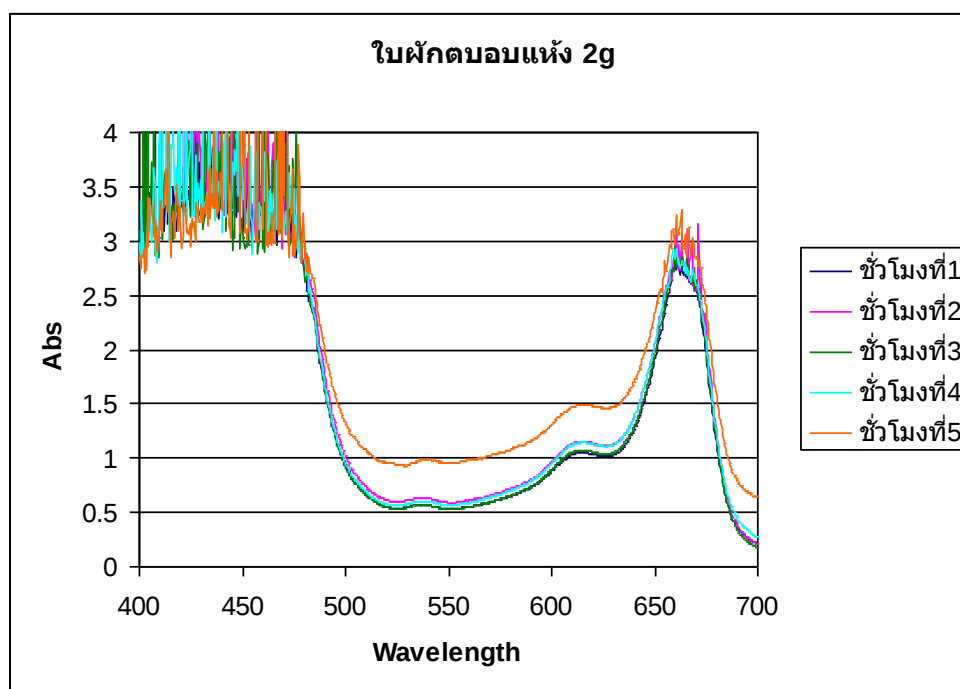
รูปที่ 6 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบรูปถ่ายือบแห้ง น้ำหนัก 2.0 g



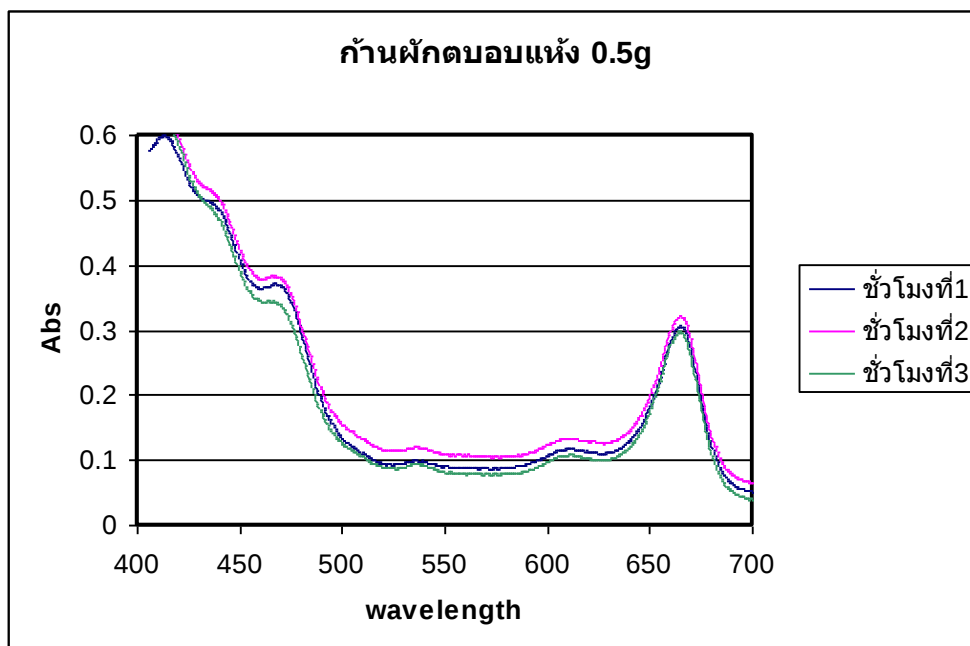
รูปที่ 7 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบผักตบชวาอบแห้ง น้ำหนัก 0.5 g



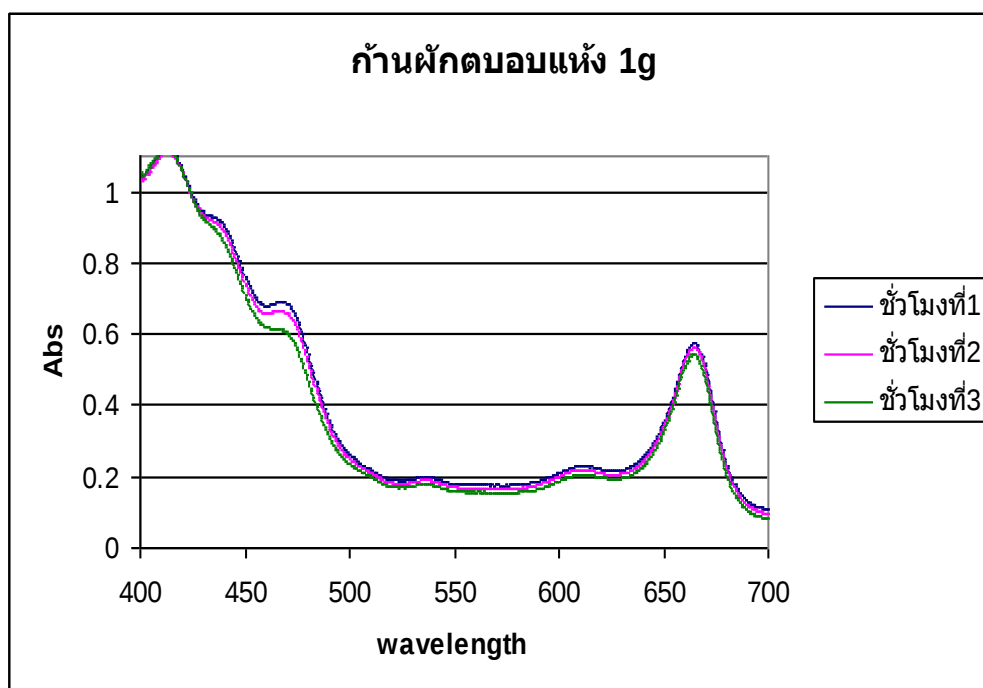
รูปที่ 8 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบผักตบชวาอบแห้ง น้ำหนัก 1.0 g



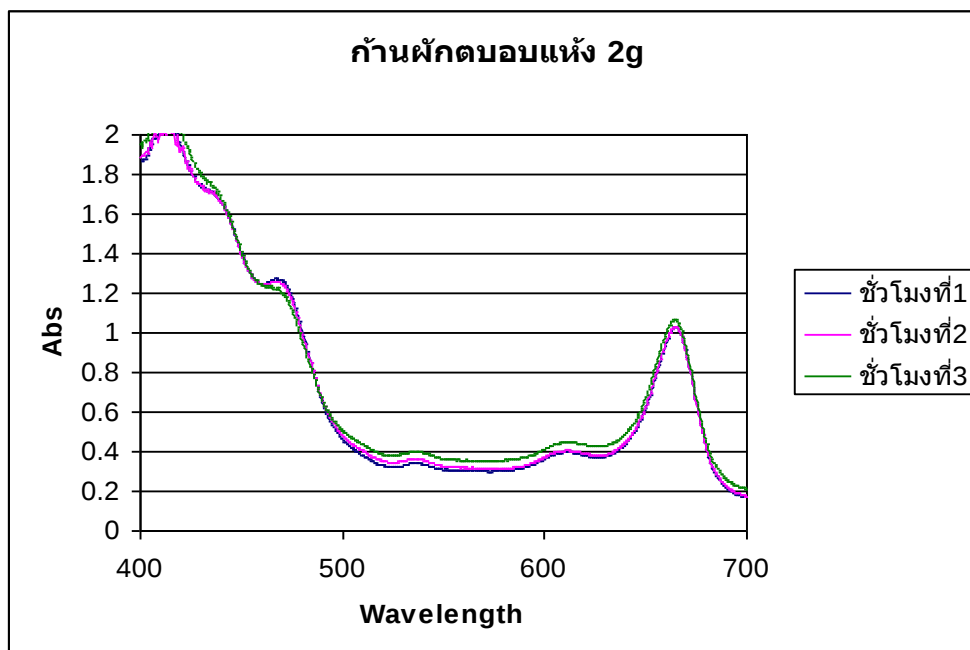
รูปที่ 9 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบผักตบชวาอบแห้ง น้ำหนัก 2.0 g



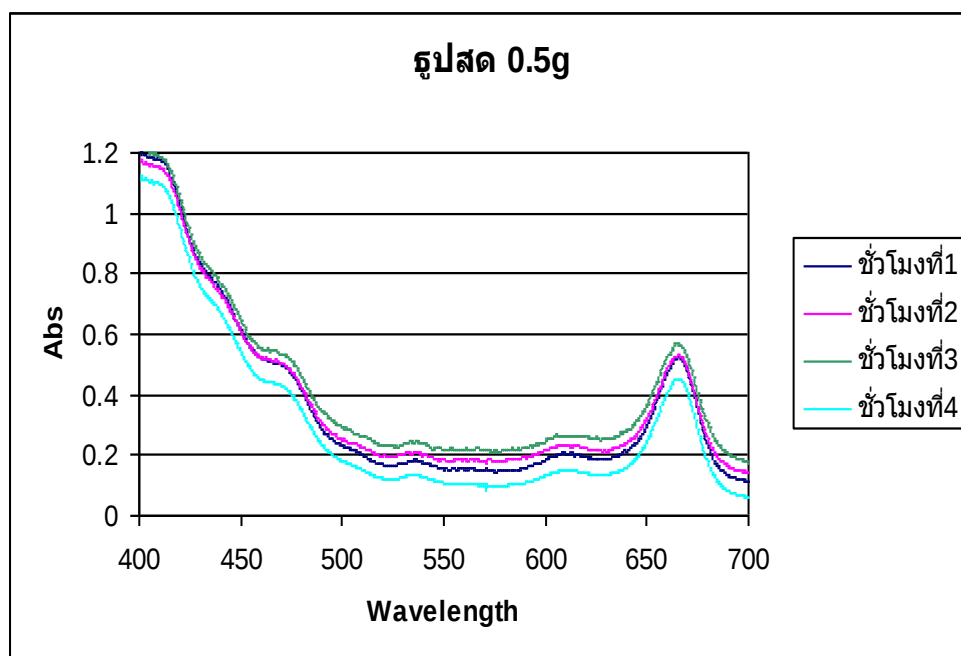
รูปที่ 10 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในก้านผักตบชวาอบแห้ง น้ำหนัก 0.5 g



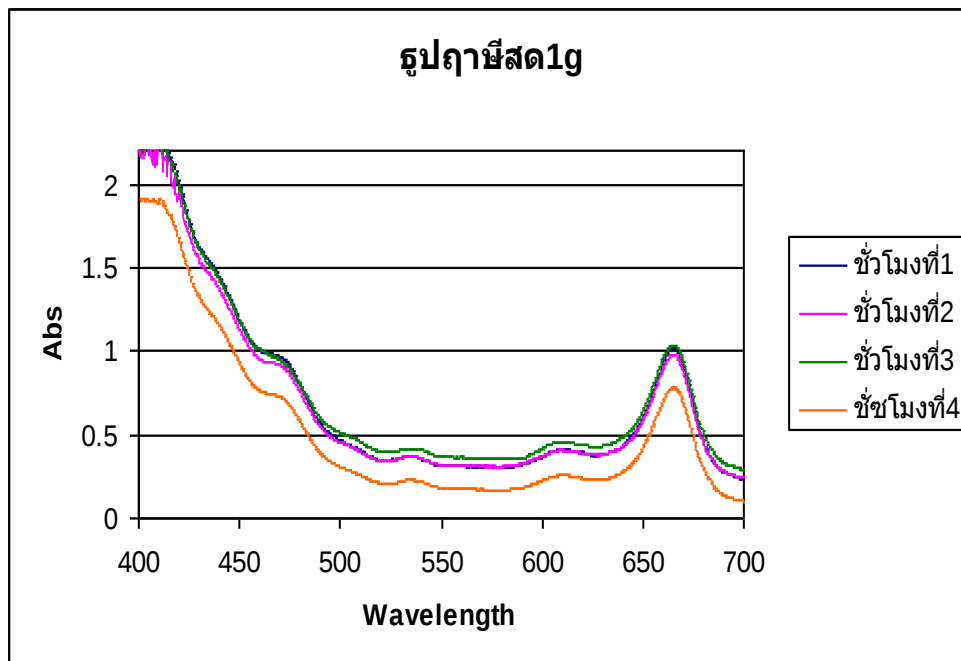
รูปที่ 11 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในก้านผักตบชวาอบแห้ง น้ำหนัก 1.0 g



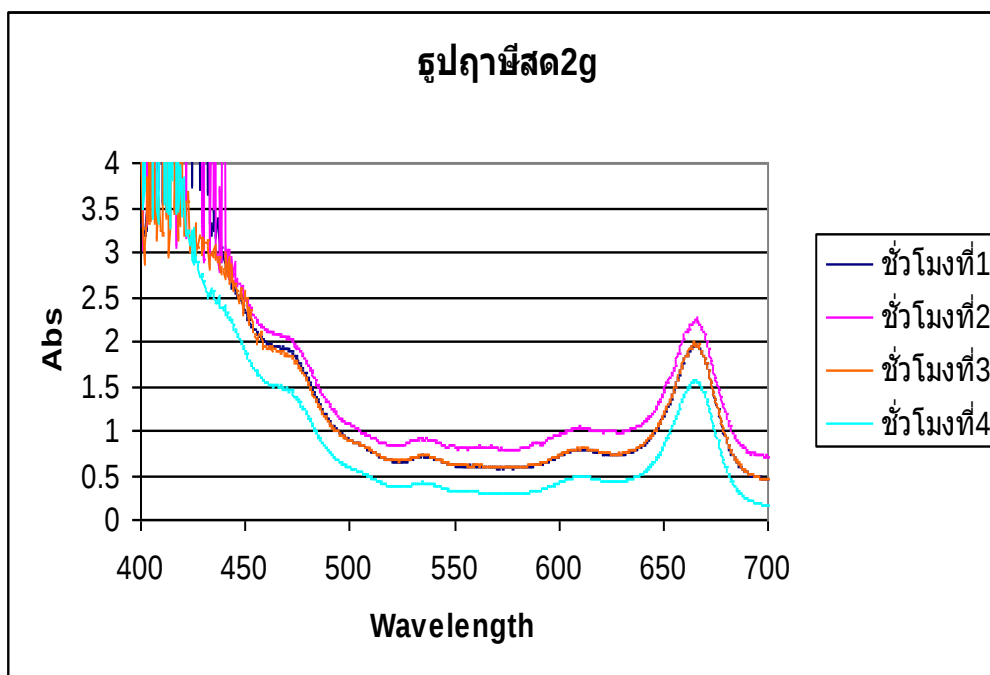
รูปที่ 12 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในก้านผักตบชวาอบแห้ง น้ำหนัก 2.0 g



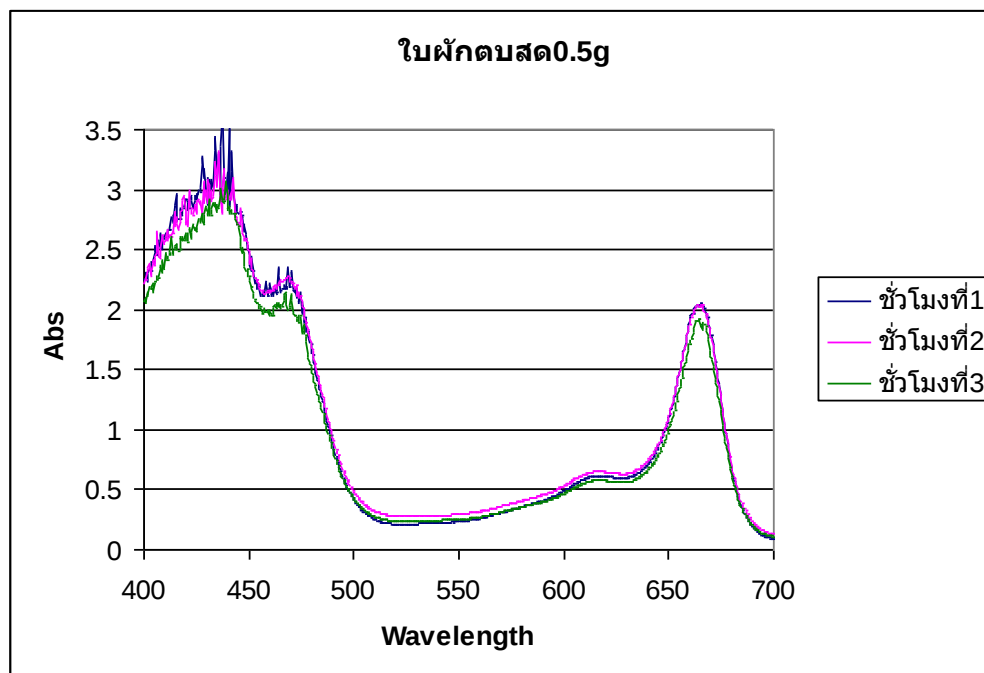
รูปที่ 13 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบรูปถั่วฝักสด น้ำหนัก 0.5 g



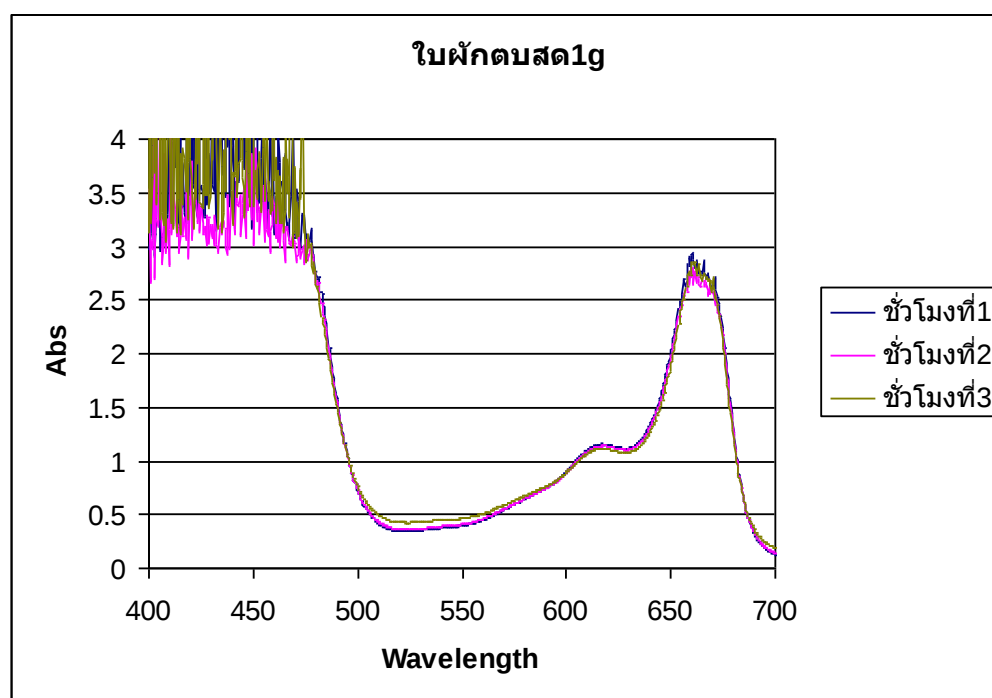
รูปที่ 14 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบรูปถ่ายสีสด
น้ำหนัก 1.0 g



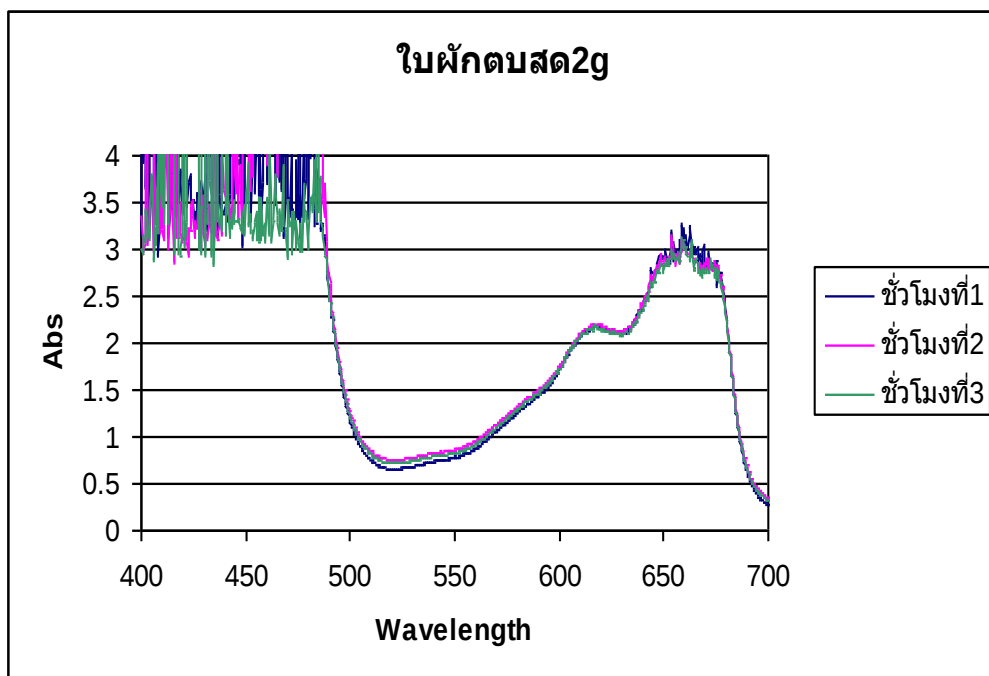
รูปที่ 15 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบรูปถ่ายสีสด
น้ำหนัก 2.0 g



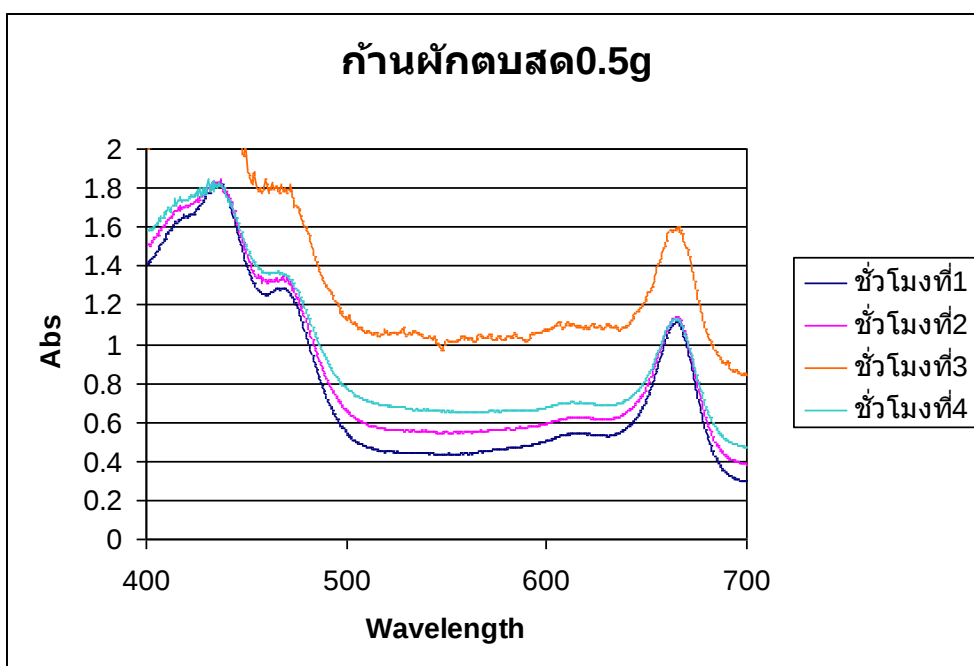
รูปที่ 16 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบผักตบชวาสด น้ำหนัก 0.5 g



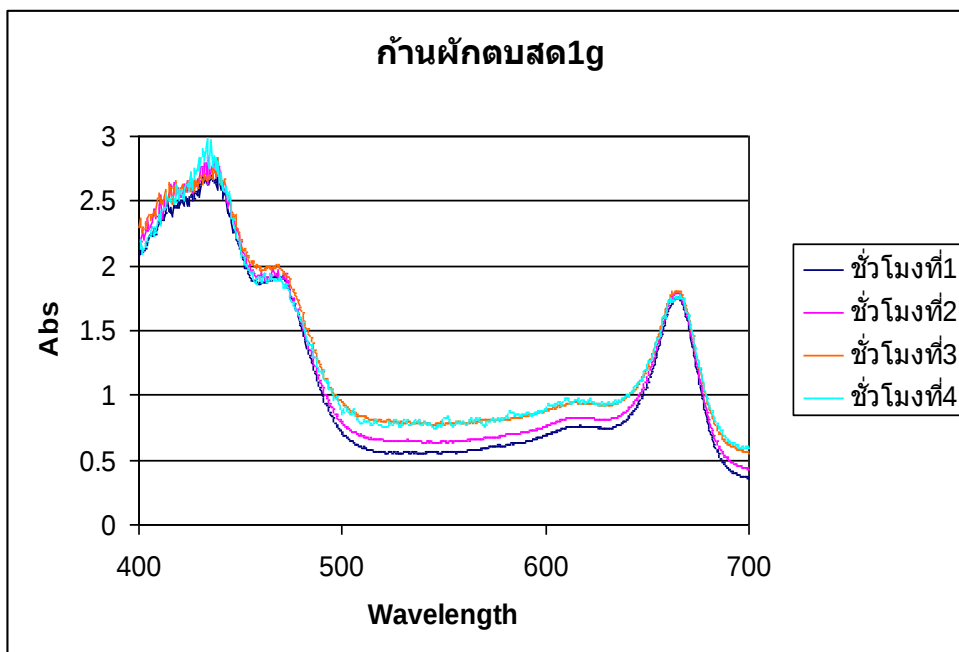
รูปที่ 17 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบผักตบชวาสด น้ำหนัก 1.0 g



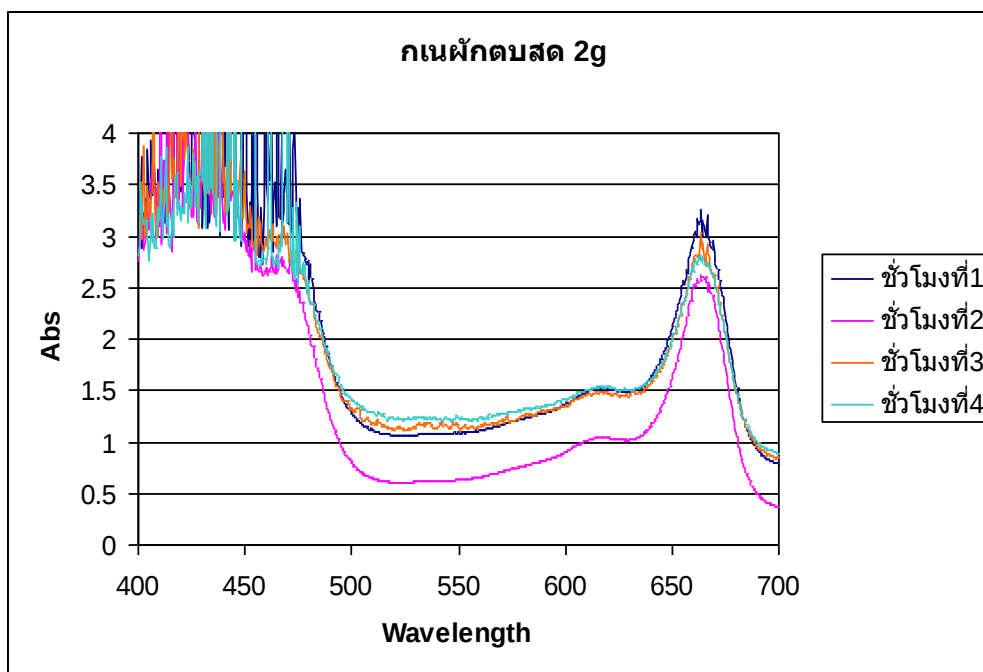
รูปที่ 18 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในใบผักตบชวสด น้ำหนัก 2.0 g



รูปที่ 19 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในก้านผักตบชวสด น้ำหนัก 0.5 g

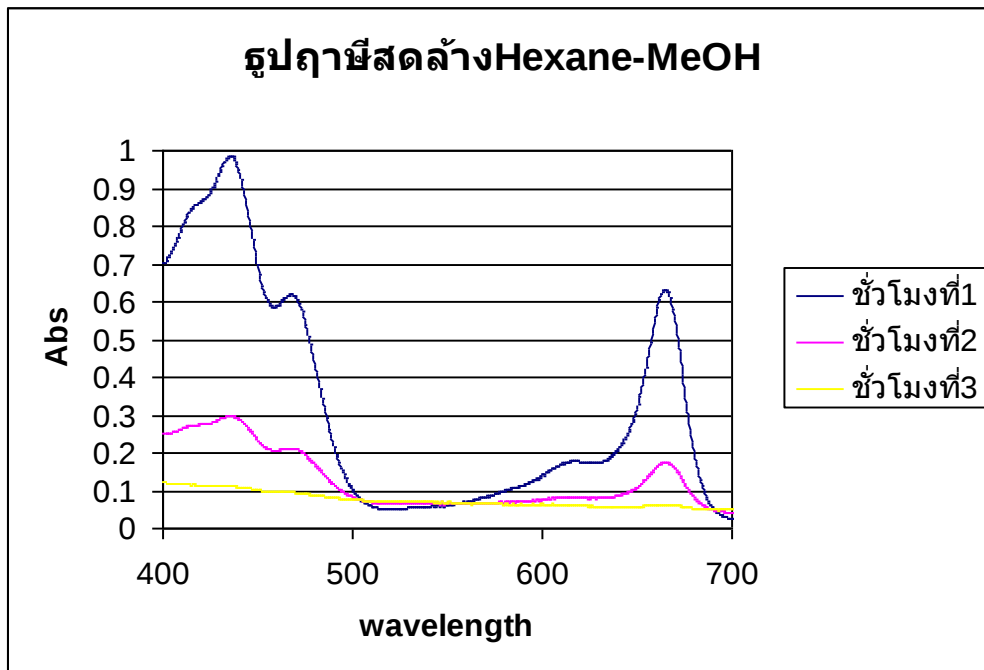


รูปที่ 20 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในก้านผักตบชาวด
น้ำหนัก 1.0 g

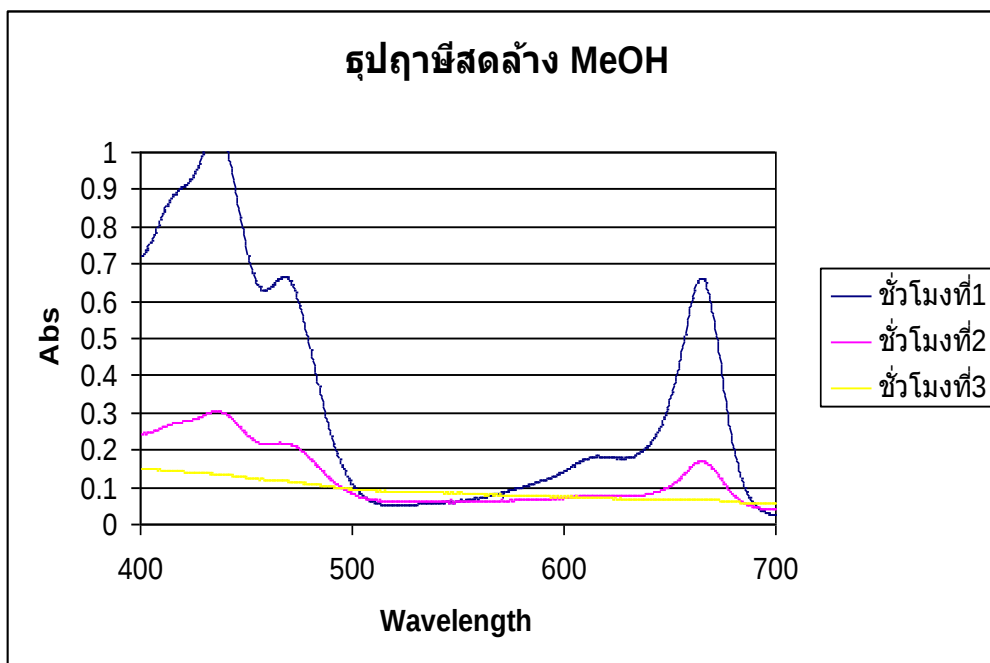


รูปที่ 21 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัดสารมีสีในก้านผักตบชาวด
น้ำหนัก 2.0 g

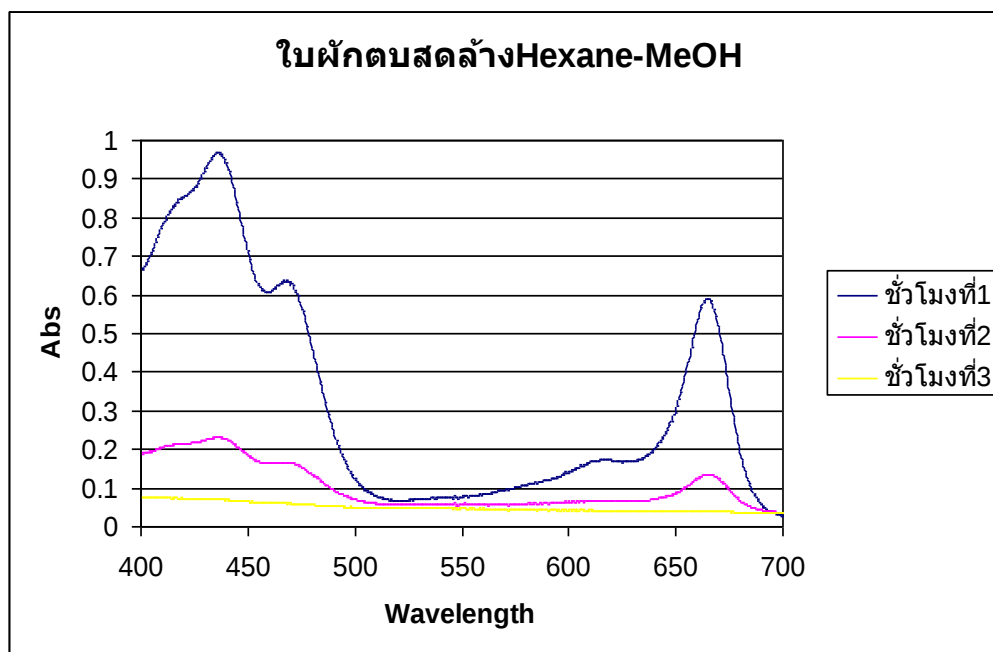
จากการทดลองนำตัวอย่างพืชสดทั้งสามชนิด(ใบรูปไข่, ใบผักตบชวา และก้านผักตบชวา) ที่บดย่อยขนาดแล้วตามน้ำหนักที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองข้างต้นมาสกัดสารมีสีเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่สกัดด้วย hexane นาน 1 ชั่วโมง ก่อนการสกัดด้วย methanol และวิธีที่ไม่ใช้ hexane จากนั้นสกัดด้วย methanol โดยคนด้วย magnetic stirrer นาน 1 ชั่วโมง แล้วกรองเปลี่ยน methanol ใหม่จนครบ 3 ครั้ง วัดค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้สกัด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการสกัดสารมีสี ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 22-27



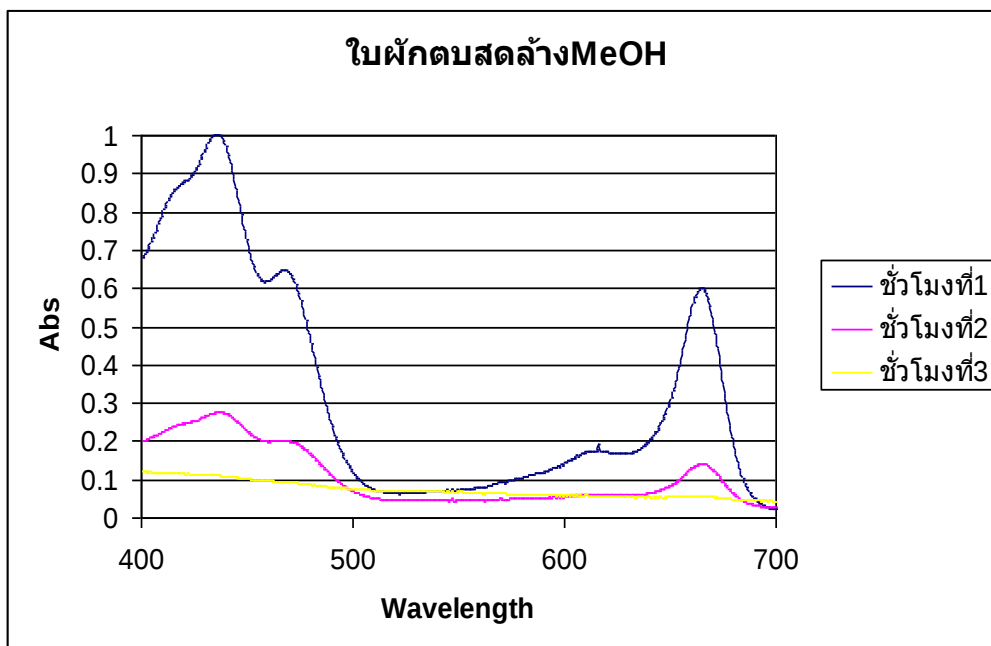
รูปที่ 22 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดใบรูปไข่สด น้ำหนัก 1.0 g โดยสกัดครั้งแรกด้วย hexane



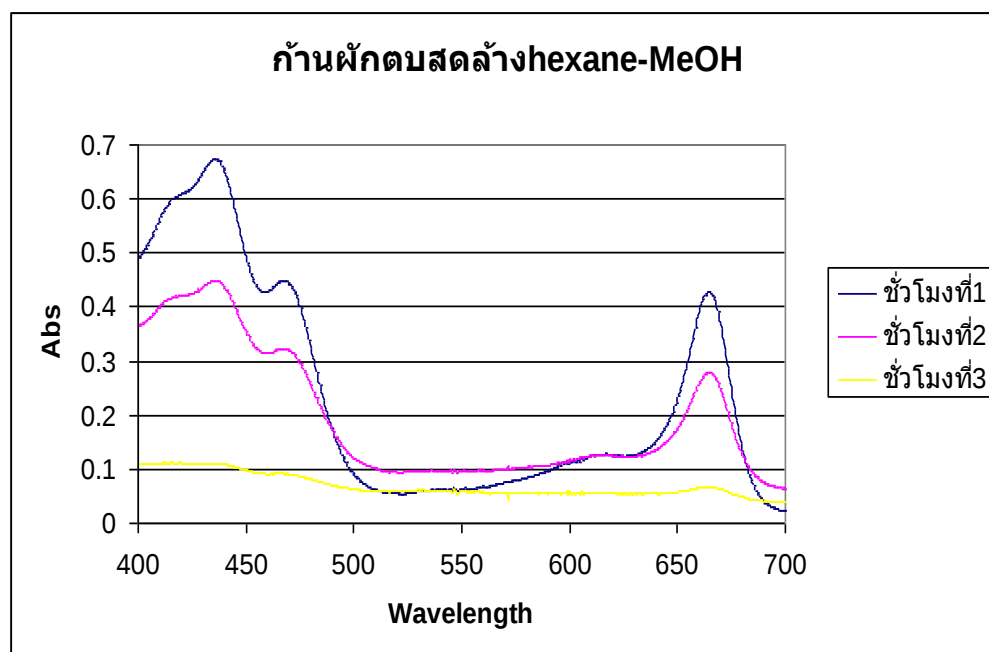
รูปที่ 23 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดใบรูปถ่ายสีสดน้ำหนัก 1.0 g โดยไม่สกัดครั้งแรกด้วย hexane



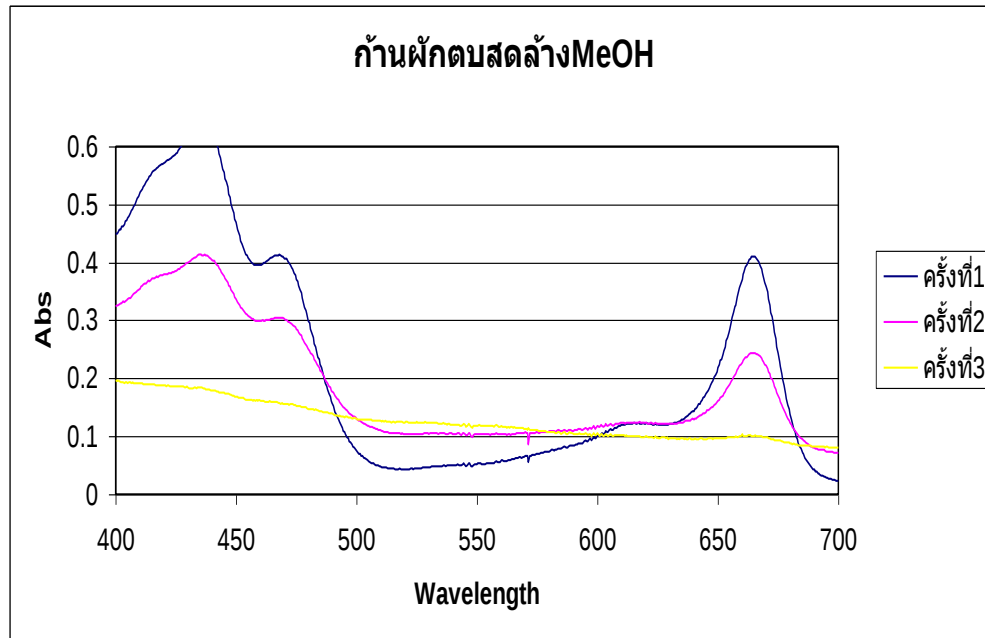
รูปที่ 24 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดใบผักตบชวาสด น้ำหนัก 0.5 g โดยสกัดครั้งแรกด้วย hexane



รูปที่ 25 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดใบผักตบชวาสด น้ำหนัก 0.5 g โดยไม่สกัดครั้งแรกด้วย hexane



รูปที่ 26 กราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดก้านผักตบชวาสด น้ำหนัก 1.0 g โดยสกัดครั้งแรกด้วย hexane



รูปที่ 27 กราฟกราฟเส้นแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดก้านผักตบชวาสด

น้ำหนัก 1.0 g โดยไม่สกัดครั้งแรกด้วย hexane

เมื่อได้น้ำหนัก เวลา และจำนวนครั้ง ที่เหมาะสมในการสกัดสารมีสีจากการทดลองข้างต้น จึงสกัดสารมีสีออกจากตัวอย่างพืชสด 3 ชนิด ตามกระบวนการที่กำหนด และสังเกตด้วยตาเปล่า ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5

ชนิดพืชตัวอย่าง	สถานะที่เลือกใช้(น้ำหนักพืชตัวอย่าง, เวลา, จำนวนรอบ)	ผลการล้างสารมีสี
1. ใบรูปถั่ว	2.0 g, 1 ชั่วโมง, 3 ครั้ง	กากมีสีค่อนข้างขาวออกเหลืองอ่อนๆ
2. ใบผักตบชวา	0.5 g, 1 ชั่วโมง, 3 ครั้ง	กากมีสีน้ำตาลอ่อน
3. ก้านผักตบชวา	1.0 g, 1 ชั่วโมง, 3 ครั้ง	กากมีสีน้ำตาลค่อนข้างเข้มเมื่อเทียบกับก้านผักตบชวาและใบรูปถั่ว

ตารางที่ 5 ผลการสกัดสารมีสีในตัวอย่างพืชสดทั้งสามชนิด.

3. การฟอกสีตัวอย่างที่สกัดสารมีสีออกแล้ว

3.1. ในขั้นตอนการศึกษาเปรียบเทียบผลการฟอกขาวพืชตัวอย่างที่สกัดสารที่มีสีออกแล้ว โดย

นี้ใช้ใบผักตบชวาซึ่งสกัดสารมีสีออกแล้วเป็นตัวอย่างในการศึกษาเพราะเป็นตัวอย่างที่มีสีเข้มที่สุด โดยชั่งตัวอย่าง 0.2 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีสารละลายที่ต้องการศึกษาปริมาณต่างๆ กัน ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานาน 2 ชั่วโมง แล้วสังเกตสีของตัวอย่างด้วยตาเปล่าได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6

3.2. เนื่องจากตัวอย่างที่ฟอกขาวได้จากขั้นตอนที่ 3.1 มีสีออกเหลือง จึงต้องมีการฟอกขาวซ้ำอีกครั้งหนึ่งโดยใช้ตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการฟอกแต่ละครั้งมาทำปฏิกิริยากับสารละลายที่ต้องการศึกษา ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7

3.3. เมื่อได้ชนิดของสารละลายและสภาวะที่ใช้ในการฟอกขาวแล้วจึงทดลองเพื่อหาอัตราส่วนของตัวอย่างพืชและปริมาณของสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการฟอกขาวในขั้นแรกโดยตั้งเป้าหมายให้ใช้ปริมาณสารฟอกขาวน้อยที่สุด ทำโดยใช้ตัวอย่างพืชปริมาณ 1 กรัม ฟอกด้วย NaOCl solution (6 g/L available Cl) ที่อุณหภูมิ 60 เซนติเกรด นาน 1 ชั่วโมง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 8 สำหรับการฟอกขาวในขั้นที่สองฟอกด้วย H_2O_2 (20% w/v) 50 ml ต่อน้ำหนักพืชแห้ง 1 g เป็นเวลา 30 นาที แล้วล้างด้วยน้ำครั้งละ 50 มิลลิลิตร 3 ครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่

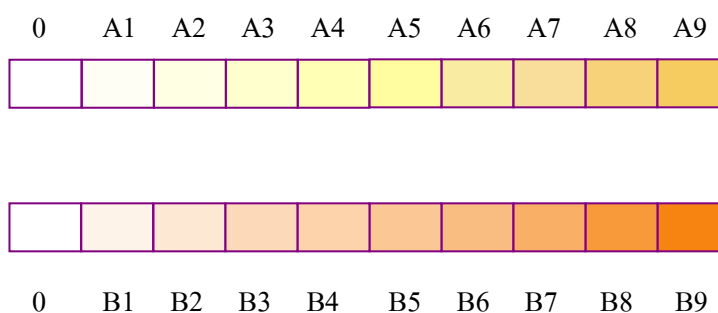
ชนิดสารละลาย	ปริมาตรที่ใช้ (mL)	ผลการทดลอง
1. 20% H ₂ O ₂	50	กากมีสีเหลืองอ่อนลงจากเดิม
2. 2 N NaOH	50	กากมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นกว่าเดิม
3. 2 N NaOH+ 6%H ₂ O ₂	25	กากมีสีขาวออกเหลือง แต่เข้มกว่า 50 mL เล็กน้อยไม่ชัดเจน และมีสีเหลืองค่อนข้างเข้มที่ บริเวณกาคด้านล่างหลังการอบแห้ง
	50	กากมีสีขาวออกเหลือง และมีสีเหลืองค่อนข้าง เข้มที่บริเวณกาคด้านล่างหลังการอบแห้ง
4. NaOCl solution (4 g/L available Cl)	25	กากมีสีน้ำตาลอ่อนลงจากเดิมเล็กน้อย
	50	กากมีสีค่อนข้างขาว แต่บางส่วนที่เกาะกลุ่มหรือ มีขนาดใหญ่ยังคงมีสีน้ำตาลอยู่
5. NaOCl solution (6 g/L available Cl)	50	กากมีสีขาวออกเหลือง
6. NaOCl solution (6 g/L available Cl)+heat	50	กากมีสีขาวกว่าที่อุณหภูมิห้อง
7. NaOCl solution (8 g/L available Cl)	50	กากมีสีขาวออกเหลืองใกล้เคียงกับการฟอกด้วย 6 g/L available Cl แบบให้ความร้อน
8. NaOCl solution (8 g/L available Cl)+heat	50	กากมีสีขาวมากที่สุดเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิห้อง และที่ฟอกด้วย 6 g/L available Cl

ตารางที่ 6 ผลการฟอกขาวตัวอย่างที่ได้จากใบผักตบชวาสดโดยใช้สารละลายชนิดต่าง ๆ นาน 2 ชั่วโมง

ชนิดของสารละลาย	ผลการฟอกขาว	ระยะเวลาที่ใช้ในการฟอกขาว
1. NaOCl solution (8 g/L available Cl)	สีของกากไม่เปลี่ยนแปลง	-
2. 5%w/v H ₂ O ₂	กากมีสีขาว	10 นาที
3. 10%w/v H ₂ O ₂	กากมีสีขาว	5 นาที
4. 20%w/v H ₂ O ₂	กากมีสีขาว	1 นาที

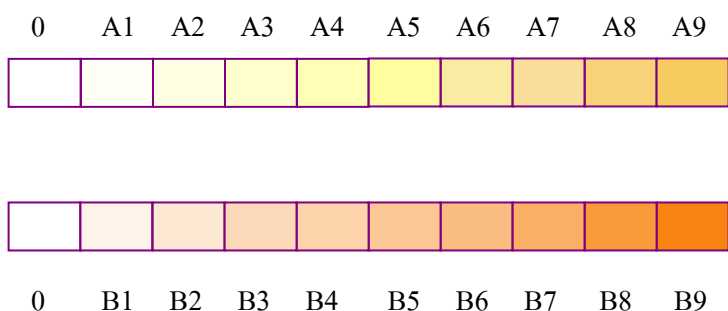
ตารางที่ 7 ผลการฟอกขาวรอบที่ 2 ด้วยสารละลายชนิดและความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่างพืช	สีของกากตัวอย่างพืชหลังจากฟอกขาวด้วย NaOCl		
	ฟอกครั้งที่ 1	ฟอกครั้งที่ 2	ฟอกครั้งที่ 3
1. ใบผักตบชวา	B7	B4	B4
2. ก้านผักตบชวา	A6	A3	A2
3. ใบรูปดาวยี่	A5	A3	A3
4. กากขาน้อย	A6	A4	A4



ตารางที่ 8 ผลการทดลองฟอกขาวตัวอย่างพืชด้วยสารละลาย NaOCl

ตัวอย่างพืช	สีากของตัวอย่างพืชหลังการฟอกขาวด้วย H_2O_2
1. ใบผักตบชวา	A2
2. ก้านผักตบชวา	0
3. ใบรูปถั่ว	A1
4. กากขานอ้อย	A2



ตารางที่ 9 ผลการฟอกขาวตัวอย่างพืชครั้งที่ 2 ด้วยสารละลาย H_2O_2

4. การย่อยขนาดตัวอย่างที่ผ่านการฟอกสีแล้ว

4.1. ศึกษาผลของความเข้มข้นของhydrochloric acid ต่อการย่อย

เส้นใยที่ได้จากการฟอกขาวรูปถั่วถูกเลือกใช้เป็นตัวอย่างในขั้นตอนนี้เนื่องจากมีความเป็นเส้นใยมากกว่าตัวอย่างจากพืชชนิดอื่นๆ โดยทดลองย่อยเบื้องต้นในกรด hydrochloric(HCl) ความเข้มข้น 3N, 4N และ 5N นาน 8 ชั่วโมง แล้วสังเกตลักษณะและสีของเส้นใย ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 10 และ 11

ขนาดเส้นใยของตัวอย่างพืชหลังการย่อยด้วยสารละลายกรด HCl		
3N	4N	5N
ชั่วโมงที่ 2 และ 4 เส้นใยขนาดเล็กลงเล็กน้อยและเห็นเป็นแผ่นใหญ่จำนวนมาก ในชั่วโมงที่ 6 ขนาดเส้นใยเล็กลงอย่างเห็นได้ชัด หลังจากย่อยครบ 8 ชั่วโมงยังคงมีส่วนที่เป็นแผ่นขนาดใหญ่จำนวนมาก และเห็นเป็นเส้นใยท่อนสั้นบ้างยาวบ้างชัดเจน	ชั่วโมงที่ 2 เส้นใยมีขนาดเล็กลงเล็กน้อยและยังเห็นเป็นแผ่นใหญ่จำนวนมาก ในชั่วโมงที่ 4 ขนาดเส้นใยเล็กลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อย่อยครบ 8 ชั่วโมง เห็นเส้นใยเป็นท่อนสั้นบ้างยาวบ้าง และมีส่วนที่ยังเห็นเป็นแผ่นใหญ่แต่สัดส่วนน้อยกว่าที่ 3N	ชั่วโมงที่ 2 เส้นใยมีขนาดเล็กลงเล็กน้อยและยังเห็นเป็นแผ่นจำนวนมาก ในชั่วโมงที่ 4 ขนาดเส้นใยเล็กลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อย่อยครบ 8 ชั่วโมง เห็นเส้นใยเป็นท่อนสั้นๆ และบางส่วนยังคงเป็นแผ่นให้เห็นแต่ขนาดของแผ่นเล็กลงจากเดิมมาก

ตารางที่ 10 ผลการย่อยเส้นใยที่ได้จากการฟอกขาวรูปพืชด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

ความเข้มข้น 3N, 4N และ 5N ต่อขนาดและลักษณะของเส้นใยจากการสังเกตด้วยตาเปล่า

สีเส้นใยของตัวอย่างพืชหลังการย่อยด้วยสารละลายกรด hydrochloric ความเข้มข้น		
3N	4N	5N
หลังจากย่อยเป็นเวลา 8 ชั่วโมง กากพืชมีสีขาวเหมือนเดิมไม่เปลี่ยนแปลง	หลังจากย่อยเป็นเวลา 8 ชั่วโมง กากพืชมีสีขาวเหมือนเดิมไม่เปลี่ยนแปลง	หลังจากย่อยเป็นเวลา 8 ชั่วโมง กากพืชมีสีขาวเหมือนเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 11 ผลการย่อยเส้นใยที่ได้จากการฟอกขาวรูปพืชด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

ความเข้มข้น 3N, 4N และ 5N ต่อสีของเส้นใยจากการสังเกตด้วยตาเปล่า

4.2. ศึกษาผลของอุณหภูมิและการบดย่อยตัวอย่างต่อการย่อยขนาด

จากผลการย่อยด้วยกรด hydrochloric ความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิห้องพบว่ากรดเข้มข้น 5N ให้การย่อยที่เร็วที่สุดโดยสีของเส้นใยไม่มีการเปลี่ยนแปลง จึงศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการ

ย่อยขนาด โดยย่อยเส้นใยที่ได้จากใบรูปฤๅษีทั้งที่มีการบดย่อยขนาดด้วยแรงกลและไม่บดย่อยขนาดก่อนย่อยด้วยกรดเข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิ 60 เซนติเกรดและอุณหภูมิห้อง แล้วสังเกตสีและลักษณะของเส้นใยโดยใช้กล้องจุลทรรศน์และการสังเกตด้วยตาเปล่า ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 12-14

เวลา (ชั่วโมง)	ขนาดเส้นใยของตัวอย่าง	
	เส้นใยที่บดย่อยขนาด	เส้นใยที่ไม่บดย่อยขนาด
1	(1)	(1)
2	(1) และ (2)	(1)
4	(2) ขนาดและความยาวเส้นใยสั้นลง อย่างเห็นได้ชัด	(1)
8	(2) และ (3)	(1) และ (2) ขนาดเส้นใยเล็กลงอย่าง เห็นได้ชัด
12	(4)	(1) และ (2) ความยาวเส้นใยสั้นลง อย่างเห็นได้ชัด
24	-	(2) และ (3)
36	-	(3) และ (4)
48	-	(4)

(1) = เป็นแผ่นหรือก้อนใหญ่เกาะกลุ่มกัน

(2) = เป็นเส้นใยขนาดใหญ่ และมีความยาวมากกว่า Avicel® PH101

(3) = เป็นเส้นใยขนาดใกล้เคียงกับ Avicel® PH101 แต่มีความยาวมากกว่า Avicel® PH101

(4) = เป็นเส้นใยขนาดและความยาวใกล้เคียงกับ Avicel® PH101

(5) = เป็นเส้นใยขนาดเล็กกว่า Avicel® PH101 แต่มีความยาวมากกว่า Avicel® PH101

(6) = เป็นเส้นใยขนาดเล็กกว่า Avicel® PH101 แต่มีความยาวใกล้เคียงกับ Avicel® PH101

ตารางที่ 12 ลักษณะเส้นใยที่ได้จากใบรูปฤๅษีที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิ 60 เซนติเกรด ที่เวลาต่างๆ โดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

เวลา (ชั่วโมง)	ขนาดเส้นใยของตัวอย่าง	
	เส้นใยที่บดย่อยขนาด	เส้นใยที่ไม่บดย่อยขนาด
1	(2)	(1)
2	(3)	(2)
4	(3) ส่วนที่เป็นแผ่นหรือก้อนน้อยลง มากเห็นได้ชัดเจน	(3)
8	(5)	(3) ส่วนที่เป็นแผ่นหรือก้อนน้อยลง มากเห็นได้ชัดเจน
12	(6)	(4)
24	-	(5)
36	-	(5)
48	-	(6)

(1) = เป็นแผ่นหรือก้อนขนาดใหญ่

(2) = เป็นแผ่นหรือก้อนขนาดเล็ก

(3) = เป็นเส้นใยขนาดยาวชัดเจน มีส่วนที่เป็นแผ่นหรือก้อนอยู่บางส่วน

(4) = เป็นเส้นใยขนาดยาวชัดเจน เป็นเนื้อเดียวกัน

(5) = เป็นเส้นใยท่อนสั้นๆ และมีเส้นใยขนาดยาวอยู่บางส่วน

(6) = เป็นเส้นใยท่อนสั้นๆ เป็นเนื้อเดียวกัน

(7) = ลักษณะเป็นผงละเอียด

ตารางที่ 13 ลักษณะเส้นใยที่ได้จากใบรูปถั่วที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิ 60 เซนติเกรด ที่เวลาต่างๆ โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า

เวลา (ชั่วโมง)	สีเส้นใยของตัวอย่าง	
	เส้นใยที่บดย่อยขนาด	เส้นใยที่ไม่บดย่อยขนาด
1	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
8	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
12	สีน้ำตาลอ่อน	สีเหลือง
24	-	สีน้ำตาลอ่อน
36	-	สีน้ำตาลอ่อน
48	-	สีน้ำตาลเข้มขึ้น

ตารางที่ 14 สีของเส้นใยที่ได้จากใบรูปถั่วฝักยาวที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิ 60 เซนติเกรด ที่เวลาต่างๆ โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า

เวลา (ชั่วโมง)	ขนาดเส้นใยของตัวอย่าง	
	เส้นใยที่บดย่อยขนาด	เส้นใยที่ไม่บดย่อยขนาด
1	(1)	(1)
2	(1)	(1)
4	(1) และ (2)	(1)
8	(1) และ (2)	(1) และ (2)
12	(2) ขนาดและความยาวเล็กลงอย่างเห็นได้ชัดเจน	(1) และ (2) ความยาวของเส้นใยสั้นลงมาก
24	(2) และ (3)	(2) และ (3) ขนาดและความยาวเล็กลงอย่างเห็นได้ชัดเจน
36	(3) และ (5)	(3) และ (5)
48	(4), (5) และ (6)	(3), (5) และ (6)
72	(4) และ (6)	(3), (4), (5) และ (6)

(1) = เป็นแผ่นหรือก้อนใหญ่เกาะกลุ่มกัน

(2) = เป็นเส้นใยขนาดใหญ่ และมีความยาวมากกว่า Avicel® PH101

(3) = เป็นเส้นใยขนาดใกล้เคียงกับ Avicel® PH101 แต่มีความยาวมากกว่า Avicel® PH101

(4) = เป็นเส้นใยขนาดและความยาวใกล้เคียงกับ Avicel® PH101

(5) = เป็นเส้นใยขนาดเล็กกว่า Avicel® PH101 แต่มีความยาวมากกว่า Avicel® PH101

(6) = เป็นเส้นใยขนาดเล็กกว่า Avicel® PH101 แต่มีความยาวใกล้เคียงกับ Avicel® PH101

ตารางที่ 15 ลักษณะเส้นใยที่ได้จากใบรูปถั่วที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิห้อง ที่เวลาต่างๆ โดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

เวลา (ชั่วโมง)	ขนาดเส้นใยตัวอย่าง	
	เส้นใยที่บดย่อยขนาด	เส้นใยที่ไม่บดย่อยขนาด
1	(1)	(1)
2	(2)	(1)
4	(2)	(2)
8	(3)	(3)
12	(4) ขนาดเส้นใยเล็กลงชัดเจน	(3)
24	(4) เส้นใยสั้นลงชัดเจน	(3) ส่วนที่เป็นแผ่นหรือก้อนเหลือ น้อยมาก เส้นใยสั้นลงชัดเจน
36	(5)	(4)
48	(5)	(5)
72	(6)	(5)

(1) = เป็นแผ่นหรือก้อนขนาดใหญ่

(2) = เป็นแผ่นหรือก้อนขนาดเล็ก

(3) = เป็นเส้นใยขนาดยาวชัดเจน มีส่วนที่เป็นแผ่นหรือก้อนอยู่บางส่วน

(4) = เป็นเส้นใยขนาดยาวชัดเจน เป็นเนื้อเดียวกัน

(5) = เป็นเส้นใยท่อนสั้นๆ และมีเส้นใยขนาดยาวอยู่บางส่วน

(6) = เป็นเส้นใยท่อนสั้นๆ เป็นเนื้อเดียวกัน

(7) = ลักษณะเป็นผงละเอียด

ตารางที่ 16 ลักษณะเส้นใยที่ได้จากใบรูปถั่วที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิห้อง ที่เวลาต่างๆ โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า

สีเส้นใยตัวอย่าง	
เส้นใยที่บดย่อยขนาด	เส้นใยที่ไม่บดย่อยขนาด
หลังจากย่อยเป็นเวลา 72 ชั่วโมงสีเส้นใยของตัวอย่างพืชไม่เปลี่ยนแปลง	หลังจากย่อยเป็นเวลา 72 ชั่วโมงสีเส้นใยของตัวอย่างพืชไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 17 สีเส้นใยที่ได้จากใบรูปดาบที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิห้องนาน 72 ชั่วโมง โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า

4.3. ศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างพืชแต่ละชนิด

จากการศึกษาในขั้นตอนก่อนหน้านี้พบว่าความเข้มข้นกรด hydrochloric ที่เหมาะสมสำหรับการย่อยขนาดคือ 5N ที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากเป็นสภาวะที่เกิดการย่อยได้เร็วที่สุดในช่วงความเข้มข้นที่ทดลอง และไม่ทำให้เส้นใยเปลี่ยนสีจึงทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการย่อยเส้นใยที่ได้จากการฟอกสีตัวอย่างพืชอีก 3 ชนิดที่เหลือโดยการย่อยตัวอย่างในสภาวะข้างต้นและสุ่มตัวอย่างเส้นใยมาส่องกล้องกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า เพื่อเปรียบเทียบลักษณะเส้นใยกับสารที่ใช้เป็นสารอ้างอิงคือ Avicel PH-101 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 18-20

เวลา (ชั่วโมง)	ที่มาของเส้นใย		
	ใบผักตบชวา	ก้านผักตบชวา	กากชานอ้อย
12	(2)	(2), (3) และ (4)	(2)
24	(2) และ (3)	(3), (4) และ (5)	(2)
48	(3) และ (4)	(4) และ (5)	(2) และ (3)
72	(4)	(4) และ (6)	(3) และ (4)
96	-	-	(4) มี (3) ประปนอยู่ เล็กน้อย

(1) = เป็นแผ่นหรือก้อนใหญ่เกาะกลุ่มกัน

(2) = เป็นเส้นใยขนาดใหญ่ และมีความยาวมากกว่า Avicel® PH101

(3) = เป็นเส้นใยขนาดใกล้เคียงกับ Avicel® PH101 แต่มีความยาวมากกว่า Avicel® PH101

(4) = เป็นเส้นใยขนาดและความยาวใกล้เคียงกับ Avicel® PH101

(5) = เป็นเส้นใยขนาดเล็กกว่า Avicel® PH101 แต่มีความยาวมากกว่า Avicel® PH101

(6) = เป็นเส้นใยขนาดเล็กกว่า Avicel® PH101 แต่มีความยาวใกล้เคียงกับ Avicel® PH101

ตารางที่ 18 ลักษณะเส้นใยที่ได้จากตัวอย่างพืชชนิดต่างๆ ที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิห้อง ที่เวลาต่างๆ โดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

เวลา (ชั่วโมง)	ที่มาของเส้นใย		
	ก้านผักตบชวา	ก้านผักตบชวา	ก้านผักตบชวา
12	(3)	(3)	(3)
24	(4)	(5)	(4)
48	(5)	(6)	(5)
72	(6) และ (7)	(7)	(5)
96	-	-	(6)

- (1) = เป็นแผ่นหรือก้อนขนาดใหญ่
(2) = เป็นแผ่นหรือก้อนขนาดเล็ก
(3) = เป็นเส้นใยขนาดยาวชัดเจน มีส่วนที่เป็นแผ่นหรือก้อนอยู่บางส่วน
(4) = เป็นเส้นใยขนาดยาวชัดเจน เป็นเนื้อเดียวกัน
(5) = เป็นเส้นใยท่อนสั้นๆ และมีเส้นใยขนาดยาวอยู่บางส่วน
(6) = เป็นเส้นใยท่อนสั้นๆ เป็นเนื้อเดียวกัน
(7) = ลักษณะเป็นผงละเอียด

ตารางที่ 19 ลักษณะเส้นใยที่ได้จากตัวอย่างพืชชนิดต่างๆ ที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิห้อง ที่เวลาต่างๆ โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า

แหล่งที่มาของเส้นใย	สีเส้นใย
1. ใบผักตบชวา	หลังจากย่อยเป็นเวลาทั้งหมด 72 ชั่วโมง สีของเส้นใยไม่เปลี่ยนแปลง
2. ก้านผักตบชวา	หลังจากย่อยเป็นเวลาทั้งหมด 72 ชั่วโมง สีของเส้นใยไม่เปลี่ยนแปลง
3. กากชานอ้อย	เมื่อเริ่มย่อยสารละลายกรดเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และสีของเส้นใยเมื่อย่อยเป็นเวลาทั้งหมด 96 ชั่วโมง สีเส้นใยเป็นสีน้ำตาลอ่อน

ตารางที่ 20 สีเส้นใยที่ได้จากตัวอย่างพืชชนิดต่างๆ ที่ผ่านการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิห้อง ที่เวลาต่างๆ โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า

5. คำนวณหา % yield ของผงเซลลูโลสที่ได้จากพืชแต่ละชนิด

จากการผลิตเซลลูโลสจากตัวอย่างพืช 4 ชนิด คือ ใบผักตบชวา ก้านผักตบชวา ใบรูปฤๅษี และกากชานอ้อย สามารถคำนวณหา % yield ของพืชแต่ละชนิด ได้ดังแสดงในตารางที่ 21

แหล่งที่มาของเส้นใย	น้ำหนัก(g)				%yield
	พืชสด	เส้นใยแห้ง หลังฟอกสี	เส้นใยแห้ง ที่นำไปย่อย	น้ำหนักผง เซลลูโลสแห้ง ที่ย่อยได้	
ใบผักตบชวา	850.0	26.6	26.6	16.1	1.89
	850.0	41.0	40.0	24.9	3.00
ก้านผักตบชวา	1400.0	40.2	40.0	24.8	1.78
	1400.0	51.4	40.0	31.1	2.85
ใบรูปฤๅษี	800.0	49.0	40.0	32.8	5.02
	800.0	80.0	40.0	32.0	8.00
กากชานอ้อย	300.0	74.0	40.0	32.5	20.04
	300.0	50.1	40.0	33.9	14.15

ตารางที่ 21 ข้อมูลน้ำหนักของเส้นใยที่ได้จากพืชแต่ละชนิดในแต่ละขั้นตอนการผลิต และ % yield

วิธีคำนวณ %yield

ใบผักตบชวา

ครั้งที่ 1 พืชสด 850.0 g ย่อยได้ผงเซลลูโลส 16.1 g

ถ้าใช้พืชสด 100 g ย่อยได้ผงเซลลูโลส 1.89 g

$$\% \text{ yield} = 1.89\%$$

ครั้งที่ 2

กากพืชหลังฟอกสี	41.0 g	ได้จากพืชสด	850.0 g
ถ้ากากพืชหลังฟอกสี	40.0 g	จะได้จากพืชสด	829.3 g
พืชสด	829.3 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	24.9 g
ถ้าใช้พืชสด	100 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	3.00

% yield = 3.00%

ก้านผักตบชวา

ครั้งที่ 1

กากพืชหลังฟอกสี	40.2 g	ได้จากพืชสด	1400.0 g
ถ้ากากพืชหลังฟอกสี	40.0 g	จะได้จากพืชสด	1393.0 g
พืชสด	1393.0 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	24.8 g
ถ้าใช้พืชสด	100 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	1.78

% yield = 1.78%

ครั้งที่ 2

กากพืชหลังฟอกสี	51.4 g	ได้จากพืชสด	1400.0 g
ถ้ากากพืชหลังฟอกสี	40.0 g	จะได้จากพืชสด	1089.5 g
พืชสด	1089.5 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	31.1 g
ถ้าใช้พืชสด	100 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	2.85

% yield = 2.85%

ใบธูปฤๅษี

ครั้งที่ 1

กากพืชหลังฟอกสี	49.0 g	ได้จากพืชสด	800.0 g
ถ้ากากพืชหลังฟอกสี	40.0 g	จะได้จากพืชสด	653.1 g
พืชสด	653.1 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	32.8 g
ถ้าใช้พืชสด	100 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	5.02

% yield = 5.02%

ครั้งที่ 2

กากพืชหลังฟอกสี	80.0 g	ได้จากพืชสด	800.0 g
ถ้ากากพืชหลังฟอกสี	40.0 g	จะได้จากพืชสด	400.0 g
พืชสด	400.0 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	32.0 g
ถ้าใช้พืชสด	100 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	8.00

% yield = 8.00%

กากชานอ้อย

ครั้งที่ 1

กากพืชหลังฟอกสี	74.0 g	ได้จากพืชสด	300.0 g
ถ้ากากพืชหลังฟอกสี	40.0 g	จะได้จากพืชสด	162.2 g
พืชสด	162.2 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	32.5 g
ถ้าใช้พืชสด	100 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	20.04

% yield = 20.04%

ครั้งที่ 2

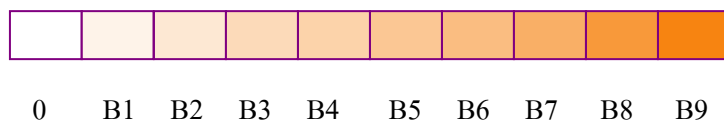
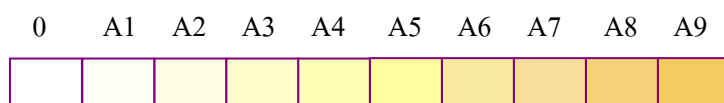
กากพืชหลังฟอกสี	50.1 g	ได้จากพืชสด	300.0 g
ถ้ากากพืชหลังฟอกสี	40.0 g	จะได้จากพืชสด	239.5 g
พืชสด	239.5 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	33.9 g
ถ้าใช้พืชสด	100 g	ย่อยได้ผงเซลลูโลส	14.15

% yield = 14.15%

6. ตรวจสอบคุณสมบัติของสารที่ย่อยได้

6.1. จากการทดลองสังเกตสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตัวอย่างพืชแต่ละชนิดในขั้นตอนต่าง ๆ ของการผลิตผงเซลลูโลส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 22

ชนิดตัวอย่าง	ขั้นตอน					
	สกัดสารมีสี	ฟอกขาว ขั้นแรก	ฟอกขาว ขั้นที่ 2	ย่อยด้วยกรด	อบแห้ง	ฟอกขาว ครั้งสุดท้าย
ใบผักตบชวา	A9	A3	A1	A1	B7	A2
	A9	A3	B2	A7	B9	A6
ก้านผักตบชวา	A7	A1	0	0	B6	A1
	A7	A1	0	A1	A7	0
ใบรูปฤๅษี	A5	A2	A1	A1	A3	A1
	A6	A3	A2	A8	B4	A4
กากชานอ้อย	A4	A3	A2	A6	A6	A2
	A3	A2	A1	B4	B4	A3



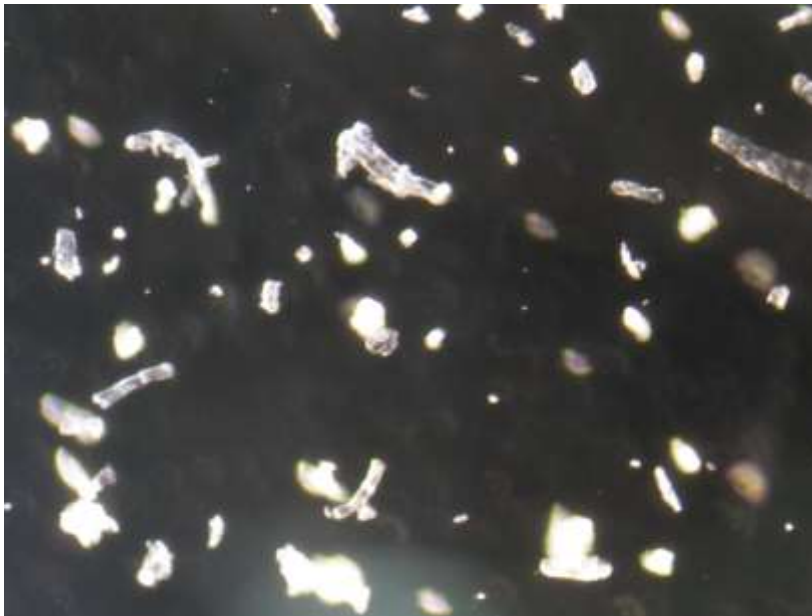
หมายเหตุ การล้างสารมีสีสำหรับกากชานอ้อยคือการล้างน้ำกลั่น

ตารางที่ 22 แสดงผลระดับสีของตัวอย่างพืชในขั้นตอนต่าง ๆ ของการผลิต โดยเปรียบเทียบจากแถบสีที่กำหนด

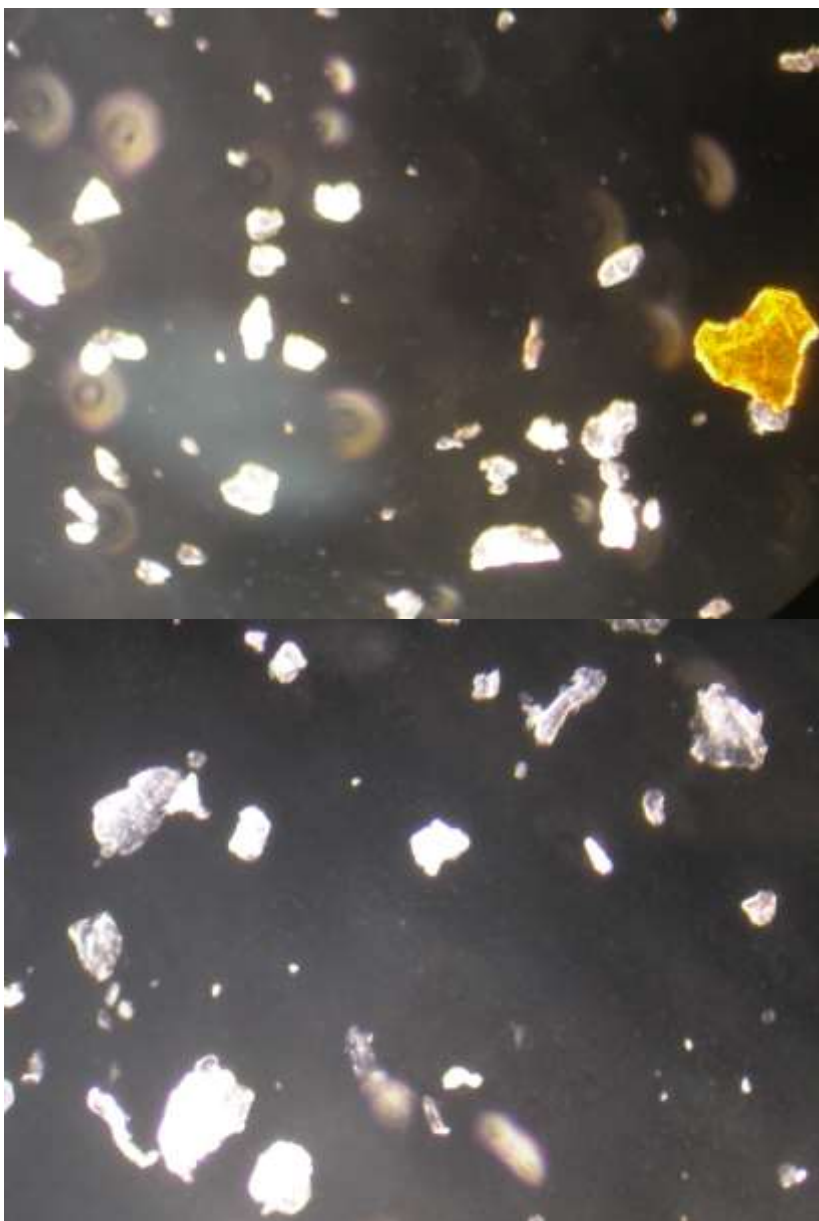
6.2. จากการทดลองนำผงเซลล์โลสจากพืชทั้ง 4 ชนิด และ Avicel® PH101 ไปส่องด้วยกล้อง

จุลทรรศน์ที่ใช้แสง polarized light เพื่อประเมินความเป็นผลึก โดยใช้ light liquid paraffin

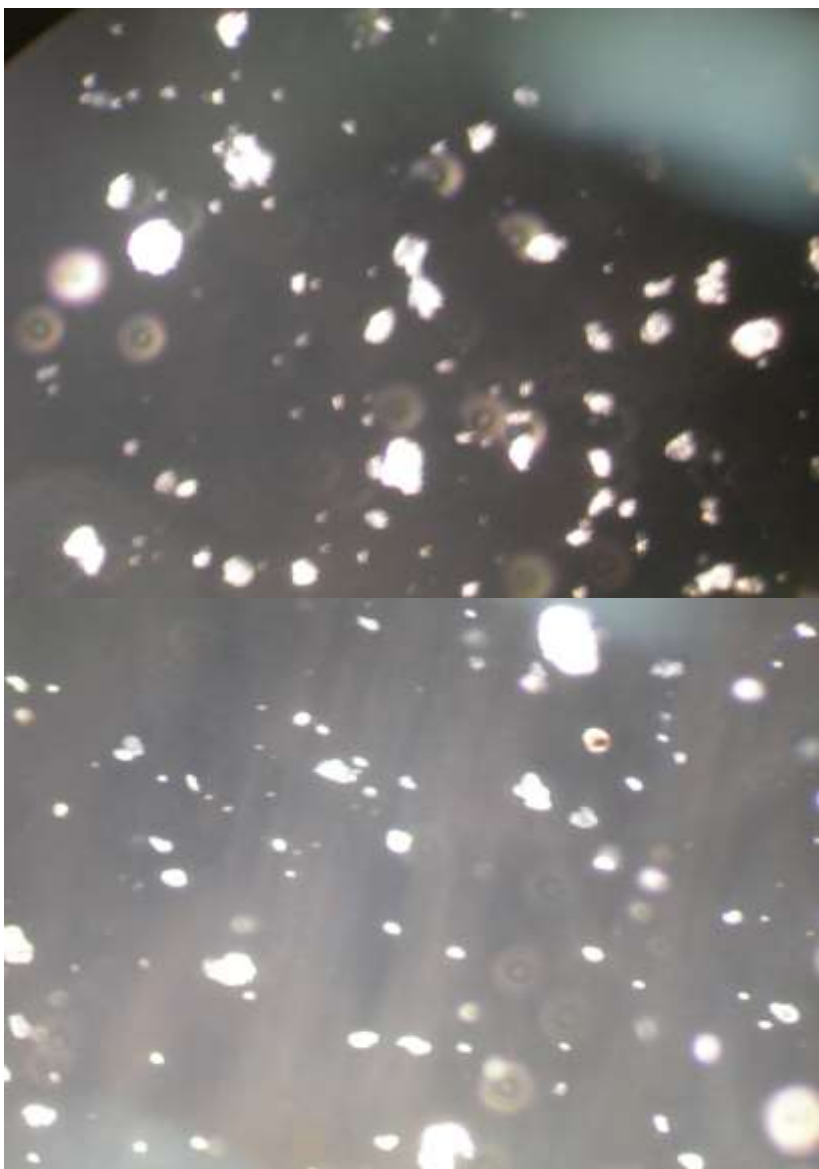
เป็นตัวกระจาย ภาพที่ได้แสดงในรูปที่ 28 – 32



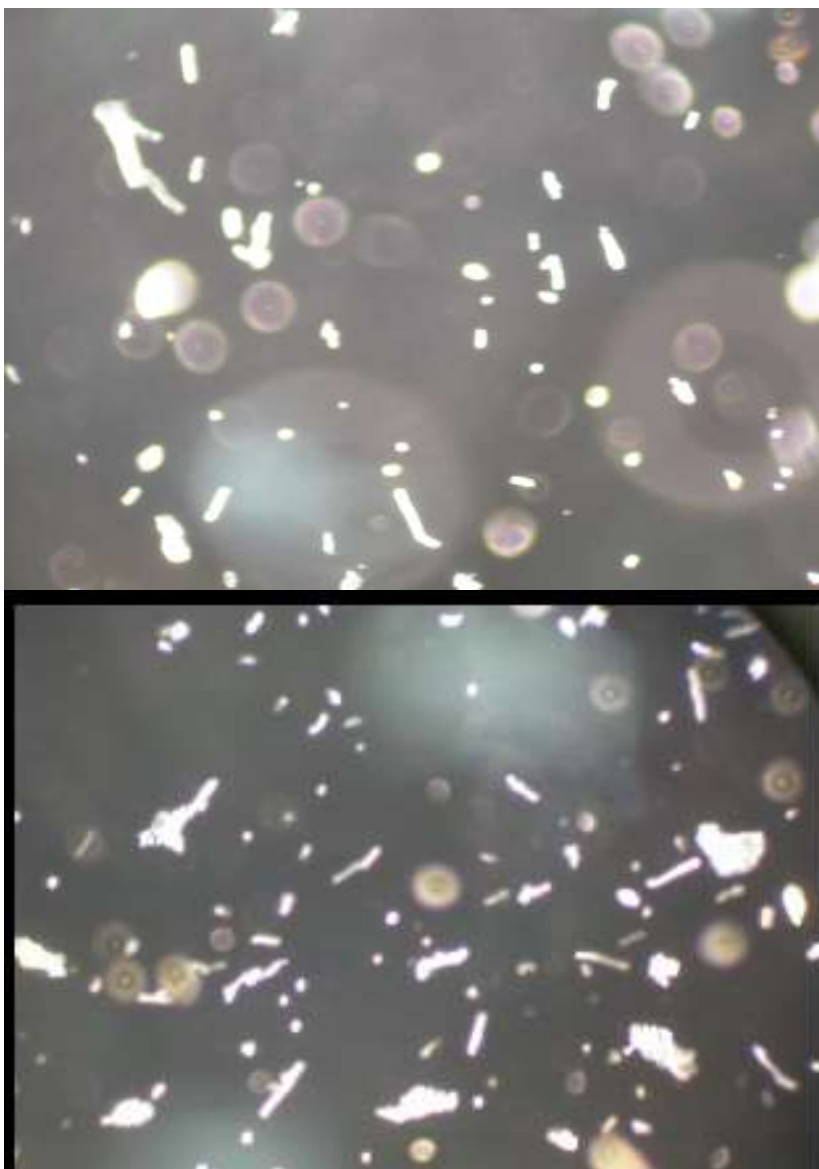
รูปที่ 28 รูปอนุภาคของ Avicel® PH101 จากกล้อง polarized light microscope ที่กำลังขยาย 100 เท่า



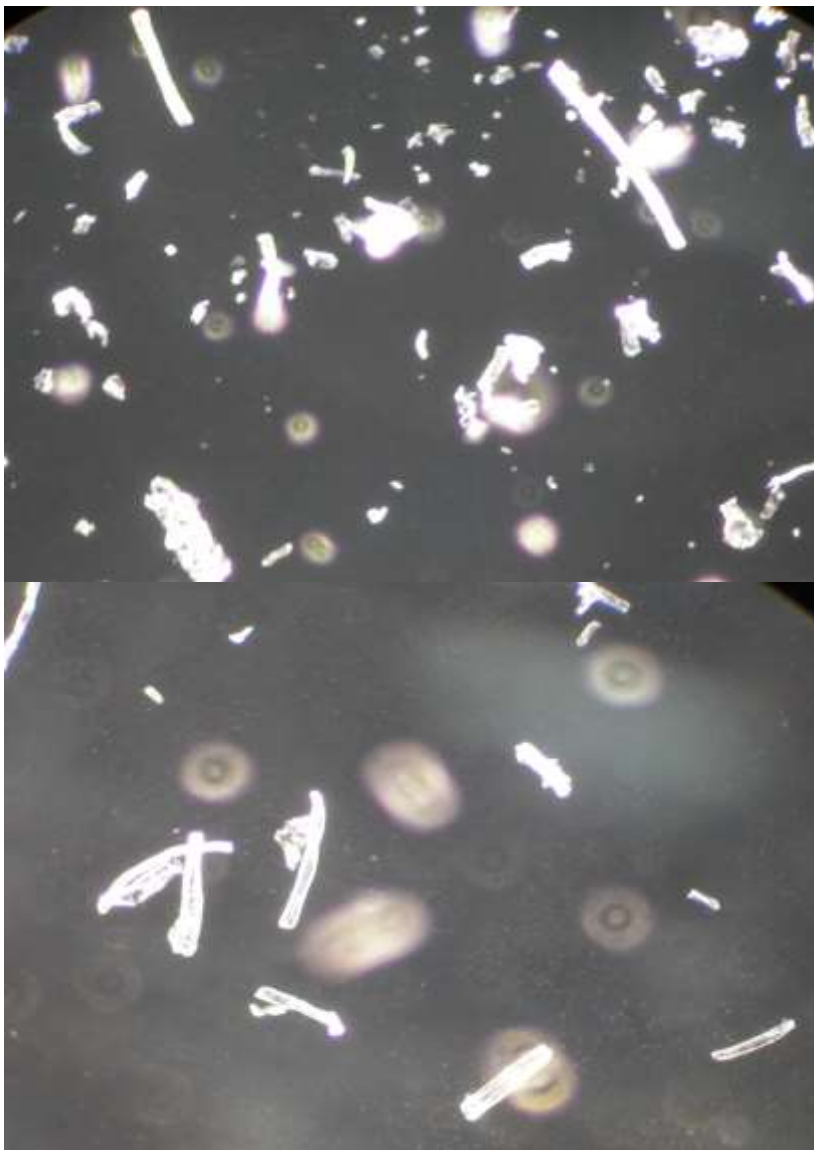
รูปที่ 29 รูปอนุภาคของอนุภาคที่ได้จากการย่อยเส้นใยใบฝักตบชวาจากกล้อง polarized light microscope ที่กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 30 รูปอนุภาคที่ได้จากการย่อยเส้นใยกันผักตบชวาจากกล้อง polarized light microscope ที่กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 31 รูปอนุภาคที่ได้จากการย่อยเส้นใยใบธูปฤๅษีจากกล้อง polarized light microscope ที่กำลังขยาย 100 เท่า



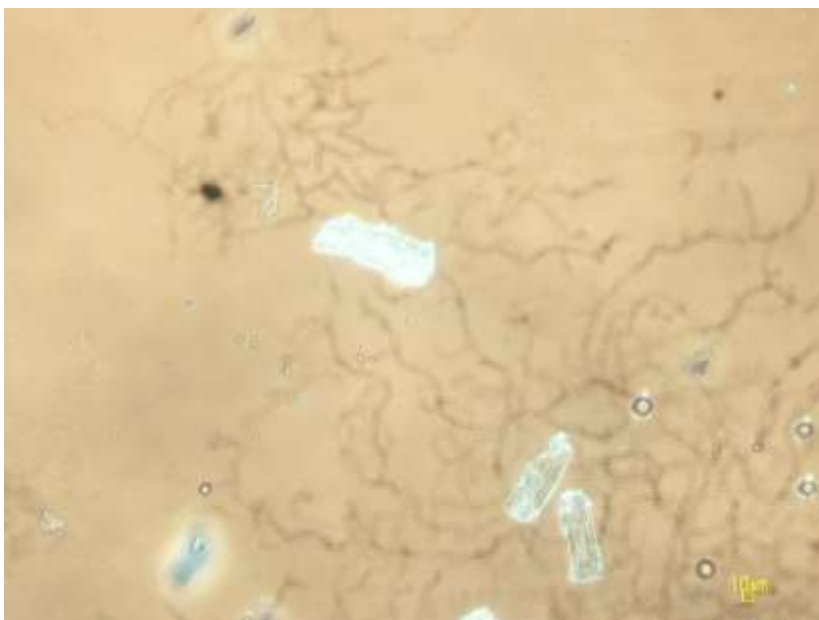
รูปที่ 32 รูปอนุภาคที่ได้จากการย่อยเส้นใยจากขนอ้อยจากกล้อง polarized light microscope ที่กำลังขยาย 100 เท่า

6.3. จากการทดลองวัดขนาดอนุภาคของผงเซลล์โลสที่ได้จากพืชทั้ง 4 ชนิด เปรียบเทียบกับ

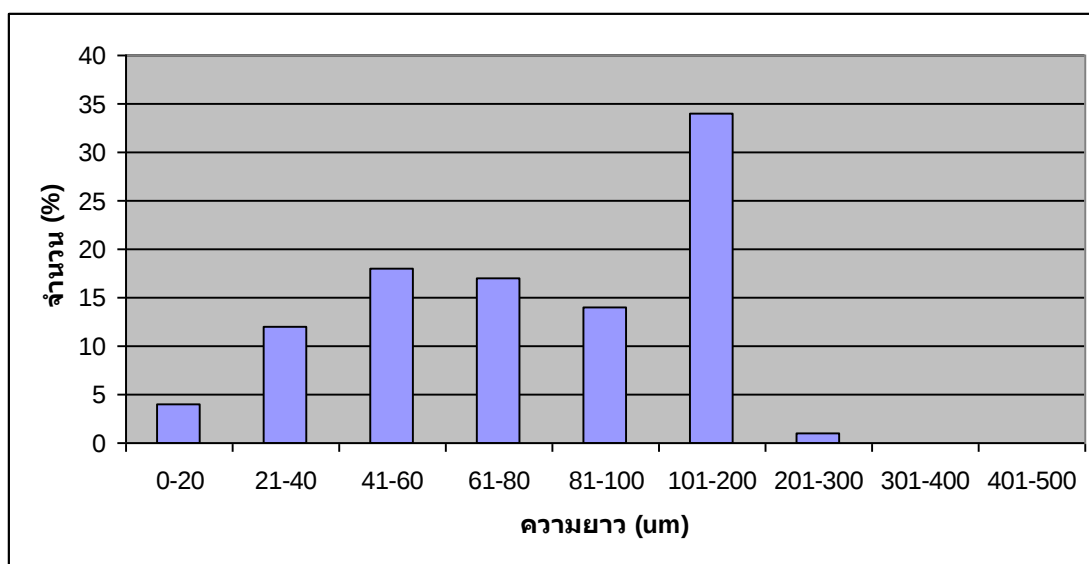
Avicel® PH101 โดยส่องกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100 เท่า แล้ววัดขนาดอนุภาคของ
เซลล์โลสเทียบกับ stage micrometer โดยวัดอย่างน้อยชนิดอย่างละ 100 อนุภาค นำมาหาค่าเฉลี่ย การกระจายตัว และสังเกตรูปร่างของอนุภาค ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 23 และภาพที่
33-42

แหล่งที่มา	รูปร่างอนุภาค	ค่าเฉลี่ยขนาดอนุภาค (μm)	SD
Avicel® PH101	ท่อนสั้นขนาดใหญ่	86.55	43.3115
ใบผักตบชวา	ค่อนข้างกลม	56.86	39.6141
	ค่อนข้างกลม	80.25	38.3259
ก้านผักตบชวา	ค่อนข้างกลม	37.97	23.7259
	ค่อนข้างกลม	35.84	23.1747
ใบชูปฤยิ	ท่อนยาวขนาดเล็ก	52.26	35.7236
	ท่อนยาวขนาดเล็ก	51.49	37.6651
กากชานอ้อย	ท่อนยาวขนาดใหญ่	87.60	63.7565
	ท่อนยาวขนาดใหญ่	130.67	97.8808

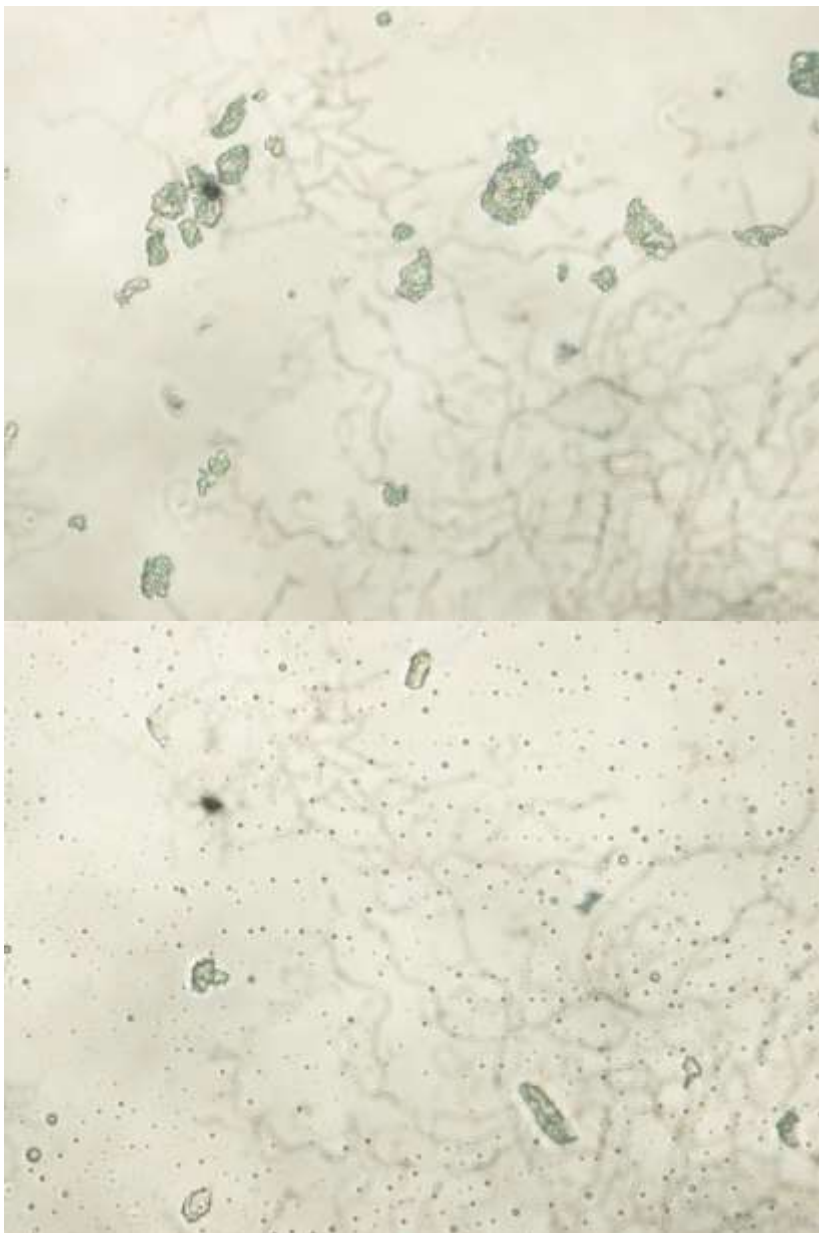
ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยและการกระจายของขนาดอนุภาคของผลเซลล์โลสที่ข่อยได้จากพืชตัวอย่างแต่ละ
ชนิดและ Avicel® PH101 วัดโดยการส่องกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า



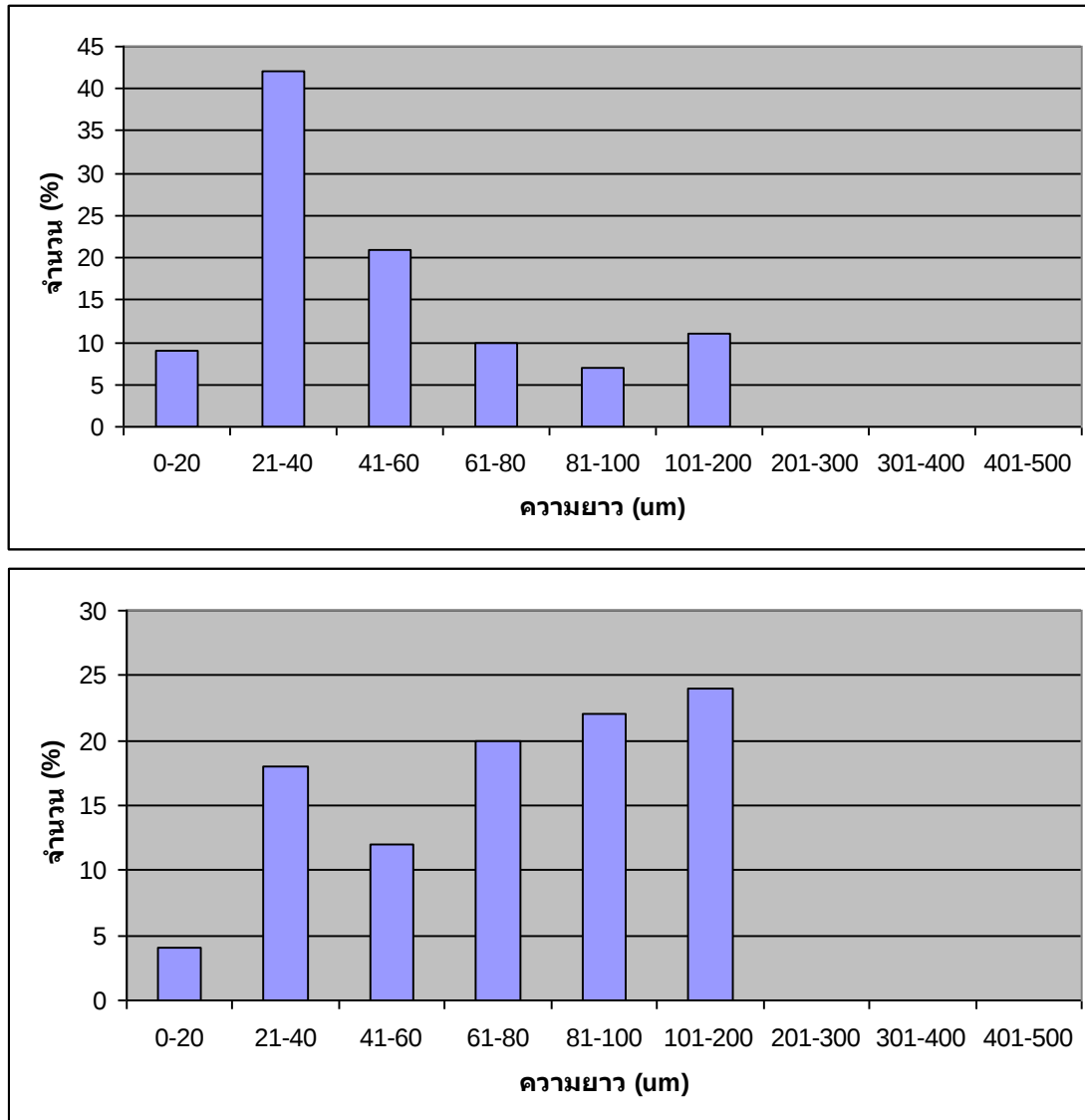
รูปที่ 33 รูปร่างของอนุภาค Avicel® PH101



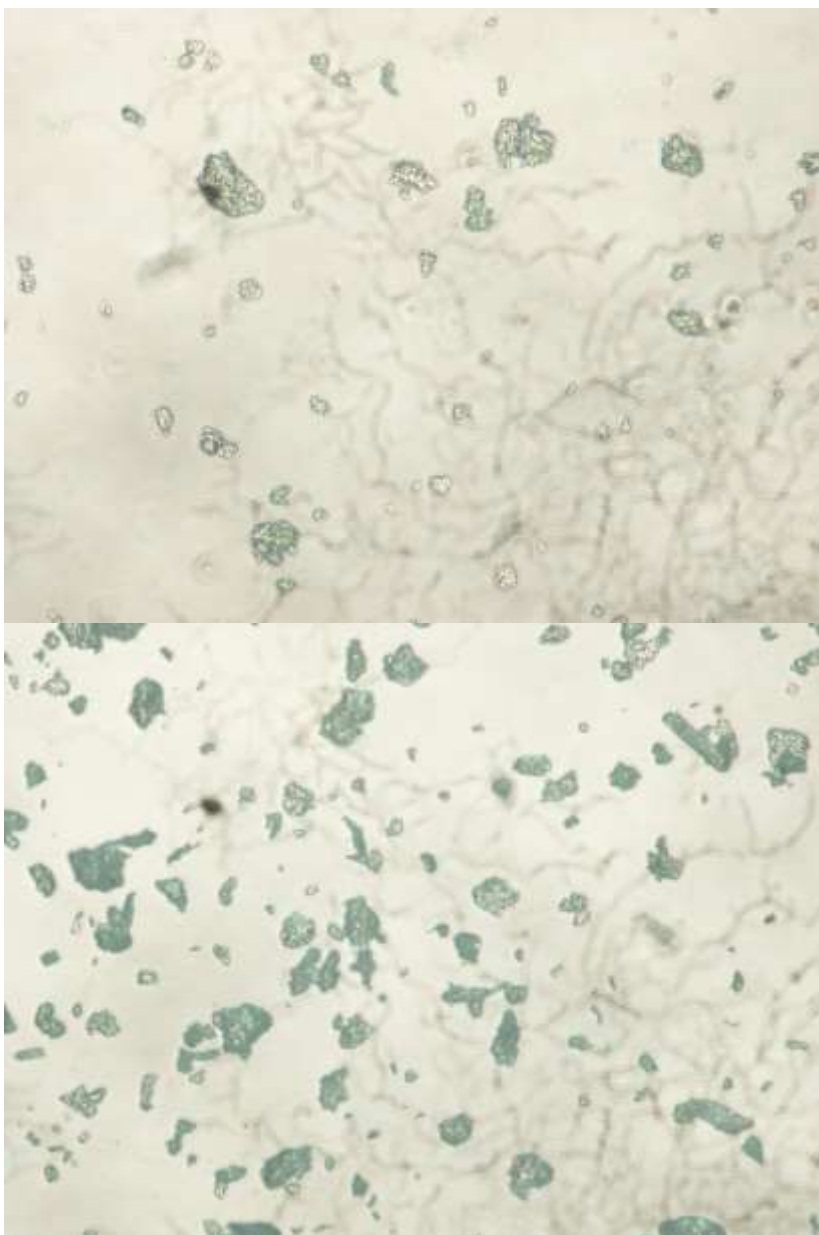
รูปที่ 34 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของความยาวอนุภาค Avicel® PH101



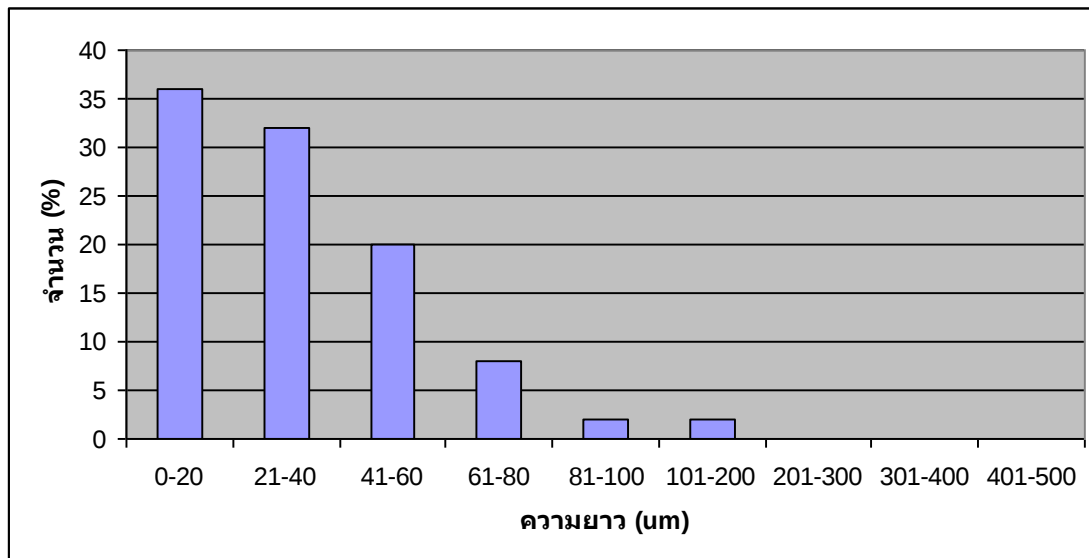
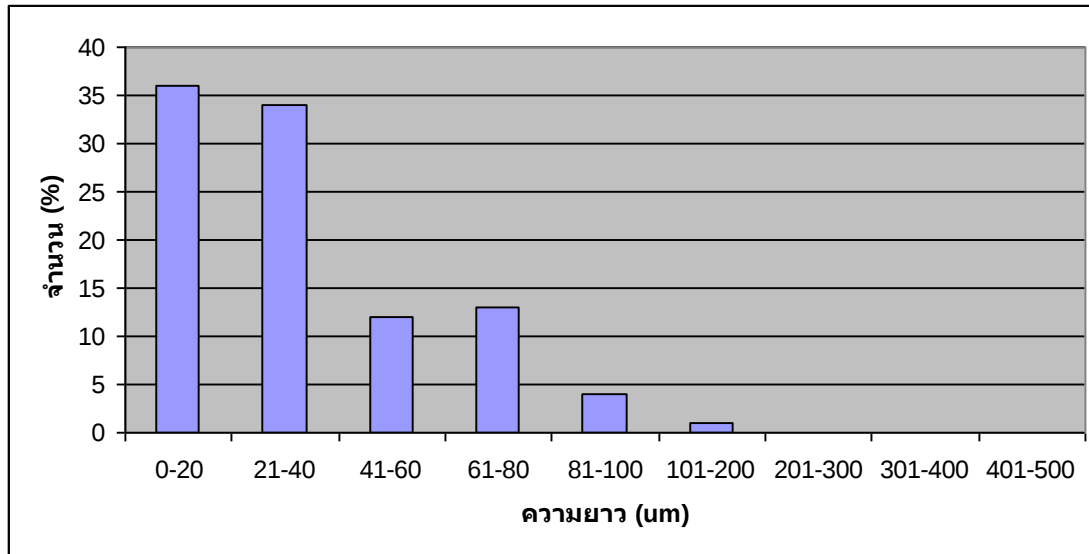
รูปที่ 35 รูปร่างของอนุภาคที่ข่อยได้จากใบผักตบชวา ครั้งที่ 1 และ 2



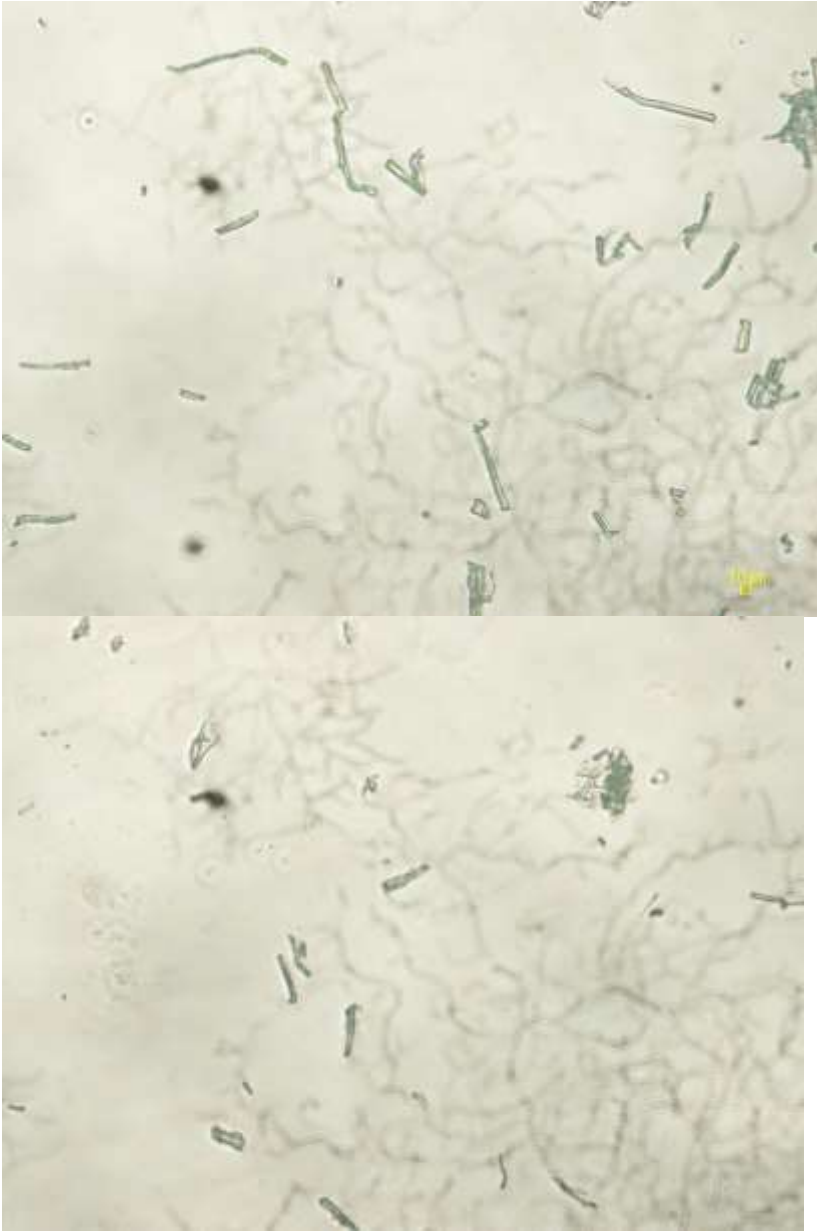
รูปที่ 36 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของความยาวอนุภาคที่ย่อยได้จากใบผักตบชวา ครั้งที่ 1 และ 2



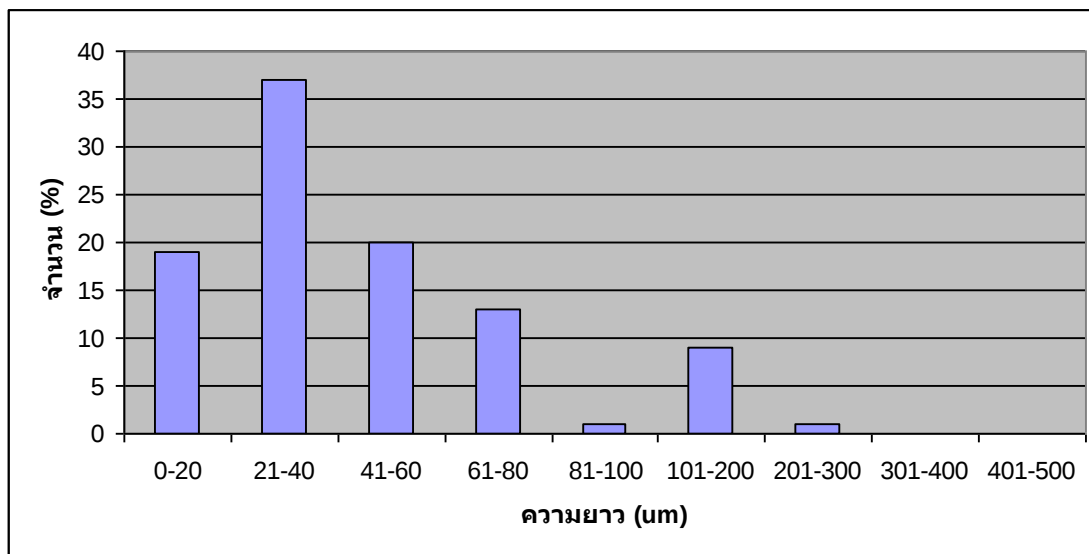
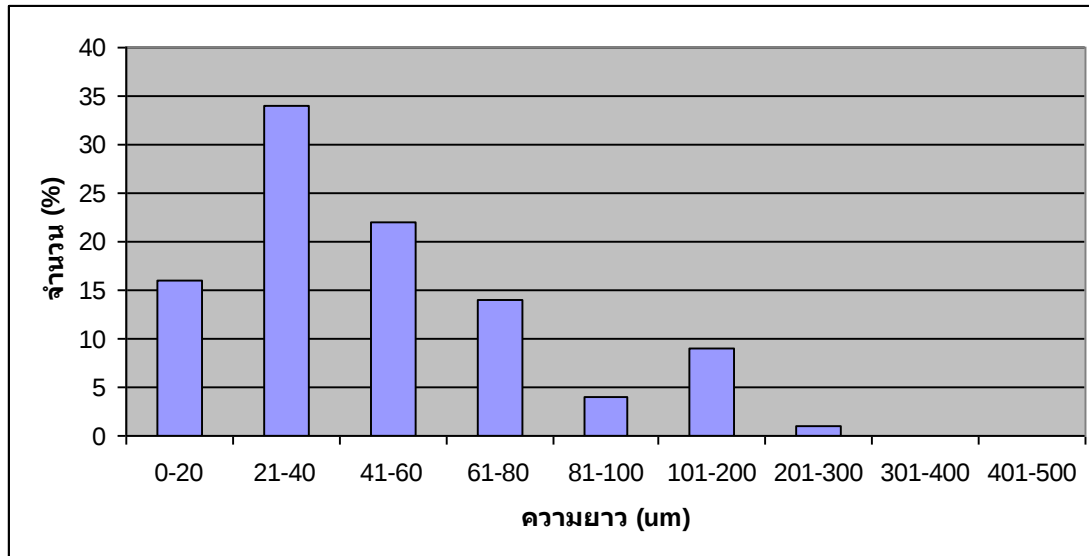
รูปที่ 37 รูปร่างของอนุภาคที่ข่อยได้จากก้านผักตบชวา ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



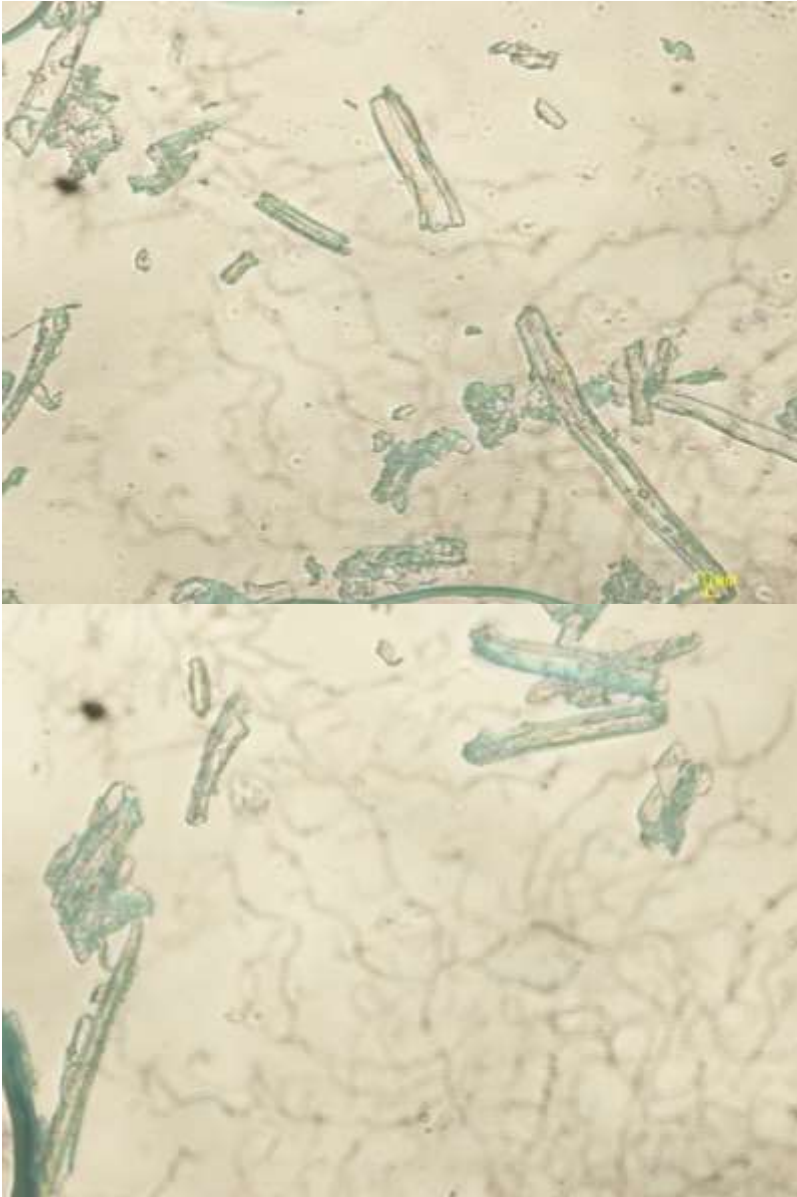
รูปที่ 38 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของความยาวอนุภาคที่ข่อยได้จากก้านผักตบชวา ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



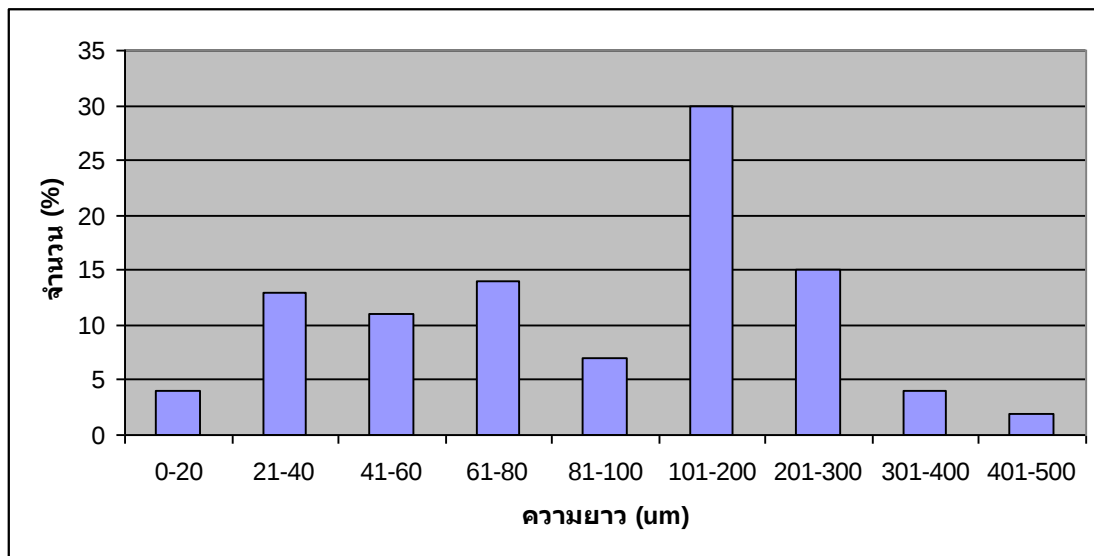
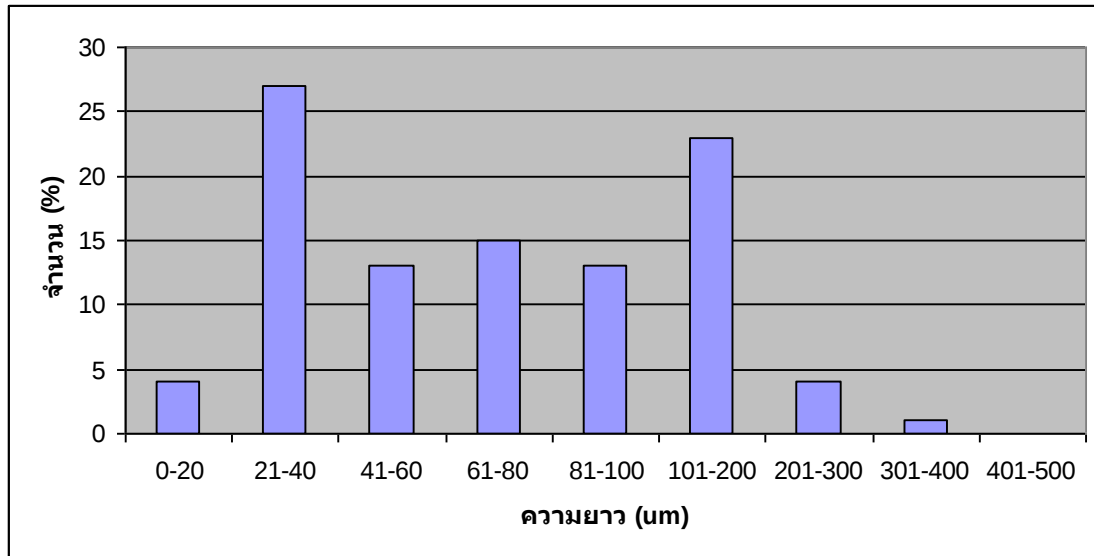
รูปที่ 39 แสดงรูปร่างของอนุภาคที่ย่อยได้จากไบโอบุญ 1 และครั้งที่ 2



รูปที่ 40 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของความยาวอนุภาคที่ข่อยได้จากใบรูปถั่ว ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



รูปที่ 41 แสดงรูปร่างของอนุภาคที่ย่อยได้จากกากขาน้อย ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



รูปที่ 42 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของความยาวอนุภาคที่ข่อยได้จากกากชานอ้อย ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

6.4. จากการทดสอบหาความชื้นของ Avicel® PH101 และผงเซลลูโลสที่ได้จากการย่อยตัวอย่างพืช
ทั้ง 4 ชนิด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของผงเซลลูโลสที่ย่อยได้จากพืชทั้ง 4 ชนิด และ Avicel® PH101

ตัวอย่าง	ปริมาณความชื้นเฉลี่ย (%)
Avicel® PH101	5.44
ผงเซลลูโลสจาก ใบผักตบชวา	7.34
	10.02
ผงเซลลูโลสจาก ก้านผักตบชวา	6.56
	7.35
ผงเซลลูโลสจาก ใบทุปฤย	7.63
	6.15
ผงเซลลูโลสจาก กากชานอ้อย	6.02
	7.74

6.5. จากการทดลองหาค่าความหนาแน่นและความพรุนของผงเซลลูโลสจากพืชทั้ง 4 ชนิด

เปรียบเทียบกับ Avicel® PH101 โดยใช้เครื่อง jolting volumeter ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 25 ตารางที่ 25 bulk density, tapped density, true density, % compressibility และ % porosity ของผงเซลลูโลสที่ข่อยได้จากพืชทั้ง 4 ชนิด และ Avicel® PH101

ตัวอย่าง	bulk density (g/ml)	tapped density (g/ml)	true density (g/ml)	% compressibility	% porosity
Avicel® PH101	0.30	0.43	1.11	30.23	73.33
ผงเซลลูโลสจาก ใบผักตบชวา	0.71	0.96	1.51	26.04	53.33
	0.60	0.74	0.95	18.92	36.84
ผงเซลลูโลสจาก ก้านผักตบชวา	0.72	1.06	1.55	32.08	53.33
	0.68	0.91	1.46	25.27	53.33
ผงเซลลูโลสจาก ใบรูปฤๅษี	0.16	0.28	1.20	42.86	86.67
	0.18	0.29	1.11	37.93	83.33
ผงเซลลูโลสจาก กากชานอ้อย	0.25	0.38	1.25	34.21	80.00
	0.13	0.19	0.96	31.58	86.67

6.6. จากการทดสอบการไหลของผงเซลลูโลสที่ข่อยได้จากพืชทั้ง 4 ชนิด และ Avicel® PH101 โดยทดสอบสารแต่ละชนิด 10 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบน ได้ผลดังแสดงในตารางที่

26

ตารางที่ 26 angle of repose ของผงเซลลูโลสที่ข่อยได้จากพืชทั้ง 4 ชนิด และ Avicel® PH101

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย angle of repose (θ)	SD
Avicel® PH101	46.21	6.01
ผงเซลลูโลสจาก ใบผักตบชวา	39.44	3.55
	40.12	4.23
ผงเซลลูโลสจาก ก้านผักตบชวา	44.98	4.73
	46.14	3.86
ผงเซลลูโลสจาก ใบธูปฤๅษี	55.60	4.26
	45.93	4.96
ผงเซลลูโลสจาก กากชานอ้อย	46.97	5.34
	52.43	3.15

6.7. จากการทดสอบความสามารถในการพองตัวของผงเซลลูโลสที่ข่อยได้จากพืชทั้ง 4 ชนิด และ

Avicel PH-101 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 27

ตารางที่ 27 อัตราการพองตัวของผงเซลลูโลสจากพืชทั้ง 4 ชนิด และ Avicel[®] PH101

ตัวอย่าง	น้ำหนักสารตัวอย่าง (g)	น้ำหนักน้ำที่ถูกดูดซับ (g)	อัตราส่วนของน้ำหนัก น้ำที่ถูกดูดซับ/ น้ำหนักสารตัวอย่าง 1 g
Avicel [®] PH101	2.0180	4.8036	2.3804
ผงเซลลูโลสจาก ใบผักตบชวา	2.0094	2.5948	1.2913
	2.0217	2.6954	1.3332
ผงเซลลูโลสจาก ก้านผักตบชวา	2.0096	2.6820	1.3346
	2.0219	2.3414	1.1580
ผงเซลลูโลสจาก ใบรูปฤๅษี	2.0067	7.5637	3.7692
	2.0027	5.0421	2.5177
ผงเซลลูโลสจาก กากชานอ้อย	2.0300	5.7851	2.8498
	2.0034	9.4155	4.6998

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. การเตรียมตัวอย่างพืชและตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

จากผลการทดลองนำตัวอย่างพืชทั้งสี่ชนิดมาบดย่อยขนาด สังกะสีลักษณะเส้นใยด้วยดาเปล่า และลักษณะเส้นใยเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า แสดงให้เห็นว่าเส้นใยในตัวอย่างพืชทั้งสี่ชนิดมีความแตกต่างทั้งลักษณะและปริมาณ ทำให้สามารถประเมินเบื้องต้นได้ว่าศึกษาการสกัดเซลลูโลสในการวิจัยนี้จำเป็นที่จะต้องศึกษาแบบแยกส่วนระหว่างส่วนใบและก้านของผักตบชวา ดังนั้นตัวอย่างพืชที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จึงแบ่งเป็นสี่ชนิดคือ ใบผักตบชวา ก้านผักตบชวา ใบรูปฤๅษี และกากขานอ้อย และเมื่อนำตัวอย่างพืชทั้งสี่ชนิดไปอบแห้งพบว่ากากขานอ้อยมีน้ำหนักคงเหลือมากที่สุด(ร้อยละ 21.36) รองลงมาคือใบรูปฤๅษี(ร้อยละ 19.64) ใบผักตบชวา(ร้อยละ 13.84) และก้านผักตบชวา(ร้อยละ 9.18)ตามลำดับ ดังนั้นการทดลองโดยใช้ตัวอย่างพืชสดแต่ละครั้งจึงต้องคำนวณน้ำหนักที่ใช้จากร้อยละของน้ำหนักคงเหลือดังกล่าวของตัวอย่างพืชแต่ละชนิด เพื่อให้ได้น้ำหนักใกล้เคียงตัวอย่างพืชอบแห้งที่ใช้ อย่างไรก็ตามค่าร้อยละของน้ำหนักคงเหลือที่หาได้เป็นเพียงค่าที่ได้จากตัวอย่างที่สุ่มมาทำการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น

2. การสกัดสารมีสีออกจากผักตบชวาและรูปฤๅษี

จากการทดลองใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ สกัดสารมีสีออกจากตัวอย่างพืชที่มีสีเขียวพบว่า methanol เป็นตัวทำละลายที่สามารถสกัดสารมีสีออกได้ดีที่สุด และเมื่อทดลองสกัดตัวอย่างพืชสดด้วย hexane พบว่าเส้นใยเกาะกันเป็นก้อน ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างพืชที่นำมาทดลองนั้นเป็นพืชอวบน้ำจึงทำให้ตัวอย่างไม่สามารถเปียกใน hexane ได้ และพบว่า การสกัดด้วย hexane ในขั้นตอนแรกไม่ช่วยให้การสกัดสารมีสีด้วย methanol เกิดขึ้นได้ดีขึ้น ซึ่งแตกต่างจากรายงานการวิจัยซึ่งมีการทำไว้ก่อนหน้านี้ โดยพบว่า การสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วต่ำช่วยให้การสกัด chlorophyll ออกจากตัวอย่างพืชได้ดีขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากตัวอย่างพืชที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่มีสารที่มีลักษณะเป็นไขมันซึ่งสามารถขัดขวางการ สกัด chlorophyll ออกจากเนื้อเยื่ออยู่ในเนื้อเยื่อ

จากการทดลองนำตัวอย่างพืชสดและอบแห้ง 3 ชนิด คือ ใบรูปฤๅษี ใบผักตบชวา และรูปฤๅษี ที่บดย่อยขนาดแล้ว ปริมาณ 0.5 1.0 และ 2.0 g เมื่อเทียบเป็นน้ำหนักแห้งมาสกัดด้วย methanol แล้ววัดค่าการ

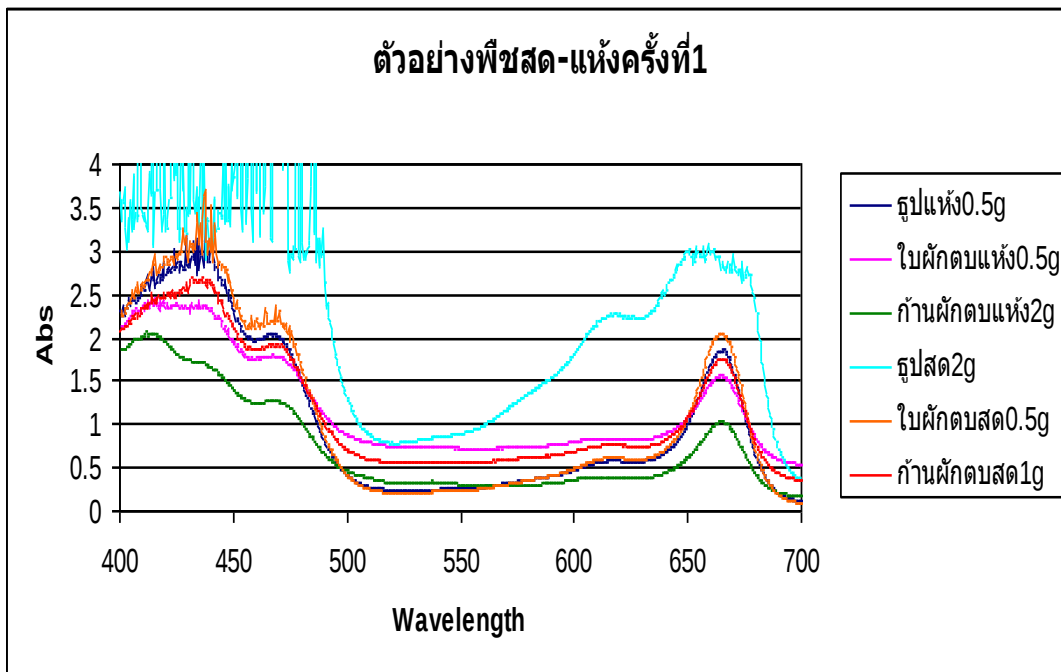
ดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 nm พบว่ามีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 430 nm และ 667 nm ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่สัมพันธ์กับการดูดกลืนแสงของ chlorophyll ทำให้สามารถสรุปได้ว่าสารมีสีที่สกัดออกมาได้ส่วนใหญ่แล้วเป็น chlorophyll นั่นเอง

จากรูปที่ 6-23 ซึ่งแสดงค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดตัวอย่างพืชโดยการคนบน magnetic stirrer นาน 1-5 ชั่วโมง พิจารณาจากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 667 nm พบว่าการเพิ่มเวลาการสกัดนานกว่า 1 ชั่วโมง การดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นและในบางตัวอย่างการดูดกลืนแสงกลับลดลงซึ่งอาจเกิดจากการเสื่อมสลายของ chlorophyll ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกที่จะสกัดสารมีสีโดยใช้ methanol แต่ละครั้งนาน 1 ชั่วโมง และเพื่อให้การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดสารมีสีออกจากตัวอย่างเป็นไปได้ดีขึ้นต้องมีการกำหนดปริมาณตัวอย่างพืชที่ใช้ในการสกัดเพื่อให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 667 nm อยู่ในช่วงที่เครื่องมือสามารถอ่านผลได้และมีการดูดกลืนแสงที่ใกล้เคียงกัน จึงกำหนดให้ใช้ตัวอย่างพืชตามปริมาณดังต่อไปนี้ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดสารมีสีออกจากตัวอย่าง

ชนิดตัวอย่าง	น้ำหนักรที่ให้ใช้(g)	
	สด	อบแห้ง
ใบทุปฤยิ	2	0.5
ใบผักตบชวา	0.5	0.5
ก้านผักตบชวา	1	2

ตารางที่ 28 น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดสารมีสี

เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดตัวอย่างพืชปริมาณดังแสดงในตารางที่ 28 ในชั่วโมงแรกมาแสดงรวมกันในรูปแบบที่ 43 และเมื่อคำนวณน้ำหนักพืชสดไปเป็นน้ำหนักแห้งแล้วจะเห็นได้ว่าการสกัดพืชสดมีประสิทธิภาพในการสกัดมากกว่าทั้งนี้เนื่องจากน้ำที่มีอยู่ในตัวอย่างพืชสดนั้นช่วยให้การสกัดเป็นไปได้ดีขึ้น และการใช้พืชสดยังช่วยลดขั้นตอนการทำงานและพลังงานที่ใช้ในการผลิตยังส่งผลต่อต้นทุนของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกสกัดสารมีสีออกจากพืชสด



รูปที่ 43 ค่าการดูดกลืนแสงของ methanol ที่ใช้ในการสกัดสารมีสีออกจากตัวอย่างพืชชนิดต่างๆ ตามน้ำหนักที่เลือกไว้ในชั่วโมงที่ 1

และจากรูปที่ 22-27 จะเห็นได้ว่าปริมาณสารมีสีที่ละลายออกมาในตัวทำละลาย methanol ของตัวอย่างพืชสดทั้งสามชนิดในครั้งที่ 3 ก่อนข้างน้อยมากหรือไม่มีเลยเมื่อเทียบกับปริมาณที่วัดในครั้งที่ 2 จึงสามารถสรุปได้ว่าจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการล้างสารมีสีออกจากตัวอย่างพืชคือ 3 ครั้ง

เมื่อทดลองสกัดสารมีสีตามกระบวนการที่เลือกไว้ และขยายขนาดการผลิตเป็น 5 เท่าของการทดลองเบื้องต้นอีก 2 ครั้งพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 ครั้งมีลักษณะใกล้เคียงกันและมีลักษณะดังแสดงในตารางที่ 5

3. การฟอกสีตัวอย่างที่สกัดสารมีสีออกแล้ว

ในการศึกษาเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกสารเคมีและสภาวะที่ใช้ในการฟอกขาวตัวอย่างพืชที่สกัดสารมีสีออกแล้วโดยใช้ตัวอย่างที่ได้จากใบผักตบชวา โดยตั้งสมมุติฐานว่าความเข้มข้นของตัวอย่างที่นำมาฟอกขาวแปรผันโดยตรงกับความยากในการฟอกขาว ดังนั้นหากสามารถฟอกขาวตัวอย่างที่ได้จากใบผักตบชวาได้ก็น่าจะสามารถฟอกขาวตัวอย่างที่ได้จากส่วนที่มีสีเข้กว่าได้ และจากการทดลองพบว่าการใช้ sodium hydroxide เพียงอย่างเดียวทำให้ตัวอย่างมีสีเข้มขึ้น แต่การใช้ sodium hydroxide ผสมกับ hydrogenperoxide การใช้ hydrogenperoxide เพียงอย่างเดียว และ sodium hypochlorite สามารถทำให้

ตัวอย่างมีสีอ่อนลงได้โดย hydrogenperoxide เพียงอย่างเดียว และ sodium hydroxide ผสมกับ hydrogenperoxide ทำให้ตัวอย่างมีสีอ่อนลงโดยจะมีสีออกเหลืองและ sodium hydroxide ผสมกับ hydrogenperoxide จะมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ hydrogenperoxide เพียงอย่างเดียว แต่เนื่องจากการผสม sodium hydroxide ผสมกับ hydrogenperoxide นั้นเกิดฟองฟู่ขึ้นระหว่างการผสมได้ง่ายจึงเป็นกระบวนการที่ไม่เหมาะสมสำหรับการทำงานจริง ส่วนการใช้ sodium hypochlorite จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีขาวออกน้ำตาลและมีความขาวมากกว่าการใช้สารอื่นโดยความขาวของผลิตภัณฑ์แปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของ sodium hypochlorite และการให้ความร้อนช่วยให้การฟอกขาวเกิดขึ้นได้ดีขึ้น ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้ NaOCl solution (6 g/L available Cl) เป็นสารฟอกขาวในขั้นตอนแรก โดยให้ความร้อนที่ 60 เซนติเกรด

อย่างไรก็ตามตัวอย่างพืชที่ฟอกขาวด้วย NaOCl solution (8 g/L available Cl) ยังคงมีสีน้ำตาลอ่อน จึงต้องมีการฟอกขาวซ้ำอีกครั้ง พบว่า NaOCl ไม่สามารถทำให้ตัวอย่างพืชมีสีขาวขึ้นได้ในขณะที่ hydrogenperoxide สามารถฟอกสีตัวอย่างพืชจนกลายเป็นสีเกือบขาวได้ โดยเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาแปรผกผันกับความเข้มข้นของ hydrogenperoxide สำหรับงานวิจัยครั้งนี้เลือกใช้ 20%w/v H_2O_2 ในการฟอกขาวขั้นตอนที่ 2 และเมื่อทำการทดลองฟอกขาวตัวอย่างพืชในปริมาณมาก พบว่าการทำปฏิกิริยานั้นไม่ทั่วถึงเท่ากับการทดลองในปริมาณน้อย จึงต้องเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยาเป็น 30 นาที

อย่างไรก็ตามหากใช้อัตราส่วนของตัวอย่างพืชต่อปริมาณของสารละลายที่ใช้ฟอกขาวดังที่ได้ในการทดลองก่อนหน้านี้จะต้องใช้ NaOCl solution (8 g/L available Cl) ปริมาตรถึง 250 มิลลิลิตร เพื่อฟอกขาวตัวอย่างพืชที่สกัดสารมีสีออกและอบแห้งแล้ว 1 กรัม ดังนั้นจึงมีการทดลองฟอกขาวตัวอย่างที่ได้จากพืชแต่ละชนิดหนัก 1 กรัม ด้วย NaOCl solution (8 g/L available Cl) ครั้งละ 50 มิลลิลิตร นาน 2 ชั่วโมง ก่อนกรองสารละลายออกและฟอกซ้ำโดยวิธีเดิมจนกระทั่งตัวอย่างมีสีใกล้เคียงกับการทดลองในครั้งแรก และพบว่าการฟอกขาวโดยวิธีนี้เพียง 3 ครั้ง ก็ทำให้ตัวอย่างมีสีคล้ำและความเข้มของสีใกล้เคียงกับกระบวนการต้นแบบดังแสดงในตารางที่ 8 เมื่อรวมการทำปฏิกิริยา 3 ครั้งใช้ NaOCl solution (8 g/L available Cl) ปริมาตร 150 มิลลิลิตร น้อยลงจากกระบวนการต้นแบบ 100 มิลลิลิตร และใช้เวลารวม 6.5 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นจากกระบวนการต้นแบบ 4.5 ชั่วโมง และเมื่อนำ

ตัวอย่างพืชที่ฟอกขาวโดยวิธีนี้ไปฟอกขาวอีกครั้งด้วย 20%w/v H_2O_2 นาน 30 นาที

จะได้เส้นใยที่มีสีเกือบขาวดังแสดงในตารางที่ 9

4. การย่อยขนาดตัวอย่างที่ผ่านการฟอกสีแล้ว

ในการศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรด hydrochloric ที่ใช้ในการย่อยโดยเริ่มต้นที่ความเข้มข้น 3 N และเพิ่มขึ้นขั้นละ 1 N พบว่าอัตราการย่อยแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของกรด แต่หากความเข้มข้นของกรดสูงถึง 6 N จะทำให้ตัวอย่างเปลี่ยนสีอย่างรวดเร็ว และพบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากอุณหภูมิห้องเป็น 60 เซนติเกรด มีส่วนช่วยให้อัตราการเกิดปฏิกิริยารวดเร็วขึ้นแต่ก็ทำให้ตัวอย่างเปลี่ยนสีเป็นสีออกเหลืองหรือน้ำตาล และเมื่อพิจารณาจากขนาดอนุภาคโดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยตั้งเป้าหมายที่จะย่อยตัวอย่างที่ได้จากพืชชนิดต่างๆ ให้มีขนาดใกล้เคียงกับ Avicel® PH101 ซึ่งใช้เป็นสารต้นแบบในงานวิจัยครั้งนี้ จึงเลือกย่อยตัวอย่างด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N นาน 72 ชั่วโมง สำหรับใบรูปฤๅษี ใบผักตบชวา และก้านผักตบชวา และนาน 96 ชั่วโมงสำหรับกากชานอ้อย

5. กำหนดหา % yield ของผงเซลลูโลสที่ได้จากพืชแต่ละชนิด

จากตารางที่ 21 จะเห็นได้ว่าร้อยละของผลผลิตที่ได้จากการผลิตแต่ละครั้งนั้นแตกต่างกันทั้งนี้ เพราะตัวอย่างที่ใช้เป็นวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด เป็นพืชซึ่งขึ้นเองตามธรรมชาติจึงมีความแตกต่างของปริมาณเส้นใยระหว่างตัวอย่างที่เก็บแต่ละครั้ง และพบว่ากากชานอ้อยให้ผลผลิตสูงที่สุด รองลงมาเป็นใบรูปฤๅษี ส่วนใบและก้านผักตบชวาให้ผลผลิตน้อยที่สุดใกล้เคียงกัน

6. ตรวจสอบคุณสมบัติของสารที่ย่อยได้

เมื่อสังเกตสีของตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยกรด hydrochloric เข้มข้น 5N ที่อุณหภูมิห้องพบว่าตัวอย่างทั้งหมดมีสีเหมือนกันหรือเข้มข้นกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการฟอกสีขั้นที่ 2 และพบว่าก้านผักตบชวาให้ผลิตภัณฑ์ที่ขาวที่สุด รองลงมาคือใบรูปฤๅษีและกากชานอ้อยซึ่งมีสีใกล้เคียงกัน และใบผักตบชวาให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มที่สุด อย่างไรก็ตามตัวอย่างพืชที่เก็บมาแต่ละครั้งก็ให้ตัวอย่างที่มีสีแตกต่างกันเช่นกัน

ส่วนการศึกษาความเป็นผลึกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสง polarized light นั้นพบว่าอนุภาคของ cellulose ที่ย่อยได้จากตัวอย่างพืชทั้ง 4 ชนิด มีส่วนที่เกิดการเรืองแสงเหมือนกับ Avicel® PH101 จึงสามารถสรุปได้ว่าอนุภาคที่ผลิตได้มีความเป็นผลึกเช่นเดียวกันกับ Avicel® PH101 แต่ยังไม่สามารถ

บอกถึง degree of crystallinity ได้ และเมื่อพิจารณาถึงรูปร่างของอนุภาคพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากทั้งใบและก้านผักตบชวาจะมีรูปร่างค่อนข้างกลม ผงเซลลูโลสที่ได้จากพืชทั้ง 4 ชนิด มีความชื้นมากกว่า Avicel® PH101 ทั้งนี้อาจเนื่องจากพืชทั้ง 4 ชนิด เป็นพืชชอบน้ำจึงทำให้ผงเซลลูโลสที่ได้มีความสามารถในการดูดความชื้นได้ดี

เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับรูปร่างของอนุภาค bulk density ความพรุน และ flow character โดยอาศัย % compressibility ตามตารางที่ 29 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากทั้งก้านและใบผักตบชวามีรูปร่างค่อนข้างกลม มี bulk density สูงกว่า Avicel® PH101 และมีความพรุนต่ำ(ประมาณ 50 %) และต่ำกว่า Avicel® PH101 มี flow character อยู่ในช่วง passable ถึง poor ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากใบรูปไข่และกากชานอ้อยมีลักษณะอนุภาคเป็นท่อนสั้นๆ มี bulk density ต่ำกว่า Avicel® PH101 และมีความพรุนค่อนข้างสูง(มากกว่า 80%) และสูงกว่า Avicel® PH101 มี flow character อยู่ในช่วง very poor ถึง very very poor แต่เมื่อพิจารณาจาก angle of repose พบว่าผงเซลลูโลสที่ผลิตจากใบผักตบชวามี flow characteristics อยู่ในช่วง fair ส่วนผงเซลลูโลสที่ผลิตจากก้านผักตบชวามี flow characteristics อยู่ในช่วง passable และผงเซลลูโลสที่ผลิตจากใบรูปไข่และ กากชานอ้อยมี flow characteristics อยู่ในช่วง poor และสำหรับการพองตัวค้นพบว่าผงเซลลูโลสที่ผลิตจากกากชานอ้อยมีการพองตัวดีที่สุด รองลงมาคือผงเซลลูโลสที่ผลิตจากรูปไข่และ Avicel® PH101 และชนิดที่มีการพองตัวต่ำที่สุดคือผงเซลลูโลสที่ได้จากทั้งส่วนใบและก้านของผักตบชวา

% compressibility	Flow character
≤ 10	Excellent
11-15	Good
16-20	Fair
21-25	Passable
26-31	Poor
32-37	Very poor
> 38	Very,very poor

ตารางที่ 29 เกณฑ์การเปรียบเทียบ % compressibility กับการไหลของอนุภาค

Flow properties	Angle of repose (degree)
Excellent	25-30
Good	31-35
Fair-aid not needed	36-40
Passable-may hang up	41-45
Poor-must agitate , vibrate	46-55
Very poor	56-65
Very , very poor	>66

ตารางที่ 30 เกณฑ์การพิจารณา flow characteristics จาก angle of repose

7. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่าสามารถผลิตผงเซลลูโลสได้จากการย่อยตัวอย่างพืช 4 ชนิด คือ ใบผักตบชวา ก้านผักตบชวา ใบรูปฤๅษี และกากชานอ้อย โดยจะต้องมีการสกัดสารมีสีซึ่งคาดว่า เป็น chlorophyll ออกด้วย methanol และฟอกขาวเส้นใยด้วย sodium hypochlorite และ hydrogenperoxide ตามลำดับเสียก่อน อย่างไรก็ตามผงเซลลูโลสที่ผลิตได้มีคุณสมบัติที่แตกต่างจาก microcrystallin cellulose ที่เป็นที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมยาคือ Avicel® PH101 ในด้านต่างๆ คือ สี ขนาดและรูปร่างอนุภาค ความชื้น ความหนาแน่น flow characteristics และอัตราการพองตัว โดยพบว่าใบและก้านผักตบชวาให้ผงเซลลูโลสที่มีคุณสมบัติดังกล่าวใกล้เคียงกันโดยมีคุณสมบัติที่น่าสนใจคือมี bulk density สูงและมีอัตราการพองตัวต่ำ ส่วนใบรูปฤๅษีและกากชานอ้อยให้ผงเซลลูโลสที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันโดยมีคุณสมบัติที่น่าสนใจที่ตรงกันข้ามกับผงเซลลูโลสที่ได้จากผักตบชวาคือมี bulk density ต่ำและมีอัตราการพองตัวสูง

อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากรจึงทำให้คณะผู้วิจัยไม่สามารถศึกษาคุณสมบัติของผงเซลลูโลสที่ผลิตได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

1. ความคงสภาพของผงเซลลูโลสที่ผลิตได้เมื่อมีการจัดเก็บไว้ในสภาวะต่างๆ
2. ความเป็นผลึกของผงเซลลูโลสที่ผลิตได้โดยใช้ x-ray diffraction
3. คุณสมบัติในการตกเป็นเม็ดยาของผงเซลลูโลสที่ผลิตได้
4. ความเป็นไปได้ที่จะใช้ผงเซลลูโลสที่ผลิตได้จากใบรูปฤๅษีและก้านผักตบชวามาใช้เป็นสารช่วยแตกตัวเนื่องจากมีอัตราการพองตัวที่สูง

บรรณานุกรม

1. กฤษณา ศิริเลิศมกุล, ศรีไฉล ขุนทน, ณัฐภรณ์ สุวรรณโณ และสุนันท์ พงษ์สามารถ, การเตรียมคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.กรุงเทพมหานคร., (2548).
2. กิตติณา เชี่ยววนิชชา และจารุณี หงส์พิพัฒน์, การผลิตเซลลูโลสจากสำลีเพื่อใช้ในทางเภสัชกรรม, ปริญญานิพนธ์ ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีการศึกษา 2544.
3. เกศสุชา พูลคำ, 2537, Heavy metal removal by ion exchange resin made from bagasse and water hyacinth, Available from: http://library.car.chula.ac.th:82/record=b276589*tha(วันที่เข้าถึงข้อมูล 23 สิงหาคม 2551)
4. ณัฐกานต์ ไตรโสภณ และณัฐวุฒิ โหมิตชัยวัฒน์, การประเมินคุณสมบัติการเป็นสารช่วยแตกตัวของเซลลูโลสซึ่งย่อยมาจากไผ่ฝ้าย (วิทยานิพนธ์ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต สาขาเภสัชศาสตร์), กรุงเทพมหานคร, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2545.
5. ถิรนนท์ ทิวราตรีวิทย์, สุพัฒน์ คำไทย และพรชัย ราชตะนະพันธ์, ผลของกระบวนการฟอกต่อคุณสมบัติทางกลของฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอ, ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ.คณะอุตสาหกรรมเกษตร.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่., (2549).
6. ทัดทรง ท้วทพิย์, ยาเม็ด, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, โอ.เอส.พรีนติ้งเฮาส์, 2534.
7. ประไพรัตน์ ลิ้มป๋มโนธรรม และสุดาพร ศรีเทพ, การประเมินเปรียบเทียบคุณสมบัติของ Microcrystalline cellulose จากผู้ผลิตต่าง ๆ เพื่อใช้ในการตอกตรง (วิทยานิพนธ์ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต สาขาเภสัชศาสตร์), คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2543.
8. ราชบัณฑิตยสถาน, 2538, กอช้าง *Typha angustifolia* L., TYPHACEA, Available from: http://www.rspg.thaigov.net/plants_data/plantdat/typhacea/tangus_1.htm (วันที่เข้าถึงข้อมูล 5 มิถุนายน 2551)

9. วงษ์จันทร์ วงษ์แก้ว, 2535, หลักสูตรวิทยาของพืช, พันธุ์พืชลึงชิ่ง สืบค้นจาก, Available from:
<http://th.wikipedia.org> (วันที่เข้าถึงข้อมูล 23 สิงหาคม 2551)
10. สอึ้ง จักขุศิลา, การศึกษาวิธีวิเคราะห์เซลลูโลสและอนุพันธ์ของเซลลูโลส(CMC), เอกสารรายงาน
วิจัยของบุคลากร กรมวิทยาศาสตร์บริการ(เว็บเพจ),
2542, Available from: http://siweb.dss.go.th/technical_report/user_technical_description.asp?ID_tech=184 (วันที่เข้าถึงข้อมูล 5 มิถุนายน 2551)
11. สายเข็ม แสงโชติ, ทิพา บุญยะวิโรจ และนวนลณี กาญจนพิบูลย์, คุณค่าทางโภชนาการของยอดอ้อย
หมักผสมใบกระถินในอัตราต่างๆ กัน, Available from:
http://www.dld.go.th/nutrition/exhibition/RESEARCH/research_full/2535/R3507.doc (วันที่
เข้าถึงข้อมูล 26 สิงหาคม 2552).
12. Arthus H. Kibbe, Handbook of Pharmaceutical Excipients, third edition, Washington, the
American Pharmaceutical Association, 2000.
13. B.K. Barai, R.S. Singhal and P.R. Kulkarni, Optimization of a process for preparing
carboxymethyl cellulose from water hyacinth (*Eichornia crassipes*), Carbohydrate polymers.,
32(1997)229-231.
14. Chem Sources Ltd, 2006, Cellulose derivatives, Available from:
http://www.chemsources.co.th/index.php?option=catalog_result&c=28&lang=en&sub=3 (Accessed
Jun 5, 2008)
15. Gaonkar, SM. and Kulkarni, P.R., Micro crystalline cellulose from water hyacinth, Acta
Polymerica., 37(1986)189.
16. Iscid: International society for complexity information and design, 2001-2005, Cellulose,
Available from: <http://www.iscid.org/encyclopedia/Cellulose> (Accessed Sep 7, 2008)

17. Lawrence, The United States Pharmacopeia, 31st edition, Rockville, U.S. Pharmacopoeia Conversion, 2008.
18. Mohamed El. Sakhawy and Mohamad L. Hassan, Physical and mechanical properties of microcrystalline cellulose prepared from agricultural residues, carbohydrate polymers., 67(2007) 1-10.
19. Mr. Surapongse Klaimukh, 2545, A Comparison of Producer Gas from Compressed Hyacinth of Up Draft and Down Draft Furnances, Available from: <http://www.energy-based.nrct.go.th> (วันที่เข้าถึงข้อมูล 26 สิงหาคม 2552).
20. Organic Material Review Institute for the USDA National Organic Program, Cellulose processing, National Organic Standard Board Technical Advisory Panel Review., (2005)1-5.
21. Philip F. Builder, Agbo M. Bonaventure, Adelakum Tiwalade, Larry C. Okpako and Anthony A. Attama, Novel multifunctional pharmaceutical excipients derived from microcrystalline cellulose – starch microparticulate composites prepared by compatibilized reactive polymer blending, Available from: <http://www.sciencedirect.com> (วันที่เข้าถึงข้อมูล 17 มกราคม 2553)
22. Qian Xiang, Y.Y. Lee, Pär O. Pettersson and Robert W. Torget, Heterogeneous Aspects of Acid Hydrolysis of α -Cellulose, Applied Biochemistry and Biotechnology., 107(2003) 505-514.
23. Toshkov, Toshko Sokolov (Sofia, BG), 1976, Method of producing microcrystalline cellulose, Available from: <http://www.freepatentsonline.com/3954727.html> (วันที่เข้าถึงข้อมูล 26 สิงหาคม 2552).
24. Yong-Jae Lee, Chang-Ho Chung and Donal F. Day, Sugarcane bagasse oxidation using a combination of hypochlorite and peroxide, Bioresource Technology., 100(2009) 935–941.

ภาคผนวก

	หน้า
ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของ Avicel® PH101	87
ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของ EN101	88
ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของ EN102	89
ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของ EN201	90
ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของ EN202	91
ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของ EN301	92
ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของ EN302	93
ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของ EN401	94
ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของ EN402	95
ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาค Avicel® PH101	96
ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาค EN101	97
ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาค EN102	98
ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาค EN201	99
ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาค EN202	100
ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาค EN301	101
ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาค EN302	102

	หน้า
ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาค EN302	103
ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาค EN401	104
ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาค EN402	105
ตารางแสดงข้อมูล moisture content ของตัวอย่างพีช 4 ชนิด และ Avicel® PH101	106
ตารางแสดงข้อมูลการทดสอบ flowability ของตัวอย่างพีช 4 ชนิดและ Avicel® PH101	107
ตารางแสดงข้อมูลการหาความหนาแน่นและความพรุนของเซลลูโลสจากพีช 4 ชนิดและ Avicel® PH101	108
ตารางแสดงข้อมูลการทดสอบ swellability ของเซลลูโลสจากพีช 4 ชนิดและ Avicel® PH101	109

ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของ Avicel® PH101

อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)
1	160	31	75	61	145	91	100
2	75	32	145	62	105	92	80
3	50	33	70	63	20	93	105
4	55	34	150	64	125	94	50
5	100	35	130	65	40	95	30
6	60	36	105	66	50	96	75
7	70	37	40	67	95	97	40
8	85	38	120	68	25	98	25
9	80	39	70	69	125	99	50
10	130	40	75	70	110	100	65
11	250	41	110	71	90	ค่าเฉลี่ย	86.55
12	100	42	80	72	150	SD	43.3115
13	100	43	90	73	120		
14	40	44	110	74	105		
15	60	45	50	75	70		
16	60	46	40	76	35		
17	70	47	20	77	115		
18	60	48	150	78	70		
19	100	49	180	79	110		
20	45	50	120	80	55		
21	95	51	52	81	120		
22	150	52	45	82	115		
23	85	53	140	83	95		
24	140	54	30	84	70		
25	200	55	105	85	50		
26	140	56	20	86	85		
27	50	57	50	87	160		
28	45	58	110	88	80		
29	40	59	110	89	30		
30	70	60	18	90	95		

ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของเซลล์โลสที่ย่อยได้จากใบผักตบชวา ครั้งที่ 1

อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)
1	90	31	75	61	55	91	60
2	60	32	65	62	20	92	50
3	50	33	40	63	30	93	30
4	60	34	50	64	25	94	40
5	40	35	145	65	30	95	50
6	30	36	20	66	30	96	190
7	100	37	35	67	60	97	200
8	55	38	30	68	20	98	90
9	140	39	20	69	32	99	80
10	80	40	60	70	35	100	170
11	60	41	25	71	30	ค่าเฉลี่ย	56.86
12	35	42	30	72	60	SD	39.6141
13	90	43	40	73	20		
14	130	44	25	74	35		
15	35	45	70	75	38		
16	105	46	40	76	100		
17	55	47	110	77	55		
18	80	48	30	78	30		
19	70	49	30	79	30		
20	55	50	60	80	20		
21	90	51	100	81	20		
22	135	52	35	82	25		
23	35	53	20	83	25		
24	75	54	30	84	25		
25	180	55	30	85	59		
26	70	56	45	86	60		
27	30	57	30	87	30		
28	120	58	30	88	29		
29	70	59	30	89	18		
30	50	60	30	90	25		

ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของเซลล์โลสที่ย่อยได้จากใบผักตบชวา ครั้งที่ 2

อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)
1	85	31	90	61	110	91	160
2	65	32	165	62	110	92	35
3	35	33	95	63	90	93	100
4	30	34	80	64	165	94	90
5	25	35	20	65	60	95	20
6	70	36	30	66	50	96	130
7	30	37	40	67	40	97	120
8	70	38	40	68	40	98	120
9	60	39	70	69	90	99	90
10	95	40	140	70	35	100	130
11	75	41	70	71	45	ค่าเฉลี่ย	80.25
12	70	42	25	72	35	SD	38.3259
13	90	43	75	73	130		
14	30	44	60	74	60		
15	75	45	95	75	150		
16	70	46	30	76	70		
17	100	47	75	77	70		
18	85	48	90	78	15		
19	105	49	85	79	25		
20	20	50	140	80	40		
21	120	51	80	81	120		
22	100	52	140	82	150		
23	100	53	160	83	125		
24	120	54	60	84	100		
25	100	55	75	85	45		
26	160	56	80	86	65		
27	55	57	110	87	95		
28	120	58	70	88	30		
29	90	59	50	89	70		
30	60	60	90	90	60		

ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของเซลล์โลสที่ย่อยได้จากก้านผักตบชวา ครั้งที่ 1

อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)
1	20	31	100	61	30	91	18
2	20	32	40	62	20	92	72
3	17	33	18	63	25	93	100
4	30	34	18	64	45	94	35
5	15	35	10	65	30	95	20
6	40	36	40	66	25	96	70
7	35	37	12	67	25	97	30
8	45	38	20	68	30	98	15
9	12	39	30	69	80	99	30
10	40	40	20	70	35	100	20
11	35	41	40	71	70	ค่าเฉลี่ย	37.97
12	30	42	20	72	35	SD	23.7259
13	20	43	25	73	50		
14	35	44	20	74	20		
15	80	45	20	75	35		
16	50	46	15	76	20		
17	85	47	50	77	30		
18	70	48	65	78	50		
19	60	49	30	79	45		
20	20	50	25	80	35		
21	20	51	70	81	70		
22	20	52	20	82	40		
23	20	53	15	83	30		
24	12	54	45	84	60		
25	130	55	50	85	20		
26	40	56	65	86	90		
27	80	57	30	87	60		
28	15	58	70	88	15		
29	18	59	30	89	15		
30	30	60	75	90	20		

ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของเซลล์โลสที่ย่อยได้จากก้านผักตบชวา ครั้งที่ 2

อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)
1	60	31	15	61	18	91	40
2	25	32	20	62	10	92	10
3	20	33	25	63	35	93	65
4	15	34	55	64	18	94	80
5	50	35	12	65	52	95	38
6	50	36	40	66	26	96	65
7	75	37	22	67	30	97	40
8	15	38	60	68	100	98	10
9	30	39	55	69	12	99	40
10	20	40	45	70	65	100	12
11	109	41	50	71	12	ค่าเฉลี่ย	35.84
12	40	42	70	72	22	SD	23.1747
13	45	43	17	73	12		
14	20	44	25	74	10		
15	20	45	40	75	90		
16	45	46	50	76	25		
17	38	47	10	77	40		
18	45	48	35	78	130		
19	20	49	25	79	18		
20	42	50	50	80	28		
21	55	51	18	81	75		
22	18	52	40	82	35		
23	10	53	18	83	20		
24	20	54	65	84	30		
25	20	55	20	85	42		
26	38	56	15	86	10		
27	60	57	10	87	30		
28	30	58	30	88	30		
29	30	59	45	89	12		
30	40	60	50	90	10		

ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของเซลล์โลสที่ย่อยได้จากไบรอปฏิก ครั้งที่ 1

อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)
1	45	31	42	61	50	91	15
2	40	32	90	62	10	92	20
3	20	33	40	63	12	93	40
4	40	34	220	64	20	94	30
5	170	35	120	65	70	95	40
6	70	36	60	66	32	96	32
7	30	37	10	67	40	97	60
8	48	38	12	68	80	98	120
9	48	39	42	69	35	99	35
10	100	40	25	70	40	100	90
11	20	41	10	71	130	ค่าเฉลี่ย	52.26
12	25	42	30	72	50	SD	35.7236
13	30	43	30	73	65		
14	45	44	12	74	60		
15	70	45	75	75	80		
16	70	46	50	76	30		
17	40	47	30	77	60		
18	115	48	20	78	105		
19	75	49	30	79	20		
20	50	50	80	80	40		
21	42	51	28	81	140		
22	45	52	120	82	75		
23	40	53	32	83	65		
24	45	54	90	84	40		
25	52	55	40	85	15		
26	28	56	40	86	50		
27	45	57	40	87	52		
28	70	58	15	88	68		
29	30	59	42	89	105		
30	20	60	22	90	40		

ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของเซลล์โลสที่ย่อยได้จากไบรอปฏิกิ ครั้งที่ 2

อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)
1	120	31	20	61	80	91	230
2	100	32	32	62	35	92	25
3	20	33	160	63	160	93	65
4	30	34	130	64	55	94	35
5	80	35	55	65	60	95	55
6	70	36	50	66	32	96	60
7	30	37	20	67	40	97	55
8	110	38	75	68	75	98	40
9	25	39	25	69	50	99	40
10	130	40	50	70	15	100	20
11	60	41	65	71	150	ค่าเฉลี่ย	51.49
12	15	42	75	72	50	SD	37.6651
13	70	43	40	73	30		
14	105	44	65	74	70		
15	20	45	30	75	32		
16	30	46	40	76	15		
17	40	47	60	77	60		
18	18	48	20	78	35		
19	40	49	20	79	75		
20	60	50	25	80	20		
21	70	51	50	81	50		
22	40	52	25	82	30		
23	40	53	20	83	15		
24	35	54	30	84	60		
25	18	55	32	85	30		
26	60	56	20	86	15		
27	30	57	25	87	40		
28	25	58	20	88	145		
29	50	59	50	89	40		
30	30	60	20	90	40		

ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของเซลล์โลสที่ย่อยได้จากกากชานอ้อย ครั้งที่ 1

อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)
1	70	31	85	61	30	91	120
2	120	32	90	62	40	92	40
3	50	33	200	63	70	93	30
4	30	34	70	64	45	94	120
5	40	35	80	65	90	95	35
6	40	36	50	66	390	96	30
7	70	37	90	67	80	97	40
8	190	38	30	68	20	98	70
9	85	39	40	69	25	99	100
10	20	40	40	70	50	100	30
11	120	41	260	71	60	ค่าเฉลี่ย	87.6
12	80	42	110	72	100	SD	63.7565
13	140	43	110	73	30		
14	30	44	220	74	40		
15	220	45	200	75	230		
16	90	46	190	76	190		
17	100	47	75	77	160		
18	160	48	50	78	30		
19	70	49	120	79	70		
20	20	50	110	80	40		
21	100	51	35	81	50		
22	90	52	20	82	145		
23	40	53	80	83	125		
24	150	54	105	84	60		
25	40	55	170	85	40		
26	30	56	45	86	60		
27	70	57	90	87	170		
28	70	58	100	88	30		
29	50	59	200	89	60		
30	60	60	65	90	40		

ตารางแสดงข้อมูลความยาวอนุภาคของเซลล์โลสที่ย่อยได้จากกากชานอ้อย ครั้งที่ 1

อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)	อนุภาค	ความยาว (μm)
1	140	31	120	61	40	91	75
2	210	32	330	62	65	92	110
3	390	33	205	63	120	93	260
4	180	34	420	64	75	94	135
5	100	35	320	65	90	95	250
6	120	36	270	66	170	96	260
7	75	37	60	67	70	97	70
8	60	38	80	68	35	98	160
9	30	39	70	69	55	99	55
10	20	40	60	70	500	100	70
11	90	41	260	71	65	ค่าเฉลี่ย	130.37
12	110	42	120	72	25	SD	96.6831
13	65	43	30	73	60		
14	140	44	190	74	140		
15	120	45	45	75	30		
16	60	46	185	76	185		
17	95	47	95	77	300		
18	150	48	260	78	110		
19	310	49	120	79	210		
20	50	50	25	80	195		
21	150	51	230	81	190		
22	110	52	40	82	210		
23	70	53	215	83	135		
24	20	54	195	84	70		
25	40	55	70	85	20		
26	35	56	60	86	20		
27	30	57	50	87	40		
28	160	58	120	88	140		
29	40	59	265	89	260		
30	105	60	82	90	100		

ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาค Avicel® PH101

ช่วงความยาวอนุภาค (μm)	จำนวน (%)
1-20	4
21-40	12
41-60	18
61-80	17
81-100	14
101-200	34
201-300	1
301-400	0
401-500	0

ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาคเซลล์ูโลสที่ข่อยได้จากใบผักตบชวา ครั้งที่ 1

ช่วงความยาวอนุภาค (μm)	จำนวน (%)
1-20	9
21-40	42
41-60	21
61-80	10
81-100	7
101-200	11
201-300	0
301-400	0
401-500	0

ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาคเซลลูโลสที่ข่อยได้จากใบผักตบชวา ครั้งที่ 2

ช่วงความยาวอนุภาค (μm)	จำนวน (%)
1-20	4
21-40	18
41-60	12
61-80	20
81-100	22
101-200	24
201-300	0
301-400	0
401-500	0

ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาคเซลล์โลสที่ย่อยได้จากก้านผักตบชวา ครั้งที่ 1

ช่วงความยาวอนุภาค (μm)	จำนวน (%)
1-20	36
21-40	34
41-60	12
61-80	13
81-100	4
101-200	1
201-300	0
301-400	0
401-500	0

ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาคเซลลูโลสที่ข่อยได้จากก้านผักตบชวา ครั้งที่ 2

ช่วงความยาวอนุภาค (μm)	จำนวน (%)
1-20	36
21-40	32
41-60	20
61-80	8
81-100	2
101-200	2
201-300	0
301-400	0
401-500	0

ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาคเซลล์โลสที่ย่อยได้จากใบธูปฤๅษี ครั้งที่ 1

ช่วงความยาวอนุภาค (μm)	จำนวน (%)
1-20	16
21-40	34
41-60	22
61-80	14
81-100	4
101-200	9
201-300	1
301-400	0
401-500	0

ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาคเซลล์โลสที่ย่อยได้จากใบธูปฤๅษี ครั้งที่ 2

ช่วงความยาวอนุภาค (μm)	จำนวน (%)
1-20	19
21-40	37
41-60	20
61-80	13
81-100	1
101-200	9
201-300	1
301-400	0
401-500	0

ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาคเซลล์โลสที่ย่อยได้จากกากชานอ้อย ครั้งที่ 1

ช่วงความยาวอนุภาค (μm)	จำนวน (%)
1-20	4
21-40	27
41-60	13
61-80	15
81-100	13
101-200	23
201-300	4
301-400	1
401-500	0

ตารางแสดงข้อมูลการกระจายของความยาวอนุภาคเซลล์โลสที่ย่อยได้จากกากชานอ้อย ครั้งที่ 1

ช่วงความยาวอนุภาค (μm)	จำนวน (%)
1-20	4
21-40	13
41-60	11
61-80	14
81-100	7
101-200	30
201-300	15
301-400	4
401-500	2

ตารางแสดงข้อมูล moisture content ของตัวอย่างพืช 4 ชนิด และ Avicel® PH101

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนัก crucible (g)	น้ำหนัก crucible + ตัวอย่าง (g)		น้ำหนัก ตัวอย่างหลัง อบ (g)	ปริมาณ ความชื้น (%)	ปริมาณความชื้น เฉลี่ย (%)
			อบครั้งที่ 1	อบครั้งที่ 2			
Avicel – 1	1.002	22.051	23.000	22.999	0.948	5.39	5.44
Avicel – 2	1.004	33.325	34.273	34.274	0.949	5.48	
ใบผักตบชวา1 – 1	1.021	36.630	37.575	37.576	0.946	7.35	7.34
ใบผักตบชวา1 – 2	1.011	31.305	32.241	32.242	0.937	7.32	
ใบผักตบชวา2 – 1	1.001	37.559	38.479	38.478	0.919	8.19	10.02
ใบผักตบชวา2 – 2	1.004	23.841	24.763	24.726	0.885	11.85	
ก้านผักตบชวา1 – 1	1.007	30.496	31.435	31.436	0.940	6.65	6.56
ก้านผักตบชวา1 – 2	1.005	32.832	33.770	33.772	0.940	6.47	
ก้านผักตบชวา2 – 1	1.001	38.209	39.138	39.138	0.929	7.19	7.35
ก้านผักตบชวา2 – 2	1.013	38.912	39.849	39.849	0.937	7.50	
ใบรูปฤๅษี1 – 1	1.003	31.345	32.268	32.267	0.922	8.08	7.63
ใบรูปฤๅษี1 – 2	1.004	25.978	26.912	26.910	0.932	7.17	
ใบรูปฤๅษี2 – 1	1.003	25.428	26.371	26.370	0.942	6.08	6.15
ใบรูปฤๅษี2 – 2	1.031	23.154	24.120	24.121	0.967	6.21	
กากชานอ้อย1 – 1	1.012	32.875	33.827	33.827	0.952	5.93	6.02
กากชานอ้อย1 – 2	1.000	31.337	32.279	32.276	0.939	6.10	
กากชานอ้อย2 – 1	1.003	21.814	22.742	22.742	0.928	7.48	7.74
กากชานอ้อย2 – 2	1.001	22.984	23.906	23.905	0.921	7.99	

ตารางแสดงข้อมูลการทดสอบ flowability ของตัวอย่างพืช 4 ชนิดและ Avicel® PH101

ตัวอย่าง	Angle of repose (๑)											SD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย	
Avicel	51.3	59.0	50.2	46.2	42.6	43.7	47.6	41.0	40.8	39.7	46.21	6.01
ใบผักตบชวา1	41.0	33.1	42.3	36.2	41.0	43.7	38.4	43.6	39.3	35.8	39.44	3.55
ใบผักตบชวา2	42.3	42.3	41.0	38.0	43.7	35.3	48.2	35.7	39.8	34.9	40.12	4.23
ก้าน ผักตบชวา1	39.8	42.4	42.5	43.6	50.6	50.2	41.0	51.3	48.9	39.5	44.98	4.73
ก้าน ผักตบชวา2	42.3	49.9	47.6	50.8	47.4	43.8	48.6	38.6	48.6	43.8	46.14	3.86
ใบรูปดุษณี1	60.0	59.0	53.5	54.2	60.0	53.1	49.6	50.2	54.9	61.5	55.60	4.26
ใบรูปดุษณี2	53.1	42.4	40.6	46.5	39.3	46.4	48.9	40.6	51.3	50.2	45.93	4.96
กากขาน้อย1	49.0	46.3	35.7	45.0	49.0	49.0	49.4	41.2	50.2	54.9	46.97	5.34
กากขาน้อย2	50.2	53.5	53.1	51.3	47.6	58.7	48.8	53.1	53.8	54.2	52.43	3.15

ตารางแสดงข้อมูลการหาความหนาแน่นและความพรุนของเซลลูโลสจากพืช 4 ชนิดและ Avicel® PH101

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (g)	ปริมาตรสาร (ml)					bulk density (g/ml)	tapped density (g/ml)	true density (g/ml)	% compressibility	% porosity
		ก่อนเคาะ (V ₀)	เคาะครั้งที่ 1 (V _s)	เคาะครั้งที่ 2 (V _p)	เคาะครั้งที่ 3 (V _r)	true volume					
Avicel	4.439	15.00	10.50	10.40	-	4.00	0.30	0.43	1.11	30.23	73.33
ใบผักตบชวา1	10.577	15.00	11.10	11.00	-	7.00	0.71	0.96	1.51	26.04	53.33
ใบผักตบชวา2	5.693	9.50	8.00	7.70	7.70	6.00	0.60	0.74	0.95	18.92	36.84
ก้านผักตบชวา1	10.815	15.00	10.20	10.20	-	7.00	0.72	1.06	1.55	32.08	53.33
ก้านผักตบชวา2	10.203	15.00	11.20	11.20	-	7.00	0.68	0.91	1.46	25.27	53.33
ใบรูปดุษณี1	2.395	15.00	9.40	8.80	8.70	2.00	0.16	0.28	1.20	42.86	86.67
ใบรูปดุษณี2	2.765	15.00	9.80	9.50	9.50	2.50	0.18	0.29	1.11	37.93	83.33
กากชานอ้อย1	3.752	15.00	10.10	10.00	-	3.00	0.25	0.38	1.25	34.21	80.00
กากชานอ้อย2	1.920	15.00	10.00	9.90	-	2.00	0.13	0.19	0.96	31.58	86.67

ตัวอย่าง	น้ำหนัก centrifuge tube	น้ำหนัก สารที่ซั่ง (g)	น้ำหนัก centrifuge tube + ตะกอน (g)	น้ำหนัก ตะกอน (g)	น้ำหนัก กระดาษ กรองหลัง กรอง (g)	น้ำหนัก ตะกอนบน กระดาษ กรอง (g)	น้ำหนัก ตะกอนรวม (g)	น้ำหนักน้ำ (g)	อัตราส่วน น้ำหนักน้ำ/ สาร 1 กรัม
Avicel	13.6813	2.0180	20.4803	6.7990	0.4873	0.0226	6.8216	4.8036	2.3804
ไบฟักตบขาว1	13.6871	2.0094	18.2024	4.5153	0.5536	0.0889	4.6042	2.5948	1.2913
ไบฟักตบขาว2	13.6854	2.0217	18.3888	4.7034	0.4784	0.0137	4.7171	2.6954	1.3332
ก้านฟักตบขาว 1	13.6451	2.0096	18.2850	4.6399	0.5164	0.0517	4.6916	2.6820	1.3346
ก้านฟักตบขาว 2	13.6813	2.0219	18.0399	4.3586	0.4694	0.0047	4.3633	2.3414	1.1580
ไบรูปดุษณี1	13.6871	2.0067	23.0321	9.3450	0.6901	0.2254	9.5704	7.5637	3.7692
ไบรูปดุษณี2	13.6854	2.0027	20.7061	7.0207	0.4888	0.0241	7.0448	5.0421	2.5177
กากขาน้อย1	13.6451	2.0300	20.9955	7.3504	0.4655	0.0008	7.8151	5.7851	2.8498
กากขาน้อย2	13.6854	2.0034	24.6396	10.9542	0.4671	0.0024	11.4189	9.4155	4.6998

ตารางแสดงข้อมูลการทดสอบ swellability ของเซลลูโลสจากพืช 4 ชนิดและ Avicel® PH101

หมายเหตุ น้ำหนักตะกอน = (น้ำหนัก centrifuge tube + ตะกอน) – น้ำหนัก centrifuge tube

น้ำหนักตะกอนบนกระดาษกรอง = น้ำหนักกระดาษกรองหลังกรอง – น้ำหนักกระดาษกรองที่ซบ้ำน้ำ

(0.4647)

น้ำหนักตะกอนรวม = น้ำหนักตะกอน + น้ำหนักตะกอนบนกระดาษกรอง

น้ำหนักน้ำ = น้ำหนักตะกอนรวม - น้ำหนักสารที่ซั่ง

น้ำหนักน้ำต่อสาร 1 กรัม = น้ำหนักน้ำ / น้ำหนักสารที่ซั่ง

อภินามศัพท์

Abs	Absorbance
Cl	Chlorine
g	gram
L	Liter
H ₂ O ₂	Hydrogen peroxide
N	Normal
NaOCl	Sodium hypochlorite
SD	Standard deviation
%	Percent
μm	Micrometer

ประวัติย่อผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. นาย ดุษฎี สุริยพรรณพงศ์
Mr. Dusadi Suriyapunpong
2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 1206 002573 76 5
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีเกษตรกรรม
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
63 หมู่ 7 ถนนรังสิต-องครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120
โทรศัพท์ 037-395094-5 โทรสาร 037-395094-5 ต่อ 1602

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ การศึกษา	ระดับ ปริญญา	อักษรย่อ ปริญญา	สาขา	ชื่อสถาบัน	ประเทศ
2539	ตรี	ภ.บ.	เกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยมหิดล	ไทย
2542	โท	ภ.ม.	เกษตรการ	มหาวิทยาลัยมหิดล	ไทย

6. ประวัติการรับทุนวิจัย

- การประยุกต์ใช้ High Attenuated Total Reflective Infrared Spectrophotometer ในการตรวจสอบขนาดอนุภาคของแลคโทส, 2550

- การทดสอบผลการกระตุ้นการเจริญของผลของน้ำคั้นจากดอกอัญชันในกระต่าย, 2550
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
การผลิตผลิตภัณฑ์ยาในรูปแบบของแข็ง
- การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของอนุภาค
- การบริหารจัดการคลังสินค้า
- การประยุกต์ใช้สถิติในงานทางเภสัชอุตสาหกรรม
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ
สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัย
ในแต่ละข้อเสนอการวิจัย
- หัวหน้าโครงการวิจัย : การประยุกต์ใช้ High Attenuated Total Reflective Infrared Spectrophotometer ในการตรวจสอบขนาดอนุภาคของแลคโทส, 2550
 - หัวหน้าโครงการวิจัย : การทดสอบผลการกระตุ้นการเจริญของผลของน้ำคั้นจากดอกอัญชันในกระต่าย, 2550

ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 1

1. นางศุจิมน (ปิยารมย์) ตันวิเชียร

(Mrs. SUJIMON (PIYAROM) TUNVICHIE)

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน : 3 1009 03782 72 7

3. ตำแหน่งปัจจุบัน : ผู้ช่วยศาสตราจารย์

4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

63 หมู่ 7 ถนนรังสิต-นครนายก อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

โทร 037 395095 ต่อ 1606, 1523 โทรสาร 037 395096

Email: sujimon@swu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2542 Ph.D. (Pharmaceutical Technology), Chiba University, JAPAN

พ.ศ. 2539 M.S. (Pharmaceutical Technology), Chiba University, JAPAN

พ.ศ. 2536 เกษตรศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1)

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

6. ประวัติการรับทุนวิจัย

พ.ศ. 2543 ทุนสนับสนุนนักวิจัยใหม่

สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

พ.ศ. 2550 ทุนงบประมาณเงินรายได้

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
Solid-state characterization

Pharmaceutical technology

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

8.1 โครงการวิจัยที่เป็นหัวหน้าโครงการ

- 8.1.1. การประเมินคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของวัตถุดิบยาไอแรมบูทอล

ไดไฮโดรคลอไรด์ที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

- 8.1.2. การศึกษาพหุสัณฐานของวัตถุดิบตัวยาสำคัญที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

8.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- 8.2.1. Piyaom, S., Yonemochi, E., Oguchi, T., and Yamamoto, K., Effects of Grinding and Humidification on the Transformation of Conglomerate to Racemic Compound in Optically Active Drugs, J. Pharm. Pharmacol., 49: 384 – 389 (1997).

- 8.2.2 Oguchi, T., Ishidoh, K., Hanawa, T., Piyaom, S. and Yamamoto, K., Inclusion Compound Formation of β -Cyclodextrin with Polyethylene Glycol Induced by Heat Treatment, Yakuzai, 60, 139-147, 2000.

- 8.2.3 Moribe, M., Piyaom S., Tozuka Y., Yonemochi E., Oguchi T. and Yamamoto, K., Structural Change and Moisture Sorption Behavior of DL-Valine Induced by Grinding, STP Pharma Sci., 13, 381-386, 2003.

- 8.2.4 สุจิมน ดันวิเชียร, ธนิต ฉายศรีพงษ์กุล และอุทัย รุ่งสัมพันธ์กุล, การประเมินคุณสมบัติ ทางเคมีกายภาพของวัตถุดิบยาไอแรมบูทอลไดไฮโดรคลอไรด์ที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์, ศรีนครินทร์วิโรฒเภสัชสาร ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 (พฤศจิกายน 2546) หน้า 71-74.

ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 2

1. นางสาว จิตติมา มานะกิจ

Miss Chittima Managit

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน **ปปป**

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

63 หมู่ 7 ถ.รังสิต-นครนายก ต.องครักษ์ อ.องครักษ์ นครนายก 26120

โทรศัพท์ 037-395094 – 5 ต่อ 1604

โทรสาร 037-395096

e-mail: chittimm@swu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2548 Ph.D (Pharmaceutical Sciences), Kyoto University, Japan

พ.ศ. 2545 M.S. (Pharmaceutical Sciences), Kyoto University, Japan

พ.ศ. 2542 เภสัชศาสตร์บัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1)

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

6. ประวัติการรับทุนวิจัย

การศึกษาพหุสัณฐานของวัตถุดิบตัวยาลำคัญที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

(Investigation of polymorphs of active pharmaceutical ingredient raw materials commercially available in Thailand)

ประจำปีงบประมาณ 2550 วงเงินงบประมาณ 50,000 บาท

การประยุกต์ใช้เทคนิควิเคราะห์ทางความร้อนในการประเมินความเข้ากันได้ของเอสตราไดโอรอลในคลอเลสเทอรอล

(Application of thermal analysis in determination of miscibility between 17 β -estradiol and cholesterol)

ประจำปีงบประมาณ 2552 วงเงินงบประมาณ 50,000 บาท

7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
ระบบนำส่งยาด้วยไลโปโซม (Drug delivery system)

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

8.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

8.2 ผู้ร่วมวิจัยโครงการวิจัย :

การศึกษาพหุสัณฐานของวัตถุชีวตัวยาคัญที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

8.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

8.3 **C. Managit**, S. Kawakami, F. Yamashita, and M. Hashida: Effect of galactose density on asialoglycoprotein receptor-mediated uptake of galactosylated liposomes. *J. Pharm. Sci.* 94 (10), 2266-2275 (2005).

8.4 **C. Managit**, S. Kawakami, F. Yamashita, and M. Hashida: Uptake characteristics of galactosylated emulsion by HepG2 hepatoma cells. *Int. J. Pharm.* 301 (1-2), 255-261 (2005).

8.5 E. Ishida, **C. Managit**, S. Kawakami, M. Nishikawa, F. Yamashita, and M. Hashida: Biodistribution characteristics of galactosylated emulsions and incorporated probucol for hepatocyte-selective targeting of lipophilic drugs in mice. *Pharm. Res.* 21 (6), 932-939 (2004).

- 8.6 **C. Managit**, S. Kawakami, M. Nishikawa, F. Yamashita, and M. Hashida: Targeted and sustained drug delivery using PEGylated galactosylated liposomes. *Int. J. Pharm.* 266 (1-2), 77-84 (2003).
 - 8.7 A. Murao, M. Nishikawa, **C. Managit**, J. Wong, S. Kawakami, F. Yamashita, and M. Hashida: Targeting efficiency of galactosylated liposomes to hepatocytes in vivo: effect of lipid composition. *Pharm. Res.* 19 (12), 1808-1814 (2002).
 - 8.8 การศึกษาพหุสัณฐานของวัตถุคิบดียาสำคัญที่มีจำหน่ายในประเทศไทย : รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์.
- 8.4 งานวิจัยที่กำลังทำ:
- การประยุกต์ใช้เทคนิควิเคราะห์ทางความร้อนในการประเมินความเข้ากันได้ของเอสตราไดออลในคลอเลสเตอรอล (Application of thermal analysis in determination of miscibility between 17 β -estradiol and cholesterol)

ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 3

1. นางสาว ดวงรัตน์ ชูวิสิฏกุล

Miss Duangratana Shuwisitkul

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 1004 00509 37 1

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

63 ถนน รังสิต-นครนายก อำเภอ องครักษ์

จังหวัด นครนายก รหัสไปรษณีย์ 26120

ที่ทำงาน โทร. 037-395094 ต่อ 1603 โทรศัพท์ 037-395096

มือถือ โทร. 086-0015904

E-mail: duangrats@swu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

1996 – 2001

Bachelor of Science in Pharmacy (First honors)

Mahidol University, Thailand

2003 – present

Ph.D. in Pharmaceutical Technology

Freie University Berlin, Germany

(Granted by Office of the Civil Service Commission)

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- Development and formulation of controlled release parenteral drug delivery systems
- Hot-melt extrusion for parenteral and oral drug release systems