ห่วงโซ่คุณค่าของอ้อย

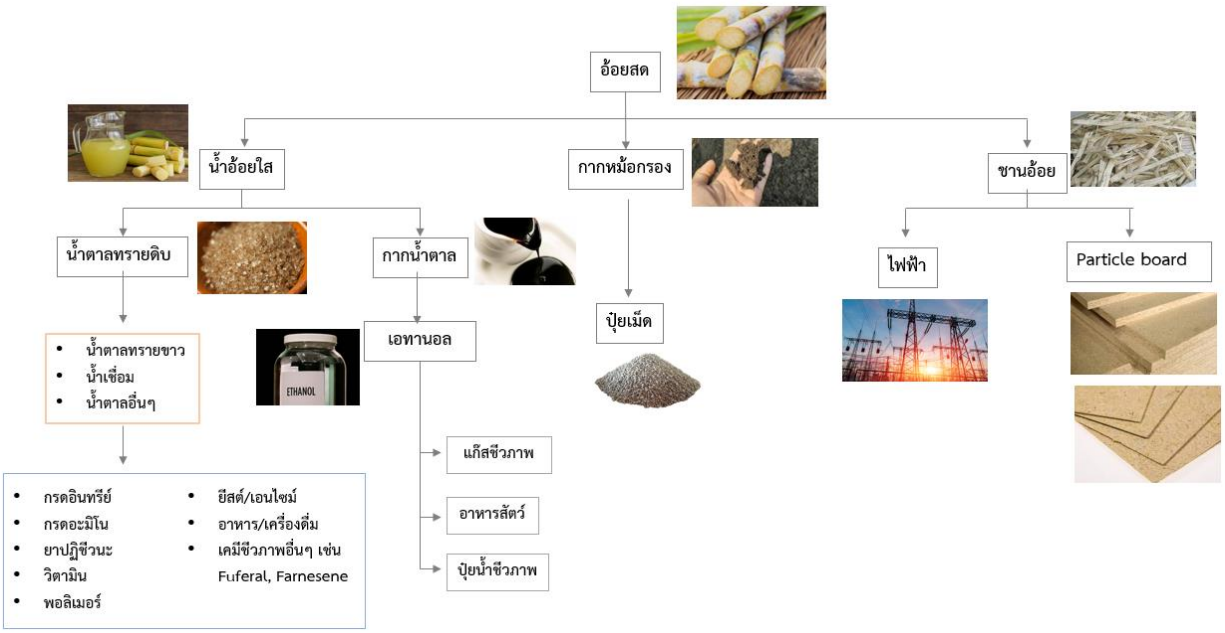
1. การศึกษาข้อมูลทั่วไปของอ้อย

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศผู้ปลูกอ้อยมากเป็นอันดับ 4-5 ของโลก และเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลทรายเป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากประเทศบราซิล จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานว่า โดยเฉลี่ยในแต่ละปีไทยสามารถสร้างรายได้จากการจำหน่ายน้ำตาลทรายทั้งในประเทศและส่งออกได้ปีละกว่า 180,000 ล้านบาท นอกจากนี้อ้อยยังเป็น แหล่งสร้างงานสร้างรายได้แก่ชาวไร่อ้อยกว่า 200,000 ครัวเรือน หรือคิดเป็นประชากรกว่า 1 ล้านคน และ แรงงานอื่นอีกกว่า 1 ล้านคน ด้วยเหตุนอ้อย จึงเป็นพืชที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ขณะเดียวกัน อ้อยซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรม ต่อเนื่องอีกจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การผลิตเอทานอล (Ethanol) อ้อยจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความต้องการสูงกว่าปริมาณผลผลิตของเกษตรกรในปัจจุบัน

2. การศึกษาและวิเคราะห์ห่วงโซ่คุณค่าของอ้อยและน้ำตาล

อย่างที่ทราบดีว่า อ้อย เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ปลายทางที่มีความต้องการของตลาดอย่างมาก ซึ่งผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องของอ้อยเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีการแปรรูปเชิงเคมี (Chemical technology) และเทคโนโลชีทางชีวภาพ (Biotechnology) ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นสามารถทดแทนผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบสิ้นเปลืองต่าง ๆ และยังสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์และวัตถุดิบต้นทางได้อีกทางหนึ่ง โดยเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ของอ้อยในการแปรรูปเผ็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสำคัญเพื่อนำไปใช้ประกอบการวิเคราะห์แผนภาพห่วงโซ่คุณค่าของอ้อยและน้ำตาล ในเบื้องต้น สามารถแสดงรายละเอียดได้ดัง***รูปที่ 1***

รูปที่ 1 แผนภาพห่วงโซ่คุณค่าของอ้อยและน้ำตาล



ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม ปรับปรุงโดยสถาบันพลาสติก

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์และผลิตภัณฑ์จากอ้อยและน้ำตาลในอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่ได้กล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า อ้อยและน้ำตาล เป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีทั้งเทคโนโลยีเชิงเคมี (Chemical technology) เพื่อปรับปรุงโครงสร้างผลิตภัณฑ์จากอ้อยให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงการใช้เทคโนโลยีทางชีวภาพ (Biotechnology) เพื่อแปรรูปผลิตภัณฑ์จากอ้อยให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถทดแทนการใช้น้ำมันดิบลงไปได้ นอกจากนี้ยังช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับอ้อยและน้ำตาลได้อีกเช่นกัน ซึ่งจากข้อมูลการใช้ประโยชน์จากอ้อยและน้ำตาลดังกล่าว จะได้มีการศึกษารายละเอียดของผลิตภัณฑ์ทั้งในส่วนของอุตสาหกรรรมการแปรรูปสารขั้นกลาง (Intermediates) และผลิตภัณฑ์ปลายทางในอุตสาหกรรมต่อเนื่องให้ครบถ้วนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เพื่อนำไปใช้ประกอบการวิเคราะห์มูลค่าและการสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ในแต่ละขั้นตอนการแปรรูป ตั้งแต่วัตถุดิบต้นทางจนถึงผลิตภัณฑ์ปลายทางก่อนถึงผู้บริโภค โดยในเบื้องต้น ได้มีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับราคาผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่เกี่ยวข้องบางส่วนในห่วงโซ่มูลค่าอ้อยและน้ำตาล เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ในแต่ละช่วงของห่วงโซ่มูลค่าตามรายละเอียดที่แสดงไว้ใน***ตารางที่ 1***

ตารางที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับมูลค่าผลิตภัณฑ์ในห่วงโซ่คุณค่าของอ้อยและน้ำตาล

ผลิตภัณฑ์ในห่วงโซ่มูลค่า	**ราคา/ช่วงราคา (บาท/กิโลกรัม)***	**ราคาเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)**	**การสร้างมูลค่าเพิ่ม (เท่า: เทียบกับอ้อยสด)**
อ้อยสด	0.7-1.0 บาท/กิโลกรัม *(ราคามีการแปรผันขึ้นอยู่กับระดับความหวาน)*	0.85	-
น้ำอ้อยใส	20.0 บาท/กิโลกรัม *(อ้างอิงจากราคาอ้อยสดสำหรับคั้นน้ำอ้อย 10 บาท/กก.)*	20.0	23.53
กากหม้อกรอง	ไม่มีราคากลางในการซื้อขายเนื่องจากเป็นของเสียจากกระบวนการผลิต ขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดการ/การใช้ประโยชน์	-	-
กากชานอ้อย (Bagasse)	0.3-0.4 บาท/กิโลกรัม *(ข้อมูลจาก www.mitrpholmodernfarm.com/news/2020)*	0.35	0.41
น้ำตาลทรายดิบ	19.0 - 21.5 บาท/กิโลกรัม *(ราคาแปรผันตามพื้นที่/ข้อมูลจาก บริษัท น้ำตาลขอนแก่น จำกัด (มหาชน)*	20.25	23.82
กากน้ำตาล	30-35 บาท/กิโลกรัม *(ข้อมูลจาก www.mitrpholmodernfarm.com/news/2020)*	32.5	38.24
เอทานอล	25.84 บาทต่อลิตร หรือ 32.75 บาท/กิโลกรัม *(ข้อมูล ณ วันที่ 29 เม.ย. 2564 จากกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน)*	32.75	38.53
กรดอินทรีย์	180 บาท/ลิตร หรือ 171.42 บาท/กิโลกรัม *(อ้างอิงราคาจาก Acetic acid food grade)* *189 บาท/กิโลกรัม (อ้างอิงราคาจาก Lactic acid food grade)*	171.42	201.67
กรดอะมิโน	2,690.6 บาท/กิโลกรัม *(อ้างอิงข้อมูลจาก L-Lysine Powder จาก th.iherb.com)*	2,690.6	3,165.41
วิตามิน	10,270-40,818 บาท/กิโลกรัม *(อ้างอิงจากราคาวิตามิน B-6 ในรูปแบบอาหารเสริม ซึ่งเป็นวิตามินที่พบมากในน้ำอ้อยสด ราคาจำหน่าย 10.27-40.81 บาท/กรัม)*	25,544	30,051.76
ยาปฏิชีวนะ	3,269.92 บาท/กิโลกรัม *(อ้างอิงจากราคากลาง Phenoxymethylpenicillin potassium (Penicillin V) tab 125 mg ราคา 204.37 บาท/500 tab จากกลุ่มนโยบายแห่งชาติด้านยา – NDI)*	3,269.92	3,846.97

ผลิตภัณฑ์ในห่วงโซ่มูลค่า	ราคา/ช่วงราคา (บาท/กิโลกรัม)*	ราคาเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)	การสร้างมูลค่าเพิ่ม (เท่า: เทียบกับอ้อยสด)
ปุ๋ยอัดเม็ด	35 บาท/กิโลกรัม *(อ้างอิงราคาปุ๋ยอินทรีย์หมักโดยใช้ชานอ้อยเป็นวัตถุดิบ)*	35	41.18

หมายเหตุ * ราคา/ช่วงราคาที่แสดงในตาราง เป็นราคาเฉลี่ยที่ได้จากการสำรวจและสืบค้นจากแหล่งข้อมูล ผู้แทนจำหน่ายและผู้ผลิตในเบื้องต้น โดยได้มีการปรับเปลี่ยนหน่วยของราคาเพื่อให้สามารถใช้ประกอบการวิเคราะห์แนวโน้มการสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์

จากการสำรวจข้อมูลราคาของผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่ได้จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์อ้อยและน้ำตาล จะเห็นได้ว่า มูลค่าของผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องจากการแปรรูปอ้อยในแต่ละช่วงของห่วงโซ่มูลค่ามีแนวโน้มของการขยายตัวของมูลค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพและยารักษาโรค อาทิ วิตามิน (Vitamin) กรดอะมิโน (Amino acid) รวมถึงยาปฏิชีวนะต่าง ๆ ที่ได้จากกระบวนการแปรรูปอ้อยโดยอาศัยกระบวนการทางชีวภาพ (Bioprocess) เข้ามาช่วยในการผลิต นอกจากนี้ มูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ยังมีปัจจัยอื่นที่เข้ามาสนับสนุนเพิ่มเติม อาทิ แนวโน้มพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เริ่มให้ความสำคัญกับสุขภาพ ทำให้กลุ่มอาหารทางเลือก (Functional food) รวมถึงอาหารเสริมต่าง ๆ ได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้น เป็นต้น

3. การใช้ประโยชน์จากอ้อย

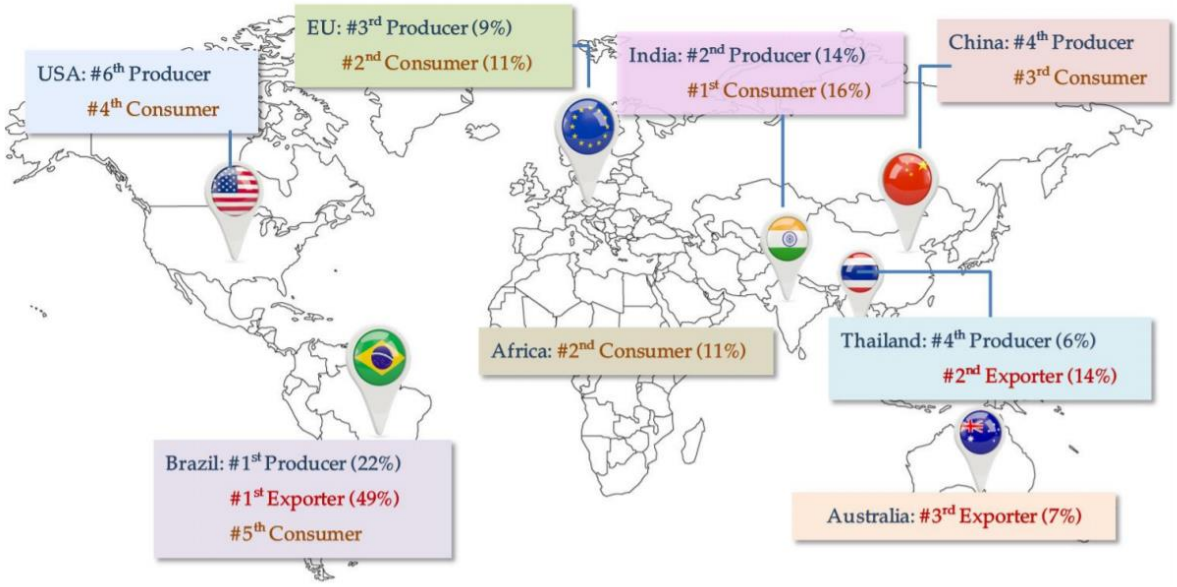
การนำอ้อยและผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาลไปต่อยอดในการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพ เป็นแนวคิดที่ภาครัฐและภาคเอกชนร่วมกันผลักดันเพื่อให้เกิดการพัฒนาอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลที่ยั่งยืน ซึ่งมาตรการส่งเสริมการลงทุนอุตสาหกรรมชีวภาพที่ภาครัฐดำเนินการในระยะที่ผ่านมา ได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการโรงงานน้ำตาลรายใหญ่พอสมควร ทั้งในเขตพื้นที่ EEC และพื้นที่อื่น ๆ ได้แก่ นครสวรรค์ และขอนแก่น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการลงทุนโรงงานผลิตเอทานอล และโรงไฟฟ้าชีวมวล นอกจากนี้ ยังมีผู้ประกอบการในกลุ่มอื่น ๆ อย่างปิโตรเคมี ที่สนใจเข้ามาลงทุนในอุตสาหกรรมชีวภาพมากขึ้นเช่นกัน ส่งผลให้การผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากอ้อยและผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาลมีความหลายหลายมากขึ้น โดยได้มีการขยายและต่อยอดไปสู่ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มในระดับสูง อย่างพลาสติกชีวภาพ และสารตั้งต้นสำหรับผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

- **อุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลจากอ้อย**

อย่างที่ทราบดีกว่า น้ำตาลที่บริโภคกันในปัจจุบัน ส่วนใหญ่เป็นผลผลิตจากอ้อย ซึ่งประเทศผู้ผลิตน้ำตาลรายใหญ่ของโลกเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนหรือกึ่งร้อน เช่น ประเทศในแถบเอเชียและอเมริกาใต้ นอกจากนี้ยังพบว่ามีการผลิตน้ำตาลจากต้นบีท (คิดเป็นร้อยละ 30) ซึ่งผู้ผลิตส่วนใหญ่จะอยู่ในภูมิภาคที่มีอุณหภูมิปานกลาง เช่น ประเทศ ในแถบยุโรปและบางส่วนของสหรัฐฯ ทั้งนี้ ประเทศที่มีอิทธิพลต่อตลาดน้ำตาลโลกมากที่สุด คือ บราซิล โดยในด้านการผลิตบราซิลมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 22 ของผลผลิตน้ำตาลโลก

โลกเฉลี่ย ปีละประมาณ 1,745 ล้านตัน รองลงมา ได้แก่ อินเดีย กลุ่มอียู และไทย ที่มีสัดส่วนปริมาณการผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 14 ร้อยละ 9 และร้อยละ 6 ของผลผลิตน้ำตาลโลกตามลำดับ (***รูปที่ 2***)

รูปที่ 2 การจัดลำดับสัดส่วนปริมาณผลิตน้ำตาลของประเทศและกลุ่มประเทศในทวีปต่าง ๆ ทั่วโลก



ที่มา: Economist Intelligence Unit (EIU), ข้อมูลปี 2560

ข้อมูลจากสถาบันอาหาร รายงานว่า ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีโรงงานผลิตน้ำตาลทั้งสิ้น 51 แห่ง มีกำลังการผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 1 ล้านตันอ้อยต่อวัน แต่พบว่า โรงงานน้ำตาลไทยมีอ้อยในการผลิตน้ำตาลเพียง 105 ล้านตันต่อปี เท่านั้น เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านพื้นที่เพาะปลูกที่มีอยู่เพียง 10-11 ล้านไร่ ประกอบกับการขยายพื้นที่สามารถทำได้ค่อนข้างลำบากและต้องแข่งขันกับพืชชนิดอื่น โดยปริมาณอ้อย 105 ล้านตันดันกล่าว จะให้ผลผลิตน้ำตาลทรายได้ประมาณ 11-11.5 ล้านตัน โดยผลผลิตที่ได้มีการจัดสรรไว้สำหรับการบริโภคในประเทศทั้งสิ้น 2.5 ล้านตัน ส่วนที่เหลือจะถูกนำส่งออกเพื่อนำรายได้เข้าสู่ประเทศ

- **อุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลจากอ้อย**

ด้วยในปัจจุบัน การใช้เอทานอลมีแนวโน้มขยายตัวจากการสนับสนุนโดยภาครัฐ และรถยนต์รุ่นใหม่ที่รองรับการใช้น้ำมันที่มีส่วนผสมของเอทานอลมากขึ้น โดยเฉพาะแก๊สโซฮอล์ E20 และ E85 : ปริมาณการใช้เอทานอลของไทยอยู่ที่ 1,300-1,400 ล้านลิตรต่อปี โดยส่วนใหญ่เป็นเอทานอลที่ผลิตจากกากน้ำตาล ซึ่งปัจจุบันโรงงานน้ำตาลในไทยมีกำลังการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลรวมกัน 800-900 ล้านลิตรต่อปี ทำให้ในปัจจุบันผู้ผลิตรายใหญ่ อาทิ บริษัท โกลบอลกรีนเคมิคอล จำกัด (มหาชน), บริษัท เกษตรไทยอินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ตัดสินใจก่อสร้างโรงงานเอทานอลเพิ่มเติม 1 โรงงาน ภายใต้โครงการนครสวรรค์ไบโอคอมเพล็กซ์ ซึ่งจะทำให้มีกำลังการผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้น 186 ล้านลิตรต่อปี ซึ่งปริมาณการใช้เอทานอลที่มีแนวโน้มขยายตัวดังกล่าวเป็นผลมาจากการสนับสนุนโดยภาครัฐ รวมถึงรถยนต์รุ่นใหม่ยังสามารถรองรับการเติมแก๊สโซฮอล์ได้มากขึ้น

- **การผลิตพลังงานจากโรงไฟฟ้าชีวมวลจากอ้อย**

จากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่า ปริมาณชีวมวลเหลือใช้จากอ้อยมีอยู่ประมาณ 15 ล้านตันต่อปี ซึ่งมีศักยภาพการให้พลังงาน 5,576 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ สูงกว่าพืชอื่น ๆ อย่างเช่น ข้าวโพด ปาล์มน้ำมัน และมันสำปะหลัง ซึ่งมีศักยภาพการให้พลังงาน 700-2,000 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ทำให้ในปัจจุบันเกิดการลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบในไทยอย่างกว้างขวาง อีกทั้งยังพบว่า โรงงานน้ำตาลรายใหญ่มีแผนที่จะขยายโรงไฟฟ้าชีวมวลเพิ่มเติมเพื่อรองรับปริมาณวัตถุดิบที่เพิ่มขึ้นในอนาคต ทั้งนี้ เนื่องจากในปัจจุบัน สถานการณ์ผลผลิตอ้อยและน้ำตาลในประเทศที่อยู่ในระดับสูง ส่งผลให้โรงงานน้ำตาลมีปริมาณกากอ้อยที่เหลือจากการผลิตน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้น สามารถนำไปผลิตไฟฟ้าและไอน้ำเพื่อนำกลับมาใช้เป็นพลังงานในกระบวนการผลิตน้ำตาล ช่วยประหยัดต้นทุนพลังงานในโรงงานน้ำตาล อีกทั้งยังสร้างรายได้เพิ่มเติมจากการขายไฟฟ้าให้ภาครัฐได้อีกหนึ่งช่องทาง

รูปที่ 3 โรงงานผลิตพลังงานจากโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยใช้ชานอ้อยเป็นวัตถุดิบ

ที่มา: bioenergyfields.org

- **อุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกชีวภาพจากอ้อย**

ปัจจุบัน ในประเทศไทยมีโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกชีวภาพโดยใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ Poly Lactic Acid (PLA) และ Poly Bio-succinic Acid (PBS) โดยมีกำลังการผลิตสารตั้งต้นสำหรับผลิตเม็ดพลาสติกชีวภาพ Poly Lactic Acid (PLA) ทั้งสิ้น 75,000 ตันต่อปี โดยใช้น้ำตาลเฉลี่ย 150,000 ตันต่อปี และมีกำลังการผลิต Poly Bio-succinic Acid (PBS) ทั้งสิ้น 20,000 ตันต่อปี โดยอ้อยที่เข้าสู่กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกชีวภาพในไทยคิดเป็นปริมาณเฉลี่ย 54,000 ตันต่อปี แต่อย่างไรก็ตาม ตลาดพลาสติกชีวภาพ

ในไทยยังมีขนาดเล็ก เนื่องจากการลงทุนเพิ่งอยู่ในระยะเริ่มต้น ประกอบกับมูลค่าของวัตถุดิบที่สูงกว่าเม็ดพลาสติกที่ผลิตจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เฉลี่ยต้นทุนการผลิตเม็ดพลาสติกชีวภาพของไทยสูงถึง 60-130 บาทต่อกิโลกรัม (สูงกว่าต้นทุนการผลิตพลาสติกทั่วไปประมาณ 2-3 เท่าตัว) และโดยส่วนใหญ่พบว่าผู้ประกอบการมีการนำเข้าเม็ดพลาสติกชีวภาพจากต่างประเทศมาใช้ในการผลิต อีกทั้งยังต้องใช้เวลาในการส่งเสริมให้ผู้บริโภคชาวไทยตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมาใช้พลาสติกชีวภาพอย่างแพร่หลายมากขึ้น อย่างไรก็ดี ทิศทางการขยายกำลังการผลิตเม็ดพลาสติกชีวภาพของผู้ประกอบการรายใหญ่ที่มีแนวโน้มที่จะปรับเพิ่มกำลังการผลิตขึ้น ก็อาจจะเป็นปัจจัยที่ช่วยสนับสนุนให้ต้นทุนการผลิตเม็ดพลาสติกชีวภาพต่อหน่วยของไทยมีแนวโน้มลดลง ประกอบกับการที่ไทยเป็นฐานการผลิตและส่งออกเม็ดพลาสติกรายใหญ่อยู่แล้ว จึงเป็นโอกาสที่ไทยจะสามารถขยายการผลิตและส่งออกเม็ดพลาสติกชีวภาพเพื่อรองรับความต้องการในตลาดโลก ที่เริ่มให้ความสำคัญกับการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ต่อไป

รูปที่ 4 เม็ดพลาสติกชีวภาพที่ผลิตขึ้นโดยใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบ

ที่มา: soclaimon.wordpress.com

- **อุตสาหกรรมการผลิตสารให้ความหวานแทนน้ำตาล**

ปัจจุบัน ไทยมีอุตสาหกรรมการผลิต sorbitol และ xylitol จากน้ำตาล โดยสามารถสกัด sorbitol และ xylitol เพื่อใช้ผลิตสารทดแทนความหวานในอาหารและเครื่องดื่ม อีกทั้งยังนำไปใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง ยา และสินค้าอุปโภคบริโภคอื่น ๆ อีกด้วย ซึ่งผู้ผลิตน้ำตาลรายใหญ่เริ่มให้ความสนใจในการขยายการลงทุนด้านการสกัดสารตั้งต้นอื่น ๆ เพื่อนำไปผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคมากขึ้น เช่น เอนไซม์ Phytase สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร Lactic Acid และ Sugar Alcohol สำหรับอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอาง เป็นต้น ซึ่งก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มสำหรับสินค้าขั้นปลายตามมา อย่างไรก็ดี การสกัดสารตั้งต้นจากน้ำตาลเพื่อ

นำไปผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคของไทยยังอยู่ในระยะเริ่มต้น จึงต้องอาศัยความร่วมมือในการพัฒนาศักยภาพร่วมกันระหว่างภาครัฐและโรงงานน้ำตาล เพื่อไม่ให้เสียโอกาสทางเศรษฐกิจ และยกระดับอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลของไทยต่อไป

- **อุตสาหกรรมการผลิตกรดอินทรีย์จากอ้อย**
    - **กรดแลคติก (Lactic acid)**

กรดแลคติก เป็นกรดอินทรีย์ที่สามารถผลิตได้จากกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี (Chemical Synthesis) หรือกระบวนการเมทาบอลิซึมของจุลินทรีย์ (Microbial metabolism) แต่โดยทั่วไปนิยมผลิตจากกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์กว่าร้อยละ 90 ลักษณะเป็นของเหลวไม่มีสี ละลายในน้ำ และเป็นตัวทำละลายที่ดี และสามารถตกผลึกได้หากมีความเข้มข้นสูง การหมักกรดแลคติคด้วยเชื้อจุลินทรีย์ สามารถใช้วัตถุดิบราคาถูก สามารถหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกทั้งวัตถุดิบยังมีราคาถูก ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน และใช้ระยะเวลาการเพาะปลูกสั้น เช่น แป้ง ข้าวสาลี ข้าวโพด มันฝรั่ง ลิกโนเซลลูโลส เวย์ ผักกาดฝรั่ง และอ้อย เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบตั้งต้นที่มาจากอ้อย ได้แก่ น้ำอ้อย กากน้ำตาล และชานอ้อย เช่น การผลิตไอโซเมอร์บริสุทธิ์ของ L(+) หรือ D(-) Lactic acid เนื่องจากวัตถุดิบสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้จึงสามารถช่วยลดปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ (Komesu *et al*., 2014) โดยกรดแลคติกถูกนำมาใช้ในงานทางด้านอาหาร เภสัชภัณฑ์ อุตสาหกรรมเคมี และอุตสาหกรรมสิ่งทอ ใช้เป็นตัวตั้งต้นในการผลิตสารลดแรงตึงผิว (Emulsifiers) เช่น Stearoyl-2-lactylates รวมถึง เป็นวัตถุดิบในการผลิตพอลีแลคติกแอซิต (Polylactic acid: PLA) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ (Bio-compostable) แต่ในกระบวนการทำให้ผลิตภัณฑ์มีความบริสุทธิ์ (Purification) ยังมีต้นทุนการผลิตที่สูงและวัตถุดิบมีราคาแพง ด้วยเหตุนี้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาวัตถุดิบที่ราคาถูกเพื่อการหมักกรดแลคติกสำหรับจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งโดยทั่วไปนิยมผลิตจากน้ำตาลกลูโคส (Glucose) มอลโตส (Maltose) หรือแลคโตส (Lactose) โดยน้ำอ้อยเป็นอีกหนึ่งวัตถุดิบทางเลือกและมีการนำมาใช้ในกระบวนการผลิตเนื่องจากเป็นแหล่งคาร์บอนที่มีราคาถูกและประกอบด้วยน้ำตาลซูโครสถึงร้อยละ 13-16 โดมวลต่อปริมาตร (Timbuntam *et al*., 2006) ซึ่งปริมาณความต้องการกรดแลคติกทั่วโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกามีปริมาณการใช้กรดแลคติกมากที่สุด ในขณะที่ประเทศแถบยุโรปมีอัตราการเจริญเติบโตของตลาดกรดแลคติกสูงสุด โดยอัตราการเติบโตเฉลี่ยมีมากกว่าร้อยละ 8 ต่อปี

- **กรดซักซินิก (Succinic acid)**

กรดซักซินิก เป็นกรดอินทรีย์ในกลุ่มของ Tricarboxylic acid cycle (TCA) ซึ่งเป็นหนึ่งในสารประกอบจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์สิ่งมีชีวิต กรดซักซินิกประกอบด้วยธาตุคาร์บอนรวม 4 อะตอม ถูกนำไปใช้ในงานหลากหลายรูปแบบ อาทิ เป็นสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ตัวทำละลาย สารปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ (Buffer) และการผลิตเภสัชภัณฑ์ ปัจจุบันพบว่า กรดซักซินิกโดยส่วนใหญ่มีผลิตจากกระบวนการเติมไฮโดรเจน (Hydrogenation) จากปิโตรเลียม แต่เนื่องจากทิศทางของ

ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีจากน้ำมันและปิโตรเลียมมีราคาที่สูงขึ้น จึงมีการนำวิธีผลิตโดยกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์มาใช้ในเชิงการค้า วัตถุดิบชีวภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งได้จากกระบวนการหมักน้ำตาลบริสุทธิ์ภายใต้สภาวะที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูง วัตถุดิบที่มีลิกโนเซลลูโลสสามารถนำมาใช้ได้แต่ต้องอาศัยการปรับสภาพและกระบวนการไฮโดรไลซิสซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง โดยแบคทีเรียจะสามารถใช้น้ำตาลได้โดยตรงในการผลิตซักซิเนต (Alcantara *et al*., 2017) ถึงแม้จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางแต่การใช้กรดซักซินิกในภาคอุตสาหกรรมยังมีปริมาณไม่มากนัก เนื่องจากปัจจัยด้านราคาและต้นทุนการผลิต กล่าวคือ กรดซักซินิกที่ป้อนให้กับอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ได้จากการสังเคราะห์ปิโตรเคมีที่ต้องใช้ต้นทุนการผลิตสูง โดยราคาของกรดซักซินิกจากปิโตรเคมีในตลาดจะอยู่ในช่วง 5.90-8.80 เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัม ขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ ซึ่งเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญของภาคอุตสาหกรรมในระยะที่ผ่านมา แต่ด้วยศักยภาพที่น่าสนใจของกรดซักซินิกจึงมีความพยายามที่จะคิดค้นวิธีการผลิตกรดซักซินิกให้ได้ปริมาณมากด้วยต้นทุนที่ประหยัดกว่าที่เป็นอยู่ โดยเมื่อไม่นานมานี้ได้มีการค้นพบว่าการผลิตกรดซักซินิกโดยการหมักชีวมวลสามารถให้ผลผลิตสูงและประหยัดกว่าการผลิตโดยวิธีสังเคราะห์จากปิโตรเคมี นอกจากนี้ยังพบว่า กรดซัคซินิคนั้นสามารถผลิตได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ โดยอาศัยกระบวนการหมักของแบคทีเรียแบบที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic cultivation) โดยการใช้วัตถุดิบทางการเกษตรที่ให้แป้งและน้ำตาล เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด และอ้อย เป็นต้น และยังได้มาจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ซังข้าวโพด ฟางข้าว และเมล็ดข้าวสาลี เป็นต้น ประกอบกับประเทศไทยเป็นเมืองเกษตรกรรมมีการผลิตสินค้าทางการเกษตรหลากหลายชนิดและมีปริมาณมากทำให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งและของเสียที่ไม่ต้องการเป็นปริมาณมากเช่นกัน ส่งผลให้การผลิตกรดซักซินิกในประเทศที่ได้มีราคาที่ต่ำกว่าการผลิตจากปิโตรเลียมและยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

ปัจจุบันกรดซักซินิกจากการหมักชีวมวล หรือ ไบโอซักซินิก (Bio-succinic) เป็นเคมีชีวภาพสำคัญในอุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมการแพทย์ เภสัชกรรม อาหาร และอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพดังที่ได้กล่าวข้างต้น ดังนั้น การที่สามารถผลิตกรดซักซินิกได้ด้วยต้นทุนที่ถูกลงย่อมส่งผลเกี่ยวเนื่องให้การแปรรูปกรดซักซินิกเป็นเคมีภัณฑ์ขั้นกลาง (Intermediate) หรือผลิตภัณฑ์ขั้นปลายต่าง ๆ ที่ประหยัดและยั่งยืนด้วย เพราะไบโอซักซินิกจะช่วยลดการพึ่งพาน้ำมันดิบหรือปิโตรเคมีลงไปได้มากและสามารถนำกรดซักซินิกไปใช้สังเคราะห์เป็นพอลิบิวทิลีนซักซิเนต (Polybutylene succinate) หรือ PBS ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้และนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายโดยเฉพาะด้านวัสดุทางการแพทย์และพลาสติกชีวภาพซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการของตลาดโลก

- **อุตสาหกรรมการผลิตสารตั้งต้นสำคัญในอุตสาหกรรมและอื่น ๆ**
    - **ไอโซบิวทีน (Isobutene)**

ไอโซบิวทีน (Isobutene หรือ 2-Methylpropene) เป็นของเหลวที่ไม่มีสีและเป็นอนุพันธ์ปลายน้ำของน้ำมันดิบถูกผลิตขึ้นในระหว่างกระบวนการแยกส่วนของก๊าซที่ได้จากการกลั่นและโดยวิธีการแตกตัวเร่งปฏิกิริยาของอีเทอร์ นอกจากนี้ ไอโซบิวทีนเป็นสารเคมีที่สำคัญและใช้ได้หลากหลายรูปแบบตั้งแต่สารเติมแต่งเชื้อเพลิงและพอลิเมอร์ รวมถึงเวชภัณฑ์ยาและอุตสาหกรรมการเกษตรอีกด้วย

ในปัจจุบันสามารถสังเคราะห์ Isobutene ได้ทั้งจากผลิตภัณฑ์ปโตรเลียมซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และยังพบว่ามีการผลิต Isobutene จากพืชหลายชนิด เช่น อ้อย ข้าวโพด ซึ่งในช่วงปี 2554 ที่ผ่านมา บริษัท LANXESS ได้มีการค้นหาแหล่งทรัพยากรทางเลือกในการผลิตยางบิวทิลสังเคราะห์ (Butyl rubber) สำหรับใช้ในการผลิตยางรถยนต์โดยร่วมมือกับบริษัท Gevo (Colorado, US) ในการพัฒนาการผลิตไอโซบิวทีน (Isobutene) จากข้าวโพด ซึ่งไอโซบิวทีนเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการผลิตยางบิวทิล (ข้อมูลจาก Omnexus by SpecialChem)

ทางด้านปริมาณความต้องการ Isobutene ในปัจจุบัน พบว่า มีความต้องการที่มากขึ้น เนื่องจาก Isobutene เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตเมทิลเทอรบิวทิลอีเทอร์ (Methyl tert-butyl ether: MTBE) และเอทิลเทอรบิวทิลอีเทอร์ Ethyl tert-butyl ether) สารทั้งสองชนิดนี้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทน (Octane number) ในน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งสภาวะในปัจจุบันน้ำมันมีความเกี่ยวข้องกับทั้งอุตสาหกรรมและการคมนาคมขนส่งเป็นผลให้ความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงสูงขึ้น จึงส่งผลให้ความต้องการของ Isobutene สูงขึ้นตามไปด้วย

- **เฟอร์ฟิวราล (Furfural)**

เฟอร์ฟิวราลมีลักษณะใสไม่มีสี เป็นของเหลวที่มีลักษณะกลิ่นเป็น Almond-benzeldehyde โดยเฟอร์ฟิวราลสามารถผลิตได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น แกนข้าวโพด เปลือกเมล็ดฝ้าย เปลือกข้าวโอ๊ต ร้าข้าว ขี้เลื้อย ชานอ้อย แกลบ ซึ่งประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์เฮมิเซลลูโลสหรือเพนโท-แซน แต่วัตถุดิบที่หาง่ายและมีราคาถูกในการผลิตเฟอร์ฟิวราล คือ ชานอ้อย ซึ่งได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล โดยเมื่อนำเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) มาให้ความร้อนกับกรดซัลฟิวริกแล้วนำไปผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ทำให้ได้น้ำตาล อาทิ ไซโลส (Xylose) ภายใต้สภาวะเดียวกันเมื่อให้ความร้อนและกรดน้ำตาลไซโลสที่ผ่านการกำจัดน้ำ (Dehydration) จะให้ผลผลิตออกมาเป็นเฟอร์ฟิวราล โดยเฟอร์ฟิวราลเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นกลางที่นำมาใช้ในการสังเคราะห์เคมีภัณฑ์ เช่น ไนลอน (Polyamide) ผลิตภัณฑ์หล่อลื่น สารละลาย กาว ยา และพลาสติก รวมถึงเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ซึ่งผลิตจากเฟอร์ฟิวราลด้วยปฏิกิริยารีดักชั่น (Reduction) โดยสามารถใช้ฟีนอลอะซิโตนหรือยูเรียมาเติมเพื่อให้ได้เรซินแข็ง ซึ่งเรซินที่ได้สามารถนำไปใช้ทำเส้นใยแก้ว (Fiber glass) ชิ้นส่วนเครื่องบิน และระบบเบรกอัตโนมัติ โดยเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ยังสามารถนำมาใช้ในงานทางด้านเวชภัณฑ์ยา ใช้เป็นสารกำจัดเชื้อรา และสารที่ใช้กำจัดแมลง เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ผลิตเฟอร์ฟิวราลคือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทำให้ในบางครั้งถูกเรียกโดยทั่วไปว่า “ทองคำจากขยะ (Gold from Garbage)” (Uppal *et al*., 2008)

- **ฟาร์เนสซีน (Farnesene)**

ฟาร์เนสซีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอน 15 อะตอมต่อโมเลกุล และเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว มีคุณสมบัติเฉพาะทางกายภาพและทางเคมีที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตขั้นต่อไป ผลิตขึ้นจากการน้ำอ้อยมาผ่านกระบวนการหมักด้วยยีสต์ ซึ่งพบว่ามีการใช้อย่าง

แพร่หลายในทางการค้า เช่น ใช้เป็นองค์ประกอบของน้ำมันดีเซลหมุนเวียน (Renewable diesel) และน้ำมันเครื่องบิน (Jet Fuel) โดยบริษัท Amyris คือ ผู้ผลิต Farnesene ที่อยู่ในประเทศบราซิล ซึ่งนำจุลินทรีย์ตัดแต่งพันธุกรรมมาใช้กับวัตถุดิบที่เป็นน้ำเชื่อมจากอ้อย โดยใช้เทคโนโลยี Renmatix's Plantrose® มีน้ำตาลลิกโนเซลลูโลสเป็นวัตถุดิบและยังมีการนำไปใช้ผลิตวัสดุสมรรถนะสูง กาว น้ำหอม สารลดแรงตึงผิว สารกัดบูด โอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์ เรซิน โฟม งานเคลือบผิวและงานประสาน อิมัลซิไฟเออร์ ตัวตั้งต้นของวิตามิน และสารเกี่ยวกับงานอารักขาพืช (Mitrovich and Wichmann, 2017) และยังสามารถนำไปใช้เป็นโมโนเมอร์สำหรับผลิต Isoprene ต่อไป โดย Isoprene (สารประกอบอินทรีที่มีคาร์บอน 5 อะตอม/1 โมเลกุล) เป็นผลิตภัณฑ์รองที่ได้จากกระบวนการทำลายพันธะของแนฟทาด้วยความร้อน (Thermal Cracking of Naphtha) เพื่อผลิตเอทิลีนหรือได้จากกระบวนการสังเคราะห์สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอน 4 อะตอม เนื่องจากปัจจุบันได้มีการปรับเปลี่ยนกระบวนการ Thermal Cracking ของสาร Naphtha ในกระบวนการปิโตรเคมีเป็นกระบวนการ Thermal Cracking ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ด้วยในปัจจุบัน Isoprene มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิตยางสังเคราะห์ทำให้การหาแหล่งวัตถุดิบในการผลิต Isoprene กลายเป็นเรื่องสำคัญอย่างมาก