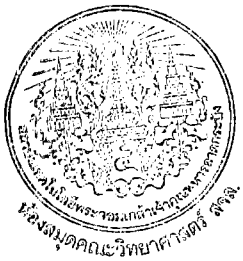
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



การสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อย

นวงสาวรัตนา อาจสมรรถ

นายอิทธิพล แจ้งชัด

ปพ.
ร376ก
2532

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน.เดือน,ปี.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2532

ล12548911

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXTRACTION OF CELLULOSE FROM BAGASSE

Miss Ratana Atsamat

Mr. Ittipol Jangchud

Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1989

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อย

โดย นางสาววัชนา อาจสมรรถ

นายอิทธิพล แจ้งชัด

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ศิริชัย พนิชานันท์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้รับโครงงานพิเศษฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

.....หัวหน้าภาควิชาเคมี

(ผศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ

.....ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.ศิริชัย พนิชานันท์)

.....กรรมการ

(รศ.ดร.โกศัลย์ คูสำราญ)

.....กรรมการ

(ผศ.สินีนารถ สระตันส์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อย
นักศึกษา	นางสาววัฒนา อาจสมรรถ
	นายอิทธิพล แจ้งชัด
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ศิริชัย พนิชานันท์
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2531

บทคัดย่อ

ชานอ้อย เป็นเศษวัสดุที่มีเหลือทิ้งอยู่มากในอุตสาหกรรมน้ำตาล ในโครงงานนี้ได้ทำการศึกษาการสกัดเซลลูโลสจากอ้อย ทั้งแบบมีเปลือกและไม่มีเปลือก โดยกระบวนพรีไฮโดรลิซิส-คราฟท์ และกระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-โซดา เซลลูโลสที่ได้นำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณผลผลิต ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส ปริมาณเถ้า และปริมาณลิกนินที่เหลืออยู่ พบว่าการสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อยไม่มีเปลือกด้วยกระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-คราฟท์ให้ผลดีกว่า คือ มีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสมากกว่า และมีปริมาณลิกนินและเถ้าน้อย โดยใช้ต้นทุนในการสกัดประมาณกิโลกรัมละ 700 บาท และเซลลูโลสที่สกัดได้สามารถเปลี่ยนเป็นอนุพันธ์คือ CMC ได้ ในปริมาณที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Extraction of Cellulose from Bagasse
Name	Miss Ratana Atsamat
	Mr. Ittipol Jangchud
Special Project Adviser	Dr. Sirichai Panichanun
Department	Chemistry
Academic Year	1988

ABSTRACT

The bagasse has been discarded many million tons per year for sugarcane industry. The study was carried out by prehydrolysis -craft and prehydrolysis-soda processes and found that the extraction of cellulose from bagasse without skin by the craft process is better than the other one for extraction which showed the very high yield of cellulose, low ash and small amount of lignin remaining. However, the yield of cellulose from bagasse with skin and without skin was not significant difference for the evaluation of the production cost, indicated that, it is reasonable to the process by 700 baht per kg. and the extracted cellulose was able to prepare CMC as a derivative in a satisfied yield.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่อง การสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อย เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม ซึ่งนำเสนอต่อภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จากความช่วยเหลือและคำแนะนำ ของคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย จึงขอกราบขอบพระคุณผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ ดังต่อไปนี้

ผศ.ดร.ศิริชัย พนิชานันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ

รศ.ดร.โกศัลย์ คูสำราญ กรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ

ผศ.สินีนารถ สระตันส์ กรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ

คุณรุ่งอรุณ รัตนวงศ์ เจ้าหน้าที่งานเยื่อและกระดาษ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

อาจารย์ประเสริฐ คุณค้ำชู ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่าน และเพื่อนนักศึกษาทุกคน ที่มีส่วนช่วยให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จด้วยดี

รัตนา อาจสมรรถ

อิทธินล แจ้งชัด

มีนาคม 2530

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แด่พระคุณพ่อแม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ชานอ้อย	1
- พฤกษศาสตร์ของอ้อย	1
- ประโยชน์ต่าง ๆ ที่ได้จากชานอ้อย	5
1.2 เซลลูโลส	8
- แหล่งที่มาของเซลลูโลส	8
- สมบัติของเซลลูโลส	9
- การใช้ประโยชน์ของเซลลูโลส	11
- วิธีการสกัดเซลลูโลส	12
1.3 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	16
1.4 ความเหมาะสมของโครงงานพิเศษเรื่อง การสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อย และขอบเขตของการศึกษา	18
บทที่ 2 สรุปวิจารณ์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	23
2.1 วิจารณ์ผลการทดลอง	23
2.2 การคำนวณและวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต	26
2.3 สรุป	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การทดลอง	29
3.1 ทั่วไป	29
3.2 การทดลอง	30
เอกสารอ้างอิง	ฎ
ภาคผนวก	ฐ
ประวัติผู้เขียน	ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ปริมาณชานอ้อยที่เกิดจากการผลิตน้ำตาลทั่วโลก	3
ตารางที่ 2	การเปรียบเทียบส่วนประกอบที่มีอยู่ในชานอ้อย เส้นใยอ้อย และขุยอ้อย	4
ตารางที่ 3	ส่วนประกอบของแก๊ส และพลังงานที่ได้จากชานอ้อย	7
ตารางที่ 4	แหล่งที่มาของเซลลูโลสตามธรรมชาติ และปริมาณเซลลูโลส	9
ตารางที่ 5	ปริมาณเซลลูโลส และส่วนประกอบอื่น ๆ ในพืชชนิดต่าง ๆ	12
ตารางที่ 6	ตัวอย่างการสกัดเซลลูโลส โดยใช้วิธีพรีไฮโดรลิซิส จากชานอ้อยในสภาวะต่าง ๆ	21
ตารางที่ 7	ผลการหาปริมาณความชื้น	30
ตารางที่ 8	ผลการหาปริมาณเถ้า	31
ตารางที่ 9	ผลการหาปริมาณลิกนินจากชานอ้อย	32
ตารางที่ 10	ผลการวิเคราะห์เซลลูโลสจากชานอ้อยมีเปลือก โดยใช้กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-คราฟท์	36
ตารางที่ 11	ผลการวิเคราะห์เซลลูโลสจากชานอ้อยไม่มีเปลือก โดยใช้กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-คราฟท์	37
ตารางที่ 12	ผลการวิเคราะห์เซลลูโลสจากชานอ้อยมีเปลือก โดยใช้กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-โซดา	38
ตารางที่ 13	ผลการวิเคราะห์เซลลูโลสจากชานอ้อยไม่มีเปลือก โดยใช้กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-โซดา	39
ตารางที่ 14	ผลการเตรียม CMC	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 1	ภาพตัดขวางของต้นอ้อย	3
รูปที่ 2	โครงสร้างของเซลลูโลส	8
รูปที่ 3	การใช้ประโยชน์ของเซลลูโลส	11
รูปที่ 4	โครงสร้างของ CMC	16
รูปที่ 5	ปฏิกิริยาการเตรียม CMC	17
รูปที่ 6	การดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของเซลลูโลสที่สกัดได้	ฑ
รูปที่ 7	การดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของ CMC ที่เตรียมได้	ฒ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ชานอ้อย (bagasse)

ชานอ้อย คือเส้นใยที่ได้จากการหีบเอาน้ำอ้อยออกจากท่อนแล้ว โดยจะใช้ชุดหีบอ้อย 1-3 ชุดหรือมากกว่า ซึ่งจะได้ซูโครสจากน้ำอ้อยถึง 90-98 % เมื่อนำไปทำเป็นน้ำตาล ชานอ้อยที่ได้จะมีขนาดไม่แน่นอน ขึ้นกับชนิดของอ้อยและชนิดของเครื่องหีบ สีของชานอ้อยจะเป็นสีเทาเหลือง ไปจนถึงเขียวซีด แล้วแต่พันธุ์ของอ้อยที่นำมาหีบ ส่วนประกอบที่ได้จะเป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ หรือเส้นใยประมาณ 45 % ของแข็งที่ละลายน้ำ 6 % และที่เหลือคือความชื้น [1]

ในอดีต ได้นำชานอ้อยมาใช้เป็นเชื้อเพลิง สำหรับต้มน้ำในหม้อน้ำให้เดือด แล้วใช้กำลังไอน้ำสำหรับเดินเครื่องจักร และสำหรับกำเนิดไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม ชานอ้อยยังคงมีเหลืออยู่อีกมาก ทำให้เกิดปัญหาในการกำจัด เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร แต่จากการคิดค้นหาวิธีนำชานอ้อยไปใช้และการศึกษาองค์ประกอบต่าง ๆ ในชานอ้อย พบว่าสามารถนำชานอ้อยไปใช้ประโยชน์อื่นได้หลายอย่าง ซึ่งจะได้กล่าวถึงในตอนต่อไป

1.1.1 พฤกษศาสตร์ของอ้อย [2]

อ้อย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Saccharum officinarum L. มีพฤกษศาสตร์จัดอยู่ในลำดับดังนี้

ชั้น (Class)	:	Monocotyledones
อันดับ (Order)	:	Glumaceae
วงศ์ (Family)	:	Gramineae
กลุ่ม (Group)	:	Andropogoneae
จีนัส (Genus)	:	Saccharum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไป สามารถแบ่งอ้อยออกได้เป็น 6 ชนิด คือ

1. S. spontaneum

2. S. sinense

3. S. barberi

4. S. robustum

5. S. officinarum

6. S. edule

ลักษณะภายนอกของอ้อย จะประกอบด้วยลำต้น กาบใบ ใบ ดอก และราก ลำต้นจะเป็นส่วนสำคัญที่สุดที่ใช้ในการขยายพันธุ์ และสะสมน้ำตาล แบ่งเป็นปล้อง ๆ แต่ละปล้องจะมีข้อ และตาหนึ่งตา หรือมากกว่า ซึ่งตาจะเป็นส่วนที่เจริญเติบโตขึ้นมาเป็นอ้อยลำใหม่ สีของอ้อยจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ และอาจเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อม ใบอ้อยจะประกอบด้วยกาบใบและตัวใบ กาบใบจะติดอยู่กับลำปล้องตรงข้อ มีความยาวตั้งแต่ 1-12 นิ้ว หรือมากกว่า ใบอ้อยจะมีความยาวขนาดต่าง ๆ กัน โดยทั่วไปมักจะยาวประมาณ 1 เมตร ความกว้างของใบจะกว้างที่สุดประมาณ 10 เซนติเมตร ดอกอ้อยจะมีลักษณะเป็นพู่ และมีสีต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ขาวจนถึงน้ำเงินหรือม่วง ส่วนรากอ้อยจะเกิดมาจากปุ่มรากที่อยู่ตรงข้อ รากอ้อยมีอยู่ 3 ชนิดคือ รากค้ำยัน รากฝอย และรากดิ่ง ทำหน้าที่ดูดน้ำและอาหารเพื่อนำไปเลี้ยงลำต้นต่อไป

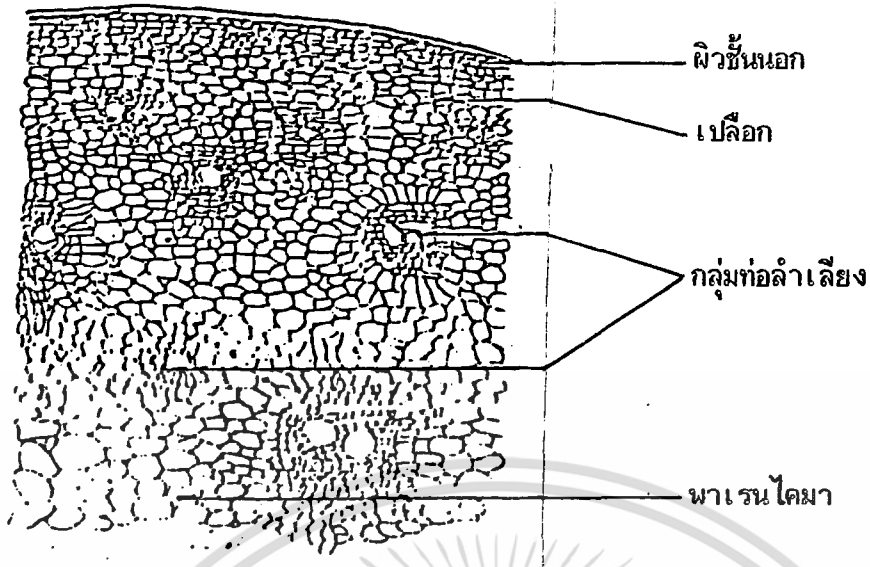
ชายอ้อย ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

1. เปลือก ซึ่งจะรวมผิวชั้นนอก (epidermis) คอร์เทกซ์ (cortex) และเพอริไซเคิล (pericycle)

2. เส้นใยกลุ่มท่อลำเลียง (vascular fiber bundle) ซึ่งประกอบด้วยเซลผนังบาง โดยเส้นใยในเปลือกและกลุ่มท่อลำเลียง (vascular bundle) เป็นส่วนประกอบสำคัญของเนื้ออ้อย

3. พาเรนไคมา (parenchyma) หรือ พิธ (pitch) ในอุตสาหกรรมจะเรียกว่า ชุยอ้อย จะมีกลุ่มเส้นใยกระจายอยู่อย่างไม่เป็นระเบียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 ภาพตัดขวางของต้นอ้อย [3]

ตารางที่ 1 ปริมาณชานอ้อยที่เกิดจากการผลิตน้ำตาลทั่วโลก [3]

บริเวณ	ปริมาณชานอ้อยโดยประมาณ (x1000 เมกะตัน)
ยุโรปตะวันออก	3,000
อเมริกาเหนือและอเมริกากลาง	60,000
อเมริกาใต้	40,000
แอฟริกา	21,000
เอเชีย	70,000
โอเชียเนีย	13,000
รวมทั่วโลก	207,000

หมายเหตุ : ประมาณจากอ้อยที่ใช้ในการผลิตน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบชานอ้อย ประกอบด้วยเส้นใยที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ 70-75 % และจะมีขุยอ้อยอยู่ประมาณ 30-35 % นอกจากนี้ จะเป็นสิ่งสกปรกและสารที่ละลายน้ำได้ ขุยอ้อยเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในอุตสาหกรรมกระดาษ เพราะขุยอ้อยจะมีเซลที่ไม่เป็นเส้นใย ซึ่งมีความยาวน้อยกว่า 0.4 มิลลิเมตร ชานอ้อยที่ใหม่และแห้งจะมีความสดใส และมีสีเทาขาวไปจนถึงสีเขียวอ่อน ขึ้นกับชนิดและอายุของอ้อย ขุยอ้อยจะเป็นส่วนสีขาวซึ่งอยู่รวมกับกลุ่มเส้นใย ชานอ้อยที่ถูกเก็บไว้ จะมีสีน้ำตาลเหลืองไปจนถึงสีเทาดำ ในระหว่างการเก็บจะมีจุลินทรีย์เติบโตขึ้นจากน้ำตาลที่ยังเหลืออยู่ ซึ่งจะทำให้ขุยอ้อย อาจเก็บการแยกตัวและสลายตัวไปได้ในระหว่างการเก็บ

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบส่วนประกอบที่มีอยู่ในชานอ้อย เส้นใยอ้อย และในขุยอ้อย [4]

ส่วนประกอบ (%)	ชานอ้อยทั้งหมด	เส้นใยอ้อย	ขุยอ้อย
เซลลูโลส	40.00	56.60	55.40
กัม	24.40	26.11	29.30
โปรตีน	1.80	-	-
น้ำตาลซูโครส	14.00	-	-
น้ำตาลกลูโคส	1.40	-	-
น้ำมันและแว็กซ์	0.60	2.25	3.55
เถ้า	2.40	1.30	3.02
ลิกนิน	15.00	19.15	22.30
ซิลิกา	2.00	0.46	2.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.2 ประโยชน์ต่าง ๆ ที่ได้จากชานอ้อย [2]

- การใช้ประโยชน์ชานอ้อยในอุตสาหกรรม

นักวิจัยได้คิดค้นหาวิธีนำชานอ้อยให้เป็นประโยชน์ โดยการนำไปอัดเป็นแผ่นคล้ายไม้อัด และใช้ทำเยื่อกระดาษ ตลอดจนพลาสติกและสารเฟอฟิวราล (furfural) กระดาษที่ทำจากชานอ้อยจะมีคุณสมบัติเก็บเสียงได้ดี และใช้ทำฝ้าเพดาน ตลอดจนใช้บุผนังห้องในบ้านเรือ และรถยนต์ การทำเยื่อกระดาษจากชานอ้อยมีประวัติมานานแล้ว ได้มีผู้ประดิษฐ์กระดาษชนิดกระดาษหนังสือพิมพ์จากชานอ้อย จนกระทั่งปัจจุบันเทคโนโลยีในการผลิตเยื่อกระดาษจากชานอ้อยได้ก้าวหน้าไปไกลมาก ชานอ้อยที่หีบจากรางหีบอ้อยจะถูกนำมาแยกสิ่งสกปรก และสิ่งที่ละลายปนมา ตลอดจนชุยอ้อยออก แล้วนำไปผสมกับเยื่อกระดาษที่ได้จากไม้ไผ่ และเยื่อกระดาษจากกระดาษเก่า ๆ อีกวิธีหนึ่งในการแยกชุยอ้อยออก โดยวิธีที่เรียกว่า ไฮดราพัลเพอร์ (hydrapulper) คือการใช้น้ำล้างอย่างแรง และชะให้ชุยอ้อยแยกออกโดยผ่านตะแกรงหมุน แล้วทำให้แห้ง

ถ้ามองในแง่ของพลังงาน ซึ่งกำลังมีราคาแพงขึ้น แม้ว่าชานอ้อยจะให้พลังงานน้อยกว่าน้ำมัน หรือถ่านหิน แต่ก็เป็นผลพลอยได้ที่โรงงานน้ำตาลไม่ต้องลงทุนซื้อหามาเหมือนน้ำมันปิโตรเลียม

- เฟอฟูราล (furfural)

เฟอฟูราล เป็นสารเคมีที่ไม่มีสี ไม่ติดไฟ มีกลิ่นหอม และระเหยได้ง่าย ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันหล่อลื่น ใช้เป็นส่วนผสมของกาว หรือสารที่ทำให้พลาสติกแข็งตัว นอกจากนี้ เฟอฟูราลยังเป็นตัวทำละลายชนิดเดียวของบิวทาไดอีน ในอุตสาหกรรมผลิตยางสังเคราะห์ และใช้ในอุตสาหกรรมเภสัชกรรม ในปัจจุบัน ส่วนมากใช้เป็นวัตถุประกอบสำคัญในการผลิตไนลอน 6-6

- แอลฟาเซลลูโลส (∝-cellulose)

แอลฟาเซลลูโลส เป็นสารที่นำไปใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษ เซลโลเฟน เรยอน พลาสติก วิสโคส เซลลูโลสแอซีเทต และไนโตรเซลลูโลส ซึ่งเป็นล้วนแต่เป็นสารเคมีที่มีประโยชน์มากมาย รายละเอียดของแอลฟาเซลลูโลสจะได้กล่าวถึงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พลาสติก (plastic)

ชานอ้อย สามารถนำไปใช้ในการผลิตพลาสติกได้ โดยการใช้ชานอ้อยที่บริสุทธิ์ ปราศจากขุยอ้อย ปั่นให้เป็นผง ใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ (filler) ของพลาสติก อีกวิธีหนึ่ง คือ การใช้ลิกนิน (lignin) บริสุทธิ์ในการทำเป็นพลาสติก ชานอ้อยเป็นวัสดุที่เหมาะสำหรับทำพลาสติกมาก เพราะหาได้ง่าย ราคาถูก และมีส่วนประกอบทางเคมีที่เหมาะสมมาก ชานอ้อยมีส่วนประกอบของลิกนิน 13 ถึง 22 % ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารพลาสติไซเซอร์ (plasticiser) วัสดุอื่นที่ได้จากชานอ้อย ในการแยกชานอ้อยเพื่อทำพลาสติกได้แก่ สารอนิลีนฟีนอล และเฟอฟูราล ซึ่งแยกโดยการไฮโดรไลซ์เพนโตแซนในชานอ้อย

กรรมวิธีอีกแบบหนึ่ง ได้แก่ การย่อยชานอ้อยด้วยกรดซัลฟิวริกเจือจาง หรือย่อยด้วยน้ำผสมอนิลีน สารเฮมิเซลลูโลสจะละลายออกมา ซึ่งจะทำให้ส่วนประกอบที่เป็นลิกนินมากขึ้น หลังจากนั้นก็ใช้สารละลายชะล้างสิ่งที่ละลายได้ออกไป นำไปทำให้แห้ง และบดเป็นผง นำไปผสมหรือเข้าแบบหล่อร่วมกับสารพลาสติไซเซอร์ จะได้สารชนิดหนึ่งที่มีประกายแข็ง สีดำ ไม่ละลายน้ำ และเป็นฉนวนไฟฟ้า สารที่ได้นี้สามารถนำไปผ่านขบวนการ ได้สารเรซิน ที่เรียกว่า โนโวแลค (novolak)

- โพรดิวเซอร์แก๊ส (producer gas)

ชานอ้อยสามารถผลิตโพรดิวเซอร์แก๊สได้ ซึ่งเป็นสารที่ให้พลังงานเผาไหม้ ชานอ้อยที่มีความชื้น 30-50 % สามารถนำมาผลิตแก๊สที่มีพลังงานได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

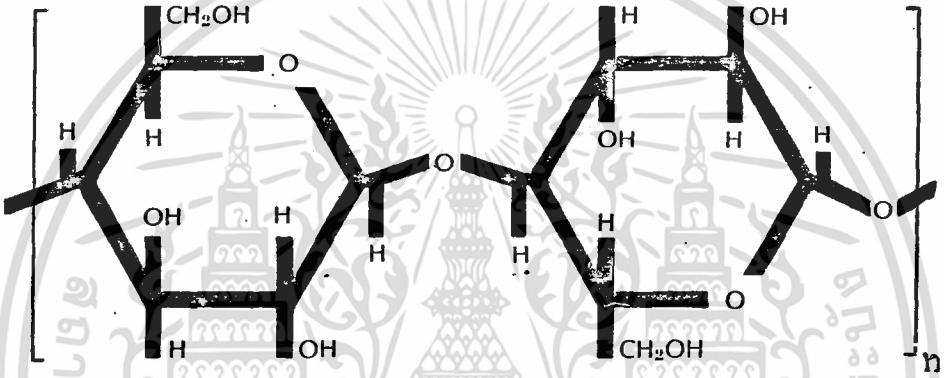
ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของแก๊ส และพลังงานที่ได้จากชานอ้อย

แก๊ส	ส่วนประกอบ (%)	พลังงานที่ได้
คาร์บอนไดออกไซด์	11.2	666 BTU/lb
คาร์บอนมอนอกไซด์	17.0	6.12 BTU/lb
มีเทน	6.2	120 BTU/ft^3
ไฮโดรเจน	5.9	
ออกซิเจน	0.3	
ไนโตรเจน	59.4	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 เซลลูโลส (cellulose)

เซลลูโลส เป็นสารอินทรีย์จำพวกพอลิแซ็กคาไรด์ [5] (polysaccarides) ที่มีอยู่ทั่ว ๆ ไปในพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในไม้ เป็นสารพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง สารยาวพบมากในธรรมชาติโดยมักพบที่ผนังเซลของพืช สูตรโครงสร้างของเซลลูโลส ประกอบด้วยหน่วยของแอนไฮโดรกลูโคส (anhydroglucose, $C_6H_{10}O_5$) ต่อกันที่ตำแหน่ง 1 กับ 4 ด้วยพันธะกลูโคสิดิก (glucosidic bond) และมีโครงสร้างแบบบีตา [6] (beta configuration) ซึ่งสามารถแสดงสูตรโครงสร้างได้ดังนี้ [9]



รูปที่ 2 โครงสร้างของเซลลูโลส โดยที่ n มีค่าอยู่ในช่วง 50 ถึง 5000 หรือมากกว่า

ในแต่ละหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส จะมีหมู่ไฮดรอกซี 3 หมู่ หมู่ไฮดรอกซีเหล่านี้จะเป็นตัวที่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นให้เกิดเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่มีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมได้ต่อไป

1.2.1 แหล่งที่มาของเซลลูโลส

เซลลูโลส เป็นโครงสร้างหลักของเซลพืช ดังนั้นเซลลูโลสจึงได้จากธรรมชาติเป็นส่วนมาก แหล่งที่มาของเซลลูโลสตามธรรมชาติ ปริมาณเซลลูโลสที่มีในแต่ละชนิด รวมทั้งส่วนของพืชที่นำมาใช้ประโยชน์ สามารถแสดงได้ดังตาราง 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แหล่งที่มาของเซลลูโลสตามธรรมชาติ และปริมาณเซลลูโลส

ชนิดของพืช	ปริมาณเซลลูโลส (%)	ส่วนของพืชที่ใช้
ชานอ้อย	38	ลำต้น
ไผ่	40-50	ลำต้น
ฝ้าย	94	เมล็ด
แฟลกซ์	75	เปลือก
ป่าน	77	เปลือก
ปอ	63	เปลือก
นุ่น	75	เมล็ด
ป่านเรมี	73	เปลือก
อ้อ	40-50	ลำต้น
ฟางข้าว	40-50	ลำต้น
ไม้	50	ลำต้น

นอกจากเซลลูโลสที่ได้จากพืชแล้ว แบคทีเรียบางชนิดเช่น Acetobacter xylinum สามารถสังเคราะห์เซลลูโลสขึ้นมาได้เช่นกัน [7]

1.2.2 สมบัติของเซลลูโลส [7]

จากสูตรโครงสร้างของเซลลูโลส จะเห็นได้ว่าเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซีอยู่ถึง 3 หมู่ในแต่ละหน่วยซ้ำ ๆ กัน ซึ่งจะสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างได้จำนวนมาก ทำให้มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสสูง ประกอบกับเซลลูโลสมีการจัดตัวของหน่วยที่ซ้ำ ๆ กัน ในสายโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบ เซลลูโลสจึงมีองศาความเป็นผลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(degree of crystallinity) สูงมาก (ประมาณ 60-80 เปอร์เซนต์) ทำให้เซลลูโลสมีความทนทานต่อตัวทำละลายสูงมาก โดยเฉพาะตัวทำละลายทั่ว ๆ ไป อาจทำให้ละลายได้ในสารละลายของโลหะเชิงซ้อน เช่น คิวปราโมเนียมไฮดรอกไซด์ (cuprammonium hydroxide) และคิวไพรเอทิลีนไดเอมีน (cupriethylene diamine) สามารถทำให้บวมตัวได้ด้วยน้ำ ด่างที่มีความเข้มข้นปานกลาง (4-5 นอร์มัล) เกลือบางชนิด เช่น แคลเซียมไธโอไซยาเนต (calcium thiocyanate) ซิงค์คลอไรด์ (zinc chloride) สลายตัวในกรดแก่ที่ร้อน หรือตัวออกซิไดส์ ในสารละลายด่างสามารถเกิดการสลายตัวได้ ซึ่งเนื่องมาจากออกซิเจนในบรรยากาศ

เมื่อให้ความร้อนแก่เซลลูโลส จะเกิดการไหม้ที่อุณหภูมิประมาณ 200 °ซ. โดยปราศจากการนิ่มตัวหรือหลอมเหลว จะให้ความร้อนในการเผาไหม้ประมาณ 4.1-4.2 กิโลแคลอรีต่อกรัม

เนื่องจากการที่เราไม่สามารถทำให้เซลลูโลสละลายในตัวทำละลาย หรือทำให้หลอมเหลวได้ การเปลี่ยนสภาพหรือการใช้งานของเซลลูโลสจึงถูกจำกัด ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชัน (functional group) ของเซลลูโลส โดยการให้ทำปฏิกิริยากับสารเคมีอื่น ๆ กลายเป็นสารอนุพันธ์ตัวอื่นของเซลลูโลสได้อีกหลายชนิด เช่น

- เซลลูโลสไนเทรต (cellulose nitrate) ใช้ในอุตสาหกรรมวัตถุระเบิด สีพ่นรถยนต์แห้งเร็ว แลกเกอร์

- เซลลูโลสแอซีเทต (cellulose acetate) ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเส้นใยสังเคราะห์ ก้นกรองบุหรี่

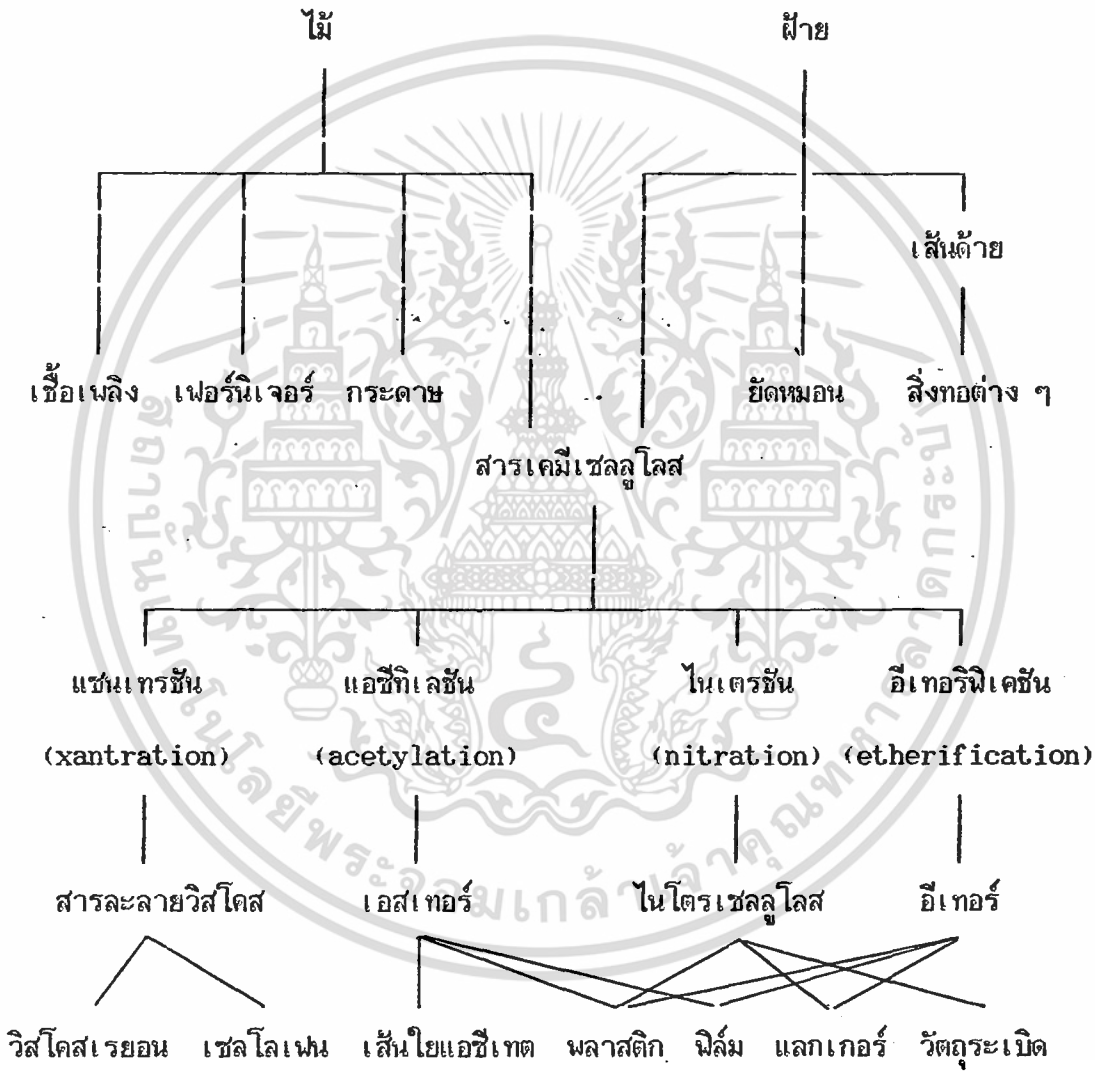
- เซลลูโลสแซนเทต (cellulose xanthate) ใช้ในอุตสาหกรรมทอผ้าวิสโคสเรยอน (viscose rayon) และทำแผ่นฟิล์มเซลโลเฟน (cellophane) ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมบรรจุหีบห่อ

- คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethylcellulose, CMC) ใช้ในอุตสาหกรรมวัสดุซักฟอก สี สิ่งทอ เครื่องสำอาง อาหาร กระดาษ กาว และยา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3 การใช้ประโยชน์ของเซลลูโลส

เซลลูโลส เป็นสารที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย ซึ่งนอกจากจะนำไปใช้งานโดยตรง เช่น ใช้ทำกระดาษ เชื้อเพลิง ไม้แปรรูป เฟอร์นิเจอร์ เส้นใยต่าง ๆ เป็นต้น ยังสามารถนำไปทำเป็นสารอนุพันธ์ต่าง ๆ ได้อีกหลายชนิด ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว การใช้ประโยชน์ของเซลลูโลสทั้งหมดสามารถแสดงได้แผนภาพดังต่อไปนี้



รูปที่ 3 การใช้ประโยชน์ของเซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 วิธีการสกัดเซลลูโลส

เซลลูโลสที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ ส่วนมากจะนำมาจากพืช ซึ่งในพืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณเซลลูโลสไม่เท่ากัน ในพืชนอกจากเซลลูโลสแล้ว จะประกอบด้วยสารเคมีอื่น ๆ อีกได้แก่ ลิกนิน (lignin) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) และสิ่งเจือปนอื่น ๆ

ตารางที่ 5 ปริมาณเซลลูโลส และส่วนประกอบอื่น ๆ ในพืชชนิดต่าง ๆ

พืชวัตถุดิบ	ปริมาณส่วนประกอบ (%)			
	แอลฟาเซลลูโลส	ลิกนิน	เถ้า	เพนโตแซน
หญ้าขจรจบ	48	18	4	24
ต้นข้าวโพด	29	17	5	24
แกนปอแก้ว	29	21	2	23
เศษปอฝอย	40	9	3	17
ชุยจากชานอ้อย	32	21	5	30
ชานอ้อยไม่แยกชุย	37	21	3	29
ชานอ้อยแยกชุย	39	21	2	29
เส้นใยติดเมล็ดนุ่น	60	15	1	-
เส้นใยติดเมล็ดฝ้าย	90	0	1	-
ปอแก้วทั้งต้น	33	15	2	20
กลีบปอแก้ว	40	9	3	17
หญ้าคา	44	16	9	26
ปุยนุ่น	64	13	1	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 (ต่อ)

พืชวัตถุดิบ	ปริมาณส่วนประกอบ (%)			
	แอลฟาเซลลูโลส	ลิกนิน	เถ้า	เพนโตแซน
ปุยฝ้าย	94	0	1	-
ต้นถั่วเหลือง	27	17	5	19
ไม้ไผ่	47	24	3	19
ต้นกล้วย	-	11	13	24
ฟางข้าว	43	10	14	23
ซังข้าวโพด	31	15	1	42

ที่มา : รายงานการผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูง กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เซลลูโลส ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ

1. แอลฟาเซลลูโลส (α-cellulose) เป็นส่วนประกอบที่มีอยู่มากที่สุดในเซลลูโลส คือ มีอยู่ประมาณ 95 % หรือมากกว่า มีน้ำหนักโมเลกุลสูง แอลฟาเซลลูโลสมีความทนทานต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 % ที่ 20 °ซ ได้ดี

2. บีตาเซลลูโลส (β-cellulose) เป็นเซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (องศาการพอลิเมอไรเซชันต่ำกว่า 200) สามารถละลายได้ในโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 17.5 % แต่จะตกตะกอนเมื่อเป็นกลาง

3. แกมมาเซลลูโลส (γ-cellulose) เป็นเซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและสามารถละลายได้ในโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 % เช่นเดียวกับบีตาเซลลูโลส แต่จะไม่ตกตะกอนเมื่อเป็นกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิกนิน เป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นวงซับซ้อน ปัจจุบันก็ยังไม่สามารถทราบโครงสร้างที่แน่นอนได้

หลักในการสกัดเซลลูโลสจากพืชก็คือ จะต้องทำการกำจัด หรือแยกสารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เซลลูโลสออกมาจากพืชนั้น ๆ ซึ่งได้แก่ ลิกนิน คาร์โบไฮเดรต และสารอนินทรีย์ ซึ่งเป็นสิ่งเจือปน วิธีสกัดเซลลูโลสที่เหมาะสมและเป็นที่นิยมใช้กันมากมีอยู่ 2 วิธี คือ [8]

1. กระบวนการซัลไฟท์ (sulphite process)

วิธีใช้ได้ดีกับไม้ยืนต้น เช่น ไม้เนื้อแข็ง ไม่นิยมใช้กับพืชไร่ หรือวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร ไม้จะถูกแช่ในสารละลายซัลไฟท์ที่ร้อน pH อยู่ในช่วง 1.2-11 สำหรับกระบวนการกรดซัลไฟท์ (acid-sulphite process) จะทำที่ pH ประมาณ 2 ซึ่งสารเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) จะละลายน้ำออกมา พร้อมทั้งเกิดปฏิกิริยาการกำจัดลิกนิน (delignification) พร้อมกันไปด้วย ทำให้กระบวนการกรดซัลไฟท์เป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมมากกว่ากระบวนการด่างซัลไฟท์ (alkaline sulfite process) ทำที่ pH 9-11 ซึ่งประสิทธิภาพในการแยกจะต่ำกว่า

2. กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส (prehydrolysis process)

วิธีนี้นิยมใช้กับวัตถุดิบประเภทพืชไร่ หรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เซลลูโลสที่ผลิตโดยวิธีนี้ จะเป็นเซลลูโลสที่มีความบริสุทธิ์สูง และมีความว่องไวต่อปฏิกิริยาดี เหมาะแก่การใช้ทำเป็นอนุพันธ์ต่อไปได้ดีมาก การผลิตเซลลูโลสโดยวิธีนี้จะทำเป็น 2 ขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นแรกจะต้มด้วยน้ำ หรืออาจเติมกรดบางชนิดเช่น กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก หรือกรดซัลฟิวริก ลงไปด้วยเล็กน้อยก็ได้ ในขั้นแรกนี้ สารเฮมิเซลลูโลสจะถูกกำจัดออกไปได้มาก โดยจะถูกไฮโดรไลซ์ให้เป็นโมเลกุลเล็ก ๆ และละลายไปกับน้ำ หลังจากขั้นพรีไฮโดรลิซิสแล้ว จึงกระทำตามกระบวนการคราฟท์ (kraft precess) หรือกระบวนการโซดา (soda process) ซึ่งจะทำให้ลิกนินละลายออกมาในรูปไธโอลิกนิน (thiolignin) และ แอลคาไลลิกนิน (alkali lignin) ซึ่งละลายในน้ำ แต่จะตกตะกอนเป็นของแข็งเมื่ออยู่ในสภาวะกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้เซลลูโลสออกมาแล้ว จะต้องทำการฟอกสีเซลลูโลส เนื่องจากเยื่อที่ได้จากการผลิต จะยังมีสิ่งเจือปนเหลืออยู่ และมีสีเข้ม เป็นการกำจัดเม็ดสี รวมทั้งลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่เหลืออยู่ เซลลูโลสที่ผ่านการฟอกสีแล้ว จะมีความบริสุทธิ์สูงขึ้นและมีความขาวสูง การฟอกสีเซลลูโลสในอุตสาหกรรม มักทำหลายขั้นตอน และใช้สารเคมีต่างชนิดกันเช่น

- ฟอกโดยใช้คลอรีน (ในอุตสาหกรรมใช้สัญลักษณ์แทนว่า C)
- ฟอกโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ในอุตสาหกรรมใช้สัญลักษณ์แทนว่า E)
- ฟอกโดยใช้โซเดียม หรือแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (ในอุตสาหกรรมใช้สัญลักษณ์แทนว่า H)
- ฟอกโดยใช้คลอรีนไดออกไซด์ (ในอุตสาหกรรมใช้สัญลักษณ์แทนว่า D)
- ฟอกโดยใช้โซเดียม หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ในอุตสาหกรรมใช้สัญลักษณ์แทนว่า P)

ขั้นตอนการฟอกเยื่อที่นิยมใช้ปฏิบัติกันมากในอุตสาหกรรมได้แก่

- CEH (ฟอกโดยใช้คลอรีน โซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโปคลอไรท์ ตามลำดับ)
- CEHEH (ฟอกโดยใช้คลอรีน โซเดียมไฮดรอกไซด์ ไฮโปคลอไรท์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโปคลอไรท์ ตามลำดับ)
- CEHDED (ฟอกโดยใช้คลอรีน โซเดียมไฮดรอกไซด์ ไฮโปคลอไรท์ คลอรีนไดออกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และคลอรีนไดออกไซด์ ตามลำดับ)

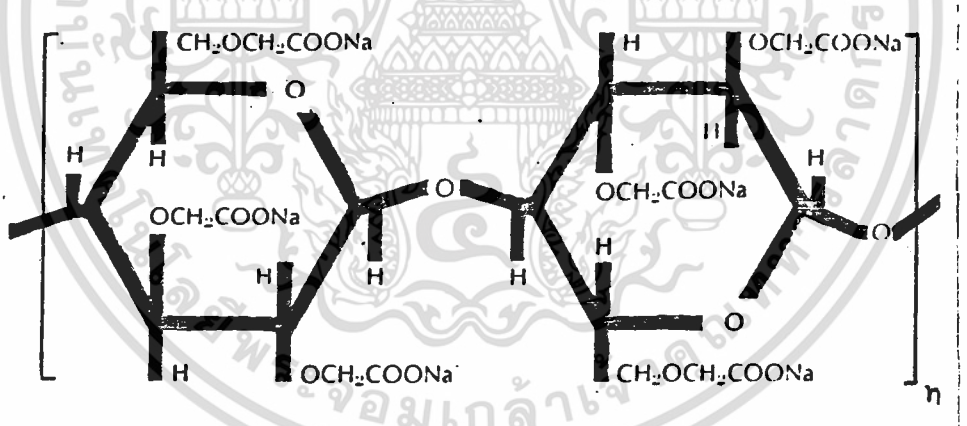
จะเห็นได้ว่า การฟอกเยื่อในอุตสาหกรรมมักกระทำในหลายขั้นตอน ตามลำดับ และมักจะเริ่มการฟอกด้วยปฏิกิริยาคลอริเนชัน โดยใช้คลอรีนก่อนเสมอ ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาคลอริเนชัน เป็นปฏิกิริยาที่เกิดเร็วมาก ทำให้ทุ่นเวลาในการฟอก และเกิดปฏิกิริยาสลายตัวน้อย การฟอกแบบนี้เป็นการฟอกแบบออกซิไดส์ (oxidative bleaching) ลิกนินจะถูกกำจัดออกไปจากเยื่อเซลลูโลส ขั้นนี้จะได้เยื่อสีเทาน้ำตาล หรือสีเทา หลังจากขั้นปฏิกิริยาคลอริเนชันแล้ว จะต้องเอาเยื่อเซลลูโลสที่ได้มาล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อน เพื่อละลายเอาคลอโรลิกนิน (chlorolignin) ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนแรกออกไป การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอกสีด้วยสารละลายไฮโปคลอไรท์ จะทำหน้าที่เป็นตัวสลายสิ่งเจือปนด้วยการออกซิไดส์เช่นกัน ส่วนการใช้คลอรีนไดออกไซด์ ยังไม่เป็นที่นิยมใช้แพร่หลาย ทั้งนี้เนื่องจากโซเดียมคลอไรท์ และโซเดียมคลอเรต ที่ใช้ในการเตรียมคลอรีนไดออกไซด์มีราคาแพง และอาจเกิดอันตรายเนื่องจากการจะเบิดได้

1.3 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethylcellulose, CMC)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า เซลลูโลสสามารถเตรียมเป็นสารอนุพันธ์ได้หลายชนิด คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส หรือ CMC ก็เป็นหนึ่งในอนุพันธ์เซลลูโลสที่สำคัญ สามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้มากมาย ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมวัสดุซักฟอก สีสิ่งทอ อาหาร กระดาษ เป็นต้น CMC เป็นอนุพันธ์อีเทอร์ของเซลลูโลส สามารถเรียกในชื่อต่าง ๆ กัน เช่น เซลลูโลสกัม (cellulose gum) โซเดียมเซลลูโลสไกลโคเลต (sodium cellulose glycolate) CMC มีโครงสร้างดังรูป [9]



รูปที่ 4 โครงสร้างของ CMC

ปกติ CMC จะอยู่ในรูปเกลือโซเดียม เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างแอลคาไลเซลลูโลส (alkali cellulose) กับโซเดียมคลอโรแอซีเตต (sodium chloroacetate) ปฏิกิริยาสามารถแสดงได้ดังนี้ [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$ROH + NaOH \longrightarrow ROH.NaOH$$

alkali cellulose

$$ROH.NaOH + ClCH_2COO^-Na^+ \longrightarrow ROCH_2COO^-Na^+ + NaCl + H_2O$$

CMC

อาจเกิดปฏิกิริยาได้โซเดียมกลูโคเลต (sodium glucolate) เป็นผลิตผลข้างเคียง (by product) ดังสมการ

$$ClCH_2COO^-Na^+ + NaOH \longrightarrow HOCH_2COO^-Na^+ + NaCl$$

โซเดียมกลูโคเลต

รูปที่ 5 ปฏิกิริยาการเตรียม CMC โดยที่ ROH คือเซลลูโลส

CMC สามารถละลายได้ในน้ำร้อน และน้ำเย็น ขึ้นกับความบริสุทธิ์ ในทางการค้า CMC จะอยู่ในรูปลักษณะผงสีขาว มีหลายเกรดขึ้นกับองศาการแทนที่ (degree of substition) ความหนืด และขนาดอนุภาค (particle size) CMC ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ แต่ละลายในเอลกอฮอล์ หรือแอซีโทน มีความเสถียรมากที่สุดที่ pH 7-9 CMC มีความเฉื่อยทางกายภาพ (physiologically inert) สามารถใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ CMC สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ตัวอย่างเช่น [11]

- ใช้เป็นสารข้น (thickener) ตัวประสาน (binder) สารเสถียร (stabilizer) สารรักษาสภาพคอลลอยด์ (protective colloid) และสารช่วยการกระจายตัว (suspending agent)
- ใช้ทำฟิลม์ที่มีความทนทานต่อน้ำมัน ไขข้น (greases) และตัวทำละลายอินทรีย์
- เป็นสารแอนไอออนิกพอลิอิเล็กโทรไลต์ (anionic polyelectrolyte)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่า CMC มีประโยชน์มากมายสามารถใช้ได้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร สี ยา เครื่องสำอาง สิ่งทอ กระดาษ ปิโตรเลียม ผงซักฟอก และอุตสาหกรรมอื่น ๆ อีกมากมาย มีการใช้ในปริมาณที่มาก ในปัจจุบัน ยังไม่มีโรงงานผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูง และโรงงานผลิต CMC ในประเทศไทย อาจเนื่องมาจาก มีเทคโนโลยีที่ไม่เหมาะสม หรือไม่คุ้มกับต้นทุนการผลิต ดังนั้นจึงเป็นการเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะทำการศึกษาโครงงานพิเศษเรื่องนี้

1.4 ความเหมาะสมของโครงงานพิเศษเรื่อง การสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อย และขอบเขตของการศึกษา

จุดประสงค์ของโครงงานพิเศษเรื่องนี้ ก็คือ เพื่อที่จะศึกษาการสกัดเซลลูโลสที่มีคุณภาพ จากชานอ้อย ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรกรรม ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลจากอ้อยในประเทศไทย มีชานอ้อยจำนวนมากที่เหลือทิ้ง ไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ โดยมากโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยจะใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนแก่หม้อเคี่ยวน้ำตาล โดยการเผา ดังนั้นการศึกษาการสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อยจึงเป็นการเหมาะสม ที่จะเป็นการนำชานอ้อยไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับชานอ้อยอีกด้วย และอีกสาเหตุหนึ่งก็คือ ในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูงเลย จึงจำต้องสั่งซื้อเซลลูโลสจากต่างประเทศปีละจำนวนมาก และมีแนวโน้มการสั่งซื้อเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นโครงงานพิเศษเรื่องนี้จึงนับว่าเป็นเรื่องที่น่าสนใจมาก

จะเห็นได้ว่า มีพืชหลายชนิดที่สามารถใช้เตรียมเซลลูโลสคุณภาพสูงได้ แต่พืชวัตถุดิบที่ดีและเหมาะสมที่จะใช้เตรียมเซลลูโลสคุณภาพสูง ควรมีคุณภาพอย่างต่ำดังต่อไปนี้

1. แอลฟาเซลลูโลส ไม่ต่ำกว่า 29 %
2. ลิกนิน ไม่เกิน 22 %
3. เถ้า ไม่เกิน 9 %
4. เพนโตแซน ไม่เกิน 32 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากองค์ประกอบทางเคมีของพืช ที่ใช้เป็นเครื่องตัดสินในการคัดเลือกวัตถุดิบแล้ว ความเหมาะสมของพืชวัตถุดิบในด้านเศรษฐกิจ ก็ควรจะต้องพิจารณาด้วย ซึ่งได้แก่

- ราคา

- ปริมาณ และความสม่ำเสมอของวัตถุดิบ ในปริมาณที่เพียงพอแก่ความต้องการ ถ้าเป็นวัตถุเหลือทิ้งยิ่งดี

- แหล่งของวัตถุดิบ การขนส่ง และความยากง่ายในการเก็บรวบรวม

- ความยากง่ายในการใช้วัตถุดิบชนิดอื่นแทน

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่า มีพืชหลายชนิดที่เข้าข่ายที่จะพิจารณา มีส่วนประกอบทางเคมีอยู่ในเกณฑ์เช่น อ้อย หญ้าขจรจบ ต้นข้าวโพด แกนปอแก้ว เศษปอฝอย เส้นใยติดเมล็ดนุ่นและเมล็ดฝ้าย หญ้าคา เป็นต้น แต่การที่โครงงานพิเศษนี้ เลือกชานอ้อยเป็นวัตถุดิบในการผลิตเซลลูโลส เนื่องจาก

- คุณภาพทางเคมีใช้ได้ และมีส่วนประกอบทางเคมีอยู่ในเกณฑ์ดี

- ราคาถูก

- มีปริมาณมากพอสมควร เมื่อหักปริมาณที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานน้ำตาลถึง 90 % และหักปริมาณที่ใช้ในโรงงานกระดาษออกแล้ว ก็ยังมีชานอ้อยเหลืออีกมาก เป็นวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตร ไม่ได้ใช้ประโยชน์

- เป็นผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาล ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคกลาง และภาคตะวันออก มีแหล่งวัตถุดิบไม่ไกล นอกจากนี้ยังสะดวกในการหาแหล่งวัตถุดิบมีความง่ายในการเก็บรวบรวม กล่าวคือซื้อจากโรงงานน้ำตาลได้เลย

- กรณีที่เกิดการขาดแคลนชานอ้อย สามารถหาวัตถุดิบอื่นที่มีส่วนประกอบทางเคมีใกล้เคียงกัน ทดแทนได้เช่น หญ้าขจรจบ ต้นข้าวโพด เป็นต้น

การใช้ชานอ้อยเป็นวัตถุดิบในการศึกษาโครงงานพิเศษเรื่องนี้ สามารถแบ่งชานอ้อยออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. <u>ชานอ้อยมีเปลือก</u> คือ กากของต้นอ้อยที่ผ่านการบีบเอาน้ำอ้อยออกไปแล้ว โดยปราศจากการปอกเอาเปลือกออกก่อน ชานอ้อยแบบนี้ได้จากโรงงานน้ำตาล ซึ่งจะทำบีบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาน้ำอ้อยไปผลิตเป็นน้ำตาลโดยไม่ได้ปอกเปลือกของต้นอ้อยก่อนที่จะทำการบีบน้ำอ้อย เนื่องจากเป็นการสิ้นเปลือง เพิ่มค่าใช้จ่าย และไม่มีความจำเป็น ชานอ้อยแบบนี้จะมีส่วนประกอบที่ไม่ใช่เซลลูโลสเช่น ลิกนิน สิ่งเจือปน สารอนินทรีย์ มากกว่าชานอ้อยที่ไม่มีเปลือก เนื่องจากบริเวณเปลือกของอ้อย จะมีส่วนที่เป็นลิกนินมากกว่า ทำให้ในขบวนการผลิตเซลลูโลสทำได้ยากกว่า สิ้นเปลืองสารเคมีมากกว่า และได้เซลลูโลสที่มีสิ่งเจือปนมากกว่า

2. <u>ชานอ้อยไม่มีเปลือก</u> คือกากของต้นอ้อยที่ผ่านการบีบเอาน้ำอ้อยออกไปแล้ว โดยมีการปอกเปลือกอ้อยออกเสียก่อน ชานอ้อยแบบนี้ได้จากการผลิตน้ำอ้อยเพื่อบริโภค โดยผู้ผลิตขนาดเล็ก มีจำนวนน้อยกว่า การที่มีการเอาเปลือกอ้อยออกก่อนที่จะทำการบีบน้ำอ้อยก็เพื่อความสะอาดและลักษณะของน้ำอ้อยที่ได้ ชานอ้อยแบบนี้จะมีลิกนินและสิ่งเจือปนน้อยกว่าชานอ้อยมีเปลือก

ในการทำโครงงานพิเศษเรื่องนี้ เลือกวิธีการผลิตเซลลูโลสโดยใช้กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส (prehydrolysis process) เนื่องจากชานอ้อยเป็นพืชไร่เหลือทิ้งจากการเกษตร มีรายงานการผลิตเซลลูโลสจากอ้อยโดยใช้กระบวนการนี้อยู่หลายฉบับ [12, 13] นอกจากนี้ เซลลูโลสที่ผลิตโดยวิธีนี้จะเป็นเซลลูโลสที่มีความบริสุทธิ์สูง และมีความว่องไวต่อปฏิกิริยาดี เหมาะแก่การใช้ทำอนุพันธ์ต่อไป ดังนั้นโครงงานพิเศษนี้จึงเลือกใช้กระบวนการพรีไฮโดรลิซิสเป็นหลัก

ในการทำกระบวนการพรีไฮโดรลิซิสนี้ จะเป็นการใช้ความร้อนและกรด ไปแตกสลายสารพวกเฮมิเซลลูโลส ให้เป็นโมเลกุลเล็ก ๆ ละลายไปกับน้ำ จากนั้นจะทำการทดลองต่อด้วยกระบวนการใด กระบวนการหนึ่งดังต่อไปนี้

1. กระบวนการคราฟท์ (kraft process)

2. กระบวนการโซดา (soda process)

จะทำการทดลองทั้ง 2 กระบวนการเปรียบเทียบผลการทดลองกัน ดูว่าวิธีใดมีประสิทธิภาพดีกว่ากัน ได้ปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูงกว่า และมีปริมาณสิ่งเจือปนน้อยกว่า โดยจะทำการทดลองด้วยวัตถุดิบทั้ง 2 อย่างคือ ชานอ้อยมีเปลือกและชานอ้อยไม่มีเปลือก เมื่อได้เซลลูโลสแล้ว จะทำการฟอกสีและทำการวิเคราะห์เซลลูโลสดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส

- ปริมาณลิกนิน

- ปริมาณเถ้า หรือสารอนินทรีย์

ตัวอย่างการสกัดเซลลูโลสโดยใช้วิธีพรีไฮโดรลิซิส จากวัตถุดิบต่าง ๆ สามารถแสดงได้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการสกัดเซลลูโลส โดยใช้วิธีพรีไฮโดรลิซิส จากชานอ้อยในสภาวะต่าง ๆ

วัตถุดิบ	พรีไฮโดรลิซิส			คราฟท์หรือโซดา				การวิเคราะห์		
	อุณหภูมิ (°ซ)	เวลา (นาที)	กรด (%)	อุณหภูมิ (°ซ)	เวลา (นาที)	ซัลฟิดิตี้ (%)	ด่าง (%)	แอลฟา-เซลลูโลส	เถ้า (%)	yield (%)
ชานอ้อย	105	210	1.2	105	240	0	25	93	0.1	28
ชานอ้อย	130	120	0.1	155	330	30	25	96	0.1	-
ชานอ้อย	160	90	0	160	180	25	18	94	0.1	35
ชานอ้อย	162	60	0	153	270	0	25	92	0.1	34
ชานอ้อย	162	120	0	153	270	25	16	96	0.1	34
ชานอ้อย	190	15	0	170	120	30	18	92	0.4	36

ที่มา : รายงานการผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูง กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ

จะเห็นได้ว่า ในการทำพรีไฮโดรลิซิสชานอ้อยที่อุณหภูมิต่ำ (105-130 °ซ) จำเป็นจะต้องเติมกรดลงไปด้วย และปริมาณของกรดที่เติมจะน้อยลงถ้าใช้อุณหภูมิสูงขึ้น หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจไม่ต้องเติมกรดเลยก็ได้ ใช้เพียงน้ำธรรมดาก็เพียงพอ เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนต้มชานอ้อยที่อุณหภูมิสูง น้ำยาจะกลายเป็นกรดอ่อน ๆ เอง เนื่องจากในชานอ้อยหรือไม้ทั่ว ๆ ไป มีสารที่เป็นกรดอยู่ด้วยเช่น กรดยูโรนิก กรดแอซีติก เป็นต้น แต่การเติมกรดลงน้ำยาพรีไฮโดรลิซิส จะคุ้มค่ากว่าและมีประสิทธิภาพดีกว่า เนื่องจากกรดที่เติมลงไปมีราคาถูก จะใช้เพียงปริมาณน้อยเท่านั้น ซึ่งจะทำให้ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า สภาวะรุนแรงน้อยกว่า นั่นก็คือจะประหยัดพลังงานและต้นทุนมากกว่า ดังนั้นในการศึกษาโครงงานพิเศษนี้ จะใช้กรดปริมาณเล็กน้อย เติมในน้ำยาพรีไฮโดรลิซิสด้วย

สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ในการทำพรีไฮโดรลิซิสชานอ้อยนั้น เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิแรกคือ 105 °ซ เป็นอุณหภูมิที่น่าจะใช้ในการศึกษามากที่สุด เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่ใช้ในการพรีไฮโดรลิซิส และสามารถใช้ความดันบรรยากาศได้ ซึ่งจะปลอดภัยและประหยัดกว่า ถ้าใช้อุณหภูมิสูง จะต้องใช้สภาวะที่มีความดันสูง ซึ่งจะต้องใช้หม้อต้มควบคุมความดันสูงที่ยุ่งยากขึ้นด้วย

อุณหภูมิที่เลือกใช้สำหรับทำการสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อย โดยกระบวนการพรีไฮโดรลิซิส ในการศึกษาโครงงานพิเศษนี้ คือ 100 °ซ เนื่องจาก ขาดแคลนอุปกรณ์ คือ หม้อปฏิกิริยาที่ควบคุมความดันได้ ไม่สามารถเลือกทำการทดลองที่อุณหภูมิสูง ๆ จึงเลือกใช้อุณหภูมิสูงสุดที่ทำได้ในความดันบรรยากาศ

เซลลูโลสที่สกัดได้ จะทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบ และนำไปทดลองเตรียมเป็นอนุพันธ์ คือ CMC เพื่อทดสอบดูว่าเซลลูโลสที่สกัดได้นั้น สามารถเตรียมเป็นอนุพันธ์ได้หรือไม่ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

สรุปวิจารณ์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

2.1 วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษาโครงงานพิเศษเรื่อง การสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อยนี้ ขั้นแรกได้ทำการวิเคราะห์ชานอ้อยที่นำมาเป็นวัตถุดิบ โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น เถ้า และปริมาณลิกนิน จากนั้น จึงสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อยพร้อมทั้งฟอกสี แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณแอลฟาเซลลูโลส ลิกนิน และเถ้า โดยทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างกระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-คราฟท์ และกระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-โซดา และเปรียบเทียบผลระหว่างชานอ้อยมีเปลือก และชานอ้อยไม่มีเปลือก

ในการวิเคราะห์ชานอ้อยหาปริมาณความชื้น พบว่าชานอ้อยทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณความชื้นไม่เท่ากัน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.0-8.0 % เนื่องจากปริมาณความชื้นในชานอ้อยนี้จะขึ้นกับระยะเวลาการเก็บรักษา และแหล่งที่มาของชานอ้อย จากผลการทดลองพบว่าชานอ้อยไม่มีเปลือก มีปริมาณความชื้นมากกว่าชานอ้อยมีเปลือก แต่ปริมาณความชื้นในชานอ้อยนี้ จะไม่มีผลต่อการสกัดและวิเคราะห์เซลลูโลส ทั้งนี้เพราะว่าได้มีการอบชานอ้อยไล่ความชื้น เพื่อให้น้ำหนักคงที่ก่อนการทดลองทุกครั้ง

เถ้า คือสารอนินทรีย์ หรือสิ่งเจือปนที่ไม่เกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในการเตรียมเซลลูโลสคุณภาพสูง ในการวิเคราะห์ชานอ้อยหาปริมาณเถ้า จะได้ว่า ชานอ้อยมีเปลือกมีปริมาณเถ้าประมาณ 2 % มีมากกว่าชานอ้อยไม่มีเปลือกซึ่งมีเถ้าประมาณ 1 % ปริมาณเถ้านี้ นับว่าเป็นค่าที่ต่ำ จึงเป็นการเหมาะสมที่จะนำชานอ้อยมาเป็นวัตถุดิบในการเตรียมเซลลูโลส

ลิกนิน เป็นสารที่ต้องกำจัดออกในการสกัดเซลลูโลส ในการวิเคราะห์หาปริมาณลิกนิน จะใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 72 % ในการทำลายเซลลูโลสที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 °ซ จากนั้นจึงเจือจางกรดด้วยน้ำ แล้วกรองตะกอนลิกนินออกมา ในชานอ้อยมีเปลือก มีปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิกนินประมาณ 17 % มากกว่าชานอ้อยไม่มีเปลือกซึ่งมีลิกนินประมาณ 16 % ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณเปลือกอ้อย จะมีลิกนินอยู่มากกว่าส่วนเนื้ออ้อย ซึ่งผลการทดลองนี้ มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลในตารางที่ 5 ซึ่งเป็นรายงานของกองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ คือ ชานอ้อยจะมีปริมาณลิกนินประมาณ 21 % จากการทดลองค่าที่ได้อาจเกิดการผิดพลาดเนื่องมาจากการสูญเสียระหว่างการกรอง ทำให้มีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง

การสกัดชานอ้อยโดยกระบวนการพรีไฮโดรลิซิสทั้ง 2 วิธีนั้น (พรีไฮโดรลิซิส-คราฟท์ และพรีไฮโดรลิซิส-โซดา) พบว่า ได้ปริมาณผลิตผลอยู่ในช่วง 15-30 % เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลกับตารางที่ 5 ซึ่งรายงานไว้ว่า ชานอ้อย จะมีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสอยู่ประมาณ 38 % ดังนั้นปริมาณผลิตผลจึงไม่ควรเกิน 38 % ในกรณีที่ทำการทดลองแล้วได้ปริมาณผลิตผลมากกว่า 38 % หมายความว่า การสกัดในการทดลองนั้นไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการสกัดสารอื่นซึ่งได้แก่ ลิกนิน คาร์โบไฮเดรต และสารอนินทรีย์อื่น ๆ. ออกไปไม่ได้มากเท่าที่ควร การที่ปริมาณผลิตผลมีช่วงกว้าง มีค่าต่ำ และค่าไม่แน่นอน อาจเนื่องมาจาก การควบคุมสภาวะในการทดลองยังไม่ดีพอ และข้อสำคัญคือ มีการสูญเสียเซลลูโลสในการกรองและการล้าง ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองจะต้องทำการกรองและล้างเซลลูโลสทุกครั้ง เมื่อเปลี่ยนขั้นตอนการทดลอง ไม่ว่าจะเป็นการสกัดหรือการฟอกสีเซลลูโลส ดังนั้นจึงทำให้ชานอ้อยจำนวนหนึ่งต้องสูญเสียไป ข้อผิดพลาดนี้ สามารถแก้ไขได้โดยการใช้วิธีการกรองที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ใช้ความระมัดระวังในการกรองมากยิ่งขึ้น หรือมีการกรองเซลลูโลสที่ติดไปกับน้ำล้างอีกครั้งหนึ่งกลับมาใช้ใหม่

ในการวิเคราะห์เซลลูโลสที่สกัดได้จากชานอ้อย แอลฟาเซลลูโลสที่ได้มีปริมาณสูงพอสมควร และมีปริมาณสิ่งเจือปนอื่น ๆ ต่ำ เซลลูโลสจากชานอ้อยที่สกัดได้มีองค์ประกอบดังนี้

- มีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสประมาณ 80-95 %
- ปริมาณเถ้าประมาณ 1 %
- ปริมาณลิกนิน ประมาณ 0.1-0.5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณเถ้าของเซลลูโลสที่วิเคราะห์ได้ บางการทดลองมีค่าสูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทดลองเป็นระดับการค้า ไม่สะอาด มีสิ่งเจือปนมาก หรือเนื่องมาจาก น้ำที่ใช้ในการกรองและล้างเซลลูโลสเป็นน้ำประปา เนื่องจากในการทดลองต้องใช้น้ำจำนวนมาก ไม่สามารถใช้น้ำกลั่นได้ เมื่อใช้น้ำประปากรอง สิ่งเจือปนอื่น ๆ ก็อาจติดมากับเซลลูโลสก็ได้ ทำให้วิเคราะห์พบปริมาณเถ้ามาก

เมื่อพิจารณาในกรณีของชานอ้อยที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการสกัดเป็นเซลลูโลส ชานอ้อยไม่มีเปลือกสามารถสกัดได้ดีกว่าชานอ้อยมีเปลือก ทั้งกระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-คราฟท์และพรีไฮโดรลิซิส-โซดา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ในชานอ้อยมีเปลือกมีลิกนินเป็นองค์ประกอบมากกว่าชานอ้อยไม่มีเปลือก จึงทำการสกัดได้ยากกว่า

จากผลการทดลอง กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-คราฟท์ จะมีประสิทธิภาพในการสกัดดีกว่ากระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-โซดา ได้เซลลูโลสที่มีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูงกว่าและมีปริมาณเถ้าต่ำกว่า

เมื่อทำการสกัดเซลลูโลสได้แล้ว ได้ทำการทดลองเปลี่ยนเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส คือ ทำการเตรียม CMC จากการทดลองได้ปริมาณผลิตผลประมาณ 65 % CMC ที่ได้มีลักษณะเป็นผง สีขาว สามารถละลายน้ำได้ดี ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การคำนวณและวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

การคำนวณต้นทุนการสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อย ในการศึกษาโครงงานพิเศษนี้ ยังไม่สามารถคำนวณอย่างละเอียดได้ เนื่องจากในการทดลอง ไม่สามารถทราบปริมาณการใช้ที่แน่นอน ตัวอย่างเช่น ปริมาณน้ำที่ใช้ ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ นอกจากนี้ ราคาของสารเคมีที่ใช้ก็ไม่คงที่แน่นอน ดังนั้นการวิเคราะห์ต้นทุนการสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อยนี้ จะประมาณอย่างคร่าว ๆ

ตัวอย่าง การคำนวณต้นทุนการสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อย โดยใช้กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-คราฟท์ ได้ปริมาณผลิตผล 25 % สามารถแสดงได้ดังนี้

วัตถุดิบ	ปริมาณที่ใช้	ราคา (บาท/หน่วยปริมาณ)	ราคา (บาท)
ชานอ้อย	1 กก.	180 บาท/ตัน	0.18
โซเดียมซัลไฟท์	120 ก.	880 บาท/กก.	105.60
โซเดียมไฮดรอกไซด์	260 ก.	140 บาท/กก.	36.40
โซเดียมคาร์บอเนต	60 ก.	390 บาท/กก.	23.40
แคลเซียมไฮโปคลอไรท์	60 ก.	80 บาท/กก.	4.80
น้ำ	1 ลบ.ม.	8 บาท/ลบ.ม.	8.00
ไฟฟ้า	2 ยูนิต	2.5 บาท/ยูนิต	5.00

ต้นทุนการสกัดเซลลูโลส จากชานอ้อย 1 กก. ได้เซลลูโลส 250 ก. = 183.38 บาท

ตัวอย่าง การคำนวณต้นทุนการสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อย โดยใช้กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-โซดา ได้ปริมาณผลิตผล 25 % สามารถแสดงได้ดังนี้

วัตถุดิบ	ปริมาณที่ใช้	ราคา (บาท/หน่วยปริมาณ)	ราคา (บาท)
ชานอ้อย	1 กก.	180 บาท/ตัน	0.18
โซเดียมไฮดรอกไซด์	1220 ก.	140 บาท/กก.	170.00
แคลเซียมไฮโปคลอไรท์	60 ก.	80 บาท/กก.	4.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำ	1 ลบ.ม.	8 บาท/ลบ.ม.	8.00
ไฟฟ้า	2 ยูนิต	2.5 บาท/ยูนิต	5.00

ต้นทุนการสกัดเซลลูโลส จากชานอ้อย 1 กก. ได้เซลลูโลส 250 ก. = 188.78 บาท

หมายเหตุ - ปริมาณน้ำ และปริมาณไฟฟ้า ประมาณอย่างคร่าว ๆ

- ราคาของชานอ้อย สอบถามจากบุคคลที่รู้จัก โรงงานน้ำตาลที่ อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี ราคาตันละ 180 บาท ส่วนราคาที่โรงงานน้ำตาล จ. กำแพงเพชร ราคาตันละ 20 บาท ราคาชานอ้อยนี้ เป็นราคาขายที่โรงงาน ไม่ได้รวมราคาขนส่งด้วย
- ราคาสารเคมี สอบถามจากภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ซึ่งเป็นราคาของสารเคมีระดับวิเคราะห์
- ในการคำนวณนี้ ไม่ได้คิดค่าแรงของผู้ทำการสกัด และค่าเครื่องมือที่ใช้ในการสกัด

ต้นทุนการสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อยนั้น จะขึ้นกับการเลือกใช้ระดับของสารเคมีว่าใช้ระดับที่มีความบริสุทธิ์เพียงใด ระดับวิเคราะห์ หรือระดับการค้า ถ้าใช้สารเคมีระดับการค้า ประสิทธิภาพของการสกัดจะต่ำกว่า ได้ปริมาณผลิตผลต่ำกว่า และเซลลูโลสที่ได้จะมีสิ่งเจือปนอยู่มากกว่า แต่ก็จะทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำกว่า การเลือกใช้ระดับของสารเคมีนั้น จะขึ้นว่าผู้ผลิตว่า จะต้องการผลิตเซลลูโลสที่มีความบริสุทธิ์เพียงใด

จากการสอบถามราคาของเซลลูโลส จากบริษัท MERCK พบว่า เซลลูโลสมีราคา 1,800 บาท ต่อ 500 กรัม ซึ่งมีราคาสูงกว่าต้นทุนการสกัดเซลลูโลสที่คำนวณได้ในโครงงานพิเศษนี้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สรุป

จากการทดลองสกัดเซลลูโลสจากชานอ้อย ปรากฏว่า ได้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ เซลลูโลสจากชานอ้อยมีความบริสุทธิ์สูง และสามารถเตรียมเป็นอนุพันธ์คือ CMC ได้เป็นอย่างดี การสกัดก็สามารถทำได้โดยกรรมวิธีที่ไม่ยุ่งยากนัก ไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง สารเคมีที่ใช้ก็เป็นสารเคมีธรรมดาที่ผลิตและหาได้ในประเทศ นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการผลิตก็ต่ำ คือ กิโลกรัมละประมาณ 700 บาท ดังนั้นประเทศไทยจึงน่าจะส่งเสริมให้มีการผลิตเซลลูโลสจากชานอ้อยในประเทศ เพื่อที่จะใช้ในการผลิตอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่มีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมต่อไป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 ทั่วไป

สารเคมีที่ใช้ เป็นระดับวิเคราะห์ ยกเว้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ใช้ระดับการค้า ตัวทำละลายเมทานอล และเอทานอล กลั่นก่อนนำมาใช้

แหล่งที่มาของชานอ้อย ชานอ้อยมีเปลือกได้จากโรงงานผลิตน้ำตาล อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ส่วนชานอ้อยไม่มีเปลือกได้จากรถขายน้ำอ้อยสด

การเตรียมชานอ้อยก่อนทำการทดลอง นำชานอ้อยมาบดปั่นด้วยเครื่องผสม (blender) ให้ชานอ้อยมีขนาดเล็ก สามารถใส่ในขวด 3 คอได้ จากนั้น นำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 100 °ซ นาน 2-3 ชั่วโมง จนมีน้ำหนักคงที่

น้ำยาคราฟท์ เตรียมจากโซเดียมซัลไฟท์ (10.00 กรัม, 0.1275 โมล) โซเดียมคาร์บอเนต (5.00 กรัม, 0.05 โมล) ละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 % (1 ลิตร, 0.50 โมล)

น้ำยาโซดา เตรียมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ (250.0 กรัม, 6.25 โมล) ละลายในน้ำกลั่น (1 ลิตร)

สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 0.5 นอร์มัล ละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 2.452 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มล.

เฟอร์โรอีนอินดิเคเตอร์ เตรียมจาก 1,10-ฟีแนนโธรลีนโมโนไฮเดรท (1,10-phenanthroline monohydrate, $C_{12}H_8N_2.H_2O$) 0.15 กรัม และเฟอรัสซัลเฟต (ferrous sulfate, $FeSO_4.7H_2O$) 0.07 กรัม ในน้ำกลั่น 10 มล.

สารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.1 นอร์มัล เตรียมจากเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) 20.25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น เติมกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 5 มล. แล้วเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 500 มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดลอง

การหาปริมาณความชื้น

อบครูซิเบิลที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 1 ชม. เพื่อไล่ความชื้น ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ และชั่งหาน้ำหนักครูซิเบิลที่แน่นอน จากนั้นชั่งชานอ้อยประมาณ 2 กรัม ใส่ในครูซิเบิล แล้วนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 125-130 °ซ เป็นเวลา 3 ชม. ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ นำมาชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน และคำนวณหาเปอร์เซนต์ความชื้นจากสูตร

ปริมาณความชื้น (%) = น้ำหนักชานอ้อยที่หายไป x 100 / น้ำหนักชานอ้อยก่อนอบ

ตารางที่ 7 ผลการหาปริมาณความชื้น

	ชานอ้อยมีเปลือก				ชานอ้อยไม่มีเปลือก			
การทดลองที่	1	2	3	4	1	2	3	4
น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	1.5172	1.4951	1.2356	1.2471	1.5471	1.5392	1.2093	1.2578
น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	1.4186	1.4016	1.1407	1.1553	1.4390	1.4392	1.1142	1.1596
น้ำหนักที่หายไป(กรัม)	0.0986	0.0934	0.0948	0.0918	0.1088	0.1000	0.0950	0.9823
ปริมาณความชื้น (%)	6.50	6.25	7.68	7.36	7.00	6.50	7.86	7.81

การหาปริมาณเถ้า

อบครูซิเบิลที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 1 ชม. เพื่อไล่ความชื้น ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ และชั่งหาน้ำหนักครูซิเบิลที่แน่นอน จากนั้นชั่งชานอ้อยประมาณ 2 กรัม ใส่ในครูซิเบิล แล้วนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 575±25 °ซ เป็นเวลา 1 ชม. ทิ้งไว้ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เย็นในเดซิเคเตอร์ นำมาชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน และคำนวณหาเปอร์เซนต์เถ้าจากสูตรดังนี้

ปริมาณเถ้า (%) = น้ำหนักเถ้า x 100 / น้ำหนักชานอ้อยเริ่มต้น

ตารางที่ 8 ผลการหาปริมาณเถ้า

	ชานอ้อยมีเปลือก				ชานอ้อยไม่มีเปลือก			
การทดลองที่	1	2	3	4	1	2	3	4
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	1.2397	1.1954	0.9943	1.0690	1.1153	1.1604	0.9894	1.0870
น้ำหนักเถ้า (กรัม)	0.0251	0.0247	0.0178	0.0218	0.0132	0.0140	0.0109	0.0106
ปริมาณเถ้า (%)	2.03	2.07	1.80	2.04	1.18	1.21	1.10	1.02

<u>การหาปริมาณลิกนิน</u> ตามวิธีของ Tappi Standard T22 m-54

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัมใส่ทิมเบิล (thimble) ทำการสกัดด้วยเบนซีน : เอทานอล ในอัตราส่วนโดยปริมาตร 2:1 ในซอกเล็ท (soxhlet extractor) เป็นเวลา 5-6 ชม. จากนั้นผึ่งตัวอย่างให้แห้ง แล้วถ่ายใส่บีกเกอร์ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 72 % ที่อุณหภูมิ 12-15 °ซ จำนวน 40 มล. คนตัวอย่างให้ทั่ว จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 18-20 °ซ เป็นเวลา 2 ชม. พร้อมทั้งคนไปด้วย ถ่ายใส่บีกเกอร์ขนาด 1 ลิตรแล้วเติมน้ำกลั่น 750 มล. ต้มเป็นเวลา 4 ชม. แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน จากนั้นก็ทำการกรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 โดยใช้เครื่องดูด และล้างตะกอนด้วยน้ำ นำตะกอนไปอบที่อุณหภูมิ 105±3 °ซ จนน้ำหนักคงที่ แล้วคำนวณเปอร์เซนต์ลิกนินได้จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% ลิกนิน = น้ำหนักตะกอนลิกนิน x 100 / น้ำหนักตัวอย่าง

ตารางที่ 9 ผลการหาปริมาณลิกนินจากชานอ้อย

	ชานอ้อยมีเปลือก		ชานอ้อยไม่มีเปลือก	
การทดลองที่	1	2	3	4
น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)	2.0503	2.1082	2.0346	2.0975
น้ำหนักตะกอนลิกนิน (กรัม)	0.3498	0.3645	0.3386	0.3580
ปริมาณลิกนิน (%)	17.06	17.29	16.64	16.83

<u>กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส</u> (prehydrolysis process)

ชั่งชานอ้อย 20 กรัม ลงในขวด 3 คอ ขนาด 2 ลิตร เติมสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 3 % จำนวน 240 มล. (L:R = 1:12 สำหรับชานอ้อยมีเปลือก และ L:R = 1:20 สำหรับชานอ้อยไม่มีเปลือก) กวนของผสมด้วยเครื่องกวนกลความเร็วหมายเลข 2 ให้ความร้อนรีฟลักซ์ (reflux) เป็นเวลา 3 ชม. จนของผสมมีเหลืองเข้ม ทิ้งไว้ให้เย็น กรองผ่านผ้ากรอง ล้างด้วยน้ำประปาจนชานอ้อยหมดกรด จะได้ชานอ้อยสีเหลืองอ่อน ผึ่งให้แห้ง แล้วนำไปทำตามกระบวนการคราฟท์ หรือกระบวนการโซดาต่อไป

<u>กระบวนการคราฟท์</u> (craft process)

ใส่ชานอ้อยที่ได้จากกระบวนการพรีไฮโดรไลซิส ลงในขวด 3 คอ จากนั้นเติมน้ำยาคราฟท์ 96 มล. (L:R = 1:12 สำหรับชานอ้อยมีเปลือก และ L:R = 1:20 สำหรับชานอ้อยไม่มีเปลือก) กวนของผสมด้วยเครื่องกวนกล ความเร็วหมายเลข 2 แล้วให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนรีฟลักซ์เป็นเวลา 4 ชม. จะได้ของผสมสีน้ำตาล ทิ้งของผสมไว้ให้เย็น แล้วกรองผ่านผ้ากรอง ล้างด้วยน้ำประปาจนหมดน้ำยาคราฟท์ บีบน้ำออกและผึ่งให้แห้ง

กระบวนการโซดา (soda process)

กระบวนการนี้จะกระทำเช่นเดียวกับกระบวนการคราฟท์ เพียงแต่ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 25 % แทนน้ำยาคราฟท์

การฟอกเยื่อโดยใช้ผงฟอกสีแบบขั้นตอนเดียว

ชั่งเซลลูโลส 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นจำนวน 80 มล. จากนั้นปั่นด้วยเครื่องกวนแบบแม่เหล็กเป็นเวลา 10 นาที เติมผงฟอกสี 0.92 กรัม แล้วกวนต่ออีก 5 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 1 ชม.ครึ่ง แล้วกรองด้วยผ้ากรองและล้างด้วยน้ำประปาจนหมดคลอรีน

การฟอกเยื่อแบบหลายขั้นตอน ตามวิธี CEH

จะทำการฟอกเยื่อทั้งหมด 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. คลอริเนชัน (cholrination, C) ชั่งเซลลูโลส 20 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำคลอรีน 666 มล. ซึ่งมีเนื้อคลอรีนอยู่ 0.72-0.84 กรัม จากนั้นปั่นด้วยเครื่องกวนแบบแม่เหล็กในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 45 นาที เมื่อครบเวลา จะทำการกรอง และล้างเยื่อจนหมดคลอรีน

2. การสกัดด้วยด่าง (caustic extraction, E) ใส่เยื่อจากขั้นตอนที่ 1 ลงในถุงพอลิโพรพิลีน เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.2 % จำนวน 200 มล. จากนั้นแช่ถุงในน้ำอุณหภูมิ 70 °ซ นาน 1 ชม. พร้อมทั้งบีบถุงให้เยื่อกระจายตัวอยู่เสมอ กรองด้วยผ้ากรอง และล้างด้วยน้ำประปาจนหมดด่าง

3. การฟอกด้วยแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (calcium hypochlorite, H) ใส่เยื่อที่ได้จากตอนที่ 2 ลงในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เติมสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้น 0.05-0.15 % จำนวน 400 มล. จากนั้นปั่นด้วยเครื่องกวนแบบแม่เหล็กในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชม. เมื่อครบเวลา จะทำการกรอง และล้างเยื่อจนหมดคลอรีน

การหาปริมาณแอลฟาเซลลูโลส

ชั่งสารตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่บีกเกอร์ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 % ที่อุณหภูมิ 25±0.2 °ซ จำนวน 30 มล. เริ่มจับเวลาเมื่อเริ่มเติม ทำการคนเยื่อให้กระจายตัวในสารละลายอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 % อีก 10 มล. ทิ้งไว้อีก 30 นาทีจึงเติมน้ำกลั่นจำนวน 40 มล. แล้วคนต่อที่ 25±0.2 °ซ อีก 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 โดยใช้เครื่องดูด ทิ้งสารที่ได้จากการกรอง (filtrate) 10-20 มล. แรกไป ดูดสารที่ได้จากการกรองมา 5 มล. เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตเข้มข้น 0.5 นอร์มัล จำนวน 10 มล. และค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นจำนวน 25 มล. เขย่าให้ทั่ว แล้วทิ้งไว้ให้สารละลายร้อนอยู่ 15 นาที เติมน้ำกลั่น 25 มล. แล้วทำเย็นถึงอุณหภูมิห้อง เติมเฟอร์โรอีนอินดิเคเตอร์ 4 หยด แล้วทำการไทเทรตด้วยสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้จุดยุติสีแดง ทำการไทเทรตแบบย้อนกลับ (blank titration) โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 % จำนวน 2.5 มล. และน้ำกลั่น 2.5 มล. แทนสารที่ได้จากการกรอง ปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\% \text{ แอลฟาเซลลูโลส} = 100 - (N (V_2 - V_1) 6.85 \times 10^{-3} \times 80) / WA$$

โดยที่ N = ความเข้มข้นของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต

V_2 = มล.ของเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ใน blank

V_1 = มล.ของเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในสารที่กรองได้ (filtrate)

W = น้ำหนักของเยื่อตัวอย่าง

A = มล.ของสารที่กรองได้ ที่นำมาไทเทรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.85 = มิลลิกรัมของเฮมิเซลลูโลส ต่อ 1 มิลลิกรัมสมมูล

80 = มล.ของ filtrate ทั้งหมด

หมายเหตุ อธิบายการทดลอง

- กระบวนการพรีไฮโดรลิซิล-คราฟท์ ในการทดลองที่ 1 และ 2 ใช้ชุดรีฟลักซ์แบบขวดก้นกลม และไม่มีการปั่นกวน และฟอกสีด้วยวิธีไฮโปคลอไรท์แบบขั้นตอนเดียว และเนื่องจากมีปัญหาในการวิเคราะห์ ทำให้เหลือผลิตผลไม่เพียงพอที่จะนำมาวิเคราะห์ จึงนำมารวมกันวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าและแอลฟาเซลลูโลส

- กระบวนการพรีไฮโดรลิซิล-คราฟท์ ในการทดลองที่ 3 ทำการต้มในบีกเกอร์ โดยไม่มีการรีฟลักซ์ ซึ่งผลการทดลองไม่เป็นที่น่าพอใจ จึงไม่นำมาทำการวิเคราะห์ต่อไป

- กระบวนการพรีไฮโดรลิซิล-คราฟท์ ในการทดลองที่ 4 ทำการต้มในบีกเกอร์ และใช้ชุดรีฟลักซ์แบบลูกกลม ผลการทดลองไม่เป็นที่น่าพอใจ จึงไม่นำมาทำการวิเคราะห์ต่อไป

- กระบวนการพรีไฮโดรลิซิล-โซดา ทุกการทดลอง จะทำการรีฟลักซ์โดยใช้ขวด 3 คอ ขนาด 2 ลิตร และใช้เครื่องปั่นกวนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์เซลลูโลสจากชานอ้อยมีเปลือก โดยใช้กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-คราฟท์

	การทดลองที่					
	1	2	3	4	5	6
น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)	2.0	2.0	10.0	2.0	50.0	60.0
น้ำหนักผลิตผล (กรัม)	0.62	0.66	8.68	1.11	8.88	16.66
ปริมาณผลิตผล (%)	30.78	32.81	86.87	55.72	17.76	27.76
น้ำหนักเซลลูโลส (กรัม)	1.2083 ..				0.9106	0.9368
น้ำหนักเถ้า (กรัม)	0.0406		-	-	0.0163	0.0089
ปริมาณเถ้า (%)	3.36				1.79	0.95
น้ำหนักเซลลูโลส (กรัม)					1.0236	1.0157
น้ำหนักลิกนิน (กรัม)	-		-	-	0.0154	0.0051
ปริมาณลิกนิน (%)					1.51	0.51
น้ำหนักเซลลูโลส (กรัม)	1.7460				2.0119	2.0012
ปริมาตรไทแทรนต์ (มล.)	33.40		-	-	26.85	28.65
ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส (%)	91.14				88.37	89.73

** * ***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์เซลลูโลสจากชานอ้อยไม่มีเปลือก โดยใช้กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-คราฟท์

	การทดลองที่					
	1	2	3	4	5	6
น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)	2.0	2.0	10.0	2.0	30.0	45.0
น้ำหนักผลิตผล (กรัม)	0.41	0.44	6.19	0.89	4.91	7.46
ปริมาณผลิตผล (%)	20.70	22.10	61.95	44.35	16.36	16.58
น้ำหนักเซลลูโลส (กรัม)	1.1665				0.9692	0.8289
น้ำหนักเถ้า (กรัม)	0.0377		-	-	0.0063	0.0142
ปริมาณเถ้า (%)	3.23				0.65	1.71
น้ำหนักเซลลูโลส (กรัม)					1.0422	1.0379
น้ำหนักลิกนิน (กรัม)	-		-	-	0.0017	0.0136
ปริมาณลิกนิน (%)					0.16	1.31
น้ำหนักเซลลูโลส (กรัม)	2.0100				2.0027	2.0024
ปริมาตรไทแทรนต์ (มล.)	36.65		-	-	38.10	32.25
ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส (%)	94.26				94.47	91.70

** * ***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์เซลลูโลสจากชานอ้อยมีเปลือกโดยใช้กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-โซดา

	การทดลองที่		
	1	2	3
น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)	20.0	40.0	60.0
น้ำหนักผลิตผล (กรัม)	3.02	9.43	15.65
ปริมาณผลิตผล (%)	15.12	23.58	26.08
น้ำหนักเซลลูโลส (กรัม)	0.2184	0.9235	0.8554
น้ำหนักเถ้า (กรัม)	0.0022	0.0090	0.0142
ปริมาณเถ้า (%)	1.01	0.97	1.66
น้ำหนักเซลลูโลส (กรัม)	1.0418	1.3106	1.0057
น้ำหนักลิกนิน (กรัม)	0.0190	0.0236	0.0046
ปริมาณลิกนิน (%)	1.62	1.80	1.23
น้ำหนักเซลลูโลส (กรัม)	1.9820	2.0155	2.0010
ปริมาตรไทแทรนต์ (มล.)	24.55	10.25	27.95
ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส (%)	88.92	79.69	89.34

* ** ***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์เซลลูโลสจากชานอ้อยไม่มีเปลือก โดยใช้กระบวนการพรีไฮโดรลิซิส-โซดา

	การทดลองที่		
	1	2	3
น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)	15.0	20.0	45.0
น้ำหนักผลิตผล (กรัม)	3.91	3.91	8.48
ปริมาณผลิตผล (%)	26.07	15.38	18.84
น้ำหนักเซลลูโลส (กรัม)	0.9069	0.9439	0.9235
น้ำหนักเถ้า (กรัม)	0.0075	0.0089	0.0090
ปริมาณเถ้า (%)	0.82	0.94	0.98
น้ำหนักเซลลูโลส (กรัม)	1.0219	1.0432	1.0057
น้ำหนักลิกนิน (กรัม)	0.0164	0.0109	0.0046
ปริมาณลิกนิน (%)	1.60	1.04	0.46
น้ำหนักเซลลูโลส (กรัม)	2.0071	2.0348	2.0010
ปริมาตรไทเทรนต์ (มล.)	18.25	36.45	36.40
ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส (%)	84.01	93.67	90.98

* ** ***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ * ปริมาณการไทเทรตแบบย้อนกลับ = 48.20 มล.

** ปริมาณการไทเทรตแบบย้อนกลับ = 47.50 มล.

*** ปริมาณการไทเทรตแบบย้อนกลับ = 47.40 มล.

การเตรียม CMC

ชั่งเซลลูโลสที่เตรียมได้ 10 กรัม และตวงไอโซโพรพานอล 266 มล. ใส่ลงในขวด 3 คอ ทำการตั้งเครื่องในอ่างควบคุมอุณหภูมิ กวนของผสมเป็นเวลา 5 นาทีด้วยเครื่องกวนกลความเร็วหมายเลข 4.7 หยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 30 % จำนวน 33 มล. จากกรวยแยกจนหมดในเวลา 15 นาที เซลลูโลสจะมีการพองตัวทำให้กวนลำบากขึ้น ปรับความเร็วเครื่องกวนเป็นหมายเลข 5 ชั่งกรดคลอโรแอซิติก 11.64 กรัม ละลายในไอโซโพรพานอล 33 มล. เติมลงในกรวยแยก ใช้เวลาในการเติมจากกรองแยกจนหมดในเวลา 30 นาที จากนั้นทำการลดความเร็วเครื่องกวนลงเหลือหมายเลข 4.7 ให้ความร้อนที่อ่างควบคุมอุณหภูมิจนถึง 60 °ซ ใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมิ 20 นาที จากนั้นเริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิถึง 60 °ซ นาน 4 ชม. นำของผสมมาปรับความเป็นกรดด่างให้เป็นกลางด้วยกรดน้ำส้มเข้มข้น ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสจนไม่เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน กรองสารผ่านกรวยกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 40 โดยใช้เครื่องดูด ล้างให้หมดเกลือคลอไรด์ด้วยเมทานอล 80 % อุณหภูมิ 60 °ซ จำนวน 50 มล. ทำการล้าง 6 ครั้ง ทดสอบโดยนำเมทานอลที่ล้างมาหยดด้วยสารละลายกรดไนตริก 3 นอร์มัล และสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต 0.1 นอร์มัล จนไม่เกิดตะกอนขาว ล้างอีกครั้งด้วยเมทานอลที่ปราศจากน้ำจำนวน 33 มล. แล้วดูดให้แห้ง ถ่ายลงในกระจกนาฬิกา นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 5 ชม. แล้วปล่อยให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ปริมาณ CMC ที่เตรียมได้สามารถคำนวณได้จากสูตร

ปริมาณ CMC (%) = น้ำหนัก CMC x 100 / (น้ำหนักเซลลูโลส + น้ำหนักกรดคลอโรแอซีติก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 ผลการเตรียม CMC

การทดลองที่	1	2
น้ำหนักเซลลูโลสเริ่มต้น (กรัม)	10.0	10.0
น้ำหนักกรดคลอโรแอซีติก (กรัม)	11.64	11.64
น้ำหนัก CMC (กรัม)	13.50	14.61
ปริมาณ CMC (%)	62.43	67.51

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Keller, A.G., "Bagasse". In Kirk-Othmer Encyclophedia of Chemical Technology ; 2nd ed.; John Wiley & Sons, Inc : New York, 1964 ; 36-40.

2. วิชาการเกษตร, กรม, เอกสารวิชาการเล่ม 1 -อ้อย ; งานทะเบียนและประมวลสถิติ กองแผนงาน : กรุงเทพ ฯ ; 2523 ; 11-21.

3. Nojima, Satoshi, "Bagasse Pulping Technology for Effective Utilization of Nonwood Resources" Chemical Economic & Engineering Reviews. 1985 , 17(4), 42-43.

4. Keller, A.G., "Bagasse". In Encyclophedia of Polymer Science and Technology ; John Wiley & Sons, Inc : New York, 1965 ; 296.

5. Heuser, Emil The Chemistry of Cellulose ; John Wiley & Sons, Inc : New York , 1944 ; 3-4.

6. Ott, Emit, Cellulose and Cellulose Derivatives, part 1 ; Intersciene Publishers, Inc. : New York , 1963 ; 5-6.

7. Roff, William Hjohn, Fibres, films, plastics and rubbers ; Butterworths : London , 1971 ; 139.

8. Mark, Herman, F. "Cellulose" In Kirk-Othmer Encyclophedia of Chemical Technology ; 3rd ed.; John Wiley & Sons, Inc : New York, 1979 ; 70-88.

9. Du Pont (E.I.) Nemours & Co. Sodium CMC (Carboxymethylcellulose) , basic properties ; Welmington : 1976 ; 1-4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. "Sodium Carboxymethylcellulose" In Encyclopedia of Polymer Science and Engineering ; 2nd ed. ; John Wiley & Sons, Inc : New York, 1979 ; 239-242.

11. Incorp. Cellulose Gum, Chemical and Physical Properties ; Wilmington : 1976 ; 1-2.

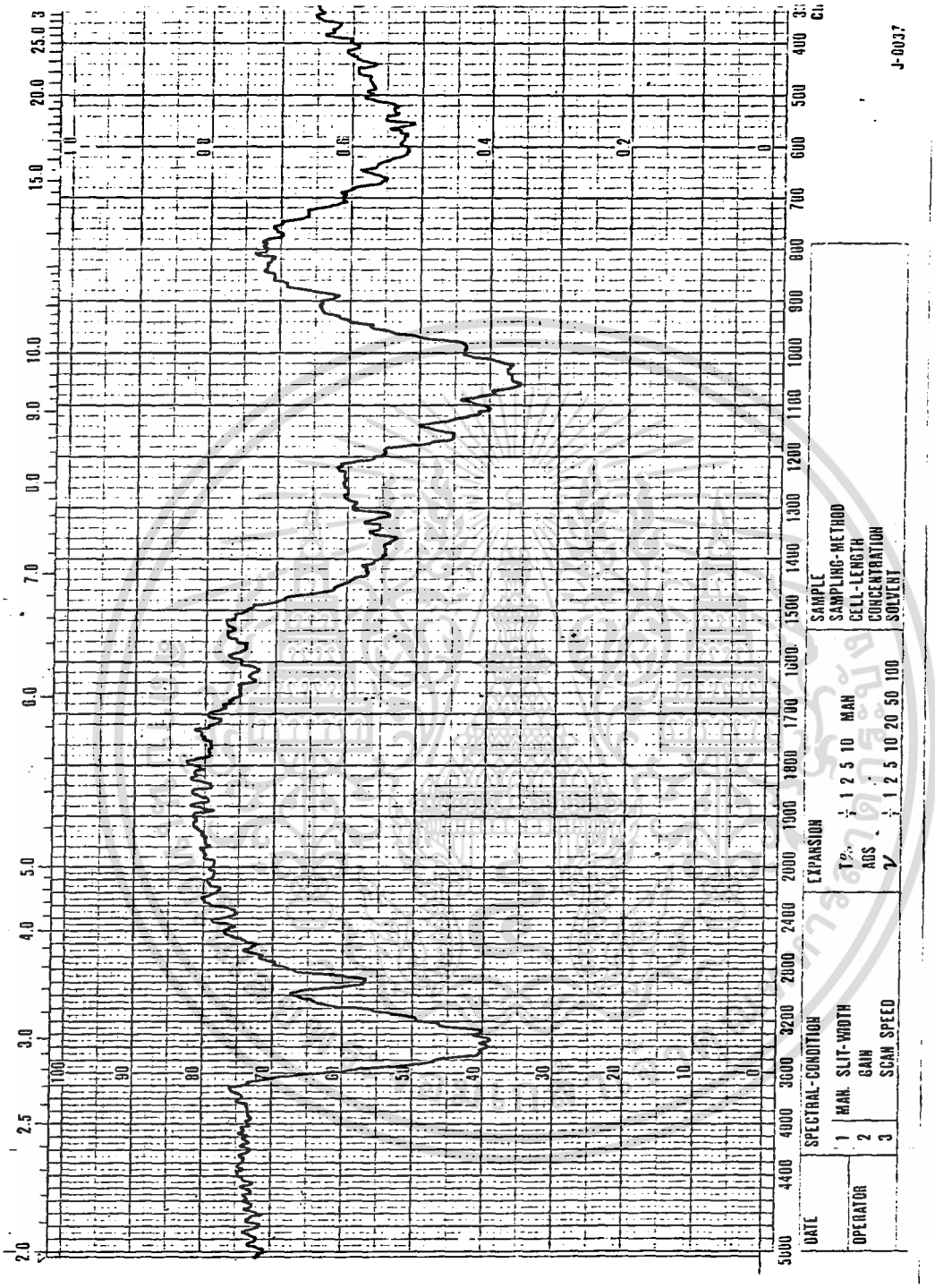
12. Fahmy, F. and Ashmawy " A New Method for Production of Viscose Rayon Pulp from Bagasse". Tappi. 1958 , 41 , 439-442.

13. Naffziger, T.R., et.al " Agricultural Residues as Raw Materials for Viscose Grade Pulp". Tappi. 1959 , 42 , 609-612.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

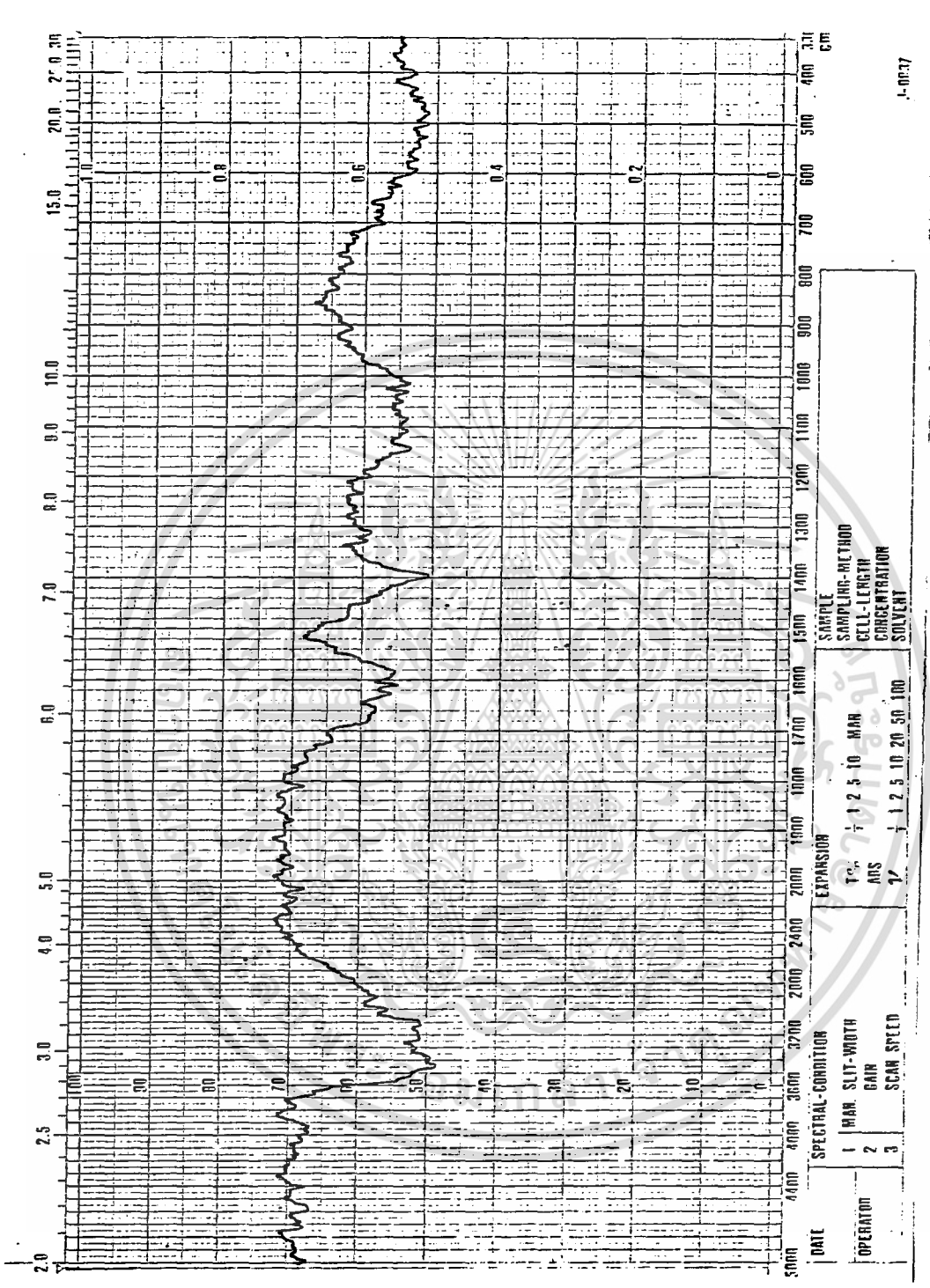
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของเซลลูโลสที่สกัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของ CMC ที่เตรียมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวรัตนา อาจสมรรถ เกิดเมื่อวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ.2509 ที่จังหวัดร้อยเอ็ด สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนบ้านกลางเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด เมื่อปี พ.ศ.2522 สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนสีตบุตรบำรุง กรุงเทพ ฯ เมื่อปี พ.ศ. 2525 สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสายปัญญา กรุงเทพ ฯ เมื่อปี พ.ศ.2528 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายอิทธิพล แจ้งชัด เกิดเมื่อวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ.2510 ที่กรุงเทพ ฯ สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนวัดโป่งแรด จังหวัดจันทบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2522 สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี เมื่อปี พ.ศ.2528. ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้