บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สมมุติฐานของโครงการวิจัย

พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) คือพลาสติกที่ย่อยสลายได้โดยเกิดจากวัสดุทางธรรมชาติซึ่งสามารถผลิตทดแทนได้ซึ่ง สามารถเตรียมได้โดย

Biopolymer + plasticizer + other additive = BIOPLASTIC

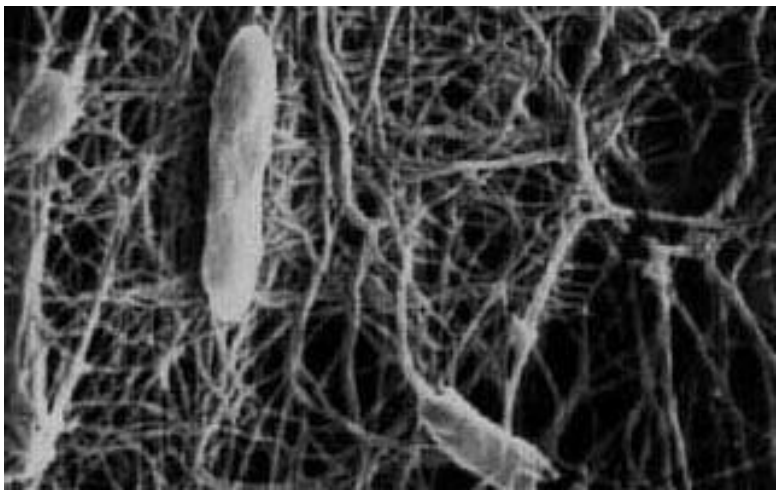
ในกระบวนการผลิตพลาสติกชีวภาพเกิดจากการใช้สารละลายไบโอโพลิเมอร์ ซึ่งได้จากสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเช่น แป้ง น้ำตาล ส่วน plasticizer เป็นสารที่ใส่ในไบโอโพลิเมอร์หรือผลิตภัณฑ์พลาสติกเพื่อลดจุดหลอมที่ทำให้เกิดการไหล (flexing temperature) ของพลาสติกทำให้เม็ดพลาสติกมีความยืดหยุ่นและอ่อนนุ่มขึ้น สะดวกต่อการดึง รีด ฉาบ ได้แก่ sorbitol หรือ glycerol

นอกจากนี้ยังสามารถผลิตพลาสติกชีวภาพจากเซลลูโลส ซึ่งได้จากเส้นใยพืชหรือแบคทีเรียที่สร้างเซลลูโลสได้ซึ่งสามารถทำได้โดย การเกิดปฏิกริยา ออกซิเดชั่นกับ สาร hypochlorite หรือ H_2O_2 ซึ่งจะได้ 6- CH_2OH ซึ่งเป็นกลุ่มของ D- glucose โดยมี เจลลาติน เป็นตัวประสารให้เกิด cross link polymer

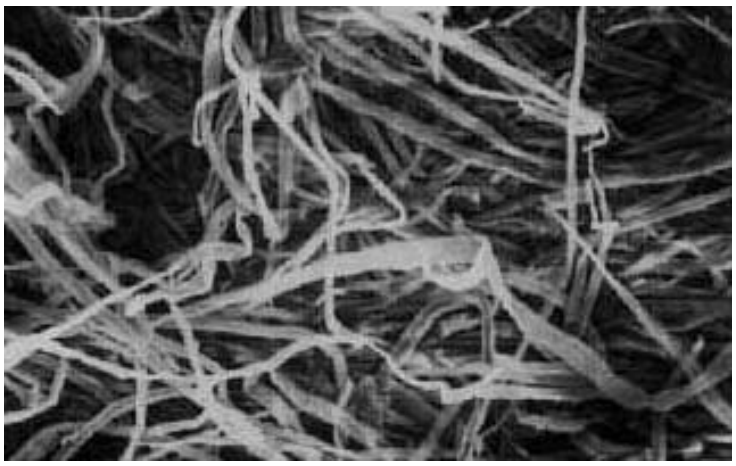
พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) หรือพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้ (Biodegradable plastic) หมายถึงพลาสติกที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติเป็นพืช สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ (biodegradable) ช่วยลดปัญหามลพิษในสิ่งแวดล้อม วัสดุธรรมชาติที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพมีหลายชนิด เช่น cellulose collagen casein polyester แป้ง (starch) โปรตีนจากถั่ว และข้าวโพด เป็นต้น และในบรรดาวัสดุธรรมชาติทั้งหลาย แป้ง นับว่าเหมาะสมที่สุด เพราะมีจำนวนมากและราคาถูก เนื่องจากสามารถหาได้จากพืชชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี มันฝรั่ง มันเทศ มันสำปะหลัง หรือแม้แต่วัชพืช และนอกจากนี้ยังสามารถผลิตได้จากแบคทีเรียที่สามารถสร้างเซลลูโลสได้เช่นกัน

แบคทีเรียผลิตเซลลูโลส (Bacterial cellulose) แบคทีเรียที่ผลิตกรดน้ำส้ม *Acetobacter* สร้างขึ้นจากการหมักน้ำมะพร้าวหรือน้ำหรือพืช ผลไม้ หรือเรียกว่าวุ้นสวรรค์ หรือนำไปประยุกต์ใช้เป็นพลาสติกชีวภาพหรือกระดาษได้

2.1.1 ลักษณะเฉพาะของ *Acetobacter xyilnum Acetobacter* หรืออีกชื่อหนึ่งเรียกว่า อะซิติกแอซิดแบคทีเรีย (acetic acid bacteria) เป็นจีนัสหนึ่งซึ่งเซลล์มีรูปร่างกลมรีหรือรูปท่อน ขนาดกว้าง 0.6 – 0.8 ไมครอน ยาว 1.0 – 3.0 ไมครอน อยู่เดี่ยว ๆ เป็นคู่หรือเป็นสายยาว บางสปีชีส์มีรูปร่างไม่แน่นอน เช่น กลม ยาว รูปถ้วย โค้ง หรือแตกสาขา บางชนิดเคลื่อนที่ได้โดยอาศัย pertichausflagella ไม่สร้างเอนโดสปอร์ (endospore) เซลล์ที่ยังอ่อนอยู่ย้อมติดสีแกรมลบ ส่วนเซลล์แก่จะย้อมติดสีไม่แน่นอนลักษณะสำคัญของ *Acetobacter* คือต้องการอากาศ (strict aerobe) ในการเจริญเติบโตสามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 5 – 42 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิเหมาะสมที่ 30 องศาเซลเซียส และต้องการอาหารที่มีความเป็นกรดด่างระหว่าง 5.4 – 6.3 มีค่า G+C content ของ DNA อยู่ในช่วงร้อยละ 55 – 64 โมลจะมีเอนไซม์ตาเลส (catalase) เส้นใยมีขนาดเล็กมาก คือ หนาประมาณ 3 – 4 นาโนเมตร กว้าง 60 – 80 นาโนเมตร และยาวประมาณ 180 – 960 นาโนเมตรจากการที่เส้นใยมีขนาดเล็กมาก ดังนั้นจึงทำปฏิกิริยากับสารเคมีต่าง ๆ ได้ดีเส้นใยไม่มีเฮไมเซลลูโลส ลิกนิน และเพคตินเจือปนแล้วเส้นใยนี้มีความเป็น Hydrophilic สูง อุ้มน้ำได้ 60 - 700 เท่าของน้ำหนักแห้งเส้นใยมีลักษณะใส เส้นใยทนต่อแรงดึงได้สูงกว่าไฟเบอร์สังเคราะห์ต่างๆ สามารถใช้สารตั้งต้นที่มีราคาถูก หาง่าย-สามารถควบคุมคุณสมบัติทางกายภาพได้ตามที่ต้องการ



ภาพที่ 2.1 เซลลูโลสจากแบคทีเรีย

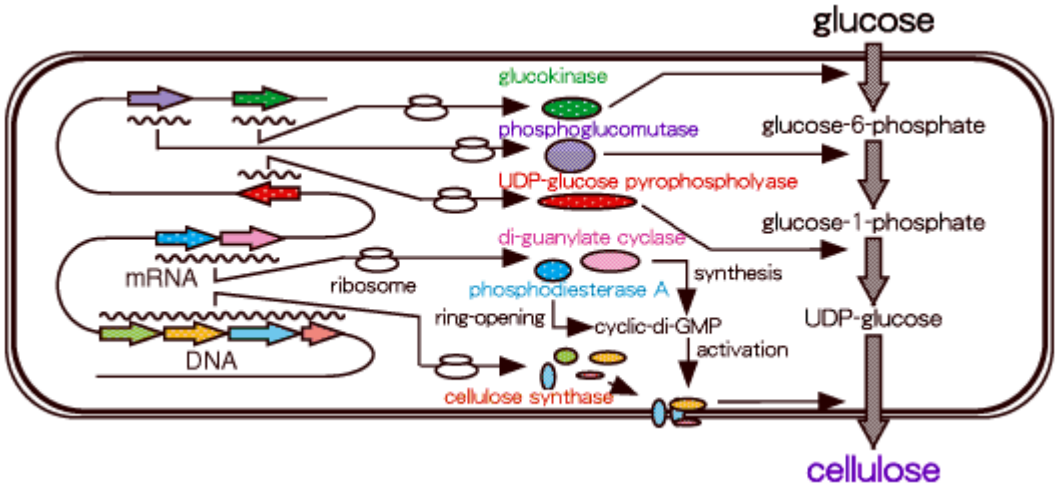


ภาพที่ 2.2 เซลลูโลสจากจากพืช

ที่มา :http://www.res.titech.ac.jp/~junkan/english/cellulose/

แบคทีเรียใน Genus Acetobacter เช่น Acetobacter xylinum โดยเส้นใยเซลลูโลสที่ได้จากแบคทีเรีย (Bacterial cellulose) มีโครงสร้างและคุณสมบัติเฉพาะที่แตกต่างจากเส้นใยเซลลูโลสจากพืชใน ขณะนี้ได้มีการศึกษาถึงการนำเส้นใยเซลลูโลสจากแบคทีเรียมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ และได้มีการวิจัยถึงการเพิ่มผลผลิตในระดับอุตสาหกรรมเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภค

เชื้อ Acetobacter สามารถผลิตเส้นใยเซลลูโลส โดยเส้นใยเหล่านี้จะเจริญอยู่บริเวณผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว (liquid culture) ซึ่งถ้าเปรียบเทียบโครงสร้างและ pathway ของการสังเคราะห์พบว่าเส้นใยจากแบคทีเรียจะประกอบด้วยเส้นใยเล็ก ๆ มากมายเชื่อมกันเป็นร่างแห ซึ่งต่างจากเส้นใยจากพืช



ภาพที่ 2.3 กลไกการผลิตเซลลูโลสของแบคทีเรีย

ที่มา: http://www.res.titech.ac.jp/~junkan/english/cellulose/

2.2 กระบวนการคอมพาวดิ้ง (Compounding)

กระบวนการคอมพาวดิ้ง เป็นเทคโนโลยีที่สำคัญและจำเป็นในการปรับสมบัติทางกายภาพและทางกลให้พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพแสดงปรากฏการณ์การไหลและการก่อตัวได้ดี รวมทั้งมีความยืดหยุ่น แก้ปัญหาเรื่องความเปราะบาง เพื่อให้เข้าใกล้กับสมบัติเด่นของพลาสติกที่มาจากปิโตรเคมีที่เราคุ้นเคยกันดี โดยเฉพาะให้ใกล้เคียงกับพอลิเอทธิลีนหรือพอลิโพรพิลีนให้มากที่สุด โดยการผสมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่นหรือการเติมสารเติมแต่ง (additive) เช่น พลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) สารช่วยผสม (compatibilizer) ฟิลเลอร์ (filler) สารเสริมแรง (reinforcing agent) สารก่อผลึก(nucleating agent) เป็นต้นนอกจากนี้ยังมีสารเติมแต่งบางชนิดที่ใส่เพื่อลดต้นทุนการผลิต หรือเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากการใช้สารเติมแต่งอีกชนิดหนึ่ง การผสมสารเติมแต่งชนิดต่างๆ ลงไปในโพลิเมอร์เรียกว่า โพลิเมอร์คอมพาวดิ้ง (polymer compounding) ซึ่งจะต้องทำให้สารเติมแต่งกระจายตัวในโพลิเมอร์อย่างสม่าเสมอ สารเติมแต่งมีทั้งสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ ซึ่งสามารถจำแนกตามหน้าที่การทำงานได้ 5 ประเภทดังต่อไปนี้

2.2.1 สารดัดแปรสมบัติเชิงกล (mechanical property modifiers)

2.2.2 สารดัดแปรสมบัติทางเคมี (chemical property modifiers)

2.2.3 สารดัดแปรเพื่อความสวยงาม (aesthetic property modifiers)

2.2.4 สารดัดแปรสมบัติที่พื้นผิว (surface property modifiers)

2.2.5 สารดัดแปรสาหรับกระบวนการผลิต (processing modifiers)

2.3 กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ (Processing)

การนำเม็ดพอลิเมอร์ที่ผ่านกระบวนการคอมพาวดิ้ง และการผสมแล้วมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยกระบวนการขึ้นรูปต่างๆ ได้แก่ การฉีด (injection molding) การอัดรีด (extrusion) การเป่าภาชนะกลวง (blow molding) การขึ้นรูปด้วยความร้อน (thermoforming) การอัดขึ้นรูป (compression molding) เป็นต้น

2.3.1 การอัดรีดแบบแผ่น (Sheeting)

พลาสติกจะถูกอัดผ่านลูกกลิ้งที่ร้อน 2 ลูก ถ้าแผ่นพลาสติกมีความหนาน้อยกว่า 0.25 มิลลิเมตรจะได้แผ่นฟิล์ม โดยแผ่นฟิล์มนี้สามารถผลิตได้จากการอัดรีดแบบเป่าหรือ tubular (blow or tubular extrusion)

2.3.2 การอัดรีดแบบเป่า (Blow extrusion)

การอัดรีดแบบเป่าใช้สาหรับผลิตฟิล์มและถุงพลาสติก โดยเม็ดพลาสติกจะถูกหลอมเหลวด้วยความร้อนและถูกดันผ่านช่องที่มีลักษณะวงแหวน แล้วใช้ลมเป่าตรงกลางภายในเพื่อให้พลาสติกเกิดการขยายตัว และมีการดึงอย่างต่อเนื่องในแนวตั้งได้เป็นฟิล์มบางที่มีลักษณะเป็นท่อยาว เมื่อแผ่นฟิล์มเย็นลงจะถูกป้อนผ่านลูกกลิ้งเพื่อทาให้แบนก่อนถูกม้วนเก็บ แผ่นฟิล์มที่ได้จะนำมาตัดและปิดบริเวณก้นถุงให้ได้ขนาดตามต้องการหรือหากกรีดคลี่ออกจะได้แผ่นฟิล์ม

2.3.3 การฉีดเข้าแม่พิมพ์ (Injection moulding)

พลาสติกจะถูกหลอมเหลวแล้วอัดผ่านหัวฉีดไปยังแม่พิมพ์โดยใช้แรงดันด้วยระบบลูกสูบ เมื่อพลาสติกเย็นตัวจะแข็งตัวตามรูปทรงในแม่แบบ จากนั้นเปิดแม่แบบออกแล้วนำชิ้นงานไปตัดตกแต่งต่อไป ใช้สำหรับทำถัง ตะกร้า จาน ชาม เป็นต้น

2.4 การเตรียมหัวเชื้อ *Acetobacter xylinum*

เตรียมกากน้ำตาล 200 มิลลิลิตร ที่มีการเจือจางให้มีค่าของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solid; TSS) 12° Brix (โดยเจือจางกากน้ำตาลปริมาตร 37 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 163 มิลลิลิตร ซึ่งกากน้ำตาลเริ่มต้น มีค่าของแข็งที่ละลายได้และค่าความเป็นกรด -ด่าง

(pH) เท่ากับ 65 ° Brix และ 6.0 ตามลำดับ) เติมแอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_4)_2SO_4$) 0.5 % (น้ำหนัก/ปริมาตร) นำไปต้มฆ่าเชื้อด้วยความร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วปรับค่าความเป็นกรด -ด่าง (pH) ให้ได้ 4.5 ด้วยกรดอะซิติก นำไปใส่ในฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมหัวเชื้ อ *A. xylinum* (จากสถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) ลงไป 10 เปอร์เซ็นต์ ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน (หัวเชื้อมีความเข้มข้น 107-108 cfu/ml) จะเกิดแผ่นวุ้นที่ผิวหน้า

2.5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเจริญและการสร้างวุ้นของเชื้อ

2.5.1 เชื้อวุ้นที่ใช้ในการหมัก

ปริมาณของเชื้อใช้ในการผลิตวุ้น (incoculum) จะต้องใช้ในปริมาณมากพอ ปกติปริมาณ incoculum ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 10 – 20 % จะให้ผลผลิตวุ้นที่มากที่สุด ถ้าใช้ incoculum มากขึ้นผลผลิตที่ได้จะลดลง

2.5.2 น้ำมะพร้าวและแหล่งคาร์บอน

น้ำมะพร้าวที่ใช้ควรเป็นมะพร้าวแก่ที่สุดและใหม่ มีไขมันน้อยไม่มีการปนเปื้อนของน้ำมะพร้าวที่เน่าเสีย ก่อนใช้ควรนำมาต้มเพื่อให้ไขมันละลาย และฆ่าจุลินทรีย์ที่ปะปนมาในน้ำมะพร้าวจะมีสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต (growth factor) อย่างเพียงพอ

2.5.3 ออกซิเจน

Acetobacter xyilnum เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต ดังนั้นภาชนะในการหมักต้องผิวหน้ากว้าง เพราะเชื้อจะสร้างแผ่นวุ้นเฉพาะส่วนบนของน้ำมะพร้าวเท่านั้น และระหว่างการหมักต้องระวังไม่ให้มีการกระทบกระเทือน เพราะจะทำให้แผ่นวุ้นจม

2.5.4 อุณหภูมิ

Acetobacter xyilnum สามารถเจริญ และสร้างวุ้นได้ดีที่อุณหภูมิห้องหรืออยู่ในช่วงอุณหภูมิ 28 – 32 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียสหรือ สูงกว่า 40 องศาเซลเซียส การสร้างวุ้นจะไม่เกิดขึ้น

2.5.5 ความเป็นกรด – ด่าง

กรดที่นิยมนำมาใช้ปรับความเป็นกรด – ด่าง คือ น้ำส้มสายชู (Acetic acid) เพราะกรดจะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ เพื่อให้เชื้อ Acetobacter xyilnum

จำนวน 6 สายพันธุ์ พบว่า ที่ความเข้มข้นของกรดน้ำส้ม 3 % จะให้ผลผลิตวุ้นสวรรค์สูงสุด เมื่อหมักวุ้นได้นาน 2 สัปดาห์

2.5.6 สารประกอบไนโตรเจน

การเติมสารประกอบไนโตรเจนในการหมักวุ้นสวรรค์ จะสามารถช่วยเร่งให้ผลิตวุ้นได้หนาในเวลาสั้น ที่ใช้ได้ดีคือ ( ) 4 2 4 *NH H PO* รองลงมาคือแอมโมเนียมซัลเฟต [( )] 4 2 4 *NH SO* โดยใช้ในปริมาณ 0.5 – 0.6 % และถ้าใส่ในปริมาณมากกว่านี้จะทำให้ผลผลิตลดลง

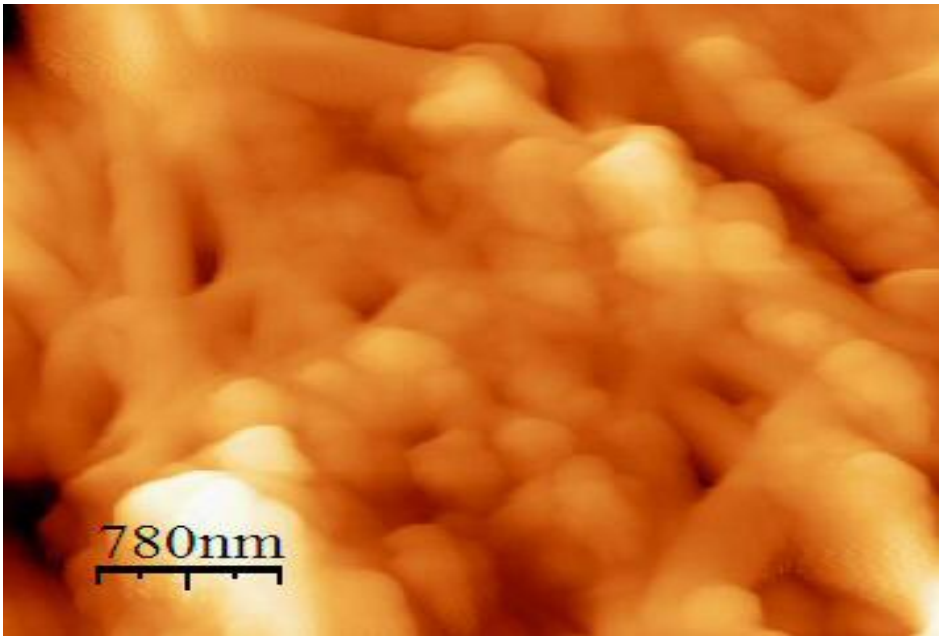
2.6งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเพาะเลี้ยง Bacterial Cellulose ในอาหารเลี้ยงเชื้อ

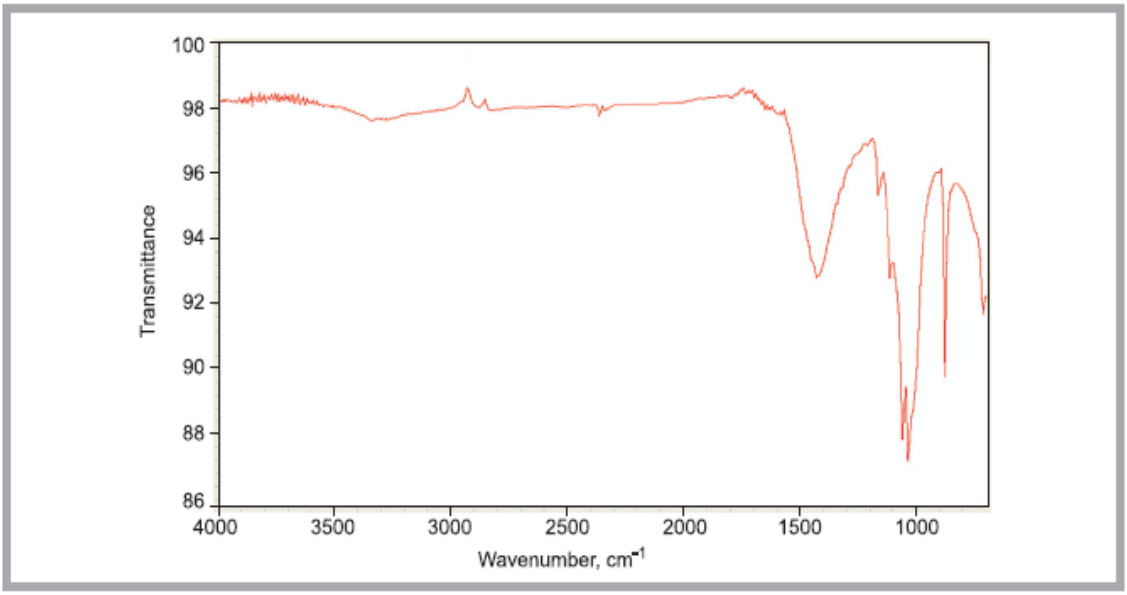
ในการสร้าง Acetobacter เพื่อผลิต cellulose นั้นพบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ การเลี้ยงในอาหารเหลวที่มีการให้อากาศและมีการเขย่าจะให้ผลดีที่สุด สำหรับการสร้าง cellulose จะเกิดขึ้นในเซลล์ของแบคทีเรียและเส้นใยเหล่านี้จะถูกขับออกมาทางรูของ cell membrane โดยมีลักษณะการเจริญเติบโต ซึ่งแสดงถึงการเจริญเติบโตของ Acetobacter ในถังหมัก โดยในการเลี้ยงเชื้อ Acetobacter นี้ใช้น้ำตาล fructose เป็นแหล่งคาร์บอน ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 g/l และจะให้ cellulose สูงถึง 9 g/l ในการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต cellulose ของเชื้อ Acetobacter นั้นได้ทำการเปรียบเทียบการเลี้ยงเชื้อในสภาพนิ่ง (static) และสภาพที่มีการเขย่า (agitation) พบว่าการเลี้ยงแบบสภาพนิ่งจะทำให้เส้นใยเจริญและจับตัวกันแน่น ทำให้สภาพอาหารเลี้ยงเชื้อมีความหนืดสูงกว่าการเลี้ยงแบบเขย่า นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่ม carbonic acid จะช่วยให้เซลล์มีการเจริญเติบโตดีในช่วงของ lag phase และยังช่วยเพิ่มการผลิต cellulose ด้วย การเพิ่ม lactic acid ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อจะช่วยให้เชื้อสังเคราะห์ ATP ได้ดีขึ้น โดยจะไปเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ lactate dehydrogenase และ TCA cycle นอกจากนี้ ปัจจัยอื่น ได้แก่ ชนิดของใบพัดในถังหมัก ความเร็วรอบในการกวน ปริมาณอากาศ และ pH ก็มีผลต่อการเลี้ยง cellulose ด้วย

Surma และคณะ, 2008 ได้ทำการศึกษาการผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสจากเชื้อ Acetobacter xylinum เพื่อนำไปผลิตกระดาษ พบว่าในการเพราะเลี้ยงแบคทีเรียที่ผลิตเซลลูโลสใช้เวลา 7-8 วัน แหล่งน้ำตาลที่ดีที่สุดในการผลิตคือ น้ำตาลกลูโคสเนื่องจากเป็นน้ำตาลที่ผลิตได้มีลักษณะเป็น polymerization ดังภาพที่ 2.4, 2.5 และภาพที่ 2.6

ภาพที่ 2.4 แสดงรูปภาพแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผลิตได้



ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะโครงสร้างของแบคทีเรียเซลลูโลสด้วยกล้อง AFM microscope



ภาพที่ 2.6 ลักษณะทางเคมี polymerization ด้วยเครื่อง FTIR

แหล่งคาร์บอนหรือพลังงานสำหรับแบคทีเรีย

ประเภทของน้ำตาล น้ำตาลอาจแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ แบ่งตามลักษณะโมเลกุลและแบ่งตามลักษณะการผลิตได้ดังนี้ น้ำตาลแบ่งตามลักษณะโมเลกุลได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. น้ำตาลชั้นเดียว (Monosaccharides) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กที่สุด มีรสหวาน ละลายน้ำได้ดี ร่างกายนำไปใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องย่อย น้ำตาลชั้นเดียวที่สำคัญ ได้แก่

1.1 ฟรุกโทส (Fructose) ในธรรมชาติพบมากในผัก ผลไม้ ธัญพืช น้ำผึ้ง และได้จากการย่อยสลายน้ำตาลซูโครส ฟรุกโทสเป็นน้ำตาลที่มีรสหวานจัด

1.2 กลูโคส (Glucose) พบทั่วไปในส่วนต่าง ๆของพืช เช่น ผลไม้สุก ดอกไม้ ใบ และรากพืช กลูโคสเป็นน้ำตาลชนิดเดียวที่อยู่ในเลือดของคน

1.3 กาแลกโทส (Galactose) เป็นน้ำตาลที่ไม่พบอิสระตามธรรมชาติ แต่ได้จากการสลายตัวของแลกโทสในน้ำนม

2. น้ำตาลสองชั้น (Disaccharides) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบขึ้นจากน้ำตาลชั้นเดียว 2 โมเลกุล ตัวอย่างเช่น

2.1 ซูโครส (Sucrose) หรือน้ำตาลทราย เป็นน้ำตาลที่พบอยู่ทั่วไปในพืช โดยเฉพาะอ้อยและหัวบีท ในผลไม้สุกที่มีรสหวาน ซูโครสย่อยสลายได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโทส ดังสมการ

ซูโครส >>> กลูโคส + ฟรุกโทส

sucrose glucose fructose

2.2 แลกโทส (Lactose) เป็นน้ำตาลที่พบเฉพาะในน้ำนมของสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนมเท่านั้น จึงเรียกว่าน้ำตาลนม (Milk sugar) แลกโทสย่อยสลายได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและกาแลกโทส ดังสมการ

แลกโทส >>> กลูโคส + กาแลกโทส

lactose glucose galactose

2.3 มอลโทส (Maltose) ไม่พบอิสระตามธรรมชาติ พบมากในน้ำเชื่อมข้าวโพด หรือน้ำเชื่อมกลูโคสซึ่งได้จากกระบวนการย่อยแป้งด้วยกรดหรือเอนไซม์ มอลโทสย่อยสลายได้เป็นน้ำตาลกลูโคส ดังสมการ

มอลโทส >>> กลูโคส + กลูโคส

Maltose glucose glucose

3. น้ำตาลหลายชั้น (Polysaccharides) หรือน้ำตาลเชิงซ้อน เป็นคาร์โบไฮเดรตที่เกิดจากน้ำตาลชั้นเดียวหลายๆโมเลกุลรวมกัน ไม่มีรสหวาน ตัวอย่างน้ำตาลหลายชั้นที่ใช้ในอาหารได้แก่

3.1 แป้งสตาร์ช (Starch) พบมากตามส่วนต่างๆของพืช เช่น หัว ราก เมล็ด ลำต้น และผล โดยรวมกันอยู่เป็นเม็ดสตาร์ช (Starch granule) แป้งสตาร์ชเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในอาหารของมนุษย์ที่มีราคาถูก ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และช่วยให้อาหารมีความหนืดข้น หรือเหนียวมากขึ้น

3.2 เซลลูโลส (Cellulose) เป็นโครงสร้างของผัก ผลไม้ และธัญพืช ไม่ละลายน้ำ เซลลูโลสช่วยเพิ่มปริมาณของอาหาร กระตุ้นการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อในลำไส้ ช่วยในการขับถ่าย จึงนิยมนำมาเป็นส่วนผสมในอาหารเสริมสุขภาพ อาหารที่มีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบมาก ได้แก่ วุ้นน้ำมะพร้าว ถั่วแดงหลวง ถั่วเขียว มะเขือพวง สะเดา เป็นต้น

3.3 เพกติน (Pectin) เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของผักและผลไม้ ละลายในน้ำจะเกิดเป็นเจล (Gel) ทำให้อาหารข้น หนืด ใช้ในการทำแยม เยลลี่ ใช้เติมในน้ำผลไม้ เพื่อไม่ให้ส่วนของผลไม้ตกตะกอน ผลไม้ไทยที่มีปริมาณเพกตินสูงที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ มะขามป้อม กระท้อน มะกอก ละมุด และฝรั่ง ในอุตสาหกรรมสกัดเพกตินจากเปลือกผลไม้

การนำ bacterial cellulose มาใช้ประโยชน์

จากคุณสมบัติที่โดดเด่นของ Bacterial cellulose คือ เส้นใยมีขนาดเล็กเชื่อมกันเป็นร่างแหทำให้มีความเหนียวสูง ดังนั้นจึงได้มีการนำ Bacterial cellulose มาดัดแปลงใช้เป็นส่วนประกอบของ membrane ต่าง ๆ เช่น เป็นส่วนประกอบของลำโพง และกระดาษที่ต้องการความเหนียวสูง ในทางการแพทย์ได้มีการนำ Bacterial cellulose มาพัฒนาใช้เป็น artificial skin (wound dressing) เพราะว่ามีความเหนียวแม้ในสภาพเปียก และไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง นอกจากนี้ยังได้มีการนำ Bacterial cellulose มาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารและเครื่องสำอางอีกด้วย

ตารางที่ 2.1 การนำแบคทีเรียเซลลูโลสไปใช้ประโยชน์ (Johnsy et al., 2005)

Sector	Application
Cosmetic	Stabilizer of emulsion as cream, tonics, nail conditioners, polishes, and component of artificial nails
Textile industry	Artificial skin and textiles; highly absorptive materials
Tourism and sport	Sport clothing, tents, and camping equipment
Mining and refinery waste treatment	Spilt out collecting sponge, material for toxins absorption, and recycling of mineral and oils
Sewage purification	Municipal sewage purification and water ultra-filtration
Broadcasting	Sensitive diaphragms for microphone and stereo headphones
Forestry	Artificial replacement for wood, multi-layer polywood and heavy-duty containers
Paper industry	Specialty paper, archival document repair, more durable

	banknotes, diapers, and napkins
Machine industry	Car bodies, airplane parts, and sealing of cracks in rocket casings
Food production	Edible cellulose and nata de coco
Medicine	Temporary artificial skin for the treatment of decubitus, burn and ulcers, component of dental and arterial implants
Laboratory/research	Immobilization of proteins, chromatographic techniques, and medium component of *in vitro* tissue cultures