บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและสร้างรายได้ของจังหวัดสมุทรสงคราม นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายและมีกำลังการผลิตสูง มีพื้นที่เพาะปลูก 71,945 ไร่ เพื่อตอบสนองการผลิตอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดใหญ่ภายในจังหวัด เช่น การผลิตน้ำตาลมะพร้าว มะพร้าวอ่อน น้ำกะทิ น้ำมันมะพร้าว เนื้อมะพร้าวอ่อนอบแห้ง เป็นต้น เมื่อมีความต้องการในการบริโภคสูงส่งผลก่อให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งจากเปลือกมะพร้าวในปริมาณสูง จึงมีการนำเปลือกมะพร้าวมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น การนำมาผสมกับปุ๋ยในการปลูกต้นไม้ ที่นอนใยมะพร้าว พรมเช็ดเท้า ใช้เป็นวัสดุแทนดินในการปลูกต้นไม้ เป็นต้น

ผลมะพร้าวจะมีขนาดโตเต็มที่หลังจากที่มีการผสมเกสรแล้ว 6 เดือน และหลังจากนั้นอีก 6 เดือน ผลก็จะสุกแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยว ลักษณะผลเป็นแบบ Fibrous drups ผลของมะพร้าวหรือเปลือกมะพร้าวประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ 3 ชั้น คือ

- Exocarp คือ เปลือกนอกสุดของผล เป็นแผ่นของเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อผลแก่จะมีสีเขียว แดง หรือเหลืองตามลักษณะประจำพันธุ์ สำหรับผลที่แก่และแห้งจัดจะมีสีน้ำตาลเข้ม

- Mesocarp เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากเปลือกนอกเข้ามา เมื่อผลยังอ่อนมีลักษณะอ่อนนุ่มบางพันธุ์อาจมีรสหวานรับประทานได้ แต่เมื่อผลแก่จะกลายเป็นชั้นของเส้นใยที่เรียกว่า กาบมะพร้าว (Coir) ซึ่งชั้นนี้จะหนาประมาณ 4-8 เซนติเมตร

-Endocarp เป็นชั้นในสุดที่มีกาบมะพร้าวหุ้มล้อมรอบ เมื่อผลแก่จะมีลักษณะแข็ง สีน้ำตาลดำ ที่เรียกว่า กะลา (Husk or shell) ซึ่งผิวด้านนอกของกะลาจะมีสันนูน 3 สัน ที่กะลาด้านที่อยู่ทางขั้วของผลจะมีตาอยู่ 3 ตา

ภาพที่ 2.1 เปลือกมะพร้าวแห้ง

เนื่องจากในเปลือกมะพร้าวส่วนที่เป็นใยมีส่วนประกอบของเซลลูโลสหรือเส้นใยเป็นหลัก เช่นเดียวกับวัสดุเหลือทิ้งของพืชชนิดต่าง ๆ ที่มีปริมาณเส้นใยสูง จึงเหมาะกับการนำมาทำกระดาษ เช่นเดียวกับปอสา หรือชานอ้อย

แหล่งของเส้นใย (Fibres) สามารถนำมาจากพืชได้เกือบทุกชนิดแต่พืชที่เหมาะจะนำมาทำกระดาษควรจะมีปริมาณเส้นใยมากและมีลักษณะเส้นใยยาวแหล่งของเส้นใยแบ่งออกเป็นประเภทได้ดังนี้

-เส้นใยจากเปลือกในและลำต้น เช่น ปอสา (Paper mulberry) กระเจี๊ยบ (Okra) เดื่อ (Fig) หม่อน (Mulberry) และ ยูคาลิปตัส (Eucalyptus) เป็นต้น

เส้นใยจากใบหรือจากกาบใบของลำต้นเทียมเช่นกล้วย (Banana) กล้วยป่า (Abaca) เฟริน (Bird net fern) Raffia และสับปะรด (Pine apples) เป็นต้น

- เส้นใยจากพืชตระกูลหญ้าเช่นไผ่ (Bamboo) ชานอ้อย (Bagass) ฟางข้าว (Rice straw) ข้าวโพด (Corn salk and husk) และข้าวสาลี (wheat) เป็นต้น

-เส้นใยจากส่วนที่ห่อหุ้มรอบเมล็ดพืช (Seed-hair fibres) เช่นฝ้าย (Cotton) และ นุ่น (Kapok) เป็นต้น

-เส้นใยที่ได้จากไม้ตระกูลสน (Solf wood) ซึ่งเป็นไม้ใบแคบและไม้ใบกว้าง (Hard wood) ส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมทำกระดาษ

2.2 น้ำมะพร้าว

น้ำมะพร้าวโดยทั่วไปจะมีความหวาน แต่จะหวานมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ของมะพร้าว น้ำมะพร้าวสามารถเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์และน้ำส้มสายชูโดยการหมัก นอกนอกนี้ยังมีสมบัติในการช่วยเสริมความเจริญเติบโต ซึ่งสามารถนำไปใช้สำหรับเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โปรตีนในน้ำมะพร้าวมีเปอร์ของกรดอะมิโนสูง เช่น อะลานีน อาร์จีนิน ซีสตีน และเซอร์รีน น้ำตาลที่อยู่ในน้ำมะพร้าวจะเป็นน้ำตาลอินเวอร์ทและจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลซูโครสเมื่อมะพร้าวมีอายุประมาณ 5-6 เดือน โดยน้ำมะพร้าวมีส่วนประกอบดังนี้ (Dolendo และ Maniquis, 1967)

โปรตีน	0.23%
คาร์โบไฮเดรต	3.68%
ไขมัน	3.56%
แคลเซียม	0.03%
ฟอสฟอรัส	0.01%
Nicotinic acid	0.01 ไมโครกรัม/ลิตร
Biotin	0.02 ไมโครกรัม/ลิตร
Pentothenic acid	0.52 ไมโครกรัม/ลิตร
Riboflavin	0.01 ไมโครกรัม/ลิตร
Folic acid	0.003 ไมโครกรัม/ลิตร

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับจุลินทรีย์ *Acetobacter xylinum*

Kingdom: Bacteria
Phylum: Proteobacteria
Class: Alpha Proteobacteria
Order: Rhodospirillales
Family: *Acetobacteraceae*
Genus: *Acetobacter*
Spicies :*Acetobacter xylinum*

Acetobacter หรืออีกชื่อหนึ่งเรียกว่า อะซิติกแอซิดแบคทีเรีย (acetic acid bacteria) เป็นแบคทีเรียแกรมลบ เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อนตรงหรือโค้งเล็กน้อย ขนาด 0.6-0.8x1.0-3.0 ไมโครเมตร เซลล์อยู่เดี่ยวๆ เป็นคู่ หรืออยู่เป็นสายเคลื่อนที่โดยใช้แฟลกเจลลา ต้องการอากาศในการเจริญเติบโต สามารถออกซิไดซ์เอทานอลให้เป็นกรดอะซิติก และออกซิไดซ์กรดอะซิติกต่อไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ใช้เอทานอลและแลคเตทเป็นแหล่งคาร์บอนได้ดี ไม่สร้างสารสี อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญคือ 30 °C แต่มีการเจริญได้ในช่วง 5-42 °C และพีเอชที่เหมาะสม คือ 5.4-6.3 สามารถพบได้ทั่วไปในน้ำผักผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว น้ำส้มสายชู และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เชื้อ *A. xylinum* มีความสามารถในการผลิตเซลลูโลสที่มีลักษณะเป็นเมือก มักก่อปัญหาในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำส้มสายชู เนื่องจากทำให้เครื่องทำน้ำส้มสายชูอุดตัด นอกจากนี้ *A. xylinum* จะสร้างเซลลูโลส เมื่อสายเซลลูโลสหลายๆสายมารวมกันจะเกิดเป็นลักษณะแผ่นฟิล์มบางๆ กั้นระหว่างอากาศกับอาหารเลี้ยงเชื้อและเมื่อสายเซลลูโลสมีปริมาณมากพอก็จะรวมกันเป็นแผ่นหนา ที่มีสีขาวขุ่นลอยขึ้นที่ผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยลักษณะ Gram strain ของ A. xylinum จะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุของเชื้อ เชื้อส่วนที่อยู่ในเซลลูโลสจะเป็นแกรมบวก (เชื้อมีอายุมาก) ส่วนเชื้อที่อยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อจะเป็นแกรมลบ โดยทั่วไปแล้วเชื้อจะผลิตเซลลูโลสได้ดีที่สุดเมื่อทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะนิ่ง ที่ความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 5.5 ใช้หัวเชื้อเริ่มต้น 10-20% ของน้ำหมัก มีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 5-8 ของน้ำหมัก แอมโมเนียมซัลเฟต 0.5-0.6% (Kersters et al., 2006)

2.4 วุ้นสวรรค์ ไฟเบอร์ตามธรรมชาติ

ไฟเบอร์ คือเส้นใยอาหารประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาล จำนวนมากที่มารวมกันเป็นโครงสร้างคล้ายเส้นใย เป็นส่วนประกอบ ที่สำคัญของโครงสร้างพืช เช่น ก้าน ใบ เมล็ด ไฟเบอร์เป็นสารอาหารที่ไม่ให้พลังงานถึงแม้จะมีส่วนประกอบสำคัญเป็นน้ำตาล ดังนั้นจึงมีการใช้ไฟเบอร์เป็นส่วนผสมของอาหารที่เกี่ยวข้องกับการลดน้ำหนักแหล่งอาหาร เนื่องจากไฟเบอร์เป็นสารอาหารที่ไม่ให้พลังงานจึงไม่มีการสะสมของพลังงานส่วนเกินเช่น ไขมัน อันจะนำไปสู่ความอ้วนได้ ตัวอย่างอาหารที่มีไฟเบอร์ เช่น ข้าวซ้อมมือ ถั่ว ลูกเดือย ผัก และผลไม้ต่างๆ ด้วยเหตุนี้ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มมากมายหลายชนิดจึงมีการนำไฟเบอร์ไปเป็นส่วนประกอบเพื่อเพิ่มจุดขาย ไม่ว่าจะเป็นกาแฟลดน้ำหนักผสมไฟเบอร์จากถั่วขาว เครื่องดื่มโกโก้ผสมไฟเบอร์สกัด หรือผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เป็นต้น ถึงแม้ว่าไฟเบอร์จะมีคุณสมบัติช่วยให้รู้สึกอิ่มเร็ว ไม่เกิดการสะสมของไขมัน และช่วยในการขับถ่าย แต่ไม่ได้หมายความว่าจะทำให้น้ำหนักลดได้เพราะน้ำตาล และไขมันที่อยู่ในเครื่องดื่มที่มีการเสริมไฟ

เบอร์ก็ทำให้เกิดการสะสมของพลังงานส่วนเกินในร่างกายอยู่ดี ในธรรมชาติยังพบไฟเบอร์อื่นๆ เช่น เซลลูโลสจากพืช ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีมากที่สุดในเซลล์พืช และเป็นส่วนที่สำคัญของผนังเซลล์ มีหน้าที่ช่วยเสริมโครงสร้างความแข็งแรงให้แก่พืช โดยธรรมชาติ จะไม่พบเซลลูโลสในรูปอิสระแต่มักจะพบรวมกับลิกนิน (Lignin) เฮมิเซลลู โลส (Hemicellulose) เพนโตแซน (Pentosan) กัม (Gum) แทนนิน (Tannin) ไขมัน (Lipid) เซลลูโลสมีลักษณะเป็นเส้นใยสะสมไว้ในผนังเซลล์ของพืช และบริเวณอื่นๆ โดยโมเลกุลของเซลลูโลสจะเกาะกันเป็นคู่ตามยาวและเรียงขนานกันเป็นกลุ่ม40 คู่ เรียกว่า Microfibril ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงกับผนังเซลล์ของพืช ปริมาณของเซลลูโลส อาจพบน้อยมากในส่วนที่สะสมอาหาร เซลลูโลสมีคุณสมบัติไม่ละลายในน้ำ สารอินทรีย์ใดๆ และสารละลายด่างอ่อน หรือ กรดอ่อน แต่สามารถละลายได้ดี ในกรดแก่ หรือ ด่างแก่ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทน, 2555) นอกจากพบเซลลูโลสในพืช จุลินทรีย์สามารถผลิตเซลลูโลส เรียกว่า Bacterial cellulose ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสเรียงต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะเบต้า -1,4 ไกลโคซิดิค (B-1,4 glycosidic bond) และลักษณะโครงสร้างทางเคมีของวุ้นน้ำมะพร้าวนี้ เมื่อมนุษย์รับประทานเข้าไปในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์จะไม่มีน้ำย่อยหรือเอนไซม์ใดๆ ที่สามารถย่อย สลายวุ้นน้ำมะพร้าวนี้ได้

ดังนั้นการรับประทานวุ้นสวรรค์จะทำให้ร่างกายได้รับไฟเบอร์ธรรมชาติ เพื่อช่วยกระตุ้นการขับถ่าย และมีแนวโน้มที่จะช่วยลดน้ำหนัก หรือ ลดความอยากอาหาร ให้กับผู้ที่ต้องการควบคุมอาหาร

2.3.1 วุ้นสวรรค์

วุ้นสวรรค์ หรือ วุ้นมะพร้าว หรือเป็นที่รู้จักกันในชื่อ “NATA de coco” เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระบวนการหมักน้ำมะพร้าว ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยกิจกรรมของแบคทีเรียกรดน้ำส้ม (Acetic acid bacteria) ที่พบได้ทั่วไปในการทำน้ำส้มสายชูหมักตามธรรมชาติ แบคทีเรียกรดน้ำส้มนี้มีชื่อเรียกว่า *Acetobacter xylinum* ผลผลิตจากกระบวนการหมักของแบคทีเรียกรดน้ำส้มนี้คือ โพลิแซคคาร์ไรด์ หรือที่เรียกกันติดปากว่า “วุ้นน้ำมะพร้าว (วุ้นสวรรค์)” นั้นเอง วุ้นสวรรค์ประกอบด้วยเส้นใยมีขนาดเล็กมาก คือ หนาประมาณ 3-4 นาโนเมตร กว้าง 60-80 นาโนเมตร และ ยาวประมาณ 180-960 นาโนเมตร โดยเส้นใยขนาดเล็กไม่มีเฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเพกตินเป็นส่วนประกอบ วุ้นสวรรค์ 100g ประกอบไปด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ (94.4%) ไฟเบอร์ (1.1%) โปรตีน (0.68%) และวิตามินต่าง (Budhiono et al., 1999)

เชื้อ *Acetobacter* สามารถผลิตเส้นใยเซลลูโลส โดยเส้นใยเหล่านี้จะเจริญอยู่บริเวณผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว (liquid culture) ซึ่งถ้าเปรียบเทียบโครงสร้างและ pathway ของการสังเคราะห์ พบว่าเส้นใยจากแบคทีเรียจะประกอบด้วยเส้นใยเล็กๆ มากมายเชื่อมกันเป็นร่างแห ซึ่งต่างจากเส้นใย จากพืช ขบวนการสังเคราะห์ Bacterial cellulose ได้มีการศึกษาถึงขบวนการสังเคราะห์ Bacterial cellulose และพบว่าน้ำตาลกลูโคสจะถูก metabolized ผ่านทาง pentose phosphate pathway โดย cellulose pathway จะแยกออก ที่ glucose-6-phosphate (G6P) และตัว direct precursor ของการสังเคราะห์ cellulose ก็คือ UDP-glucose ซึ่งการสังเคราะห์ UDP-glucose จาก G6PD นั้น จะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนด้วยกัน โดยพบว่าการทำงานของเอนไซม์ phosphoglucose isomerase จะแตกต่างกันไปขึ้นมาก enzyme นี้จะมี activity สูงเมื่อแหล่งคาร์บอนคือ น้ำตาล fructose UDP-glc จะถูก polymerized ไปเป็น cellulose และ cellulose

จะถูกปล่อยสู่อาหารเลี้ยงเชื้อ โดยจะมีลักษณะเป็นเส้นใยเจริญอยู่บริเวณ ผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยเส้นใยนี้จะประกอบด้วยโปรตีนอย่างน้อย 4 ชนิด (Yoshinaga et al., 1997)

เซลลูโลสจากแบคทีเรีย เปนโพลีเมอรที่มีความบริสุทธิ์ ปราศจากลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส มีคา crystallinity และ degree of polymerization สูง คา water holding capacity อยูในชวงระหวาง 60 -700 เทาของน้ำหนักเซลลูโลสแหง มีคา shape retention และ tear resistance ที่สูงกวาเสนใยสังเคราะหหลายชนิด คา tensile strength ของเซลลูโลสจากแบคทีเรีย สูงกวาฟลมโพลีเอทธิลีน หรือ ไวนิลคลอไรดถึง 5 เทา คา Young's modulus ของเซลลูโลสจากแบคทีเรีย มีคา 30 GPa สูงวาโพลีเมอรอินทรียทั่วไป 4เทา เมื่อนำเซลลูโลสจากแบคทีเรียไปปนใหเปนชิ้นเล็กๆ แลวขึ้นรูปใหม คา Young's modulusของแผนเซลลูโลสจากเซลลูโลสตีปนนี้ จะลดลงไป 1ใน 3 ของคา Young's modulusเดิม (Bungay et al., 1997)

จากคุณสมบัติที่โดดเด่นของ Bacterial cellulose คือ เส้นใยมีขนาดเล็กเชื่อมกันเป็นร่างแหทำ ให้มีความเหนียวสูง ดังนั้นจึงได้มีการนำ Bacterial cellulose มาดัดแปลงใช้เป็นส่วนประกอบของ membrane ต่าง ๆ เช่น เป็นส่วนประกอบของลำโพง และกระดาษที่ต้องการความเหนียวสูง ในทางการ แพทย์ได้มีการนำ Bacterial cellulose มาพัฒนาใช้เป็น artificial skin (wound dressing) เพราะว่า มีความเหนียวแม้ในสภาพเปียก และไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง นอกจากนี้ยังได้มีการนำ Bacterial cellulose มาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารและเครื่องสำอางอีกด้วย (Keshk, 2014)

2.3.2 การประยุกตใชเซลลูโลสจากแบคทีเรีย

มีการทดลองนำเซลลูโลสจากแบคทีเรีย ประยุกตใชเปนฟลมหอหุม ผลิตภัณฑไสกรอกแฟรงเฟรตที่บรรจุแบบสุญญากาศ (Vacuum-packaged frankfurters) เพื่อตานการเจริญของแบคทีเรียกอโรค Listeria monocytogenesไดใชเซลลูโลส ที่ไดจากการเพาะเลี้ยง *Gluconobacter xylinus* K3 ในอาหาร Corn Steep Liquor-Mannitol เปนเวลา 4วัน แลวนำแผนเซลลูโลสมาแชในสารละลายไนซิน ที่ความเขมขน 625 IU/ml เปนเวลา 6 ชั่วโมง แผนเซลลูโลสดังกลาว มีผลในการยับยั้ง *L. monocytogenes* ที่มีอยูในไสกรอกแฟรงเฟรตเตอร ซึ่งทำใหปริมาณเชื้อลดลง 1 logCFU/g หลังจากการจัดเก็บที่ 4°C เปนเวลา 8 วัน แสดงใหเห็นถึงศักยภาพของฟลมเซลลูโลสตานจุลชีพ ที่สามารถพัฒนาใชกับผลิตภัณฑอาหารได (Nguyen et al., 2008)

เซลลูโลสแบคทีเรีย ไดมีการพัฒนาเปนผลิตภัณฑอาหารแนวใหม โดยการเติมเนื้อผลไม เชน สตรอเบอรี่ ราสเบอรี่ สับปะรด ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อใหไดแยม ในลักษณะเปนแผน ซึ่งมีลักษณะคลายกับเนยแข็งแผน สามารถวางบนแผนขนมปง ขนมปงปง หรือมัฟฟนได ซึ่งสะดวกตอผูบริโภคที่ไมตองเสียเวลาทาแยมบนขนมปง เมื่อใชในการผลิตขนมอบ ผลิตภัณฑแยมในรูปแบบแผน จะชวยใหใสขนมกระจายตัว อยางสม่ำเสมอ และไมทำใหไสขนมหกไหลออกมาจากตัวขนมไดอีกดวย (Bungay et al., 1997)

Monacus-nata complex เปนผลิตภัณฑอาหารที่รวมเอาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอยาง monacolin K ที่ชวยในการลดโคเลสเตอรอล เขากับ เซลลูโลสจากแบคทีเรียที่เปนเสนใยอาหาร Monacus-nata complex ผลิตโดยการหมักเซลลูโลสรวมกับเชื้อรา *Monascus ruber* และ *M. pilosus*ในอาหารเหลว เปนเวลา 6 วัน Monascus ruber และ M. pilosus สามารถแทรกเสนใยเชื้อราเขาไปภายในเซลลูโลส เกิดเปน Monacus-nata complex ได สูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยง Monacus-nata complex ประกอบไปดวย 5% glucose, 1.5% ammonium phosphate

หมักที่ pH 6.0 – 7.0 จะทำให้ได้ปริมาณ monacolin K 157 mg/l Monacus-nata complex ที่ได้ไม่ทนต่อการลางน้ำและความร้อน แต่ทนต่อการแช่ในสารละลายที่มี pH 3.0 – 7.0 โดยที่ pH 3.0 มีปริมาณ monacolin K ลดลงเล็กน้อย Monacus-nata complex แบบสด สามารถนำมาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้ แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณ monacolin K จะลดลงหากนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปผ่านกระบวนการทางความร้อน (Ng et al., 2004)

นอกจากการประยุกต์ใช้เซลลูโลสจากแบคทีเรีย ในอุตสาหกรรมอาหารที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เซลลูโลสจากแบคทีเรีย ยังนำมาเป็นสารให้ความข้นหนืด (Thickening agent) และสารให้ความคงตัว (Stabilizing agent)ในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป และยังใช้เป็นใยอาหารได้อีกด้วย เนื่องจากเซลลูโลสไม่สามารถย่อยได้ในลำไส้ของมนุษย์ (Chawla et al., 2009) ได้มีการศึกษาถึงการประยุกต์ใช้เซลลูโลสจากแบคทีเรีย เพื่องานตรึงเอนไซม์ (Enzyme immobilization) Glucoamylase ซึ่งเป็นเอนไซม์หลัก ที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปแป้ง เพื่อต่อยอดในการตกผลึกกลูโคส และทำน้ำเชื่อมกลูโคส พบว่า การตรึงเอนไซม์ด้วยวิธี Epoxy with glutaraldehyde and EDC coupling จะให้ % relative activity ที่สูงที่สุด เอนไซม์ที่ตรึงอยู่ในเม็ดเซลลูโลสจากแบคทีเรีย จะมีช่วง pH ที่เหมาะสมและอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ ที่กว้างกว่าเอนไซม์ที่ทำงานแบบอิสระ และค่า relative activity ของเอนไซม์ที่ติดตรึงจะสูงขึ้นกว่า 80% ในช่วง pH 5-7 และสามารถนำเอนไซม์ติดตรึง มาใช้ซ้ำได้ถึง 14 ครั้ง (Wu et al.,
2008)

เซลลูโลสจากแบคทีเรีย ยังนำมาประยุกต์ใช้อีกหลายอย่าง อาทิ กระดาษที่ทำมาจากเซลลูโลสของแบคทีเรีย หรือในวงการไฟฟ้า การเติมผงทองแดงละเอียดลงไประหว่างกระบวนการสร้างเซลลูโลส ซึ่งทำให้เซลลูโลสที่ได้ เมื่อนำมาทำเป็นแผ่นแห้งแล้วนั้น มีความเหนียวสูง ภายในแผ่นเซลลูโลสแบคทีเรียแห้ง จะมีชั้นของทองแดงอยู่ภายในด้วย โดยความหนาของชั้นทองแดงดังกล่าว ก็สามารถกำหนดได้เช่นกัน ซึ่งแผ่นเซลลูโลสดังกล่าว สามารถพัฒนาไปใช้เป็นแผงวงจรแบบใหม่ขึ้น ซึ่งหากเราเปลี่ยนโลหะ จากทองแดงเป็นเหล็ก จะทำให้แผ่นเซลลูโลสจากแบคทีเรียแห้งที่ได้ มีคุณสมบัติเหนี่ยวนำแม่เหล็กได้อีกด้วย (Bungay et al., 1997)

มีการศึกษาถึงการนำน้ำผลไม้ที่เหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมเกษตร มาเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ *A. xylinum* NBRC 13693ด้วยกัน 5ชนิด ได้แก่ ส้ม (*Citrus unchiuMarc*.), แอปเปิล (*Malus domestica* Borkh), สับปะรด (*Ananus comosus* (L.)Merr.), แพรญี่ปุ่น (*Pyrus pyrifolia* var. culta) และ องุ่น (Vitis spp.) พบว่า ส้มเป็นผลไม้ที่เหมาะสมกับการนำมาเลี้ยงเชื้อดังกล่าวมากที่สุด ให้ปริมาณเซลลูโลสมากที่สุด 5.9กรัม/ลิตร รองลงมาคือสับปะรด ที่ให้ปริมาณเซลลูโลส 4.1กรัม/ลิตร เมื่อดูถึงสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง *A. xylinum*ทั้ง 3ชนิด พบว่า อาหารที่มีการเติม HS Medium ซึ่งมี Peptone และ Yeast Extract ที่เป็นแหล่งไนโตรเจนจะให้ปริมาณของเซลลูโลสที่สูงที่สุด *A. xylinum* NBRC 13693ที่ใช้ในการศึกษา ไม่สามารถผลิตเซลลูโลสได้ในอาหารที่มีเพียงน้ำผลไม้เท่านั้น จำเป็นต้องมีแหล่งไนโตรเจนให้กับเชื้อเพิ่มเติม โดยในส้ม ประสิทธิภาพในการผลิตเซลลูโลสของเชื้อจะเพิ่มขึ้น 3.3เท่า เมื่อเติม HS Medium ลงไป เปรียบเทียบกับในอาหารที่มีเพียง13น้ำผลไม้อย่างเดียว นอกจากนี้ ในน้ำส้มนาจะมีสารที่ช่วยส่งเสริมการเจริญของเชื้อ และการสร้างเซลลูโลส เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อสังเคราะห์ ที่มีการเติมปริมาณน้ำตาลเท่ากับปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในน้ำส้ม และเติมไนโตรเจนลงไปในปริมาณเท่ากันนั้น กลับพบว่าให้ปริมาณของเซลลูโลสที่แตกต่างกัน (Kurosumi et al.,2008)

ในปัจจุบันวุ้นสวรรค์สามารถนำพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ไอศกรีมวุ้นสวรรค์ วุ้นมะพร้าวในน้ำเชื่อม วุ้นมะพร้าวในน้ำเชื่อมผสมแห้ว วุ้นรังนก โยเกิร์ตวุ้นสวรรค์ วุ้นแฟนซี วุ้นสวรรค์ในเต้าหู้นมสด ไส้กรอกสูตรผสมวุ้นสวรรค์ ซุปวุ้นมะพร้าว หมูยอผสมวุ้นมะพร้าว ขนมชั้นเสริมไฟเบอร์ ผงลาบสำเร็จรูปเสริมไฟเบอร์ น้ำนมถั่วเหลืองเสริมใยอาหาร รวมทั้งมีการพัฒนาขนมอบเสริมใยอาหารจากวุ้นมะพร้าว วุ้นมะพร้าวเสริมกระชายดำ บะหมี่และวุ้นเส้นผสมไฟเบอร์จากวุ้นสวรรค์ เยลลี่วุ้นมะพร้าว ทอดมันวุ้นสวรรค์ และไฟเบอร์แคปซูล เป็นต้น (เพลินใจ ตั้งคณะกุล และคณะ, 2545; มณชัย เดชสงกรานนท์, 2547)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีรายงานการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่น่าสนใจของมะพร้าว โดยมีการพบสารกลุ่ม flavanoids, triterpenes, alkaloid, steroids phynolic acid fatty acid และ ฤทธิ์ทางชีวภาพคือ antifungal, antiprotozoal, antibacterial, anti viral, antiventereal, anticancer, antimalarial