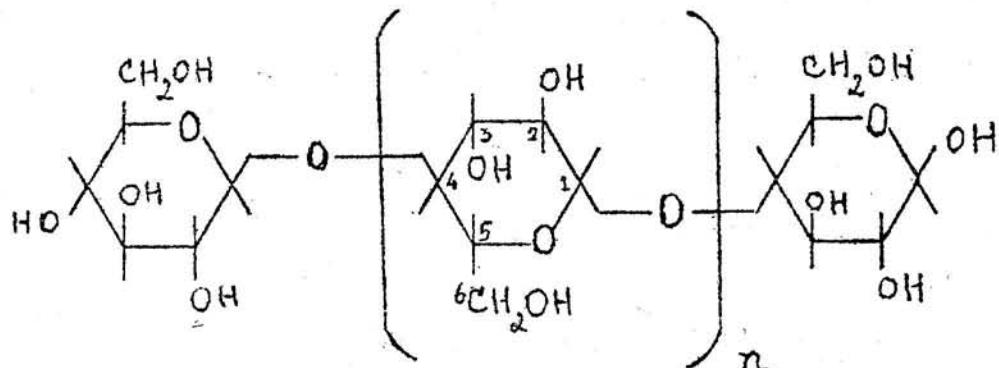


## เซลลูโลสคุณภาพสูง

เซลลูโลสเป็นสารประกอบที่มีอยู่ทั่วไปในพืชต่างๆ สูตรโครงสร้างของเซลลูโลสประกอบด้วยกลูโคสหลาย ๆ หน่วยต่อกันเข้าเป็นโพลีเมอร์ (polymer) ดังสูตรข้างล่าง

การผลิตเยื่อเซลลูโลสเพื่อทำเป็นอนุพันธุ์ของมัน จะต้องคำนึงถึงความบริสุทธิ์ของเซลลูโลสเป็นหลัก ดังกับการผลิตเยื่อเพื่อทำกระดาษซึ่งมักคำนึงถึงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเยื่อ เช่น ความเหนียว ความขาว



แต่ละหน่วยย่อยของเซลลูโลสเรียกว่า แอนไฮโดรกลูโคส (Anhydroglucose C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>) เพราะเกิดจากการอาณ้ำออกจากรูโคส (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) ในแต่ละแอนไฮโดรกลูโคสมีอนุมูล OH ๓ หมู่ อนุมูล OH เหล่านี้เป็นตัวที่จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นให้เกิดเป็นอนุพันธุ์ของเซลลูโลสที่มีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมอย่างไรก็ตามเซลลูโลสที่ใช้ทำอนุพันธุ์ของมันได้นั้นจำเป็นจะต้องมีคุณภาพสูงและมีสีเงาปนอยู่น้อย ต่างกับเซลลูโลสที่ใช้ทำเยื่อกระดาษซึ่งมีสีเงาปนอยู่มากกว่า

เซลลูโลสคุณภาพสูงเป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตอนุพันธุ์ต่างๆ ของเซลลูโลส เช่น คาร์บอฟิเบอร์มีเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose หรือ CMC) ซึ่งเป็นส่วนผสมสำคัญในผงซักฟอกยาสีฟัน และครีมต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้เซลลูโลสคุณภาพสูงยังใช้ทำเซลลูโลสอะเซตेट (cellulose acetate) เซลลูโลสไนเตรต (cellulose nitrate) และอนุพันธุ์อื่นๆ ได้อีกด้วย

เป็นต้น กรรมวิธีผลิตเยื่อเซลลูโลสเพื่อทำเป็นอนุพันธุ์เซลลูโลสมีอยู่ ๒ กรรมวิธีที่เหมาะสมและเป็นที่นิยมกันมาก คือกรรมวิธีแอซิดชัลไฟต์ (acid sulfite process) และกรรมวิธีที่ปรีไอโตรไรซีสก่อน แล้วจึงตามด้วยกรรมวิธีคราฟท์ (ชัลเฟต) [kraft (sulphate) process] หรือกรรมวิธีโซดา (soda process) กรรมวิธีแอซิดชัลไฟต์เป็นกรรมวิธีที่ใช้ได้สำหรับไม้ยืนต้น เช่น ไมสน แล้วไม้ยูคาลิปตัส เป็นต้น แต่ยังไม่เคยมีรายงานการผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูงโดยกรรมวิธีแอซิดชัลไฟต์จากพืชไว้หรือวัสดุเหลือทั้งทางการเกษตร เลย ในทางตรงกันข้ามรายงานการผลิตเซลลูโลสโดยกรรมวิธีที่ต้องผ่านปรีไอโตรไรซีสก่อนมีอยู่มากมาย ไม่ว่าจะทำจากวัตถุดิบประเภทพืชไว้หรือวัสดุเหลือทั้งทางการเกษตรหรือไม้ยืนต้นก็ตาม เซลลูโลสที่ผลิตได้โดยกรรมวิธีที่ต้องผ่านปรีไอโตรไรซีสเป็นเซลลูโลสที่มีความบริสุทธิ์สูงและมีความไวต่อปฏิกิริยาดี เหมาะสมแก่การใช้ทำอนุพันธุ์ ต่อไปได้มาก การผลิตเซลลูโลสโดยกรรมวิธีที่ต้องผ่านปรีไอโตรไรซีสนั้นคือ ขั้นแรก

ต้มด้วยน้ำหรืออาจเติมกรดเกลือ (HCL) หรือกรดกำมะถัน ( $H_2SO_4$ ) ลงไปด้วยเล็กน้อยก็ได้ แล้วจึงต้มอีกครั้งด้วยน้ำยาตามกรรมวิธีคราฟท์หรือกรรมวิธีโซดา

เยื่อเซลลูโลสที่ได้จากการผลิตโดยกรรมวิธีที่ต้องผ่านปริโภคไรซีส หรือกรรมวิธีอื่น ๆ ยังมีสิ่งเจือปนอยู่และมักมีสีเข้ม เซลลูโลสที่จะใช้ทำอนุพันธุ์ได้จำเป็นจะต้องผ่านการฟอกสีเพื่อให้มีความบริสุทธิ์และความขาวสูงขึ้น การฟอกเยื่อเซลลูโลสในอุตสาหกรรมมักทำเป็นหลายขั้นตอนและใช้สารเคมีต่าง ๆ กัน เช่น ฟอกโดยใช้คลอริน โซดาไฟ โซเดียม หรือคลเซียมไฮโปคลอไรท์ คลอรินไดออกไซด์ และโซเดียมหรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น

คุณภาพของวัตถุดิบที่จะใช้ผลิตเซลลูโลสขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางเคมีของมันเป็นสำคัญ วัตถุดิบที่จะใช้ผลิตเซลลูโลสได้ดีนั้นควรมีปริมาณเอลลิฟ่าเซลลูโลส ( $\alpha$ -cellulose) สูงและมีสิ่งเจือปนต่าง ๆ เช่น ลิกนิน (lignin) เศ้า (ash) และเป็นโตซาน (pentosan) ต่ำ ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์วัตถุดิบเบรียบเที่ยวกันแล้ว เราอาจบอกได้ว่าวัตถุดิบใดมีคุณภาพดีกว่าและน่าจะใช้ในการผลิตเซลลูโลสได้ อย่างไรก็ตาม ความหมายของวัตถุดิบในแง่เศรษฐกิจและสังคมเป็นเรื่องที่สำคัญกว่า วัตถุดิบที่เหมาะสมจะต้องมีราคาถูก สามารถเก็บรวบรวมได้ง่ายในปริมาณที่มากพอสำหรับน้อนโรงงานได้อย่างสม่ำเสมอและถ้าหากมีความจำเป็น ก็จะต้องปลูกขึ้นใหม่ได้โดยง่ายด้วย พิชไร์ต่าง ๆ ที่เข้าข่ายความต้องการนี้และมีคุณภาพดีสำหรับผลิตเซลลูโลส ได้มีหลายชนิด เช่น

ต้นข้าวโพด เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีอยู่มาก ปริมาณต้นข้าวโพด คำนวณได้จากผลผลิตข้าวโพด ๒,๘๖๓,๐๐๐ ตัน ในปี ๒๕๑๘/๑๙ โดยถือว่าหนั่นต้นข้าวโพดต่อข้าวโพดเป็น ๑ ต่อ ๑ จะนั้นจะมีต้นข้าวโพดทั้งหมดประมาณ ๒,๘๖๓,๐๐๐ ตัน แต่เนื่องจาก

มีการใช้ต้นข้าวโพดเป็นพื้นและแต่เดิมในไวเช่นเดียว กับต้นข้าวซึ่งมีผู้ประเมินไว้ว่าเหลือเพียงร้อยละ ๔๐ ตั้งนี้จะมีต้นข้าวโพดเหลือ ๑,๗๗๑,๕๐๐ ตัน ราคากลางต้นข้าวโพดเหลือทั้งอาจประเมินได้จากค่าจ้างในการเก็บรวบรวมและค่าขนส่ง ซึ่งตกลงมาณกิโลกรัมละ ๐.๕๐ บาท เมื่อพิจารณาในแง่คุณภาพจะเห็นว่าต้นข้าวโพดเป็นวัตถุดิบที่มีคุณภาพดีมีอัลฟ่าเซลลูโลสสูง ๗๙ ลิกนินร้อยละ ๑๙ เด้าร้อยละ ๕ และเป็นโตซานร้อยละ ๒๙ นอกจากนี้ยังมีรายงานในต่างประเทศแจ้งว่าต้นข้าวโพดใช้ผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูงได้

แกนปอแก้ว ในการผลิตกลิบปอแก้วจะมีแกนปอแห้งเหลือทิ้งอย่างน้อย ๓ เท่าของกลิบปอ จากตัวเลขนี้ และปริมาณผลผลิตกลิบปอ ๑๘๓,๐๐๐ ตัน ในปี ๒๕๑๘/๒๐ คำนวณปริมาณแกนปอเหลือทิ้งได้ ๕๕,๐๐๐ ตัน เนื่องจากขณะนี้แกนปอแก้วเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ยังไม่ได้นำไปใช้ทำประโยชน์แต่อย่างใด ปริมาณที่มีอยู่จึงถือได้ว่ามากเกินพอทั้งๆ ที่แกนปอจัดว่าเป็นวัตถุดิบราคาถูก ประเมินได้จากค่าจ้างในการเก็บรวบรวมและค่าขนส่งกิโลกรัมละประมาณ ๐.๕๐ บาท ในแง่คุณภาพทางเคมี แกนปอแก้วประกอบด้วยอัลฟ่าเซลลูโลสสูง ๙๙ ลิกนินร้อยละ ๑๑ เด้าร้อยละ ๒ และเป็นโตซานร้อยละ ๒๓ ตัวเลขเหล่านี้ให้เห็นว่าแกนปอแก้วเป็นวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี

ชาโน้อบ เป็นผลผลิตได้จากโรงงานน้ำตาล ถึงแม่ว่าชาโน้อบส่วนใหญ่จะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงถึงร้อยละ ๙๐ และใช้สำหรับผลิตกระดาษบังก์ตาม ปริมาณชาโน้อบก็จะยังมีเหลือพอสำหรับทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ได้ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์น้ำมันด้วย ถ้าราคาน้ำมันแพงกว่าบีบูบันมากโรงงานน้ำตาลอาจต้องใช้ชาโน้อบเป็นเชื้อเพลิงถึงร้อยละ ๑๐๐ ในกรณีนี้จะถือว่าชาโน้อบเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมไม่ได้

และจำเป็นจะต้องใช้วัตถุนิยมอื่นแทนซึ่งอาจทำได้ เช่น ดันข้าวโพดและแกนปอแก้ว เป็นต้น ในเมืองราษฎร์ชานอ้อยนับว่าเป็นวัตถุนิยมที่มีราคาถูกมาก ขณะนี้ โรงงานอุตสาหกรรมกระดาษไทยซื้อชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลในราคากิโลกรัมละ ๐.๒๐ บาท ซึ่งเป็นราษฎร์สั่งของโรงงานที่บ้านโน่น นอกจากนี้ชานอ้อยยังเป็นวัตถุนิยมที่มีคุณภาพทางเคมี และด่างประเภทได้ประสมผลสำเร็จจากการใช้ชานอ้อยในการผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูงมาแล้ว

**หญ้าขาว** เป็นวัตถุนิยมที่น่าสนใจมาก เพราะเป็นวัชพืชที่ขึ้นง่าย โดยเร็วและสามารถเก็บรวบรวมได้ในແນกภาคกลางถึง ๑๐๐,๐๐๐ ตันต่อปี ในจำนวนนี้ใช้เป็นวัตถุนิยมสำหรับผลิตกระดาษประมาณ ๕๕,๔๐๐ ตันต่อปี ฉะนั้นยังคงมีเหลือมากถึง ๕๕,๖๐๐ ตันต่อปี เนื่องจากหญ้าขาวเป็นวัชพืชและมีอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงเป็นวัตถุนิยมที่มีราคาถูกและค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ในช่วงปี พ.ศ. ๒๕๑๘-๒๕๒๐ โรงงานกระดาษบางปะอินซื้อหญ้าขาวในราคากิโลกรัมละ ๐.๔๖ บาท ราคานี้เป็นราษฎร์สั่งของโรงงาน นอกจากนี้หญ้าขาวยังเป็นวัตถุนิยมที่มีคุณภาพทางเคมี เพราะมีปริมาณอัลฟ่าเซลลูโลสมากถึงร้อยละ ๔๕

**เศษปอ** แหล่งของเศษปอมีอยู่ ๒ แห่ง คือ โรงงานทอกระสอบบ้านและโรงงานอัดปอ เศษปอจากแหล่งทั้งสองนี้แยกได้เป็น เศษปอทั้ง ปอฟอย และปอยู่สำหรับเศษปอทั้งทางโรงงานไม่ได้ใช้ทำกระดาษอะไรเลย ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเผาทิ้งด้วย อย่างไรก็ตามเศษปอทั้งก็ไม่อาจนำมาใช้ทำเซลลูโลสคุณภาพสูงได้ เพราะมีเล้าสูงมากถึงร้อยละ ๑๙ ถึงแม้ว่าเล้าจำนวนหนึ่งจะเกิดจากเศษดินทรีย์ที่ติดมา แต่เศษปอที่ผ่านการแยกดินทรีย์ออกด้วยตระแกรงขนาด ๔ เมชแล้ว ก็ยังมีเล้าสูงถึงร้อยละ ๑๐ ส่วนที่ผ่านตระแกรงขนาด

๑๘ เมช มีเล้าสูงถึงร้อยละ ๓๓ ซึ่งเกิดจากดินทรีย์เป็นส่วนใหญ่

เศษปอฟอยและปอยู่ เป็นเศษปอที่สะอาดกว่า เศษปอทั้งมาก และมีคุณสมบัติคล้ายๆ กับปอฟอยแต่เส้นใยขาดและยุ่งเท่านั้น ข้อเสียไม่เป็นอุปสรรคในการใช้ทำเซลลูโลสคุณภาพสูงเลย เศษปอฟอยและปอยู่มีปริมาณเหลือมากถึงประมาณ ๓๖,๐๐๐ ตันต่อปี และสามารถซื้อจากโรงงานทอกระสอบบ้านและโรงงานอัดปอในราคากิโลกรัมละประมาณ ๑.๐๐ บาท ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเศษปอฟอยและปอยู่เป็นวัตถุนิยมที่น่าสนใจ

เส้นใยติดเมล็ดนุ่นและฝ้าย เป็นวัตถุนิยมที่น่าสนใจเพราะมีส่วนประกอบทางเคมีที่ไม่แตกต่างกับปุ๋ยนุ่นและปุ๋ยฝ้ายมากนัก จะต่างกันก็แต่เพียงคุณสมบัติทางฟิสิกส์เท่านั้น คือ เส้นใยสันกว่า ข้อแตกต่างนี้ถึงแม้ว่าจะสำคัญมากในการใช้เส้นใยในอุตสาหกรรมสิ่งทอแต่ในเบื้องการทำเซลลูโลสคุณภาพสูง ความสันຍາວของเส้นใยแทบไม่มีผลต่างเลย การผลิตเซลลูโลสจากเศษนุ่นและฝ้ายยังไกว่าการผลิตจากวัตถุนิยมประเภทไม่หรือพืชอื่น ๆ มาก เศษนุ่นและฝ้ายสามารถทำให้บริสุทธิ์ได้โดยการต้มกับต่าง ๒-๕% ที่ ๑๓๐-๑๗๐ ° ซ. เป็นเวลานาน ๒-๖ ชั่วโมง

ราคามูลค่าต่ำนุ่นและฝ้ายที่เกษตรกรได้รับเพียงกิโลกรัมละ ๐.๒๖ บาท และ ๑.๕๗ บาท ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมล็ดนุ่นและฝ้ายมีประโยชน์ที่สำคัญอย่างอื่น เช่น การสกัดน้ำมันและทำอาหารสัตว์ไม่ใช่เพื่อการนำไปใช้ที่เหลือติดอยู่มาใช้ ดังนั้นการใช้เส้นใยจากเมล็ดนุ่นและฝ้ายคงเสียค่าใช้จ่ายแค่การเก็บรวบรวมและการขนส่งซึ่งประเมินได้ประมาณกิโลกรัมละ ๐.๔๐ บาท เท่านั้น

เป็นที่ทราบกันว่าเมล็ดฝ้ายประกอบด้วยปุ๋ยฝ้ายประมาณร้อยละ ๑๐-๑๕ จากตัวเลขนี้และปริมาณผลผลิตปุ๋ยฝ้ายในปี ๒๕๑๘/๑๙ ประมาณ ๒๙,๐๐๐ ตัน

คำนวนหาปริมาณเมล็ดผ้ายได้ประมาณ ๒๕๐,๐๐๐ ตันต่อปี เนื่องจากเมล็ดผ้ายยังมีเส้นใยเหลือติดอยู่อีกประมาณร้อยละ ๑ ดังนั้นปริมาณเส้นใยติดเมล็ดผ้ายจึงมีอยู่ประมาณ ๒,๕๐๐ ตันต่อปี ปริมาณเส้นใยติดเมล็ดนุ่นคำนวนได้ในทำนองเดียวกันและมีอยู่ประมาณ ๙,๖๐๐ ตันต่อปี จากตัวเลขนี้จะเห็นว่าปริมาณเส้นใยติดเมล็ดนุ่นและผ้ายคงมีมากพอ

เศษกระดาษและเศษผ้าใบ เนื่องจากกระดาษและผ้าใบเป็นวัตถุดิบที่ได้ผ่านการทำให้บริสุทธิ์มาขั้นหนึ่งแล้ว ดังนั้นจึงคาดว่าการใช้เศษกระดาษและเศษผ้ายเป็นวัตถุดิบคงจะไม่มีบัญหาในเรื่องคุณภาพทางเคมี บัญหานาฬิกาขาดแคลนวัตถุดิบก็คงไม่เกิดขึ้นด้วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของเศษกระดาษ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้กระดาษมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ราคากำลังของสิ่งของงานอุตสาหกรรมกระดาษไทย ปัจจุบัน ขณะนี้กิโลกรัมละ ๒.๐๐ บาท ราคานี้ถือแม้ว่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอย่างอื่น แต่ก็ไม่สูงมากจนเกินไป ส่วนราคาเศษผ้ายยังหาตัวเลขที่แน่นอนไม่ได้ แต่คาดว่าคงไม่แพงกว่าเศษกระดาษมากนัก

จากที่กล่าวมาแล้วสรุปได้ว่า วัตถุดิบสำหรับผลิตเซลลูโลสที่เหมาะสมมากที่สุดคือวัตถุดิบกระดาษและเศษผ้าใบ ซึ่งมีหลายชนิด เช่น ตันข้าวโพด แกนปอแก้ว ชานอ้อย หญ้าขารอบ เศษปอ เส้นใยติดเมล็ดนุ่นและเมล็ดผ้าย เศษกระดาษและเศษผ้าย โดยเหตุว่าวัตถุดิบที่เหมาะสมสมมูลย์ชนิด ทำให้โอกาสที่จะใช้วัตถุดิบต่างชนิดแทนกันได้มีมากขึ้น บัญหานาฬิกาขาดแคลนวัตถุดิบจึงน้อยลง

กรมวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูงจากวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวคือแกนปอแก้วจากการทดลองเปลี่ยนอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการต้ม ๒๕ ตัวอย่าง ได้ผลว่าการต้มแกนปอแก้วโดยกรรมวิธีแอชิดปรีไซโตรีไซส์คราฟท์ ให้เซลลูโลสคุณภาพสูงที่

มีปริมาณอัลฟ่าเซลลูโลสร้อยละ ๙๓-๙๕ เจ้าร้อยละ ๐.๑-๐.๔ เป็นโตชานร้อยละ ๑.๙-๒.๓ ความขาวส่วนร้อยละ ๘๙-๙๔ (Elrepho) และผลผลิตร้อยละ ๒๖-๒๙ กระบวนการผลิตที่เหมาะสมคือ แอชิดปรีไซโตรีไซด์สตั๊ดเกรลล์ร้อยละ ๑.๕ ของน้ำหนักแกนปอที่อุณหภูมิ ๑๒๐-๑๒๕ ° ซ. นาน ๓ ชั่วโมงแล้วตามด้วยการต้มแบบคราฟท์ที่อุณหภูมิ ๑๖๐ ° ซ. นาน ๓ ชั่วโมงในน้ำยาที่มีซัลฟิดต์ (sulfidity) ร้อยละ ๑๐-๓๐ และตัวฟอลคาไล (active alkali) ร้อยละ ๑๕ และโตกอลอล卡ไล (total alkali) ร้อยละ ๒๐

ประเทศไทยน่าจะมีการส่งเสริมการผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูงเพื่อใช้ในการผลิตอนุพันธุ์ของเซลลูโลสที่มีประโยชน์ทางอุตสาหกรรมต่อไป อนุพันธุ์ของเซลลูโลสที่มีประโยชน์ตัวหนึ่งคือ การบอกซีเมทิล-เซลลูโลส หรือ ซีเอ็มซี สารตัวนี้ใช้ในอุตสาหกรรมหลาภยนิด เช่น ผงซักฟอก ยาสีฟัน และครีมต่างๆ วัตถุดิบภายในประเทศไทยมีอยู่มากมายและมีหลาภยนิดที่อาจใช้สำหรับผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูงได้ เช่น ต้นข้าวโพด แกนปอแก้ว ชานอ้อย หญ้าขารอบ เศษปอ เส้นใยติดเมล็ดนุ่นและเมล็ดผ้าย เศษกระดาษและเศษผ้าย เป็นต้น วัตถุดิบเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ยังมิได้ใช้ทำประโยชน์อย่างเต็มที่ ดังนั้นการผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูงจึงเป็นทางหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาวัตถุดิบเหล่านี้ให้เป็นประโยชน์มากขึ้นได้

จากการทดลองผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูงจากแกนปอแก้ว ปรากฏว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจมากเซลลูโลสจากแกนปอแก้วมีความบริสุทธิ์สูง และมีแนวโน้มที่จะใช้ในการผลิตซีเอ็มซีได้เป็นอย่างดี การผลิตสามารถทำได้ด้วยวิธีการที่ไม่ยุ่งยากนัก และสารเคมีที่ใช้ส่วนใหญ่เราผลิตได้เองภายในประเทศ เช่น กรดเกรลล์ โซดาไฟโซดาแอกซ์ คลอริน และผงฟอกสี  $[Ca(OCl)_2]$  เป็นต้น □