



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การศึกษาและสังเคราะห์สถานภาพและทิศทางการวิจัย
ภายใต้นโยบายเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ”

Information Study and Synthesis of Current Status and
Future Direction for Research Under Biobased Economy

โดย

ดร.วราวุฒิ ศุภมิตรมงคล และคณะ

เมษายน 2561

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การศึกษาและสังเคราะห์สถานภาพและทิศทางการวิจัย ภายใต้นโยบายเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ”

Information Study and Synthesis of Current Status and
Future Direction for Research Under Biobased Economy

คณะผู้วิจัย

- | | |
|------------------|---------------|
| 1. ดร.วราวุฒิ | ศุภมิตรมงคล |
| 2. ดร.วรรณศิริ | วรรณรัตน์ |
| 3. ดร.ศิริลักษณ์ | เลี้ยงประยูร |
| 4. ดร.มะลิวัลย์ | หุทัยธนาสันต์ |
| 5. ดร.พิลาณี | ไวณอมสตัย |
| 6. ดร.สุธีรา | วิทยากาญจน์ |

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

ตั้งแต่อดีต จนถึงประมาณปี พ.ศ. 2443 เป็นช่วงเวลาที่เศรษฐกิจโลกขับเคลื่อนอยู่บนฐานของธรรมชาติ หรือ Natural Economy และตั้งแต่ปี พ.ศ. 2443 เป็นต้นมาจนถึงปี พ.ศ. 2557 การขับเคลื่อนเศรษฐกิจอยู่บนพื้นฐานของฟอสซิล และปิโตรเลียม หรือที่เรียกว่า Fossil economy แต่หลังจากโลกต้องเผชิญกับการเพิ่มขึ้นของประชากร ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สังคมจึงกำลังจะเปลี่ยนผ่านจากเศรษฐกิจที่พึ่งพาฟอสซิลหรือน้ำมันปิโตรเลียมเป็นหลัก ไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยชีวมวล หรือที่เรียกว่า เศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (Bioeconomy) เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกและเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างยั่งยืน โดยตัวจักรสำคัญในเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) อุตสาหกรรมอาหาร และ 2) อุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร ดังนั้นเพื่อก่อให้เกิดดุลยภาพในอุตสาหกรรมระหว่างอุตสาหกรรมอาหารและไม่ใช่อาหาร และทำให้ประเทศไทยสามารถหลุดพ้นจากกับดักรายได้ปานกลาง การศึกษาค้นคว้าจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์ปัจจุบันของงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ และศึกษา สังเคราะห์ เพื่อนำเสนอแนวทางงานวิจัยในอนาคตเบื้องต้นภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพสำหรับประเทศไทย ด้วยการพัฒนาทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ ซึ่งหมายถึงการนำวัตถุดิบทางการเกษตรมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น ทั้งของประเทศไทยและต่างประเทศจากข้อมูลทุติยภูมิ

จากการศึกษาด้านนโยบายสามารถสรุปได้ว่าแนวทางนโยบายด้านเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพของประเทศไทยและประเทศเกาหลี เป็นแนวทางที่ควรนำมาปรับใช้ในการจัดการการเกษตรอุตสาหกรรม และการพัฒนานวัตกรรมตามลำดับ โดยประเทศไทยควรจะปรับจากการใช้เศษเหลือทางการเกษตร เป็นการจัดการด้านการเกษตรสำหรับพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิด ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และปาล์มน้ำมัน เพื่อผลิตสารเคมีแพลตฟอร์ม ที่เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมชีวภาพมูลค่าสูงอื่นๆ ได้แก่ เคมีภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมการเกษตร และแปรรูปอาหาร อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพและเคมีชีวภาพ เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร เมื่อพิจารณาจากปัจจัยปริมาณวัตถุดิบ ความต้องการตลาดของสารแพลตฟอร์ม การสนับสนุนด้านนโยบาย ระดับความพร้อมของเทคโนโลยี สามารถสรุป สารแพลตฟอร์มที่ควรพัฒนาได้ 4 ชนิด คือ กลีเซอรอล กรดแลคติก ซอร์บิทอล และกรดซัคซินิกจากวัตถุดิบรุ่นแรก (กลุ่มน้ำตาลและคาร์โบไฮเดรต) และวัตถุดิบรุ่นที่ 2 (เซลลูโลส) ของข้าว มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และปาล์มน้ำมัน

สำหรับแนวทางวิจัยและพัฒนาสำหรับวัตถุดิบรุ่นแรก การวิจัยต้นน้ำหรือการแปรรูปเบื้องต้นนั้นไม่มีความซับซ้อนมากจึงไม่ต้องการวิจัยเพิ่มเติม แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้านการเพิ่มผลผลิต

ของวัตถุดิบทางการเกษตร ในระดับอุตสาหกรรมกลางน้ำหรือการผลิตสารแพลตฟอร์ม (Building Blocks) นั้น ควรศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการทำให้บริสุทธิ์เพื่อเป็นวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมปลายน้ำหรือการผลิตสารต่อเนื่องและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป สำหรับวัตถุดิบรุ่นที่สองมีแนวทางการวิจัยและพัฒนาด้านกลางน้ำ และปลายน้ำเช่นเดียวกับวัตถุดิบรุ่นแรก แต่ต้องมีการศึกษาวิจัยด้านการแปรรูปขั้นต้น เพื่อให้ได้วิธีการที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และเพื่อให้เศรษฐกิจจากฐานชีวภาพมีความยั่งยืนประเทศไทยควรมุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีของตนเองทั้งในด้านการผลิตสารเคมีแพลตฟอร์มและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง

Abstract

From the past until year 1900, the world economy was driven by natural economy. Later on until 2014, the petroleum and fossil based economy so called fossil economy took place.. Nowadays, the world has changed due to the population growth and climate change problems. Society is transforming from fossil based to bio-based economy in order to mitigate climate change effect in sustainable practices. Two key industries food and non-food industries, are the main driver of bio-based economy. In order to balance these industries and escape the middle-income trap, studying bioeconomy development status and synthesizing a recommendation for bioeconomy related research and development for Thailand become of importance. To achieve, literature review of bioeconomy related researches (emphasizing on value-added in agriculture) both national and international has been used as a tool.

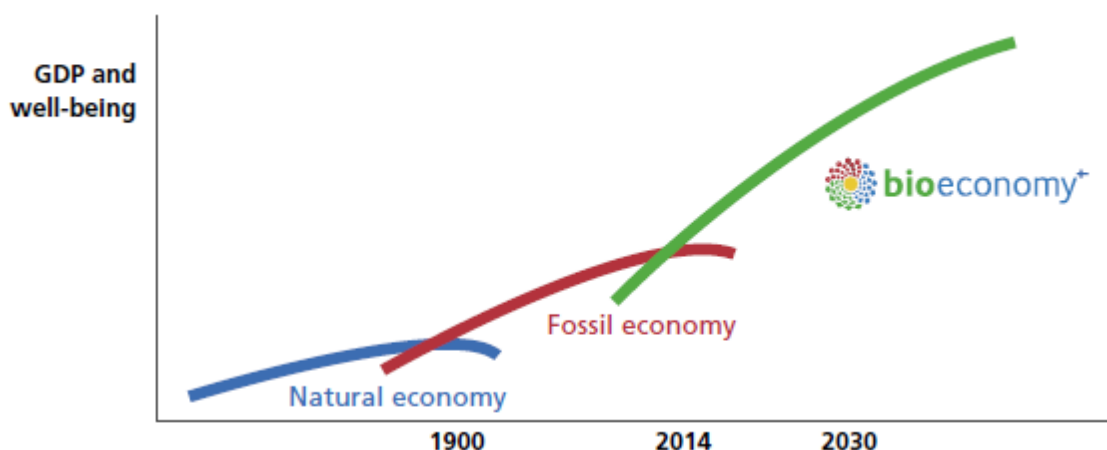
Form data base, it can be seen that Malaysian and Korean policy in aspects of agricultural and industrial management as well as innovation development are the most adaptive approaches to our country. Moreover, policy should be driven to whole chain value agricultural management such as producing building block chemicals in stead of agricultural waste utilization for Thai 6 economic crops including rice, cassava, para-rubber, sugarcane, corn and oil palm. These building block chemicals can be further developed for green chemicals, agro-industry and food industry, bioenergy and bio-chemicals industries. Considering the quantity of agricultural materials, building block chemical market demand, policy support and technology readiness level (TRL), the outstanding building block chemicals from both 1st generation (sugar based) and 2nd generation materials (cellulose based) are glycerol, acetic acid, sorbitol and succinic acid that could be derived from rice, cassava, sugarcane, corn and oil palm respectively.

A recommendation in research and development for 1st and 2nd generation were devided for upstream, midstream and downstream. For 1st generation, research in upstream (agricultural practives) have been well performed thus improving on productivity should be focusedFor midstream, increasing of building block chemical production and purification from whole chain agriculture should be emphasized,

therefore downstream industry could consequently conduct more on product development according to the materials. As well as in 2nd generation material, midstream and downstream industries should be develop in the same direction of 1st generation material. However, limitation of 2nd generation utilization is pretreatment process that still required more research and development to obtain cost-effective pretreatment method. To reach a sustainable Bioeconomy, the most important approach is to develop our own production technologies for both building block chemical production and also product development.

บทสรุปผู้บริหาร

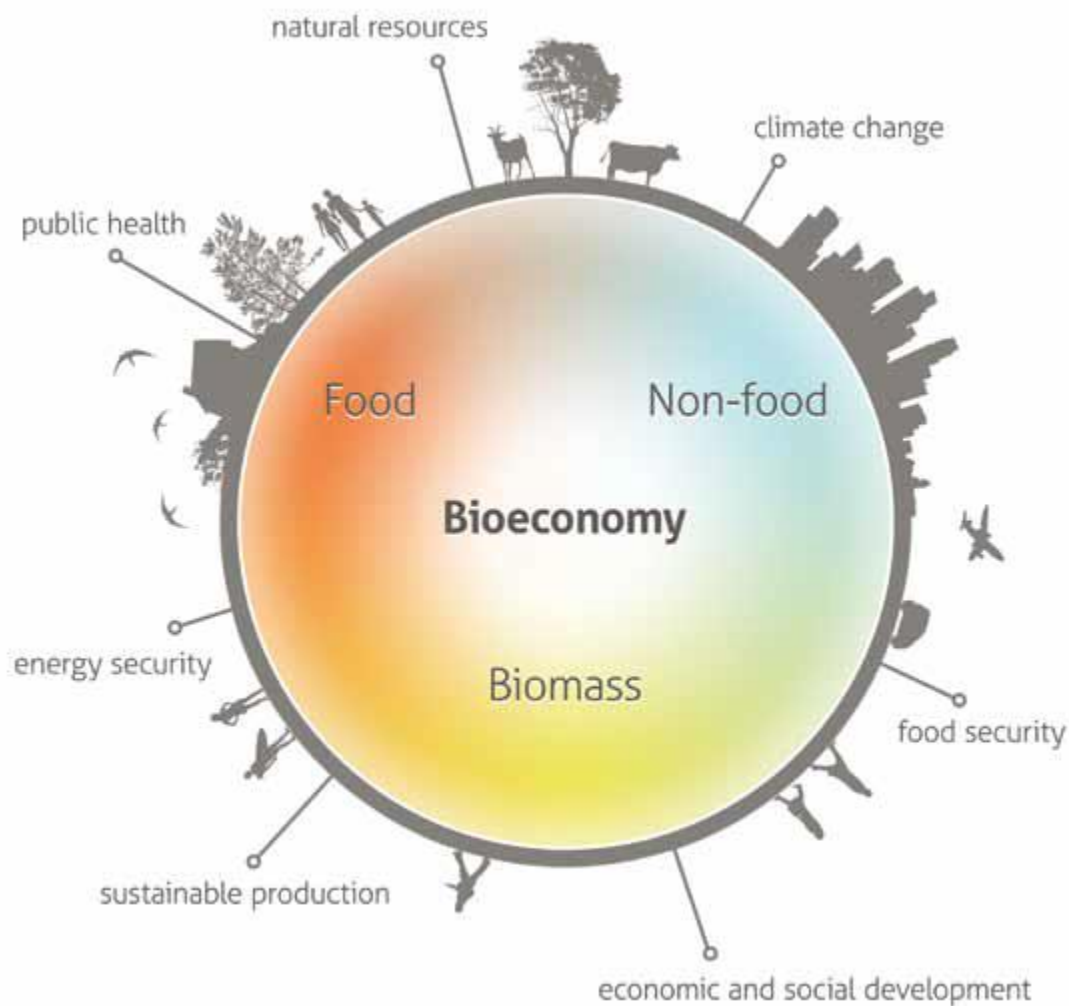
ตั้งแต่อดีต จนถึงประมาณปี พ.ศ. 2443 เป็นช่วงเวลาที่เศรษฐกิจโลกขับเคลื่อนอยู่บนฐานของธรรมชาติ หรือ Natural Economy และตั้งแต่ปี พ.ศ. 2443 เป็นต้นมาจนถึงปี พ.ศ. 2557 การขับเคลื่อนเศรษฐกิจอยู่บนพื้นฐานของฟอสซิล และปิโตรเลียม หรือที่เรียกว่า Fossil economy ซึ่งเป็นยุคที่มีการใช้แรงงานเป็นหลัก (Labor Intensive) แต่หลังจากโลกต้องเผชิญกับการเพิ่มขึ้นของประชากร ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ การชะลอตัวของเศรษฐกิจโลก ความมั่นคงด้านอาหาร ปัจจัยด้านความเสี่ยงในการทำเกษตร และความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ สังคมจึงกำลังจะเปลี่ยนผ่านจากเศรษฐกิจที่พึ่งพาฟอสซิลหรือน้ำมันปิโตรเลียมเป็นหลัก ไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยชีวมวล หรือที่เรียกว่า หรือเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (Bioeconomy) เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกและเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างยั่งยืน ดังแสดงในภาพที่ 1



ที่มา: (TEM, 2014)

ภาพที่ 1 วัฏจักรใหม่ของเศรษฐกิจจากเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ

ในช่วงของการปรับเปลี่ยนจาก Fossil Economy ไปสู่ Bioeconomy ของประเทศไทยนั้น จำเป็นต้องอาศัยการขับเคลื่อนจาก 2 ภาคอุตสาหกรรม คือ อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร ที่จะต้องสร้างดุลยภาพระหว่าง 2 อุตสาหกรรมในมิติต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นความมั่นคงด้านอาหาร การเพิ่มมูลค่าสินค้าเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ความมั่นคงด้านพลังงาน ด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะภาวะโลกร้อนและการรักษาทรัพยากรธรรมชาติ ความเป็นอยู่ของคนในสังคม และการผลิตอย่างยั่งยืนที่เป็นหัวใจสำคัญของเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพดังแสดงในภาพที่ 2



ที่มา: (Organisation, 2011)

ภาพที่ 2 เศรษฐกิจจากฐานชีวภาพของยุโรป

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ 2 ด้าน คือ 1) ศึกษาสถานภาพปัจจุบันของงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ดำเนินการภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ 2) ศึกษา สังเคราะห์ และนำเสนอแนวทางงานวิจัยในอนาคตเบื้องต้นภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพสำหรับประเทศไทยที่ได้การทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ ซึ่งหมายถึงการนำวัตถุดิบทางการเกษตรมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้นของประเทศไทยและต่างประเทศจากข้อมูลทุติยภูมิ โดยจะศึกษาทั้งอุตสาหกรรมอาหารและไม่ใช่อาหาร แต่จะมุ่งเน้นการสังเคราะห์และวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมที่มีใช้อาหารเป็นหลัก

จากการรวบรวมและสังเคราะห์ข้อมูลในมิติด้านนโยบายของกลุ่มประเทศต่างๆ ที่เป็นทั้งผู้นำด้าน Bioeconomy และกลุ่มประเทศที่มีคล้ายคลึงกันด้านทรัพยากรธรรมชาติ สามารถสรุปได้ว่า แนวทางนโยบายด้านเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพของประเทศมาเลเซีย ที่มีการจัดการด้านการเกษตรที่

เชื่อมโยงกับภาคอุตสาหกรรมแบบครบวงจร เช่น ปาล์มน้ำมัน และมีจุดแข็งด้านการจัดการองค์การซึ่งมีองค์กรที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรง สำหรับการดูแลนโยบายด้านการพัฒนา Bioeconomy นั้น ประเทศมาเลเซียได้จัดตั้ง Bioeconomy Corporation ภายใต้การดูแลของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อเป็นศูนย์กลางในการสนับสนุน อำนวยความสะดวก และให้คำปรึกษาทุกด้านแก่อุตสาหกรรมจากฐานชีวภาพ อาทิ การลงทุน การพัฒนาผู้ประกอบการรายใหม่ การสร้างคลัสเตอร์ การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ เป็นต้น และประเทศเกาหลี ซึ่งเป็นประเทศแรกในทวีปเอเชียที่รัฐบาลมีการออกยุทธศาสตร์การเติบโตแบบสีเขียวและคาร์บอนต่ำ เกาหลีมุ่งเน้นงานวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพที่เกี่ยวข้องด้านการแพทย์และสุขภาพ รวมไปถึง ชีวเคมี ชีวอิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล โดยการทำเกษตรแบบทันสมัยด้วยเทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีสารสนเทศ การสร้างคลัสเตอร์ การลงทุนโครงสร้างพื้นฐาน การจัดตั้งศูนย์นวัตกรรม และการฝึกอบรมจากผู้เชี่ยวชาญระดับโลก มาเป็นแนวทางที่ควรนำมาปรับใช้ในการจัดการการเกษตร อุตสาหกรรม และการพัฒนานวัตกรรมตามลำดับ โดยประเทศไทยควรจะปรับจากการใช้เศษเหลือทางการเกษตร เป็นการจัดการด้านการเกษตรสำหรับพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิด ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และปาล์มน้ำมัน เพื่อผลิตสารเคมีแพลตฟอร์ม ที่เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมชีวภาพมูลค่าสูงอื่นๆ ได้แก่ เคมีภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมการเกษตร และแปรรูปอาหาร อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพและเคมีชีวภาพ เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร หากพิจารณาตามมุมมองด้านหลักการของเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (Bioeconomy Concept) ประเทศไทยอยู่ในระยะของ Bioeconomy Phase I แปรรูปวัตถุดิบตั้งต้นชนิดเดียว (Single Feedstock) ด้วยเทคโนโลยีเดียว (Single Process) ให้ได้ผลิตภัณฑ์หลักหนึ่งชนิด (Single Major Product) เข้าสู่ Bioeconomy Phase II ที่แปรรูปวัตถุดิบชนิดเดียว (Single Feedstock) ใช้หลายเทคโนโลยีหรือกระบวนการ (Multiple Processes) สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด (Multiple Major Products) แต่ยังไม่ถึง Bioeconomy Phase III ที่แปรรูปวัตถุดิบหลายชนิด (Multiple feedstocks) ใช้หลายเทคโนโลยีหรือกระบวนการ (Multiple Processes) สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด (Multiple Major Products) สำหรับมุมมองด้านงานวิจัยความพร้อมของเทคโนโลยีของประเทศส่วนใหญ่ยังมีระดับความพร้อมอยู่ที่ Technology Readiness Level (TRL) 3 หรือเป็นระดับวิจัยประยุกต์ (Applied Research) ซึ่งยังอยู่ในช่วงของหุบเหวระยะของงานวิจัย (Valley of Death) หรือช่องว่างระหว่างงานวิจัยจากระดับห้องปฏิบัติการหรือต้นแบบ (ระดับ TRL 5 หรือต่ำกว่า) กับงานวิจัยเชิงพาณิชย์ (ระดับ TRL 8-9)

จากข้อมูลอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานและสารเคมีจากชีวมวลพบว่าประเทศไทยยังคงใช้ชีวมวลรุ่นที่ 1 เป็นหลัก ได้แก่ อ้อย และมันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตพลังงานและสารเคมี ดังแสดงในภาพที่ 3 สารชีวเคมีที่มีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมของประเทศ

ได้แก่ กรดแลคติก กรดซิตริก กลีเซอรินหรือกลีเซอรอล ไลซีน และซอร์บิทอล โดยเอกชนผู้ผลิตมีทั้งบริษัทของประเทศไทย และบริษัทร่วมทุนจากต่างประเทศ เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบันของประเทศไทย มีลักษณะเป็นแบบโรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 1 เช่น ในกรณีที่วัตถุดิบเริ่มต้นเป็นน้ำมันปาล์ม ซึ่งมีการนำไปใช้ผลิตไบโอดีเซลและเมทิลกลีเซอริน เป็นผลผลิตพลอยได้ แต่ยังไม่มีการใช้เทคโนโลยีเพิ่มเติมในการแปรรูป กลีเซอริน เป็นสารเคมีชนิดอื่นที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น

Commercial production of biofuels, chemicals and materials in Thailand

Agriculture	Industry		Companies
	types	products	
 Sugarcane Cassava	Biofuels	Ethanol 1,058 mil L/yr	
		Biodiesel 1,168 mil L/yr	
	Bioenergy	Biogas 1,523 mill m ³ /yr	
		Biomass to Electricity 2,321 MW	
	Biochemicals	Lactic acid 100,000 t/yr	
		Citric acid 15,000 t/yr	
		Glycerine 117 mil L/yr	
		Sorbitol 43,000 t/yr	
		Lysine 47,000 t/yr	
		Oleochemicals 120,000 t/yr	
 Palm	Bioplastic	PBS 20,000 t/yr	
		PLA 75,000 t/yr	

Source : Modified from Petroleum Institute of Thailand and Sasin Management Consulting, 2015

ภาพที่ 3 อุตสาหกรรมชีวภาพปัจจุบันที่มีในประเทศไทย (Bhumiratana, 2016)

สำหรับวัตถุดิบประเภท Lignocellulose หรือชีวมวลรุ่นที่ 2 ที่นับเป็นแหล่งชีวมวลสำคัญในการผลิตสารเคมีหลายชนิดทั้งเพื่อการผลิต Cellulosic Ethanol และสารเคมีเช่น Sugar Alcohol ซึ่งใช้เป็นสารให้ความหวานเป็นต้น ปัจจุบันยังคงมีข้อจำกัดการผลิตหลัก คือ ต้นทุนจากการ Pretreatment ที่ต้องการเปลี่ยน Lignocellulose ให้เป็นน้ำตาลชนิดต่างๆ เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมี (Chemical Building Blocks) จึงเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้อุตสาหกรรมในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังคงใช้วัตถุดิบชีวมวลรุ่นที่ 1 เป็นหลัก ทั้งนี้หากต้องการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากชีวมวลรุ่นที่ 2 อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษที่เป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้กระบวนการ Pretreatment เป็นหลัก จะเป็นอุตสาหกรรมที่ควรใช้เป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนากระบวนการผลิตได้

และจากการศึกษาความพร้อมในหลายๆ ด้านไม่ว่าจะเป็น ปริมาณวัตถุดิบ มูลค่าตลาดของโลก ข้อมูลการนำเข้าส่งออก ความพร้อมด้านเทคโนโลยี รวมกับนโยบายสนับสนุนของภาครัฐและเอกชนของประเทศไทยที่ได้เริ่มมีการหันมาสนับสนุนอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับ Bioeconomy ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น สารเคมีแพลตฟอร์มที่น่าสนใจส่งเสริมเพื่อเพิ่มมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยที่น่าสนใจเรียงลำดับได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- 1) กลีเซอรอลเป็นสารเคมีแพลตฟอร์มที่มีการใช้งานมาก ทั้งการใช้งานด้วยตัวเอง และการใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีอื่น การเติบโตของตลาดโลกสำหรับกลีเซอรอลเท่ากับร้อยละ 6.5 และมีมูลค่าการนำเข้าในประเทศไทยอยู่ประมาณกว่า 1,000 ล้านบาท นอกจากนี้ยังมีมูลค่าการส่งออกอยู่ประมาณกว่า 700 ล้านบาท ประกอบกับแนวโน้มการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้น จาก 3.4 ล้านลิตรต่อวัน ไปเป็น 10 ล้านลิตรต่อวัน ในปี 2569 โดยกลีเซอรอลสามารถนำไปผลิตเป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลาสติกชีวภาพ ซึ่งใช้ทดแทนสารเคมีที่ผลิตได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
- 2) กรดแลคติก เป็นสารเคมีแพลตฟอร์มที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ในอุตสาหกรรมอาหาร และเริ่มมีการใช้งานในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ และใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีอื่น โดยมีแนวโน้มการเติบโตทางการตลาดโลกเท่ากับ ร้อยละ 7 วัตถุดิบหลักในการผลิตสำหรับประเทศไทย คือ มันสำปะหลัง กับอ้อย แต่การผลิตกรดแลคติกจากชีวมวลยังมีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง เนื่องจากเทคโนโลยีการใช้เชื้อจุลินทรีย์ช่วยในการผลิต ยังไม่คงที่ ถึงอย่างไรก็ตามรัฐบาลไทยได้มีนโยบายให้การสนับสนุนทั้งด้านการผลิต วิจัยและพัฒนาอย่างเต็มที่
- 3) สารให้ความหวานแทนน้ำตาล ซอร์บิทอล เป็นกลุ่มสารเคมีแพลตฟอร์มที่มีแนวโน้มในการเติบโตทางการตลาดอยู่ในระดับดี เนื่องจากมีผู้ป่วยเบาหวาน และผู้บริโภคที่รักสุขภาพเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลในการผลิตได้รับความนิยม โดยโซลิทอลมีร้อยละการเติบโตของตลาดโลก 6.6 ซอร์บิทอลมีมูลค่าการนำเข้าอยู่ที่ประมาณ 350 ล้านบาท ในขณะที่เดียวกันก็มีมูลค่าการส่งออกประมาณ 150 ล้านบาท จึงทำให้ซอร์บิทอลเป็นสารเคมีแพลตฟอร์มที่น่าสนใจ
- 4) กรดซัคซินิก เป็นสารเคมีแพลตฟอร์มที่มีแนวโน้มในการเติบโตสูงที่สุด โดยมีร้อยละการเติบโตของมูลค่าตลาดโลกเท่ากับ 28 (จากการคาดการณ์ในระหว่างปี พ.ศ. 2559 - 2564) แม้ว่ามูลค่าตลาดของกรดซัคซินิกจะไม่สูงมากนัก (63.2 ดอลลาร์สหรัฐ ในปี พ.ศ. 2554) แต่มีราคาขายต่อหน่วยค่อนข้างสูง (2,860 - 3,000 USD/MT ในปี พ.ศ. 2554) และประเทศไทยได้มีมูลค่าการนำเข้าในประเทศไทยประมาณปีละ 161 ล้านบาท เป็นสารเคมีแพลตฟอร์มที่มีการใช้งานที่หลากหลาย โดยเฉพาะการใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีอนุพันธ์ ประกอบกับรัฐบาลไทยมีนโยบายสนับสนุนภายใต้แนวคิด Bioeconomy กรดซัคซินิกจึงเป็น

สารเคมีแพลตฟอร์มที่มีความเหมาะสมที่จะส่งเสริมให้เกิดการวิจัยและพัฒนาต่อไป

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางการวิจัยและพัฒนาสำหรับวัตถุดิบรุ่นแรก หรือ 1st Generation การวิจัยต้นน้ำหรือการแปรรูปเบื้องต้นนั้นไม่มีความซับซ้อนมากจึงไม่ต้องทำการวิจัยเพิ่มเติม แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้านการเพิ่มผลผลิตของวัตถุดิบ อุตสาหกรรมกลั่นน้ำหรือการผลิตสารแพลตฟอร์มนั้น ควรมีการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสารแพลตฟอร์ม และอุตสาหกรรมปลายน้ำควรทำการศึกษาวิจัยการผลิตต่อเนื่องและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ สำหรับวัตถุดิบรุ่นที่สอง หรือ 2nd Generation มีแนวทางการวิจัยและพัฒนาด้านกลั่นน้ำ และปลายน้ำเช่นเดียวกับวัตถุดิบรุ่นแรก แต่ต้องมีการศึกษาวิจัยด้านการแปรรูปขั้นต้นเพื่อลดต้นทุนการผลิตในขั้นตอนนี้ นอกจากนี้หากต้องการผลักดันการวิจัยและพัฒนาเพื่อให้เกิดเทคโนโลยีการผลิตของประเทศไทยเอง จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมียุทธศาสตร์การสนับสนุนอย่างจริงจังและต่อเนื่อง ควรมีการปรับเปลี่ยนระบบการวิจัยให้สามารถทำการวิจัยต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหลายปี พร้อมกับมีการลงทุนเพื่อสร้างงานวิจัยระดับขยายผล (Pilot Scale) ให้รองรับการขยายผลสู่เชิงพาณิชย์ได้จริง หรือมีระดับความพร้อมสำหรับการผลิต (Manufacturing Readiness Level (MRL)) ควบคู่ไปด้วย ท้ายที่สุดควรทำการวิจัยและพัฒนาการรวมกลุ่มที่มีความต้องการหรือโจทย์ปัญหาร่วมกัน และวางแผนการวิจัยครบทั้ง Value Chain เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่นำไปใช้ประโยชน์ได้จริง อาจจะนำตัวอย่างรูปแบบความร่วมมือด้านการวิจัยที่แสดงในภาพที่ 4 มาปรับใช้กับระบบการวิจัยของประเทศไทย



ที่มา: <http://www.processum.se/en/sp-processum/our-projects/the-biorefinery-of-the-future>

ภาพที่ 4 ตัวอย่างแนวทางของกลุ่ม Processum ในการพัฒนา Lignocellulose Biorefinery

จากแนวทางการพัฒนาของประเทศไทยที่ประสบความสำเร็จ ประเทศไทยควรพัฒนาการเกษตรพืชเศรษฐกิจหลัก เป็นเกษตรอุตสาหกรรมอย่างแท้จริง รวมกับการประยุกต์ใช้และพัฒนาเทคโนโลยีในทุกๆ ด้าน ตั้งแต่ ด้านเกษตร (Green Biotechnology) ด้านอุตสาหกรรม (White Biotechnology) ด้านอาหาร (Yellow Biotechnology) ด้านยาและสุขภาพ (Red Biotechnology) พร้อมทั้งสร้างตลาดทั้งในและต่างประเทศ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากด้านภูมิศาสตร์ประเทศไทยยังมีโอกาสในการพัฒนาทางด้านทะเล (Blue Biotechnology) คล้ายคลึงกับประเทศมาเลเซีย และเกาหลีใต้ที่กล่าวมา

สารบัญ	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทสรุปผู้บริหาร	V
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 ทบทวนเอกสารเชิงสังเคราะห์	3
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	7
1.4 ขอบเขตการดำเนินงาน	8
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย	8
1.6 ระยะเวลาของโครงการ	8
1.7 แผนการดำเนินงาน	9
1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ (แบ่งเป็นราย 6 เดือน)	11
บทที่ 2 นโยบาย Bioeconomy	13
2.1 นโยบายทางด้าน Bioeconomy ของประเทศต่างๆในกลุ่ม G7	15
2.1.1 แคนาดา	15
2.1.2 สหภาพยุโรป	17
2.1.3 ฝรั่งเศส	19
2.1.4 เยอรมนี	22
2.1.5 สหราชอาณาจักร	25
2.1.6 อิตาลี	28
2.1.7 ญี่ปุ่น	29
2.1.8 สหรัฐอเมริกา	32
2.2 นโยบายทางด้าน Bioeconomy ในกลุ่มประเทศเอเชียแปซิฟิก	36
2.2.1 ออสเตรเลีย	38
2.2.2 จีน	38
2.2.3 อินเดีย	39
2.2.4 อินโดนีเซีย	39
2.2.5 มาเลเซีย	40
2.2.6 นิวซีแลนด์	41
2.2.7 รัสเซีย	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.8 เกาหลีใต้	42
2.2.9 ศรีลังกา	42
2.3 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการวางแผนนโยบาย	58
2.4 ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการร่างนโยบายทางด้าน Bioeconomy	60
2.5 ยุทธศาสตร์ Bioeconomy ของประเทศไทย	67
2.6 SWOT analysis กลยุทธ์ทาง Bioeconomy ของประเทศไทย	69
บทที่ 3 พืชเศรษฐกิจที่สามารถนำไปพัฒนาสู่ Bioeconomy	73
3.1 แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564)	73
3.2 การจัดทำแนวทางการบริหารจัดการเขตเกษตรเศรษฐกิจสินค้าเกษตรที่สำคัญ (Zoning)	74
3.3 ทิศทางและแผนงานวิจัยพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิดของประเทศไทย	76
3.4 พืชเศรษฐกิจที่มีความสามารถในการจัดการสำหรับ Bioeconomy	80
3.5 ห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) และปริมาณวัตถุดิบของพืชเศรษฐกิจ	84
3.6 การนำพืชเศรษฐกิจไปใช้ประโยชน์	102
3.7 สรุปวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการนำไปศึกษาและพัฒนาภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ	110
บทที่ 4 สถานภาพของเทคโนโลยีเพื่อการแปรรูปวัตถุดิบชีวมวลภายใต้นโยบายเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ	113
4.1 การใช้แนวคิดโรงกลั่นชีวภาพเป็นเกณฑ์	113
4.2 การใช้สารเคมีจากชีวมวลเป็นเกณฑ์	119
4.3 แนวทางการผลิตสารเคมีพลังงานและสารเคมีจากชีวมวลในประเทศไทย	135
4.4 อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษสู่การแปรรูปชีวมวลอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด	138
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	148
5.1 สรุปผลการศึกษาสารแพลตฟอร์มในประเทศไทย	148
5.2 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องจาก สัมมนา	161
5.3 สรุปข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางวิจัยพัฒนาที่เกี่ยวข้องจาก การศึกษา	168

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	172
ภาคผนวก ก แผนงานวิจัยของพืชเศรษฐกิจ	206
ภาคผนวก ข เนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตเก็บเกี่ยวของพืชเศรษฐกิจ	250
ภาคผนวก ค บทความตีพิมพ์	257
ภาคผนวก ง แผนการดำเนินงาน และผลการดำเนินงาน	264

ตารางที่	สารบัญตาราง	หน้า
2.1	ภาพรวมของนโยบายทางด้าน Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และสหภาพยุโรป	14
2.2	มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในแคนาดา	16
2.3	มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในสหภาพยุโรป	19
2.4	มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในฝรั่งเศส	21
2.5	มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในเยอรมนี	24
2.6	มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในสหราชอาณาจักร	27
2.7	มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในญี่ปุ่น	32
2.8	มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในสหรัฐอเมริกา	34
2.9	นโยบายทางด้าน Bioeconomy และเอกสารที่เกี่ยวข้อง ในกลุ่มประเทศเอเชียแปซิฟิก	37
2.10	แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific	44
2.11	สรุปปัจจัยค้ำจุนถึงสำหรับการวิเคราะห์ช่องว่างเพื่อการวางนโยบาย Bioeconomy อย่างยั่งยืนของแต่ละประเทศ	59
3.1	แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิด	84
3.2	เปรียบเทียบข้อมูลการปลูกพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิด ตั้งแต่ปี 2555-2559	92
3.3	เนื้อที่ปลูก ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ของข้าวตั้งแต่ปี 2555 - 2559	93
3.4	ประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของข้าว	93
3.5	เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ของอ้อยโรงงาน ตั้งแต่ปี 2556 - 2560	94
3.6	ประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของอ้อย	95
3.7	เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ของมันสำปะหลัง ตั้งแต่ปี 2555 - 2559	96
3.8	ประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของมันสำปะหลัง	96
3.9	เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตั้งแต่ปี 2555/56 - 2559/60	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.10	ประมาณการปริมาณผลผลิตถัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	98
3.11	เนื้อที่กรี๊ดได้ ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ของยางพารา ตั้งแต่ปี 2555 – 2559	98
3.12	ประมาณการปริมาณผลผลิตถัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของยางพารา	99
3.13	เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ของปาล์มน้ำมัน ตั้งแต่ปี 2556 – 2560	100
3.14	ประมาณการปริมาณผลผลิตถัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของปาล์มน้ำมัน	100
4.1	เทคโนโลยีการแปรรูป (Conversion Technology) และการใช้ประโยชน์ของสารเคมีแพลตฟอร์มของสหรัฐอเมริกา	121
4.2	ราคาและมูลค่าตลาดโดยประมาณของสารเคมีจากชีวมวลและตลาดสารเคมีทั้งหมด	132
4.3	ข้อกำหนดระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (TRL; Technology Readiness Level)	133
5.1	มูลค่าทางการตลาดของสารเคมีแพลตฟอร์มบางชนิดในตลาดโลก	152
5.2	สรุปลำดับความพร้อมในการพัฒนาสารเคมีแพลตฟอร์มของประเทศไทย	156
ผนวก ก – 1	วัตถุประสงค์ กรอบวิจัย และผลผลิตพืช ปี พ.ศ. 2559-2561	207
ผนวก ข – 1	เนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตเก็บเกี่ยวรายเดือนของข้าว	251
ผนวก ข – 2	ผลผลิตเก็บเกี่ยวรายเดือนของยางพารา	252
ผนวก ข – 3	ผลผลิตเก็บเกี่ยวรายเดือนของมันสำปะหลัง	253
ผนวก ข – 4	ผลผลิตเก็บเกี่ยวรายเดือนของอ้อย	254
ผนวก ข – 5	เนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตเก็บเกี่ยวรายเดือนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	255
ผนวก ข – 6	ผลผลิตเก็บเกี่ยวรายเดือนของปาล์มน้ำมัน	256
ผนวก ง – 1	แผนการดำเนินงาน และผลการดำเนินงาน	265

ภาพที่	สารบัญรูปภาพ	หน้า
1.1	วัฏจักรใหม่ของเศรษฐกิจจากเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ	1
1.2	เศรษฐกิจจากฐานชีวภาพของยุโรป	3
1.3	เปรียบเทียบ Fossil economy กับ Bioeconomy	4
1.4	การสร้างมูลค่าจากการแปรรูปชีวมวล	5
1.5	ตัวอย่างกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปชีวมวล	5
3.1	สัดส่วนเนื้อที่การใช้ประโยชน์ที่ดินภาคการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558	80
3.2	พื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิด ในประเทศไทย	81
3.3	ปริมาณการผลิตของพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิด ในประเทศไทย	81
3.4	มูลค่าที่ขายได้ของพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิด ในประเทศไทย	82
3.5	สัดส่วนมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญของไทย ปี 2559	83
3.6	การจัดการห่วงโซ่อุปทาน	85
3.7	ห่วงโซ่อุปทานข้าว	86
3.8	ห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลัง	87
3.9	ห่วงโซ่อุปทานยางพารา	88
3.10	ห่วงโซ่อุปทานอ้อย	89
3.11	ห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด	90
3.12	ห่วงโซ่อุปทานปาล์มน้ำมัน	91
4.1	ชนิดของผลผลิตจากกระบวนการโรงกลั่นชีวภาพ	113
4.2	ตัวอย่างระบบโรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 1 จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล	114
4.3	กระบวนการผลิตเอทานอลจากข้าวโพดด้วยกระบวนการ Dry Mill (1) และ Wet Mill (2)	115
4.4	ตัวอย่างระบบโรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 2	116
4.5	แนวทางของกลุ่ม Processum ในกระบวนการ Lignocellulose Biorefinery	117
4.6	แนวทางของการใช้ธัญพืชเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงกลั่นชีวภาพ (Whole Crop Biorefinery)	118
4.7	แนวทางการวิจัยเพื่อพลังงานและสารเคมีจากชีวมวล	118
4.8	กระบวนการทางชีวภาพและทางเคมีในการผลิตสารเคมีแพลตฟอร์ม	120
4.9	ระดับความพร้อมของเทคโนโลยีในการผลิตสารเคมีจากชีวมวล	134

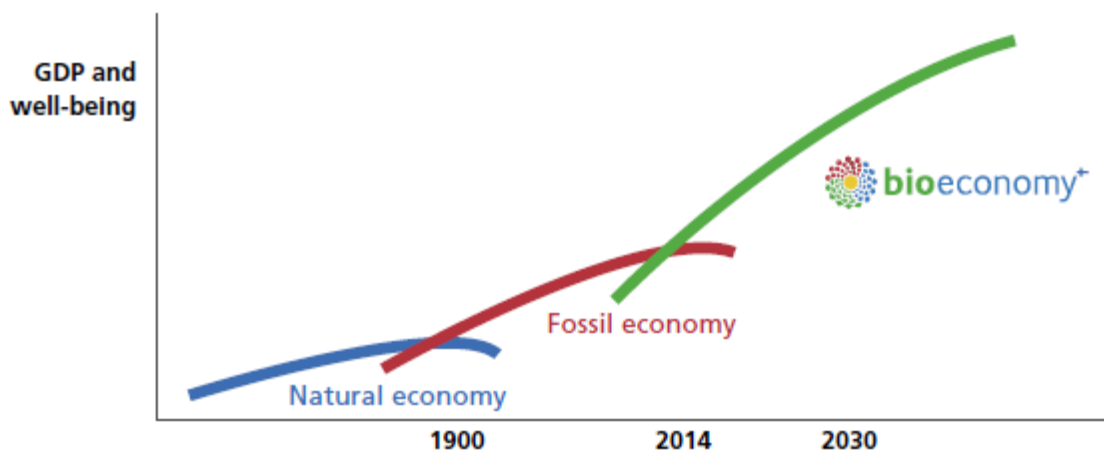
สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.10	อุตสาหกรรมชีวภาพปัจจุบันที่มีในประเทศไทย	135
4.11	วิธีการการปรับสภาพเบื้องต้น (Pretreatment) ของชีวมวลชนิดต่างๆ ไปเป็นน้ำตาล	137
4.12	กระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษในโรงงานอุตสาหกรรม	138
4.13	แสดงถึงส่วนที่สามารถนำไปแปรรูปเพิ่มมูลค่าต่อได้ (วงกลมสีน้ำเงิน)	140
4.14	กระบวนการทางเลือกสำหรับแปรรูปเศษเหลือทิ้ง (Residues)	141
4.15	ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้จากการนำเฮมิเซลลูโลสมาใช้ประโยชน์	142
4.16	ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้จากเส้นใยเซลลูโลส (Cellulose Pulp Fiber)	143
4.17	ผลิตภัณฑ์ Durapulp ที่พัฒนาโดยบริษัท Södra	143
4.18	การใช้ประโยชน์ลิกนินจากแบล็คคลิกเคอร์	144
4.19	การใช้ประโยชน์แบล็คคลิกเคอร์โดยผ่านกระบวนการ Gasification	145
4.20	เทคโนโลยีการแปรรูปและผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้จากกากตะกอนจากโรงงานกระดาษ	146
5.1	Bioeconomy : 10 Year Roadmap	149
5.2	สรุปวัตถุดิบและสารแพลตฟอร์มที่น่าสนใจเพื่อพัฒนาต่อไป	161
5.3	ตัวอย่างแนวทางของกลุ่ม Processum ในการพัฒนา Lignocellulose Biorefinery	170
ผนวก ข – 1	แสดงพื้นที่ปลูกข้าวแต่ละจังหวัด	251
ผนวก ข – 2	แสดงพื้นที่ปลูกยางพาราแต่ละจังหวัด	252
ผนวก ข – 3	แสดงพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังแต่ละจังหวัด	253
ผนวก ข – 4	แสดงพื้นที่ปลูกอ้อยแต่ละจังหวัด	254
ผนวก ข – 5	แสดงพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แต่ละจังหวัด	255
ผนวก ข – 6	แสดงพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันแต่ละจังหวัด	256

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

ตั้งแต่อดีต จนถึงประมาณปี พ.ศ. 2443 เป็นช่วงเวลาที่เศรษฐกิจอยู่บนฐานของธรรมชาติ หรือ Natural Economy และตั้งแต่ปี พ.ศ. 2443 เป็นต้นมาจนถึงปี พ.ศ. 2557 การขับเคลื่อนเศรษฐกิจอยู่บนพื้นฐานของฟอสซิล และปิโตรเลียม หรือที่เรียกว่า Fossil economy แต่หลังจากโลกต้องเผชิญกับการเพิ่มขึ้นของประชากร ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ การชะลอตัวของเศรษฐกิจโลก ความมั่นคงด้านอาหาร ปัจจัยด้านความเสี่ยงในการทำการเกษตร และความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ สังคมจึงกำลังจะเปลี่ยนผ่านจากเศรษฐกิจที่พึ่งพาฟอสซิลหรือน้ำมันปิโตรเลียมเป็นหลัก ไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยชีวมวล หรือที่เรียกว่า เศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (Bioeconomy) เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกและเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างยั่งยืน ดังแสดงในภาพที่ 1.1



ที่มา: Sustainable growth from bioeconomy the Finnish bioeconomy strategy (TEM, 2014)

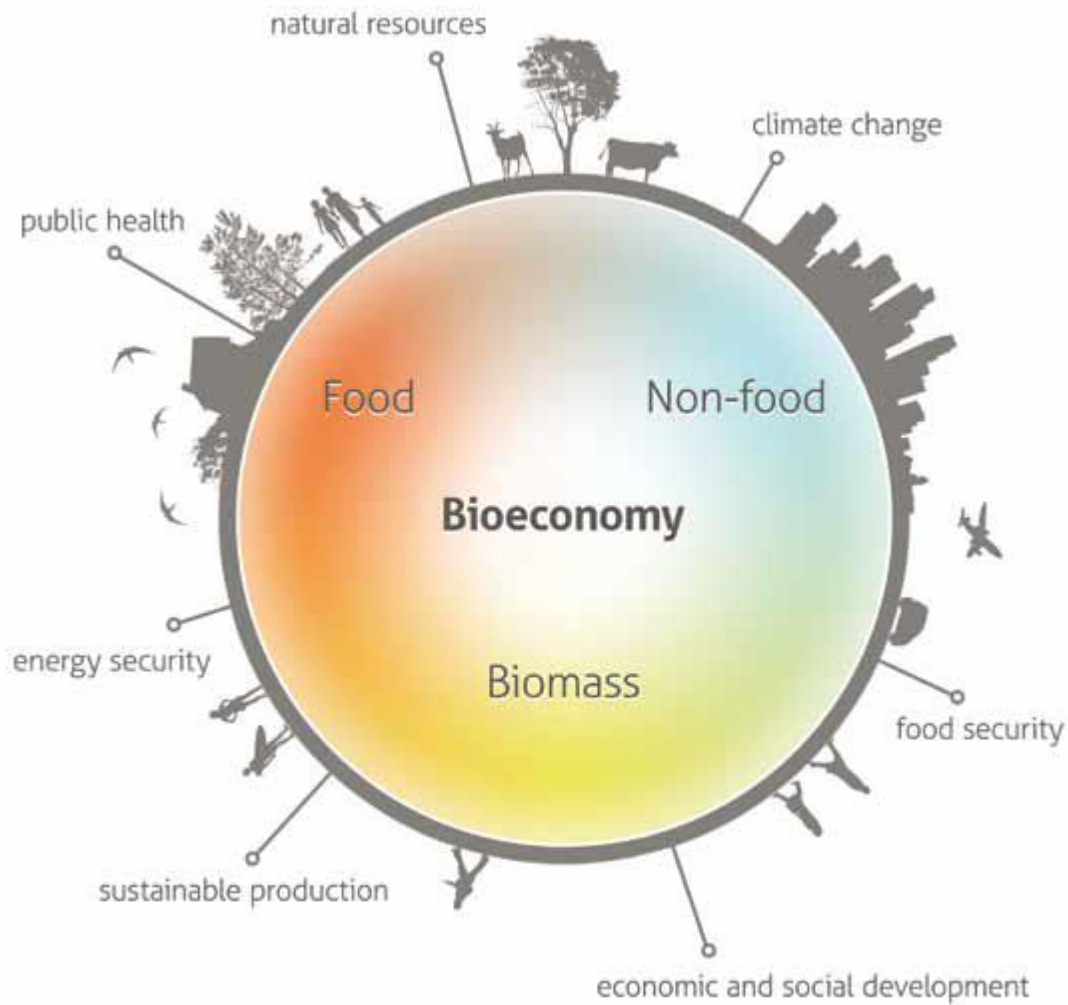
ภาพที่ 1.1 วัฏจักรใหม่ของเศรษฐกิจจากเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ

ในปัจจุบันซึ่งเป็นช่วงของการเปลี่ยนถ่ายจากระบบเศรษฐกิจเดิมเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ ทำให้ภาคการเกษตรของไทยต้องรับแรงกดดันทั้งจากภาวะเศรษฐกิจชะลอตัว จากราคาสินค้าเกษตรผันผวนและตกต่ำ จากภัยแล้งอันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก นำไปสู่ผลกระทบต่อรายได้และเศรษฐกิจของครัวเรือนเกษตรกรในวงกว้างตามมา อีกทั้งในหลายภาคส่วนของการเกษตรมีภาวะการขาดแคลนแรงงาน การเข้าสู่ภาวะสูงวัยของเกษตรกร รวมถึงภาวะหนี้สินของครัวเรือนเกษตรกรได้ขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นไป อันนำมาซึ่งปัญหาและผลกระทบต่อกิจกรรมการผลิตในภาคครัวเรือนเกษตรกร และอาจกลายเป็นประเด็นปัญหาทางเศรษฐกิจและสังคมด้านอื่นๆ เช่น

การสูญเสียที่ดินทำกิน การอพยพย้ายถิ่นจากชนบทสู่เมือง เป็นต้น รวมถึงการสร้างแรงกดดันด้านอื่นๆ ที่ตามมาในอนาคต

ถึงแม้รัฐบาลไทย จะมีแนวนโยบายให้การสนับสนุนเกษตรกรขนาดเล็กและเกษตรกรที่ทำการเกษตรในทุกด้านตั้งแต่การจัดการพื้นที่ การจัดหาเครื่องจักรกล รวมถึงสนับสนุนการใช้นวัตกรรมในการขับเคลื่อนไปสู่แนวทางของความต้อการใหม่ในสินค้าและบริการทางการเกษตรที่จะมีการพัฒนามากขึ้นแต่ก็ไม่เป็นผลเท่าที่ควร

ดังนั้นเพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจในมิติต่างๆ ในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้และการเข้าถึงทรัพยากรการเกษตร เกิดความยั่งยืนในการใช้ทรัพยากรฐานราก เช่น ที่ดิน แหล่งน้ำ เป็นต้น การพึ่งพิงทรัพยากรเชิงอนุรักษ์ในประเด็นเชิงมิติต่างๆ เช่น มิติของการจัดการ มิติของการสร้างความหลากหลายทางชีวภาพ มิติเรื่องความมั่นคงทางอาหาร มิติของความไม่เป็นธรรมในการใช้ทรัพยากรในภาคการเกษตร การศึกษาสถานภาพและแนวทางในการวิจัยเพื่อเตรียมความพร้อมเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจใหม่ที่จะขับเคลื่อนด้วยชีวมวล ซึ่งได้มาจากการเกษตรเป็นหลัก จะเป็นกลไกสำคัญในการแก้ปัญหาที่ประเทศไทยกำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การรักษาทรัพยากรธรรมชาติ ความมั่นคงด้านอาหารและพลังงาน การพัฒนาด้านสาธารณสุข การผลิตจากการใช้ทรัพยากรฐานรากอย่างยั่งยืน รวมถึงส่งผลต่อการเกิดอุตสาหกรรมใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้องและขยายโอกาสในการจ้างงาน ซึ่งตัวจักรสำคัญในเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) อุตสาหกรรมอาหาร และ 2) อุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร ดังแสดงในภาพที่ 1.2



ที่มา: (Organisation, 2011)

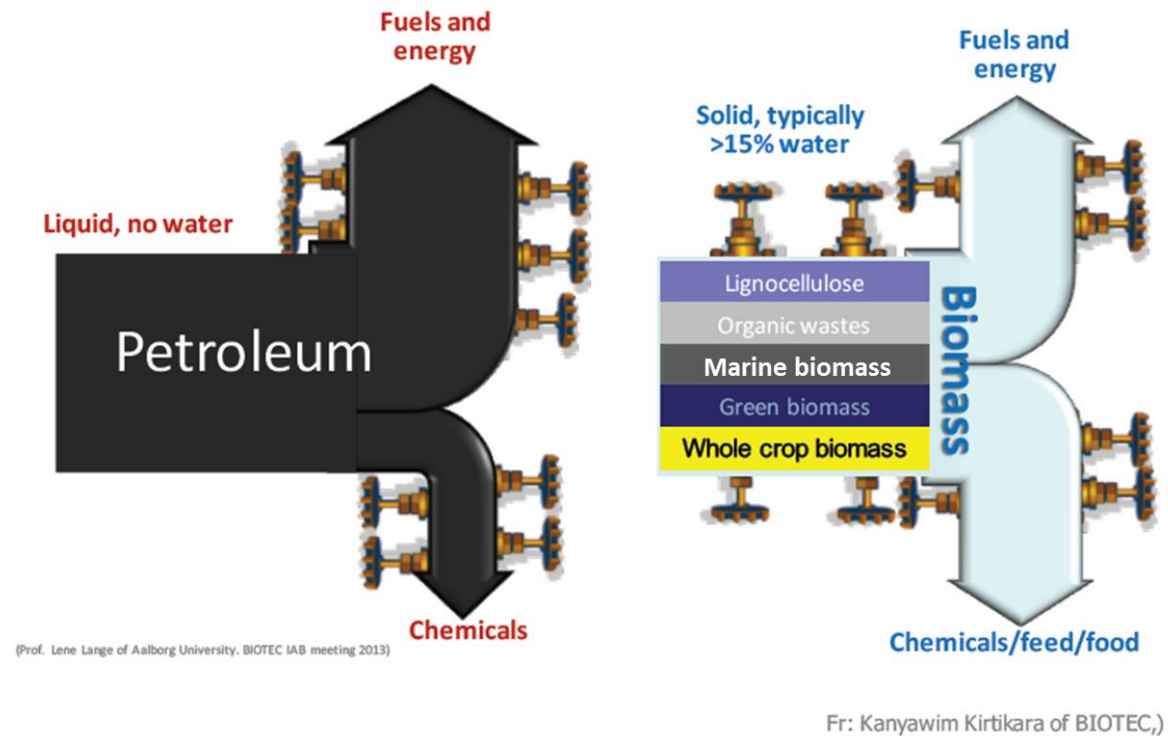
ภาพที่ 1.2 เศรษฐกิจจากฐานชีวภาพของยุโรป

สำหรับอุตสาหกรรมอาหารของประเทศไทยได้มีการศึกษาและพัฒนาไปไกลมากแล้ว แต่อุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหารยังไม่มีการศึกษาสถานภาพและการพัฒนาของอุตสาหกรรม เพื่อนำมาประกอบและจัดทำแนวทางในการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างเป็นรูปธรรม และสร้างทางเลือกเชิงนโยบายวิจัยในการแก้ปัญหาให้กับภาคเกษตรควบคู่ไปกับภาคอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหารของไทยที่กำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบัน รวมถึงแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงอย่างยั่งยืนในอนาคต ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทั้งเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยอย่างยั่งยืน

1.2 ทบทวนเอกสารเชิงสังเคราะห์

เศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (Bioeconomy) คือ การพัฒนาเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนที่มุ่งเน้นการใช้และแปรรูปชีวมวลจากผลผลิต/เศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรเป็นหลักแทนการใช้และแปรรูป

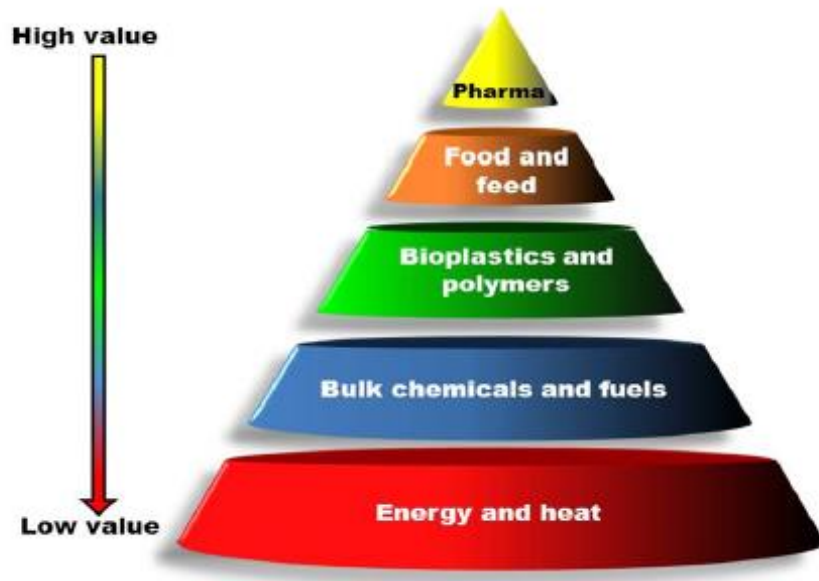
ผลผลิต/เศษวัสดุเหลือทิ้งจากน้ำมันปิโตรเลียมหรือฟอสซิล ทั้งในรูปแบบชีวผลิตภัณฑ์ (Bio-product) และในรูปของวัตถุดิบโดยตรง (Waramit, 2012)



ที่มา: (Bhumiratana, 2016)

ภาพที่ 1.3 เปรียบเทียบ Fossil economy กับ Bioeconomy

จากชีวมวลที่ผลิตจากการเกษตรสามารถนำมาสร้างมูลค่าเพิ่มขึ้นได้ด้วยกระบวนการแปรรูปต่างๆ ตั้งแต่ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ยา ไปจนถึงผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มต่ำคือพลังงานและความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 1.4 และ 1.5 การพัฒนาดังกล่าวจะก่อให้เกิด 1) การส่งเสริมการใช้ผลผลิตทางการเกษตรในด้านใหม่ๆ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม 2) เสริมสร้างประสิทธิภาพทางการผลิตและศักยภาพของภาคเกษตรกรรม และ 3) ก่อตั้งอุตสาหกรรมใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้อง และขยายโอกาสในการจ้างงาน



Prof. Lene Lange of Aalborg University. BIOTEC IAB meeting 2013

ที่มา: (Bhumiratana, 2016)
ภาพที่ 1.4 การสร้างมูลค่าจากการแปรรูปชีวมวล



Fr: Kanyawim Kirtikara of BIOTEC,

ภาพที่ 1.5 ตัวอย่างกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปชีวมวล

สำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพของประเทศไทย รัฐบาลไทยได้กำหนดกรอบนโยบายการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศไทย พ.ศ. 2547 – 2554 จัดทำขึ้นจากความร่วมมือของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติและสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) โดยศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ศช.) โดยในแผนดังกล่าวมีการกำหนดเป้าหมายการพัฒนาไว้ 6 เป้าประสงค์ ดังนี้

- 1) ธุรกิจชีวภาพสมัยใหม่เกิดและพัฒนา
- 2) ใช้เทคโนโลยีชีวภาพช่วยให้ประเทศไทยเป็นครัวของโลก
- 3) ประเทศไทยมีสังคมที่มีสุขภาพดีและเป็นศูนย์กลางสุขภาพแห่งเอเชีย
- 4) ใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมและผลิตพลังงานสะอาด
- 5) ใช้เทคโนโลยีชีวภาพเป็นปัจจัยสำคัญของเศรษฐกิจพอเพียง
- 6) พัฒนาระบบการสร้างกำลังคนที่มีคุณภาพ

หลังจากนั้นรัฐบาลได้มอบหมายให้สำนักงานคณะกรรมการนโยบายและแผนพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ร่วมกับศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ดำเนินการจัดทำกรอบนโยบายการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศไทย (พ.ศ. 2555-2564) ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายและแผนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2555-2564) โดยมุ่งหวังให้เทคโนโลยีชีวภาพเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความสามารถทางเศรษฐกิจของประเทศ สร้างความมั่นคงทั้งในด้านพลังงาน อาหาร และสุขภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนของเศรษฐกิจและสังคม โดยในกรอบนโยบายนี้ได้กำหนด

- 1) เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในสาขาที่ประเทศไทยมีความได้เปรียบหรือศักยภาพสูง รวมถึงขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ
- 2) ยกระดับรายได้ของประชาชน โดยการสร้างงานในพื้นที่เพื่อนำไปสู่การลดความยากจนและความเหลื่อมล้ำทางรายได้ที่ยั่งยืน
- 3) ยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน โดยเน้นให้ชุมชนมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจ มีชีวิตอยู่ในสังคมและสภาพแวดล้อมที่ดี มีสุขภาพที่แข็งแรง มีความรู้สำหรับเป็นภูมิคุ้มกันให้กับตนเอง
- 4) มุ่งสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน โดยกระบวนการพัฒนาเศรษฐกิจต้องเป็นกระบวนการที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ นอกจากนี้ยังต้องมีส่วนในการดูแลสิ่งแวดล้อมหรือฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์
- 5) สร้างความมั่นคงของประเทศ โดยผลิตสินค้าหรือบริการพื้นฐานที่จำเป็นได้ระดับหนึ่ง โดยเฉพาะด้านพลังงานและด้านสุขภาพ

และแบ่งออกเป็น 4 สาขายุทธศาสตร์หลัก ดังต่อไปนี้

- 1) ยุทธศาสตร์ด้านเกษตรและอาหาร เพื่อยกระดับความสามารถในการแข่งขัน เสริมสร้างความเข้มแข็งของเกษตรกรอย่างยั่งยืนโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ ลดต้นทุน เพิ่มคุณภาพผลผลิต และพัฒนานวัตกรรมด้านเกษตรและอาหาร
- 2) ยุทธศาสตร์ด้านการแพทย์และสุขภาพ เพื่อเสริมสร้างสุขภาพที่ดี เพิ่มการพึ่งพาตนเองและความสามารถในการแข่งขันในสาขาที่มีศักยภาพโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ
- 3) ยุทธศาสตร์ด้านพลังงานชีวมวล เพื่อเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงานด้วยการใช้เทคโนโลยีชีวภาพพัฒนาพลังงานทางเลือกที่ไม่ก่อปัญหาการแย่งชิงพืชอาหารในอนาคต
- 4) ยุทธศาสตร์ด้านอุตสาหกรรมชีวภาพ (เน้น Biological catalyst and enzyme) พัฒนาความสามารถของอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ พัฒนาระบบการผลิตและสร้างนวัตกรรมที่ประเทศไทยมีความได้เปรียบ

จะเห็นได้ว่ากรอบนโยบายการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 ถึง พ.ศ. 2564 ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพของไทยตั้งแต่อดีตไปจนถึงช่วง 5 ปีในอนาคตนับจากนี้ไป มุ่งเน้นการพัฒนาในอุตสาหกรรมอาหาร และพลังงาน ดังนั้นเพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การยกระดับรายได้และคุณภาพชีวิตของประชาชนให้มากขึ้น มุ่งสู่การพัฒนาที่เข้มแข็ง มั่งคั่ง และยั่งยืน จำเป็นต้องมีการศึกษาและพัฒนาอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหารอื่นๆ ที่ไม่ใช่พลังงานควบคู่กันไปด้วย เนื่องจากกลไกในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพจะต้องประกอบด้วย 2 อุตสาหกรรมหลัก คืออุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร ซึ่งการทำให้ทั้ง 2 ส่วนนี้อยู่ในความสมดุลจึงเป็นความท้าทายหนึ่งที่ระบบเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพต้องเผชิญ ซึ่งในบริบทของประเทศไทยอุตสาหกรรมอาหารได้มีการศึกษาและพัฒนาเป็นระยะอันยาวนาน ดังนั้นการศึกษาวิจัยสถานภาพปัจจุบันและทิศทางในอนาคตของด้านงานวิจัยภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพสำหรับอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร จึงมีความจำเป็นเพื่อใช้ในการวางกรอบนโยบายเพื่อเพิ่มทางเลือกในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทย และก่อให้เกิดดุลยภาพในอุตสาหกรรมระหว่างอุตสาหกรรมอาหารและไม่ใช่อาหาร ทำให้ประเทศไทยสามารถหลุดพ้นจากกับดักรายได้ปานกลาง

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) ศึกษาสถานภาพปัจจุบันของงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ
- 2) ศึกษา สังเคราะห์ และนำเสนอแนวทางงานวิจัยในอนาคตเบื้องต้นภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพสำหรับประเทศไทย

1.4 ขอบเขตการดำเนินงาน

ทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ ซึ่งหมายถึงการนำวัตถุดิบทางการเกษตรมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น ย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี 2548-2558 ของประเทศไทยจากข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ฐานข้อมูลงานวิจัยต่างๆ ภายในประเทศ และศึกษาแนวโน้มงานวิจัยจากทั้งข้อมูลภายในประเทศและต่างประเทศ เช่น ฐานข้อมูลงานวิจัยต่างประเทศ หนังสือ และบทความ เป็นต้น โดยจะศึกษาทั้งอุตสาหกรรมอาหาร และไม่ใช่อาหาร แต่จะมุ่งเน้นการสังเคราะห์และวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมที่มีใช้อาหารเป็นหลัก

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย (research methodology)

- 1) ศึกษาและทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีศักยภาพ ในการนำมาผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากฐานข้อมูลวิจัยต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ
- 2) ศึกษานโยบายที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาด้านเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพภายในประเทศ และต่างประเทศ เพื่อให้ทราบถึงสถานภาพการดำเนินงานและการสนับสนุนในบริบทของ ไทย และต่างประเทศ
- 3) ทำการคัดเลือกวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีศักยภาพ จากปัจจัยที่กำหนด ได้แก่ ปริมาณ การผลิต ความยากง่ายในการส่งเสริม นโยบายการสนับสนุน เป็นต้น
- 4) ศึกษาผลิตภัณฑ์ชีวภาพอาหารและมิใช่อาหารที่ผลิตได้จากวัตถุดิบที่คัดเลือกจากข้อ 3)
- 5) วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ข้างต้น เพื่อให้ทราบถึงสถานภาพของงานวิจัยปัจจุบันที่สนับสนุน ภาคอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร
- 6) สรุปผลการวิเคราะห์สถานภาพของงานวิจัยปัจจุบันในประเทศไทยและต่างประเทศ
- 7) จัดทำรายงานความก้าวหน้า
- 8) ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่มีศักยภาพในการพัฒนา จากปัจจัยที่กำหนด ได้แก่ ความพร้อมของเทคโนโลยี ศักยภาพด้านการตลาด นโยบายการสนับสนุน เป็นต้น
- 9) วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย และนโยบายเพื่อให้ทราบถึงทิศทางของงานวิจัยในอนาคตที่จะ สนับสนุนภาคอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร
- 10) สรุปผลการวิเคราะห์สถานภาพของงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ พร้อมทิศทางงานวิจัย
- 11) จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์
- 12) จัดสัมมนาเพื่อนำเสนอผลการศึกษา และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อ รวบรวมสรุปให้ผลการศึกษามีความสมบูรณ์มากขึ้น

1.6 ระยะเวลาของโครงการ

12 เดือน

1.7 แผนการดำเนินงาน

วัตถุประสงค์	กิจกรรม	จำนวน วันที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ (%ภาระงานของนักวิจัยแต่ละท่าน)
1. ศึกษาสถานภาพปัจจุบัน ของงานวิจัยทั้งใน ประเทศและ ต่างประเทศภายใต้ หลักการเศรษฐกิจจาก ฐานชีวภาพ	1.1 ศึกษาและทบทวน วรรณกรรมงานวิจัยที่ เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบ ทางการเกษตรที่มี ศักยภาพในการนำมา ผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพ จากฐานข้อมูลวิจัยต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ 1.2 ศึกษานโยบายที่ เกี่ยวข้องกับการพัฒนา ด้านเศรษฐกิจจากฐาน ชีวภาพภายในประเทศ และต่างประเทศ เพื่อให้ ทราบถึงสถานภาพการ ดำเนินงานและการ สนับสนุนในบริบทของ ไทย และต่างประเทศ 1.3 ทำการคัดเลือกวัตถุดิบ ทางการเกษตรที่มี ศักยภาพ จากปัจจัยที่ กำหนด ได้แก่ ปริมาณ การผลิต ความยากง่าย ในการส่งเสริม นโยบาย การสนับสนุน เป็นต้น 1.4 ศึกษาผลิตภัณฑ์ชีวภาพ อาหารและมิใช่อาหารที่ ผลิตได้จากวัตถุดิบที่ คัดเลือกจากข้อ 1.3 1.5 วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ข้างต้น เพื่อให้ทราบถึง	6 เดือน	นางวารุณี ณะแพสย์ 5% - ให้คำปรึกษาด้านทิศทางการในการ ดำเนินงานโครงการ นายวรารุณ ศุภมิตรมงคล 10% และ ดร.พิลาณี ไฉนอมสัจด์ 10% - สังเคราะห์และวิเคราะห์ข้อมูลและ ความเชื่อมโยงภาพรวมของทุกด้าน ผู้ช่วยวิจัย 10% - รวบรวมและค้นหางานวิจัยต่างๆที่ เกี่ยวข้อง ดร.ศิริลักษณ์ เลี้ยงประยูร 15% - สรุปข้อมูลงานวิจัยและข้อมูลเชิง เทคนิคด้านยางพารา ดร.มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันต์ 15% - สรุปข้อมูลงานวิจัยและข้อมูลเชิง เทคนิคด้านพลังงานชีวมวล ดร.สุธีรา วิทยากาญจน์ 15% - สรุปข้อมูลงานวิจัยและข้อมูลเชิง เทคนิคด้านไฟเบอร์ และคอมพอ สิต ดร.วรรณสิริ วรรณรัตน์ 15% - สรุปข้อมูลงานวิจัยและข้อมูลเชิง เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับมันสำปะหลัง และอ้อย

วัตถุประสงค์	กิจกรรม	จำนวน วันที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ (%ภาระงานของนักวิจัยแต่ละท่าน)
	สถานภาพของงานวิจัย ปัจจุบันที่สนับสนุน ภาคอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่ อาหาร 1.6 สรุปผลการวิเคราะห์ สถานภาพของงานวิจัย ปัจจุบันในประเทศไทย และต่างประเทศ 1.7 จัดทำรายงาน ความก้าวหน้า		
2. ศึกษา สังเคราะห์ และ นำเสนอแนวทาง งานวิจัยในอนาคต เบื้องต้นภายใต้หลักการ เศรษฐกิจจากฐาน ชีวภาพสำหรับประเทศ ไทย	2.1 ทำการคัดเลือก ผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่มี ศักยภาพในการพัฒนา จากปัจจัยที่กำหนด ได้แก่ ความพร้อมของ เทคโนโลยี ศักยภาพ ด้านการตลาด นโยบาย การสนับสนุน เป็นต้น 2.2 วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย และนโยบายเพื่อให้ ทราบถึงทิศทางการ งานวิจัยในอนาคตที่จะ สนับสนุน ภาคอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่ อาหาร 2.3 สรุปผลการวิเคราะห์ สถานภาพของงานวิจัย ทั้งในและต่างประเทศ พร้อมทิศทางการวิจัย 2.4 จัดทำรายงานฉบับ สมบูรณ์	6 เดือน	นางวารุณี ณะแพสย์ 5% - ให้คำปรึกษาด้านทิศทางการในการ ดำเนินงานโครงการ นายวรารุณี ศุภมิตรมงคล 10% ดร.พิลาณี ไฉนอมสัจย์ 10% ผู้ช่วยวิจัย 10% ดร.ศิริลักษณ์ เลี้ยงประยูร 15% ดร.มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันต์ 15% ดร.สุธีรา วิทยาภาณุจน์ 15% ดร.วรรณสิริ วรรณรัตน์ 15% - ร่วมกันสังเคราะห์และวิเคราะห์ ข้อมูลเพื่อกำหนดทิศทางการวิจัย

วัตถุประสงค์	กิจกรรม	จำนวน วันที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ (%ภาระงานของนักวิจัยแต่ละท่าน)
	2.5 จัดสัมมนาเพื่อนำเสนอ ผลการศึกษา และ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น จากผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อ รวบรวมสรุปให้ผล การศึกษามีความ สมบูรณ์มากขึ้น		

1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ (แบ่งเป็นราย 6 เดือน)

เดือนที่	กิจกรรม (activities)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (outputs)
6 เดือนที่ 1	- ศึกษาและทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากฐานข้อมูลวิจัยต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ - ศึกษานโยบายที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาด้านเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพภายในประเทศ และต่างประเทศ เพื่อให้ทราบถึงสถานการณ์การดำเนินงานและการสนับสนุนในบริบทของไทย และต่างประเทศ - ทำการคัดเลือกวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีศักยภาพ จากปัจจัยที่กำหนด ได้แก่ ปริมาณการผลิต ความง่ายในการส่งเสริม นโยบายการสนับสนุน เป็นต้น - ศึกษาผลิตภัณฑ์ชีวภาพอาหารและมิใช่อาหารที่ผลิตได้จากวัตถุดิบที่คัดเลือกจากข้อ 3) - วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ข้างต้น เพื่อให้	สรุปผลการวิเคราะห์สถานการณ์ของงานวิจัยปัจจุบันในประเทศไทยและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาด้านชีวเศรษฐกิจ

เดือนที่	กิจกรรม (activities)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (outputs)
	ทราบถึงสถานภาพของงานวิจัยปัจจุบันที่สนับสนุนภาคอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร 6. สรุปผลการวิเคราะห์สถานภาพของงานวิจัยปัจจุบันในประเทศไทยและต่างประเทศ 7. จัดทำรายงานความก้าวหน้า	
6 เดือนที่ 2	1. ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่มีศักยภาพในการพัฒนา จากปัจจัยที่กำหนด ได้แก่ ความพร้อมของเทคโนโลยี ศักยภาพด้านการตลาด นโยบายการสนับสนุน เป็นต้น 2. วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย และนโยบายเพื่อให้ทราบถึงทิศทางของงานวิจัยในอนาคตที่จะสนับสนุนภาคอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร 3. สรุปผลการวิเคราะห์สถานภาพของงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ พร้อมทิศทางงานวิจัย 4. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ 5. จัดสัมมนาเพื่อนำเสนอผลการศึกษาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อรวบรวมสรุปให้ผลการศึกษา มีความสมบูรณ์มากขึ้น	สรุปผลและรายงานการวิเคราะห์ทิศทางงานวิจัยภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพสำหรับอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหารในอนาคตของประเทศไทย

บทที่ 2 นโยบาย Bioeconomy

การที่จะสามารถวางโครงสร้าง วิเคราะห์และประเมินนโยบายทาง Bioeconomy ของประเทศไทยได้นั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับวิเคราะห์นโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศต่างๆ ทั่วโลก โดยผู้นำทางด้าน Bioeconomy ที่มีหลักการที่ชัดเจนและมีความก้าวหน้าในการใช้นโยบายทาง Bioeconomy แก่เศรษฐกิจของประเทศนั้นๆ ได้แก่ กลุ่มประเทศ G7 ซึ่งเป็นกลุ่มประเทศที่มีส่วนแบ่งการตลาดขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับเศรษฐกิจโลก ซึ่งปัจจัยหลายประการ เช่น องค์ประกอบของนวัตกรรม เศรษฐกิจ และการเมือง เป็นสิ่งสำคัญที่เป็นตัวช่วยกำหนดนโยบาย ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับมาตรการในการส่งเสริมนวัตกรรม เทคโนโลยี และการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนของระบบนิเวศและทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่า นวัตกรรมทางการเกษตรได้กลายเป็นสิ่งสำคัญที่เป็นตัวผลักดันความก้าวหน้าทางอุตสาหกรรม เทคโนโลยีชีวภาพสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ในการผลิตเคมีภัณฑ์ขั้นมูลฐานจนถึงการผลิตวัสดุนวัตกรรม เช่น พลาสติกชีวภาพหรือเส้นใยคาร์บอนชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ จุลินทรีย์ และของเสียทางชีวภาพเป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงและสินค้าโภคภัณฑ์พื้นฐาน

อย่างไรก็ดี แต่ละประเทศในกลุ่ม G7 ยังมีความแตกต่างทางนโยบายขั้นพื้นฐานของ Bioeconomy ในกลุ่มของสมาชิก G7 เอง เช่น สหรัฐอเมริกา เยอรมนี หรือญี่ปุ่น ได้มีการพัฒนากลยุทธ์กับรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการที่จะส่งเสริมให้เกิดการใช้งานของชีวมวลและชีววิทยาศาสตร์เพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ประเทศอื่น ๆ เช่น อิตาลี หรือแคนาดา พยายามที่จะใช้ประโยชน์จากภาคเอกชนที่มีอยู่เพื่อเป็นตัวผลักดันให้เกิดการวิจัยที่สามารถก่อให้เกิดประโยชน์ร่วมกันได้ ประเทศที่มีทรัพยากรธรรมชาติน้อย เช่น เยอรมนี ญี่ปุ่น ฝรั่งเศส และอิตาลี มักจะมุ่งเน้นไปที่ภาคอุตสาหกรรม และพยายามเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยี สหราชอาณาจักรพยายามที่จะส่งเสริมและพัฒนาทางด้านชีววิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าสูง สหรัฐอเมริกาได้มีการพัฒนากลยุทธ์ Bioeconomy โดยมีเป้าหมายในการเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยีและการตลาดในการพัฒนาในอุตสาหกรรมชีวภาพ นอกจากนี้สหรัฐอเมริกาและแคนาดายังจัดว่าเป็นประเทศที่มีทรัพยากรอุดมสมบูรณ์ จึงมีการจัดตั้งกองทุนเพื่อส่งเสริมกิจกรรมนวัตกรรมในเบื้องต้น เพื่อช่วยขับเคลื่อนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งภาพรวมของนโยบายทางด้าน Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และสหภาพยุโรป (Patrick Dieckhoff, 2015) ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ภาพรวมของนโยบายทางด้าน Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และสหภาพยุโรป

สมาชิก	ชื่อยุทธศาสตร์	หน่วยงานรับผิดชอบหลัก	Key Funding Areas
แคนาดา	Growing Forward	Ministry of Agriculture	R&D on renewable resources and Bio-based materials, Bioenergy
สหภาพยุโรป	Innovating for Sustainable Growth	DG Science, Research, Innovation	Research & Innovation (Horizon 2020), Public-Private-Partnerships
ฝรั่งเศส	bundle of Bioeconomy – relevant policies	Ministry for Ecology, Ministry for Research	Bioenergy, green chemicals, clusters, circular economy
เยอรมนี	Research Strategy Bioeconomy, Policy Strategy Bioeconomy	Ministry for Research, Ministry for Agriculture	R&D on food security, sustainable agriculture, healthy nutrition, industrial processes, bioenergy
สหราชอาณาจักร	bundle of Bioeconomy – relevant policies	Parliament, Depts: Energy & Climate, Environment, Transport, Business	Bioenergy, agri-science and technology
อิตาลี	no specific Bioeconomy policy	–	Participation in EU programs
ญี่ปุ่น	Biomass Utilization and Ind. Strategies	Cabinet, National Biomass Policy Council	Research & innovation, circular economy, regional development

สมาชิก	ยุทธศาสตร์	หน่วยงานรับผิดชอบหลัก	Key Funding Areas
สหรัฐอเมริกา	Bioeconomy Blueprint, Farm Bill	White House, USDA	Life Sciences (Biomedicine), Agriculture (multiple areas)

อย่างไรก็ดี ในรายงานนี้ยังได้รวมถึงการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการวางแผนนโยบายปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการร่างนโยบายทางด้าน Bioeconomy และกล่าวถึงนโยบายทางด้าน Bioeconomy ของประเทศไทย รวมถึงเปรียบเทียบความเป็นไปได้ และข้อดี ข้อเสีย เมื่อเปรียบเทียบกับต่างประเทศ

2.1 นโยบายทางด้าน Bioeconomy ของประเทศต่างๆในกลุ่ม G7

2.1.1 แคนาดา

ประเทศแคนาดา มีนโยบาย Resource Wealth as Leverage for Growth แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์นโยบายทาง Bioeconomy ที่เฉพาะเจาะจง แต่อย่างไรก็ตาม มีหลายนโยบายที่มีความเกี่ยวข้องและสอดคล้องกับการพัฒนาทางทรัพยากรชีวภาพ เช่น

- ปี 2549 มีการกำหนดกลยุทธ์สำหรับพลังงานทดแทนซึ่งทรัพยากรไม้ที่เป็นวัตถุดิบสำคัญ
- ปี 2552 “Blueprint beyond Moose and Mountains” เป็นยุทธศาสตร์ที่ถูกกำหนดขึ้นโดยสมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ BioteCanada
- ปี 2556-2561 มีการกำหนดกลยุทธ์ทางการเกษตร “Growing Forward 2” ซึ่งเป็นการกำหนดนโยบายทางการเกษตรของประเทศแคนาดา โดยมีการลงทุนรวมทั้งสิ้นใน CAD จำนวน 3 พันล้านยูโร สำหรับพัฒนานวัตกรรมที่มีศักยภาพ การแข่งขัน และการตลาด รัฐบาลแคนาดาคาดหวังว่า การใช้เทคโนโลยีชีวภาพในด้านการเกษตรและป่าไม้ จะช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุดของทรัพยากร ดังนั้นการเพาะปลูกในเชิงพาณิชย์ของพืชดัดแปลงพันธุกรรมจึงได้รับการยอมรับมากขึ้นเมื่อเทียบกับในช่วงเริ่มต้น

อย่างไรก็ตามมีนโยบายการเมืองหลายอันที่เกี่ยวข้องกับ Bioeconomy ยกตัวอย่างเช่น ในปี 2554 รัฐบาลบริติชโคลัมเบียได้แต่งตั้งสภา Bioeconomy ภายใต้ความรับผิดชอบของกระทรวงแรงงาน, การท่องเที่ยวและนวัตกรรม จังหวัดที่จะมุ่งเน้นหลักในการใช้ประโยชน์จากป่าใหญ่และทรัพยากรทางการเกษตรที่จะให้พลังงานชีวภาพ และรัฐอัลเบอร์ตา คือหนึ่งในจังหวัดทางการเกษตรที่แข็งแกร่งที่สุดในแคนาดา และถูกจัดว่าเป็นธนาคาร Bioeconomy อีกด้วย โดยนอกเหนือจาก

กลยุทธ์ทางการเกษตร รัฐอัลเบอร์ต่ายังส่งเสริมการผลิตสารเคมีและวัสดุชีวภาพ รวมถึงพลังงานชีวภาพอีกด้วย

ประเทศแคนาดามีกระทรวงเกษตรเป็นผู้รับผิดชอบในการพัฒนากลยุทธ์การเกษตร “Growing Forward” โดยจะดำเนินการในร่วมนทุนให้แต่ละจังหวัดเป็นหลัก Natural Resources Canada เป็นผู้รับผิดชอบในการกำหนดนโยบายในด้านพลังงานชีวภาพและการป่าไม้ รวมถึงสนับสนุนการวิจัย การพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีใน Canada’s forestry sector โดยการจัดตั้ง The Forest Innovation Program (FIP) ซึ่งส่วนใหญ่เน้นนโยบายทางด้าน Bioeconomy มักมีกำหนดระยะเวลา 5-7 ปี ในการดำเนินงาน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในแคนาดา

Key Points	Policy Measures	Concrete Implementation	Budget in CAD	Timetable	Sources
a) Promoting innovation	Basic research and applied research	Funding programmes in the areas of agricultural research (particularly cluster projects) and the commercialization of innovations.		2013–2018	Growing Forward 2 (website)
		Forest Innovation Program (FIP): research, development and technology transfer in Canada's forestry sector, with biobased materials being explicitly mentioned.	92 m	2013–2016	Natural Resources Canada (website)
		Canadian Biomass Innovation Network (CBIN)			CBIN (website)
		EcoENERGY Innovation Initiative und Clean Energy Fund: innovation projects in the areas of sustainable resources, biomass conversion technologies, biorefineries and measuring sustainability and its performance.		2009–2013	Natural Resources Canada (website)
		Pilot and demonstration plants	500 m	2007–2017	Sustainable Development Technology Canada SDTC (website)
b) Commercialization	Marketing	Funding programmes relating to the commercialization of agri-tech innovations		2013–2018	Growing Forward 2 (website)
	Support for biomass producers	Grants for and tax relief on biofuel production			Growing Forward 2 (website)
c) Demand-side instruments:	Public procurement	"Green" procurement policy		from 2006	http://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/ecologisation-greening/achats-procurement/index-eng.html

2.1.2 สหภาพยุโรป

ในปี พ.ศ. 2548 Janez Potocnik ซึ่งเป็นคณะกรรมการธิการสหภาพยุโรป ด้านการวิจัย วิทยาศาสตร์และนวัตกรรม ได้นำเสนอ ความรู้เกี่ยวกับ Bioeconomy เป็นครั้งแรก โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับ องค์ความรู้ด้าน Bioeconomy การปฏิรูปชีววิทยาศาสตร์อย่างยั่งยืน การใช้ระบบนิเวศอย่างมีประสิทธิภาพ และผลิตภัณฑ์ที่สามารถแข่งขันได้ทางการตลาด จากแนวความคิดดังกล่าว Bioeconomy ได้รวมกิจกรรมทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรชีวภาพเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ รวมถึงการบริการต่างๆ โดยนำนวัตกรรมทางชีวภาพ และความรู้ทางด้านเทคโนโลยีและกระบวนการมาใช้ อย่างไรก็ตามสำหรับอุตสาหกรรมชีวการแพทย์ ถือว่าเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ของสหภาพยุโรป และได้มีการใช้นโยบายทางด้าน Bioeconomy เพื่อใช้ในการผลิตชีวเภสัช และยาสำหรับสัตว์

ต่อมาในปี 2550 The German EU Council Presidency ได้ร่าง “Cologne Paper” โดยกำหนดแนวทางของ Bioeconomy ให้เน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพแทนการใช้ทรัพยากรฟอสซิล โดยใช้ชีวมวลเป็นวัตถุดิบหลักและกระบวนการ biorefineries ในการผลิต ในขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์ชีวภาพและกระบวนการผลิตก็ยังได้รับการยอมรับว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกลไกตลาดในอนาคต

ในปี 2555 สหภาพยุโรปได้นำเสนอกลยุทธ์ Bioeconomy ร่วมกับแผนปฏิบัติการภายใต้ชื่อ “Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe” โดยกลยุทธ์นี้ ประกอบไปด้วยสองส่วนคือ communication document และ working document นอกจากนี้ในปี 2555 สหภาพยุโรปยังมีการก่อตั้งความร่วมมือนวัตกรรม (EIP-AGRI) เพื่อการเกษตรขึ้น โดยคณะกรรมการธิการสหภาพยุโรป มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการพัฒนาของ Bioeconomy EIP โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมด้านการเกษตรและป่าไม้อย่างยั่งยืน รวมถึงการกำหนดแนวทางเพื่อนำไปสู่การกำหนดคุณภาพและปริมาณของชีวมวลที่เหมาะสม สำหรับผลิตอาหาร อาหารสัตว์ และการผลิตไบโอวัสดุชนิดใหม่ๆ

สำหรับยุทธศาสตร์ทางการเมืองสำหรับนโยบาย Bioeconomy แบ่งออกเป็น 3 ด้านหลักๆ คือ

- 1) การลงทุนในทักษะการวิจัย การวิจัยและนวัตกรรมจะมุ่งเน้นไปที่การลงทุนและร่วมทุนในการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่อยู่กำลังจะออกสู่ตลาดได้ เพื่อที่จะสนับสนุนกลยุทธ์ดังกล่าว จึงได้มีการจัดตั้งโครงการวิจัย Horizon 2020 ขึ้น โดยโครงการวิจัยดังกล่าวได้ศึกษาเกี่ยวกับความมั่นคงด้านอาหาร การเกษตรแบบยั่งยืน การวิจัยทางทะเล นอกจากนี้ยังมีโปรแกรม Horizon 2020 อื่นๆ อีกหลายโปรแกรมที่มีการสนับสนุนนวัตกรรมทาง Bioeconomy เช่น เรื่องเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และเรื่องพลังงานสะอาดอีกด้วย

2) การประสานงานนโยบายกับผู้มีส่วนได้และเสีย จากกลยุทธ์ทางด้าน Bioeconomy เพื่อให้แน่ใจว่ามีการเชื่อมโยงทางด้านนโยบายในสหภาพยุโรป จึงได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญ Bioeconomy ขึ้นในปี 2556 เพื่อที่จะให้คำปรึกษาด้านนโยบาย สำหรับภาคส่วนต่างๆ โดยมีกำหนดระยะเวลาทำงานเป็นระยะเวลาสองปี การประสานงานของกองทุนวิจัยสาธารณะ Bioeconomy ของสหภาพยุโรปมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องด้วยความช่วยเหลือจากกลุ่ม “Bioeconomy ERA-NET Actions” และมีการระดมความคิดของประเทศสมาชิกเพื่อมีการวางรากฐานและเขียนนโยบายร่วมกัน

3) การพัฒนาตลาด ปรับปรุงห่วงโซ่อุปทาน ความปลอดภัยอาหาร รวมถึงการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศ กิจกรรมการสนับสนุนส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการวิจัย มาตรฐานและการประสานงานของกิจกรรมการดำเนินงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในยุโรป โดยมีคณะกรรมการมาตรฐาน (CEN) เป็นผู้ดำเนินการ เช่น การพัฒนาวิธีการวัดและมาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชีวภาพ รวมถึงการกำหนดป้ายชื่อสำหรับการสื่อสารที่บอกลักษณะผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภค ด้วยความร่วมมือนวัตกรรมยุโรปเพื่อการเกษตรจึงได้มีการจัดตั้ง “Operational Groups” ขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการสื่อสาร การถ่ายทอดความรู้ในด้านการเกษตรและการป่าไม้ นอกจากนี้ยังได้รับเงินทุนสนับสนุนจากจาก Horizon 2020 เพื่อส่งเสริมให้เกิดการทำงานของ “Operational Groups” โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ วิธีการกระบวนการและเทคโนโลยีในด้านการเกษตร ป่าไม้และอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากนี้ยังมีการจัดตั้งโครงการนำร่องต่างๆ เช่น การปรับปรุงห่วงโซ่อุปทานอาหาร การรักษาความปลอดภัยของสภาพภูมิอากาศหรือการป้องกันสิ่งแวดล้อม ฯลฯ โดยกลยุทธ์ Bioeconomy และความร่วมมือทางนวัตกรรมของสหภาพยุโรป มีการวางกลยุทธ์ไปถึงปี 2563 การส่งเสริมทางด้าน Bioeconomy ของสหภาพยุโรปในอนาคตจะเน้นไปทางการเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันและนวัตกรรมของประเทศสมาชิก และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนในกลุ่มประเทศยุโรป (Reindustrialization) นอกจากนี้สหภาพยุโรปยังให้ความสำคัญเกี่ยวกับ Multi-disciplinarity และรูปแบบความร่วมมือทางนวัตกรรมใหม่ระหว่างภาคเอกชนและภาครัฐ การสนับสนุนโปรแกรม Bioeconomy ควรจะมีส่วนช่วยในการปฏิรูปการศึกษาและระบบการฝึกอบรม

ตารางที่ 2.3 มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในสหภาพยุโรป

Key Points	Policy Measures	Concrete Implementation	Budget in Euro	Timetable	Sources
a) Promoting innovation	R&D	Horizon 2020 Call "Food security, sustainable agriculture, marine and maritime research, and the bioeconomy"	2,8 bn.	2014–2020	Horizon 2020 (website)
		Horizon 2020 Calls "Climate action, resource efficiency and raw materials", "Secure, clean and efficient energy", "Health, demographic changes and well-being" und "Inclusive, innovative and secure societies".		2014–2020	Horizon 2020 (website)
	Key enabling technology	Horizon 2020 "Industrial Leadership and Competitive Frameworks", promotes the development of bioeconomy-relevant technologies, e.g. biotechnology, material science		2014–2020	Horizon 2020 (website)
	Clusters, Public-Private-Partnerships	SPIRE: chemical PPP (Horizon 2020 "Resource efficiency")		2014–2020	http://www.spire2030.eu
		BIC Bio Industries Consortium (Horizon 2020 "Bioeconomy")	1 bn.	2014–2020	http://biconsortium.eu
b) Commercialization	Financing and venture capital	Horizon 2020 "Industrial Leadership and Competitive Frameworks", promotes SME innovation and access to venture capital		2014–2020	Horizon 2020 (website)
c) Demand-side instruments	Public procurement	Public Procurement Network (Horizon 2020 "Bioeconomy")			Horizon 2020 (website)
	Standards and labels	e.g., CEN/TC 411: standards for biobased products and labels		ongoing	http://www.cen.eu/work/areas/chemical/biobased/Pages/default.aspx
e) Political framework conditions	Policy coherence	EU Bioeconomy Panel		2013 – 2015	http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/policy/panel_en.htm
		EU Bioeconomy Observatory (monitoring and modelling)		2013 – 2016	https://biobs.jrc.ec.europa.eu
		Key Enabling Technologies Observatory: Monitoring of the development of industrial biotechnology in the EU		2013 – 2015	https://webgate.ec.europa.eu/ketsob-servatory/

2.1.3 ฝรั่งเศส

ประเทศฝรั่งเศส มีนโยบาย Industrial and Ecological Renaissance เนื่องจากเป็นประเทศขนาดเล็กที่ยังไม่มียุทธศาสตร์นโยบายทาง Bioeconomy ที่เฉพาะเจาะจง แต่อย่างไรก็ดีในฝรั่งเศส Biobased Economy มักถูกใช้คำว่า Green Economy (économie verte), Industrial Ecology (écologie industrielle) หรือ Circular Economy (économie circulaire) โดยคำเหล่านี้ สำหรับประเทศฝรั่งเศสถูกจัดว่ามีความหมายเดียวกันกับ Bioeconomy ซึ่งครอบคลุมถึง เชื้อเพลิงชีวภาพ พลังงานจากชีวมวล Green Chemistry ผลิตภัณฑ์จากวัสดุชีวภาพ (พลาสติกชีวภาพ) การแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การจัดเก็บและการใช้ประโยชน์ การบำบัดน้ำ และ วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

โดยทั่วไป Bioeconomy ในฝรั่งเศส สามารถแบ่งได้เป็นสองส่วน ส่วนแรกคือ การส่งเสริมเทคโนโลยีที่ทันสมัย และส่วนที่สอง คือ แรงจูงใจในการสร้างเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศน์ ในปี 2548 ได้จัดตั้งความร่วมมือทางด้านการวิจัยและอุตสาหกรรม ภายใต้กรอบของกลุ่มที่มีความสามารถในการแข่งขัน (“pôles de compétitivité”) และกลุ่มดังกล่าวยังเป็น Bioeconomy ที่แท้จริงอีกด้วย (เช่น “union des pôles de la chimie verte du vegetal”, “France Green Plastics”) โดยกลุ่มเหล่านี้รวมพลังงานชีวภาพในกระบวนการทางระบบนิเวศอุตสาหกรรม โรงงานเคมีพื้นฐาน การเกษตร รวมถึงการผลิตและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางทะเลทางชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและป่าไม้ เป็นทรัพยากรหลักของแหล่งพลังงานทดแทนในอนาคต

การเชื่อมโยงนโยบายกับยุทธศาสตร์ชาติที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศของประเทศ (“Stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable”, SNTEDD) ถูกตีพิมพ์ในไตรมาสที่ 1 ของปี 2557 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างการพัฒนาที่ยั่งยืน แนวความคิดหลักคือ เพื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ โดยอาศัยวิธีการทางอุตสาหกรรมบนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และนวัตกรรม โดยให้มีการเปลี่ยนแปลงทางสังคมที่มีวิสัยทัศน์ร่วมกันและเกิดรูปแบบของการบริโภคที่ยั่งยืน

กลยุทธ์นโยบายและแผนการจัดการ ส่วนใหญ่จะครอบคลุมระยะเวลาถึงปี 2563 หรือ 2593 โดยมีรัฐบาลและกระทรวงนิเวศวิทยาเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนและพลังงาน รวมถึงกระทรวงเพื่อการวิจัยและการเกษตร เป็นผู้รับผิดชอบในการพัฒนากลยุทธ์ในการส่งเสริมเทคโนโลยีที่ทันสมัย และสำหรับการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ กระทรวงนิเวศวิทยาเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนและพลังงาน ได้จัดตั้ง SNTEDD เพื่อให้คำปรึกษาแก่ภาคประชาชนในปี 2557

ตารางที่ 2.4 มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในฝรั่งเศส

Key Points	Policy Measures	Concrete Implementation	Budget in Euro	Timetable	Sources
a) Promoting innovation	Basic research and applied research	Establishing interdisciplinary INRA meta-programmes in the areas of food, ecology and agriculture	30% of the INRA budget	2010-2020	INRA website
		"Future investments": promoting research, education and innovation with special programmes on biotechnology plus bioenergy and green chemistry. Centres of excellence in the area of non-fossil energy (IEED)	2-3 billion	2010-2020	http://www.gouvernement.fr/investissements-d-avenir-cgi
	Pilot projects and demonstration plants	Biorefineries: e.g. IAR Pomacle-Bazancourt, Bio HUB, Axelone, Pivert, ARD-BRI, Biobutterfly			Report on the strategic sectors of the "économie verte" (2013)
		Bioplastics: e.g. Plastipolis, Xylofutur, Pôle Fibre Grand Est, PEP			
b) Infrastructure	Cross-cutting technology	Biotechnology: e.g. Toulouse White Biotech			
		"France Genotoul": network with 5 competence centres (GeT) and more than 140 research teams in the areas of genome sequencing, high-throughput analyses, bioinformatics			http://get.genotoul.fr
c) Commercialization	Private innovation capital	Three official labels for sustainable investment funds (ISR) are used in France. Life insurance companies and pension funds may invest in such funds.			White Paper on financing ecological transition (2013)
d) Demand-side instruments:	Tax relief on sustainable investments	Improvements in the tax deduction provisions for investments in sustainable energy		2014	White Paper on financing ecological transition (2013)
	Public procurement	Extended national action plan for sustainable public procurement: energy efficiency, bio-based products and life-cycle analyses		2014 - 2020	Plan national d'action pour les achats publics durables (PNAAPD)
	Labels	Label for buildings made from renewable resources (Batiment biosourcé)		2012	http://www.certivea.fr/certifications/label-batiment-biosource

ตารางที่ 2.4 มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในฝรั่งเศส (ต่อ)

Key Points	Policy Measures	Concrete Implementation	Budget in Euro	Timetable	Sources
e) Policy framework conditions	Plans for industrial renaissance	Analysis of barriers to investment and to industrial transition in 34 areas, e.g. green chemistry, biofuels, wood construction, food systems		2014–2020	The new face of industry (2014)
	Participation and political representation	Eco-industry committee for closer cooperation between green economy and policy makers		since 2008	COSEI (Comité stratégique des éco-industries)
	Green taxes	Taxes on CO ₂ emitting propellants and fossil fuels are being progressively increased. Tax exemption for biofuels is gradually being phased out over 3 years.			Comité pour la fiscalité écologique (website)
	Laws and regulations	Examples: Ban on plastic bags with the exception of compostable plastics. Approval of natural pesticides and plant health measures. Ban on aerial spraying of pesticides.		2014	Legislative initiative for biodiversity. Law on the future of agriculture, food and forestry (2014)

2.1.4 เยอรมนี

เยอรมนี มีนโยบาย Comprehensive Bioeconomy Strategy จัดว่าเป็นหนึ่งในผู้นำของโลกทางนโยบาย Bioeconomy ในปี 2552 มีการจัดตั้งคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญอิสระ (German Bioeconomy Council) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ โดยมีการจัดทำแผนปฏิบัติการในการใช้ทรัพยากรหมุนเวียนสำหรับวัสดุและการผลิตพลังงาน (2552/2553) แผนการดำเนินการเกี่ยวกับพลังงานทดแทน (2553) และกลยุทธ์การป่าไม้ 2563 (2554)

กลยุทธ์การวิจัย Bioeconomy แห่งชาติได้รับการพัฒนาภายใต้ความรับผิดชอบของกระทรวงการศึกษาและการวิจัย (The Federal Ministry for Education and Research; BMBF) กลยุทธ์นโยบาย Bioeconomy เกิดจากความร่วมมือระหว่างกระทรวงเพื่ออาหารและการเกษตร (The Federal Ministry for Food and Agriculture ; BMEL), BMBF, กระทรวงเศรษฐกิจและพลังงาน (The Federal Ministry of Economics and Energy ; BMWI), กระทรวงเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (The Federal Ministry for Economic Cooperation and Development ; BMZ), กระทรวงของรัฐบาลกลางสำหรับสภาพแวดล้อมการอนุรักษ์ธรรมชาติและความปลอดภัยนิวเคลียร์ (The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety; BMUB), กระทรวงมหาดไทย (The Federal Ministry of the Interior; BMI) และสำนักงานต่างประเทศ (The Foreign Office; AA)

โดยแผนดำเนินการเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรหมุนเวียนสำหรับวัสดุและการผลิตพลังงานและกลยุทธ์ทางการใช้ประโยชน์จากป่าไม้ ถูกออกโดย BMEL และแผนดำเนินการเกี่ยวกับพลังงานทดแทนได้รับการพัฒนาโดยกระทรวงเศรษฐกิจและพลังงาน

กลยุทธ์การวิจัยแห่งชาติ (The National Research Strategy 2010; NFS) ได้รับทุนสนับสนุน 2.4 พันล้านยูโร โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรมขององค์กรด้านการวิจัยและธุรกิจ โปรแกรมต่างๆ ที่ได้รับทุนภายใต้ NFS ยกตัวอย่างเช่น โปรแกรมทรัพยากรทดแทน BonaRes (ที่ดิน), GlobE (ความมั่นคงด้านอาหารของโลก), IPAS (ปรับปรุงพันธุ์พืช), DPPN (plant phenotyping), ANIHWA (สุขภาพสัตว์) และการวิจัยขั้นพื้นฐานสำหรับเทคโนโลยีชีวภาพ และพลังงานชีวภาพ มาตรการการสนับสนุนนี้ ส่งเสริมให้มีการรวมตัวของพันธมิตรระหว่างชุมชนวิทยาศาสตร์ ผู้ประกอบการ SMEs และผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จากภาคส่วนต่างๆ โดยมีจุดประสงค์เพื่อสร้างห่วงโซ่มูลค่าทางด้าน Bioeconomy ขึ้นใหม่ เช่น โรงกลั่นโนเซลลูโลสของคลัสเตอร์ Bioeconomy ในเมือง Leuna ได้รับการสนับสนุนในการปรับปรุงโรงกลั่นถึง 40 ล้านยูโร

การพัฒนาสำหรับสาธิตและโรงงานต้นแบบ ได้การสนับสนุนจากหลายกระทรวงของรัฐบาลกลางและการปกครองส่วนภูมิภาค ตัวอย่างเช่น โรงงานผลิตเอทานอลรุ่นที่สองในเมือง Straubing, โรงงาน Recycling Biogenic Waste ในเมือง Karlsruhe และโรงกลั่นน้ำมันก๊าดจากสาหร่ายในเมือง Jülich

กลยุทธ์ด้านนโยบายครอบคลุมการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางตลอดห่วงโซ่มูลค่าของ Bioeconomy ทั้งหมด รวมถึงมีนโยบายทางการเมืองเฉพาะเพื่อส่งเสริม Bioeconomy โดยคำนึงถึงความขัดแย้งทางผลประโยชน์ กลยุทธ์ด้านนโยบายนี้อธิบายถึงรูปแบบการระดมทุนเพื่อการวิจัยและการพัฒนาเกี่ยวกับทรัพยากรหมุนเวียน อุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ และวิทยาศาสตร์การเกษตร รวมถึงการถ่ายโอนเทคโนโลยี ต่อมาภายหลัง ยังมีการสนับสนุนธุรกิจในกลุ่ม Start-ups และโรงงานต้นแบบ อีกด้วย ยกตัวอย่างเช่น การพัฒนาการศึกษาและการฝึกอบรม และการมีส่วนร่วมที่เพิ่มขึ้นกับภาคองค์กรของพนักงานในกลุ่ม Bioeconomy ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นทางกลยุทธ์

สำหรับแผนการวิจัยที่อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของ สภาวิจัยแห่งชาติ (The National Research) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ร่างแผนนโยบายและติดตามผลการดำเนินงาน ซึ่งในปัจจุบัน แผนนโยบายถูกวางไปจนถึงปี 2559 กลยุทธ์การวิจัยมุ่งเน้นไปที่การสร้างสรรค์นวัตกรรมในห้ากลุ่มเป้าหมาย คือ 1. การรักษาความปลอดภัยอาหารทั่วโลก 2. การผลิตทางการเกษตรอย่างยั่งยืน 3. สุขภาพและความปลอดภัยทางโภชนาการ 4. การใช้ทรัพยากรหมุนเวียนในระดับอุตสาหกรรม และ 5. การใช้พลังงานชีวภาพอย่างยั่งยืน โดยการผลิตรายยั่งยืนของทรัพยากรหมุนเวียนและ

ความก้าวหน้าในด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ถือว่าเป็นปัจจัยขับเคลื่อนที่สำคัญของ Bioeconomy แต่อย่างไรก็ตามยุทธศาสตร์ของนโยบายทาง bioeconomy ยังไม่มีการกำหนดจุดสิ้นสุดที่แน่นอน

ตารางที่ 2.5 มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในเยอรมนี

Key Points	Policy Measures	Concrete Implementation	Budget in Euro	Timetable	Sources
a) Promoting innovation	Basic research and applied research	For example: Biotechnology 2020+, Innovative Alliances (industrial biotechnology), Bon-aRes (land), Plant-KBBE (plant biotechnology), IPAS (plant breeding), Renewable Resources Funding Programme, Federal Organic Farming Programme, Bioenergy2021	2.4 bn	2010-2018	Bioeconomy 2030 research strategy
		Forest Carbon Fund: research the potential of forests to reduce CO ₂ emissions and adapting to climate change	c. 100 m	2013-2018	www.waldklimafonds.de
	Clusters, demonstration and pilot plants	Funding of pilot plants (biorefineries) in Leuna, Straubing, Karlsruhe and Jülich			
		Cluster BioIndustrie 2021 (5 clusters)	c. 80 m	2008-2012	
		Bioeconomy Cluster Central Germany (Leading-Edge Cluster Competition High-Tech Strategy)	up to 20 m	2014-2017	
	International collaboration	Bioeconomy International (international collaboration on R&D projects with non-EU countries), GlobE: German-African research networks re. food systems			Bioeconomy 2030 research strategy Bioeconomy 2030 research strategy
b) Infrastructure	Centres of competence	Genome sequencing, systems biology, DPPN (plant phenotyping) and, from 2014: bioinformatics		ongoing	
	Research networks and training of specialists	Educational partnerships and thematic subject networks at individual sites and centres, e.g. Bioeconomy Science Centre Jülich, Hohenheim University, Halle Plant Bioeconomy-Science Campus			Bioeconomy 2030 research strategy
c) Commercialization	Market development	INRO network for sustainability certification of renewable biological resources			Initiative Nachhaltige Rohstoffbereitstellung für die stoffliche Biomassenutzung INRO (website)
		"Renewable Energies" export initiative		ongoing	BE policy strategy
	Start-up funding	e.g. GO-Bio start-ups for biotech researchers, life-science incubators		ongoing	BE policy strategy
	Financing and venture capital	Competitive call on ideas, e.g. for new bioeconomy products Support to innovative SMEs (e.g. biotechnology)		ongoing	BE policy strategy

ตารางที่ 2.5 มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในเยอรมนี (ต่อ)

Key Points	Policy Measures	Concrete Implementation	Budget in Euro	Timetable	Sources
		Non-bioeconomy-specific: high-tech start-up fund, capital grants for Business Angels, mezzanine floor funds, Central SME Innovation Programme (ZIM)		ongoing	
d) Demand-side instruments	Support for biomass producers	Feed-in tariffs for bioenergy, focus on biomass from waste		ongoing	Amendment of the Renewable Energy Sources Act 2014
	Information and social dialogue	Communication initiatives and recommendations, e.g. on bio-based products, food waste		2004–2014	BE policy strategy
	Label for consumer products	Blue Angel (e.g. paper products), Developing a methodology for sustainability labelling			
e) Policy framework conditions	Policy coherence	Interministerial Bioeconomy Working Group		ongoing	BE policy strategy
		Information and knowledge management, monitoring studies, etc.		ongoing	BE policy strategy
	Access to renewable resources	International biomass partnerships in compliance with sustainability criteria		ongoing	BE policy strategy

2.1.5 สหราชอาณาจักร

สหราชอาณาจักร มีนโยบาย Unleashing High-Value Potential ไม่ได้มีกลยุทธ์ Bioeconomy ที่เฉพาะเจาะจง อย่างไรก็ตาม ทิศทางของ Bioeconomy ยังคงเห็นได้จากเอกสารกลยุทธ์อื่นๆ และจากการที่การเกษตรเป็นที่น่ากังวล ทำให้ The Natural Environment White Paper (NEWP) ถูกตีพิมพ์ในปี 2554 เพื่อวางวิสัยทัศน์เกี่ยวกับการเกษตรอย่างยั่งยืนสำหรับ 50 ปีข้างหน้า จากวิสัยทัศน์นี้ทำให้เกิดโครงการ “Green Food” เพื่อให้เกิดการตระหนักเกี่ยวกับภาคเกษตรและห่วงโซ่อาหารอย่างจริงจัง สหราชอาณาจักรได้มีการเผยแพร่แผนนวัตกรรมกลยุทธ์ทางป่าไม้ในปี 2557 โดยมีจุดมุ่งหมายของกลยุทธ์ คือการเสริมสร้างระบบนิเวศและ Resilience ของป่าไม้ที่นำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนและอุตสาหกรรมไม้แบบ Low-Carbon สำหรับการวิจัยทางทะเล มีจุดมุ่งหมายของนโยบายที่คล้ายกัน โดยได้กำหนดไว้ในยุทธศาสตร์วิทยาศาสตร์ทางทะเล 2553-2558

จากการร่างกลยุทธ์ชีวมวล (Biomass Strategy) ในปี 2550 ส่งผลให้ในปี 2555 กลยุทธ์พลังงานชีวภาพถูกนำมาใช้ โดยเน้นการใช้วัสดุเหลือใช้ต่างๆ และพืชพลังงานยืนต้น กลยุทธ์แรกสำหรับเทคโนโลยีการเกษตร (Agri-tech Industrial Strategy) ถูกสร้างขึ้นในปี 2556 โดยมุ่งเป้าหมายไปที่การถ่ายทอดเทคโนโลยี การค้าของสินค้าเกษตรและการวิจัยป่าไม้ กลยุทธ์การผลิตที่มีมูลค่าสูงถูกกำหนดขึ้นในปี 2555 เป็นกลยุทธ์ใหม่ที่มุ่งด้านการค้าของเทคโนโลยีนวัตกรรมสำหรับ

อุตสาหกรรม โดยการส่งเสริมอุตสาหกรรมยังรวมถึงโครงการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพ พลาสติกชีวภาพ วัสดุและอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพอีกด้วย นอกจากนี้ตามยุทธศาสตร์ปี 2557-2558 แผนของสำนักงานนวัตกรรมแห่งสหราชอาณาจักร (Technology Strategy Board, หรือ InnovateUK 2014) ได้กำหนดอย่างชัดเจนว่า Agricultural Sciences, Biosciences และ Advanced Material Sciences เป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าสูงสำหรับห่วงโซ่อาหาร และสำหรับการใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพ

กลยุทธ์พลังงานชีวภาพ 2555 ได้รับการพัฒนาและเผยแพร่โดยกระทรวงพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (The Department of Energy & Climate Change; DECC) กรมสิ่งแวดล้อม อาหารและกิจการชนบท (The Department for Environment, Food and Rural Affairs; Defra) และกรมเพื่อการขนส่ง (The Department for Transport; DfT) และกลยุทธ์ Agri-Tech 2013 ได้ถูกคิดค้นโดยกรมธุรกิจนวัตกรรมและทักษะ (The Department for Business, Innovation & Skills) การที่กรมสิ่งแวดล้อมอาหารและกิจการชนบท (The Department for Environment, Food & Rural Affairs) และกรมพัฒนานานาชาติ (The Department for International Development)

กิจกรรม R & D จำนวนมากของ Bioeconomy ในสาขาชีววิทยาศาสตร์ได้รับทุนจากกระทรวงมหาดวิทยาลัยและกระทรวงวิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะสนับสนุนกิจกรรมทางอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ รัฐบาลได้มีการก่อตั้งโรงงานต้นแบบ ตามคำแนะนำ “Industrial Biotechnology Innovation and Growth Teams” ในปี 2552 นอกจากนี้การเกษตรกรรม (sustainable intensification, food security and industrial raw materials), พลังงานชีวภาพและอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ ถูกระบุว่าเป็นธีมที่สำคัญของ Bioeconomy ใน The BBSRC’s 2013/14 strategic ยกตัวอย่างเช่น BBSRC ให้ทุนแก่หน่วยวิจัยพลังงานชีวภาพอย่างยั่งยืน ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่างสถาบันการวิจัยทางวิชาการถึง 25 ล้านปอนด์ เป็นเวลาห้าปี สโมสรรวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ biorefineries แบบบูรณาการ และการประมวลผลชีวภาพ ยังได้รับการสนับสนุนตั้งแต่ปี 2551 สำนักงานนวัตกรรมการวิจัยและพัฒนาได้รับเงินทุนวิจัยในด้านของพลังงานทดแทน และอุตสาหกรรมวัตถุดิบชีวภาพ

หน่วยทุนวิจัยที่เกี่ยวกับอาหารหลักของสหราชอาณาจักรทำงานร่วมกับ The Global Food Security Programme โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อความยั่งยืนทางด้านอาหาร เพื่อสุขภาพและความปลอดภัยของอาหารสำหรับประชากรโลก ซึ่งโปรแกรมนี้เป็นสหวิทยาการที่มุ่งเน้นความมั่นคงด้านอาหารตลอดห่วงโซ่คุณค่าอาหารในสหราชอาณาจักร และโปรแกรมนี้ยังถือว่าเป็นการแก้ปัญหาความหิวโหยและความยากจน ในระดับโลกอีกด้วย ปัญหา Bioeconomy ทั่วโลกยังถูกให้ความสนใจโดยกองทุนวิทยาศาสตร์และนวัตกรรม (Newton Fund) ที่เพิ่งตั้งขึ้นโดยสหราชอาณาจักรเป็น

ประธานและได้รับความร่วมมือจากประเทศกำลังพัฒนาต่างๆ เช่น ความร่วมมือทางด้าน Bioeconomy กับประเทศบราซิล

นอกจากนี้มาตรการสนับสนุนจากกลยุทธ์ Agri-Tech ยังช่วยสนับสนุนให้มีการนำงานวิจัยทางการเกษตรไปใช้ในภาคปฏิบัติ (เช่น โปรแกรมกระตุ้นทางเทคโนโลยีชีวภาพ และการเกษตร) และมาตรการสนับสนุนช่วยให้เกิดนวัตกรรมใหม่ โดยการระดมทุนและการพัฒนาธุรกิจผ่านเครือข่ายพันธมิตรต่างๆ อาทิ มาตรการปลอดภาษีหรือลดอัตราภาษีศุลกากร เป็นตัวเอื้อประโยชน์ ในเรื่องเกี่ยวกับการพัฒนาตลาด และการผลิตพลังงานชีวภาพ รัฐจะมีเงินอุดหนุนให้สำหรับการจัดตั้งสถานประกอบการที่ใช้การย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการแปลงขยะอินทรีย์เป็นพลังงาน (เช่น WRAP Programme) โดยมาตรการของรัฐส่วนใหญ่จะครอบคลุมไปถึงปี 2563 แต่บางมาตรการอาจครอบคลุมไปถึงปี 2593

ตารางที่ 2.6 มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในสหราชอาณาจักร

Tab. 6: Important Measures for Promoting the Bioeconomy in Great Britain

Key Points	Policy Measures	Concrete Implementation	Budget in GBP	Timetable	Sources
a) Promoting innovation	Basic and applied research	BBSRC R&D relating to biotechnology and biobased chemistry	6 m	2008–2013	BBSRC (website)
		Bioprocessing Research Industry Club	23 m	since 2005	BBSRC (website)
		BBSRC Sustainable Bioenergy Centre	24 m	2009–2014	BBSRC (website)
		UK Global Food Security Programme	410 m p.a.	2011–2016	Global Food Security Strategic Plan
		Centres for Agricultural Innovation to promote sustainable intensification	90 m	2014–2018	Agri-tech Strategy
	Pilot and demonstration plants	Anaerobic Digestion Loan Fund: state grants for building anaerobic digestion plants	10 m	2011–2015	Wrap programme (website)
b) Infrastructure	Key enabling technologies	Centre for Agricultural Informatics and Metrics of Sustainability: bioinformatics and Big Data			Agri-tech Strategy
	Rural development	On Farm AD Fund: business plan advice and loans to farmers to build small anaerobic digestion plants		since 2013	Wrap programme (website)
	Education	Academic courses and doctoral programmes in the context of the BBSRC Research Clubs and the Bioenergy Centre			BBSRC (website)

ตารางที่ 2.6 มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในสหราชอาณาจักร (ต่อ)

Tab. 6: Important Measures for Promoting the Bioeconomy in Great Britain

Key Points	Policy Measures	Concrete Implementation	Budget in GBP	Timetable	Sources
c) Commercialization	Feasibility studies	"Agri-tech Catalyst": project funding for feasibility studies for near-market agricultural innovations	70 m p.a.	2014–2018	Agri-tech Strategy
		"Industrial Biotechnology Catalyst": commercialization of process and product developments	45 m	2014–2015	Technology Strategy Board (website)
		"High-value Manufacturing Catapult": commercialization of production technologies			Technology Strategy Board (website)
	Advice to businesses	Coaching, networks, partner programmes, etc. should help life-science companies to raise capital and to globalize.			Agri-tech Strategy
	Support for producers	Grants for biomass producers			Biomass Energy Centre, Grants and Support
d) Demand-side instruments		Funding of tax relief and feed-in tariffs for bioenergy producers			
e) Political Framework conditions	Green taxes	Climate Change Levy: tax on commercial energy consumption, tax exemptions for renewable energy.			Biomass Energy Centre, Grants and Support
		Renewables Obligation: energy providers must buy a certain percentage of renewable energies			

2.1.6 อิตาลี

ในอิตาลีแนวคิดของ "Green Economy" มีอิทธิพลมากกว่า Bioeconomy กลุ่มอุตสาหกรรมที่สำคัญคือ อุตสาหกรรมเคมี ซึ่งกำลังมีการเปลี่ยนแปลงไปสู่สิ่งที่เรียกว่าอุตสาหกรรมเคมีสีเขียวหรืออุตสาหกรรมเคมีจากพืช การพัฒนานวัตกรรมจะไม่เน้นในการเกษตรหรือทรัพยากรสัตว์น้ำเหมือนกับประเทศอื่นๆ แต่จะเน้นไปทางเชื้อเพลิงชีวภาพ ถึงแม้ว่าอิตาลีจะไม่ค่อยมีการแข่งขันในอุตสาหกรรมอาหารมากนัก แต่การพัฒนาด้านการดัดแปลงพันธุกรรม ด้านการเกษตรมีความก้าวหน้าและถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร

แม้ว่ารัฐบาลกลางของอิตาลีได้มีการวางกลยุทธ์ทาง Bioeconomy ไว้บ้าง แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีเอกสาร หรือการการตีพิมพ์ใดๆ เป็นหลักฐานอย่างแน่นอน เหตุการณ์สำคัญที่ระบุว่าอิตาลีมีส่วนเกี่ยวข้องกับ Bioeconomy ในกลุ่มสหภาพยุโรป คือการเป็นเจ้าภาพ The 3rd EU Bioeconomy Stakeholder Conference ในปี 2557 และ The World Fair 2015 ซึ่งสาระสำคัญมุ่งเน้นไปที่การรักษาความปลอดภัยอาหารของโลก จากการมีส่วนร่วมนี้อาจเป็นแรงกระตุ้น ทำให้เกิดการพัฒนากลยุทธ์ Bioeconomy ในอิตาลี สำหรับการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยของรัฐในเมืองโบโลญญา มิลาน ตูริน และฟลอเรนซ์ ให้ความสนใจเป็นอย่างมากเกี่ยวกับ Bioeconomy โดยในปี 2555 The Ministry for Education, Universities and Research ได้รับการสนับสนุนทาง

การเงินจากสหภาพยุโรป ภายใต้โปรแกรม Horizon 2020 ในช่วงปลายปี 2555 กระทรวงได้อนุมัติ the SPRING National Biotechnology Cluster ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาไปที่ “Green Chemistry” โดยมีแปดภูมิภาคเข้าร่วมและเริ่มดำเนินงานมาตั้งแต่นั้นมา นอกจากนี้ในปี 2556 The Ministry for Economic Development ได้จัดตั้งกองทุนการเติบโตอย่างยั่งยืน (Fondo per la Crescita Sostenibile) โดยมีจุดประสงค์เพื่อสนับสนุนผู้ประกอบการ SMEs ด้วยการระดมทุนทั้งหมดประมาณ 300 ล้านยูโร สำหรับการวิจัยและพัฒนาที่มุ่งเน้นในส่วนนวัตกรรมที่สำคัญของ EU Horizon 2020 Programme

อิตาลีมีบทบาทเป็นผู้บุกเบิกในการพัฒนาตลาดและธุรกิจ จากการออกกฎหมายห้ามไม่ให้ใช้ ฤๅษาสติที่ไม่ย่อยสลายในปี 2554 ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการกระตุ้น Green Chemistry ในอิตาลีเป็นอย่างมาก และทางภาคเหนือของอิตาลีมีการสร้าง Bioeconomy ในส่วนของอุตสาหกรรม Green Chemistry โดยใช้วิธีการ Bottom-Up Approach ซึ่งได้รับความช่วยเหลือจากโครงการวิจัยสหภาพยุโรป ตัวอย่างเช่น การสร้างโรงงานการสาธิตขนาดใหญ่ สำหรับผลิต succinic acid ชีวภาพใน Cassano Spinola, หรือ butanediol ชีวภาพใน Venice ซึ่งส่วนนี้ได้รับความร่วมมือจาก ฝรั่งเศส, เบลเยียม, ดัตช์ รวมถึงอุตสาหกรรมของสหรัฐ อีกด้วย แต่อย่างไรก็ดี อิตาลีมุ่งเน้นการให้ทุนวิจัยและการสนับสนุนกลุ่มที่มีส่วนร่วมกับโปรแกรมของสหภาพยุโรปในส่วนและเทคโนโลยีชีวภาพและเคมีชีวภาพ เท่านั้น

2.1.7 ญี่ปุ่น

คำว่า "Bioeconomy" แทบจะไม่ถูกนำมาใช้ในประเทศญี่ปุ่น แต่อย่างไรก็ดีญี่ปุ่นมีกลยุทธ์และแผนการเฉพาะที่เกี่ยวกับการผลิตและการใช้งานชีวมวลในอุตสาหกรรมซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Bioeconomy ยกตัวอย่างเช่น กลยุทธ์ชีวมวล (Biomass Nippon Strategy) ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในปี 2545 โดยมีจุดมุ่งหมายในการสร้างเศรษฐกิจที่ยั่งยืน โดยการใช้งานทรัพยากรชีวภาพอย่างมีประสิทธิภาพ และในปี 2552 มีการผ่านกฎหมาย “Basic Act for the Promotion of Biomass Utilization” ซึ่งกฎหมายดังกล่าว ได้สรุปหลักการของการใช้สารชีวมวลและระบุมารับผิดชอบของรัฐบาล ผู้มีส่วนได้เสียทางการเมือง และมาตรการการระดมทุนทางการเมือง นอกจากนี้คณะกรรมการนโยบายชีวมวลแห่งชาติยังได้รับการแต่งตั้งภายใต้กฎหมายนี้

แผนปฏิบัติการระดับชาติเพื่อการส่งเสริมการใช้ชีวมวลถูกนำมาใช้ในปี 2553 โดยกำหนดเป้าหมายการใช้ประโยชน์เชิงปริมาณไปจนถึงปี 2563 และกำหนดนโยบายพื้นฐานในระดับชาติและระดับอำเภอ หลังจากที่เกิดแผ่นดินไหวทางภาคตะวันออกและภัยพิบัติสึนามิ กลยุทธ์ทางอุตสาหกรรมชีวมวลจึงได้ถูกปรับปรุงขึ้นใหม่ในปี 2555 โดยวางแนวทางในการส่งเสริมการใช้ชีวมวลในอุตสาหกรรมชีวมวล ทำให้เกิดการปกครองตนเองและการผลิตพลังงานแบบกระจายอำนาจ

หลังจากมีการเปลี่ยนแปลงของรัฐบาล คณะรัฐมนตรีอาเบะ ได้ผ่านกลยุทธ์การฟื้นฟูประเทศ ญี่ปุ่นในปี 2556 โดยระบุว่างานวิจัยและเทคโนโลยีควรเป็นพื้นฐานในการผลักดันให้เกิดการพัฒนาของประเทศญี่ปุ่น คณะรัฐมนตรีได้กำหนดยุทธศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในเดือน มิถุนายน ปี 2556 ซึ่งมุ่งเน้นไปที่ระบบพลังงานสะอาด และการฟื้นฟูเศรษฐกิจในระดับภูมิภาค นอกจากนี้ การส่งเสริมการพัฒนาของ Bioeconomy ยังถูกระบุไว้ในยุทธศาสตร์ชาติและแผนปฏิบัติการความหลากหลายทางชีวภาพ (2555-2563) อีกด้วย

ผู้รับผิดชอบในการกำหนดกลยุทธ์ด้าน Bioeconomy หลักของประเทศญี่ปุ่น คือ คณะรัฐมนตรีซึ่งเป็นผู้จัดตั้งกลยุทธ์แห่งชาติต่างๆ เช่น แผนปฏิบัติการระดับชาติเพื่อส่งเสริมการใช้ชีวมวล การวิจัยและเทคโนโลยีที่ครอบคลุมยุทธศาสตร์และกลยุทธ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และ สภาคณะกรรมการนโยบายแห่งชาติชีวมวลที่กำหนดกลยุทธ์ชีวมวลอุตสาหกรรม โดยสภาคณะกรรมการฯ ประกอบด้วยผู้แทนจาก 7 กระทรวงที่เกี่ยวข้อง คือ

- 1) สำนักงานรัฐมนตรี (กลยุทธ์แห่งชาติ)
- 2) กระทรวงเศรษฐกิจการค้า และอุตสาหกรรม
- 3) กระทรวงเกษตรป่าไม้ และประมง
- 4) กระทรวงกิจการภายใน (การพัฒนาภูมิภาค)
- 5) กระทรวงการศึกษา และวิทยาศาสตร์
- 6) กระทรวงคมนาคมและโครงสร้างพื้นฐาน (นโยบายโครงสร้างพื้นฐาน)
- 7) กระทรวงสิ่งแวดล้อม (นโยบายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก)

ดังนั้นกลุ่มประสานงานเกี่ยวกับการใช้สารชีวมวล จึงได้รับจัดตั้งขึ้นเพื่อประสานงานระหว่างหน่วยงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างความมั่นใจที่ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการใช้สารชีวมวล โดยกลุ่มประสานงานประชุมสำนักงานตั้งอยู่ภายในกระทรวงเกษตรป่าไม้และประมง (MAFF)

โดยแผนปฏิบัติการระดับชาติเพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์ชีวมวล (2553) มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแนวทางการเพิ่มการใช้ประโยชน์ชีวมวลจากที่มีอยู่ในปัจจุบัน นอกนั้นแผนนี้ยังมุ่งเน้นไปในส่วนและเทคโนโลยี (Key Technologies and Sources of Raw Materials) และการฝึกอบรมต่างๆ นอกจากนี้ญี่ปุ่นยังมียุทธศาสตร์อุตสาหกรรมชีวมวล (2555) แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 7 ส่วนเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย คือ

- 1) Basic Research
- 2) Technology
- 3) Biomass Supplies
- 4) Demand and Market Development

5) Specific Biomass Strategies

6) Comprehensive Support Strategy

7) Globalization Strategy

แผนปฏิบัติการระดับชาติเพื่อส่งเสริมการใช้ชีวมวลดังกล่าว เริ่มใช้ตั้งแต่ปี 2553 เป็นต้นมา ซึ่งมีการกำหนดเป้าหมายเชิงปริมาณสำหรับการใช้ชีวมวลไปจนถึงปี 2563 สำหรับกลยุทธ์อุตสาหกรรมชีวมวล (2555) นั้น จะมีเป้าหมายไปในแนวทางเดียวกันกับแผนปฏิบัติการระดับชาติ โดยนโยบายดำเนินกลยุทธ์ต่างๆของญี่ปุ่นมีเป้าหมายที่สามารถวัดผลได้และมีตัวชี้วัดที่ชัดเจน หากพิจารณาแผนปฏิบัติการระดับชาติเพื่อส่งเสริมการใช้ชีวมวล (2553) พบว่ามีการระบุเป้าหมายไว้ 3 เป้าหมายหลัก คือ 1) การใช้ชีวมวล 26 ล้านตันต่อปี (CO₂ Equivalent) และเป้าหมายการใช้ประโยชน์ของแต่ละประเภททรัพยากร 2) แผนการพัฒนาเฉพาะของแต่ละจังหวัดโดยครอบคลุมทั้ง 600 อำเภอ 3) การพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมชีวภาพใหม่ ให้มีมูลค่าสูงถึง 500 พันล้านเยน

สำหรับกลยุทธ์ความหลากหลายทางชีวภาพ มีเป้าหมายให้ลดการใช้งานของสารกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีในการเกษตรลงให้ได้ 50% โดยมีการให้ความรู้ การแนะนำวิธีการและการจัดการที่ดีของการป้องกันพืชธรรมชาติ

ตารางที่ 2.7 มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในญี่ปุ่น

Key Points	Policy Measures	Concrete Implementation	Budget in JPY	Timetable	Sources
a) Promoting innovation	Basic research and applied research	Bioeconomy research by the National Institute for Advanced Industrial, Science and Technology (AIST); industrial biotechnology: Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program (ALCA)			http://www.aist.go.jp/index_en.html http://www.jst.go.jp/alca/en/index.html
		RIKEN: comprehensive bioeconomy research programme			http://www.riken.jp/bmep/english/index.html
b) Infrastructure	Rural development and biomass suppliers	Pilot projects: regional biomass industrialization clusters and infrastructure			Annual Report on the Environment, the Sound Material-Cycle Society, and the Biodiversity in Japan, 2013
c) Commercialization	Market development	Local biomass-recycling zones (waste-to-electricity systems) Collaboration with neighbouring Asiatic countries on strategy and development of business models			Biomass Industrialization Strategy
	Innovation capital	Tax advantages for companies with high R&D expenditure, making losses from venture capital holdings tax deductible			
d) Demand-side instruments	Support for biomass producers	Uniform feed-in tariff for biomass			Biomass Industrialization Strategy
	Support for biofuel producers	Tax relief (on wealth tax and corporation tax) for biofuel producers.		2012	
	Public procurement	Green procurement policy		2012	Act on Promoting Green Purchasing
	Labels	Biodiversity label, Ecoleaf (products with quantitative details about their environmental footprint), GreenPla and BiomassPla (for bioplastics).			
e) Political framework conditions	Green taxes	Carbon Dioxide Tax of Climate Change Mitigation		from 2012	Carbon Dioxide Tax of Climate Change Mitigation
	Recycling	e.g. Food Recycling Act			Plan for Establishing a Sound Material-Cycle Society, 2013

2.1.8 สหรัฐอเมริกา

สหรัฐอเมริกา มีแนวทางการพัฒนาผ่านทางการพัฒนาตลาดใหม่ (Development of New Markets) รัฐบาลของ Obama ได้มีการร่างนโยบาย The Administration's Bioeconomy Blueprint ขึ้น โดยยุทธศาสตร์ดังกล่าวครอบคลุมทุกภาคส่วนของ Bioeconomy อย่างชัดเจน เช่น ภาคสาธารณสุข กลยุทธ์ทางการเกษตร หรือ "Farm Bill" โดยในกลยุทธ์ดังกล่าวไม่เพียงแต่ครอบคลุมทางด้าน Bioeconomy แต่ยังส่งเสริม Subsegments ที่สำคัญในการพัฒนาพื้นที่เกษตรอาหาร และพลังงานชีวภาพ

พิมพ์เขียว Bioeconomy ถูกกำหนดและวางแผนโดย The White House โดยในปี 2555 กลยุทธ์ทางการเกษตรได้รับการพัฒนาขึ้นภายใต้ความรับผิดชอบของกระทรวงเกษตร รวมถึงหน่วยงานวิจัยต่างๆของรัฐได้มีส่วนร่วมในการพัฒนากลยุทธ์ Bioeconomy และมาตรการเชิงนโยบาย เช่น

กระทรวงเกษตร กระทรวงเศรษฐกิจ กระทรวงกลาโหม กระทรวงพลังงาน การรักษาความปลอดภัยแห่งชาติ กระทรวงการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

พิมพ์เขียว Bioeconomy ไม่เพียงแต่กำหนด R&D และการระดมทุนทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังมีการพิจารณาเพื่อให้แน่ใจว่า จะมีการปรับปรุงเทคโนโลยีและการถ่ายโอนเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว โดยบางส่วนของมาตรการมีไว้เพื่ออำนวยความสะดวก และลดความซับซ้อนของขั้นตอนการจัดตั้งกลุ่ม Start-up เพื่อให้กลุ่มต่างสามารถปรับตัวเข้ากับกฎระเบียบ และกลไก เพื่อลดข้อกีดกันในการสร้างสรรค์นวัตกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคสาธารณสุข มาตรการในขั้นต่อไปมีจุดมุ่งหมายที่การปฏิรูปการศึกษาและการฝึกอบรม รวมถึงเพิ่มการมีส่วนร่วมของอุตสาหกรรมโดยเน้นที่คุณสมบัติของพนักงาน กลยุทธ์ทางการเกษตรเน้นในเรื่องของพลังงานทดแทนและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการให้ความช่วยเหลือทางด้าน Biorefinery ต่างๆ เช่น โปรแกรมการส่งเสริมการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ วัสดุชีวภาพอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การวิจัยพืชสำหรับผลิตพลังงานได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างมาก บางส่วนของมาตรการพลังงานยังรวมไปถึงผลิตภัณฑ์ป่าไม้ นอกจากนี้ กระทรวงกลาโหมยังมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมตลาดสำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพ ยกตัวอย่างเช่น ในปี 2557 เงินทุนกว่า 200 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ถูกจัดสรรสำหรับการสร้าง Biorefinery ในโปรแกรม “Farm to Fleet” เพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพให้กับกองทัพเรือสหรัฐ โดยมั่นใจว่ากำลังการผลิตจะเพียงพอสำหรับการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ และมีต้นทุนที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานทางทหารภายในปี 2561 ถึงแม้พิมพ์เขียว Bioeconomy ยังไม่มีการกำหนดกรอบระยะเวลาที่แน่นอน แต่กลยุทธ์ Farm Bill มีแผนปฏิบัติการตั้งแต่ปี 2557–2561

ตารางที่ 2.8 มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในสหรัฐอเมริกา

Key Points	Policy Measures	Concrete Implementation	Budget in USD	Timetable	Sources
a) Promoting innovation	Bioeconomy research	Biomass Research and Development Initiative USDA-DOE	112 m	2014–2018	2014 Farmbill
		DOE Genomic Science Program: 3 Joint Bioenergy Research Centres		2013–2018	GS program (website)
		Agricultural and Food Research Initiative (National Institute of Food and Agriculture)	136 m	since 2011	BE Blueprint
		Research into organic farming	100 m	2014–2018	2014 Farmbill
		Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E): Biofuels and bioenergy		since 2009	BE Blueprint
		Research into special crops	c. 400 m	2014–2018	2014 Farmbill
	Cross-cutting technologies	Living Foundries Program (biomanufacturing), Department of Defense		since 2011	BE Blueprint
		High through-put technologies, e.g. TOX21 screening of chemicals		since 2008	TOX21 (website)
		Synthetic biology: DOE Biological and Environment Research Program	30 m		BE Blueprint
	Interdisciplinary research	NSF Research at the Interface of Biological, Mathematical, and Physical Sciences	c. 50 m	2014	BE Blueprint
		NSF project "Science, Engineering, and Education for Sustainability"	c. 220 m	2014	
	Promoting innovative research	COMPETES Reauthorization Act gives authorities the right to put contracts and prizes out to tender, these are listed on Challenge.gov		since 2010	BE Blueprint, COMPETES (website)
		INSPIRE (NSF) as a continuation of the CREATIV program for funding high-risk, interdisciplinary research		since 2012	NSF (website)
	Public-Private partnerships	Foundation for Food and Agriculture Research: use of private funds for research	200 m	since 2014	2014 Farmbill
		Plant biotech research: BREAD program in collaboration with the Gates Foundation	c. 48 m	2009–2014	BE Blueprint

ตารางที่ 2.8 มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

Key Points	Policy Measures	Concrete Implementation	Budget in USD	Timetable	Sources
b) Infrastructure	Education	Science Technology Engineering and Mathematics (STEM) Education Initiative, including: NSF Research relating to STEM education (1.2 bn p.a.)	3 bn p.a.		FY2014 Research Funding, STEM Education Initiative
	Vocational training and further education	Courses available at the Community Colleges, business partnerships, e.g. via the TAACCCT program			BE Blueprint
		Beginning Farmer and Rancher training	100 m	2014–2018	2014 Farmbill
		FDA entrepreneurs-in-residence pilot program		since 2013	BE Blueprint
	Cyberinfrastructure	NSF: Cyberinfrastructure Framework for 21st Century Science, Engineering, and Education (CIF-21)		since 2011	BE Blueprint
	Rural Development	Biomass Crop Assistance Program (grants for biorefineries to develop value chains with agricultural and forestry businesses)	125 m		2014 Farmbill
c) Commercialization	Lab-to-Market plans	For example: Tech to Market from ARPA-E; NSF Innovation Corps (I-Corps); Innovation-6 (i6) Challenge, U.S. Department of Commerce;		since 2013	Lab-to-Market Interagency Summit, 2013
		Investor consortium: USDA Agricultural Technology Partnership Innovation Foundation ATIP		since 2011	ATIP Foundation
	Market readiness and penetration	Small Business Innovation Research Program (biofuels and biobased products) and Small Business Technology Transfer	c. 18 m	2011–2017	BE Blueprint
		Passing of the America Invents Act (faster patenting and marketing of innovations)		since 2011	BE Blueprint
	Innovation capital	USDA "Biorefinery, Renewable Chemicals, and Bio-based Product Manufacturing Assistance Program"	c. 200 m	2014–2016	2014 Farmbill
		Research and Experimentation Tax Credit extended to start-up firms and adapted to the needs of SMEs		2014–2015	
	Globalization of businesses	USDA Foreign Market Development and Market Access Program	200 m p.a.	2014	2014 Farmbill

ตารางที่ 2.8 มาตรการที่สำคัญสำหรับการส่งเสริม Bioeconomy ในสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

Key Points	Policy Measures	Concrete Implementation	Budget in USD	Timetable	Sources
d) Demand-side instruments	Public procurement	Procurement guideline for the preferential treatment of biobased products on a federal level.	c. 25 m	2014–2018	Biopreferred program
		Farm-to-Fleet program: procurement of biofuels by the US Navy. In parallel: promotion of biofuel production by the Defense Production Act, Advanced Drop-in Biofuels Production Project and USDA Commodity Credit Corporation funds.	c. 400 m	since 2013	USDA News Release No. 0237.13
	Labels	"USDA certified biobased product"		2014–2018	Biopreferred program
	Use of bioenergy	Repowering Assistance Program: biorefineries should use biomass for energy and heating purposes	c. 75 m	2014–2018	2014 Farmbill
		Investment in energy efficiency and renewable energies	c. 350 m	2014–2018	2014 Farmbill
		Bioenergy Program for Advanced Biofuels	c. 175 m	2014–2018	2014 Farmbill
e) Political framework conditions	Legislation for and approval of new technologies	New principles for the regulation and control of new technologies	2014	BE Blueprint	
		FDA reform: increased involvement of patients and industry in approval processes	2012	FDA Safety & Innovation Act	
		USDA reforms concerning risk assessments and regulations, pilot projects for improving the approval process for genetically modified organisms			

2.2 นโยบายทางด้าน Bioeconomy ในกลุ่มประเทศเอเชียแปซิฟิก

บางประเทศในกลุ่มเอเชียแปซิฟิกที่มีกลุ่มเศรษฐกิจใหม่เกิดขึ้นนั้น ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับเมืองที่มีนวัตกรรมเป็นของตนเอง ดังนั้นจะสังเกตได้ว่าในประเทศเหล่านั้นจะมีนโยบายที่ช่วยเหลือและอุปถัมภ์เทคโนโลยีขั้นสูง อุตสาหกรรมใหม่ และอุตสาหกรรมนวัตกรรมในประเทศเหล่านั้น เช่น ประเทศมาเลเซีย เกาหลีใต้ อินเดีย ญี่ปุ่น จีน นอกจากนี้ ในประเทศไทยและศรีลังกา ยังได้รับอิทธิพลจากนโยบายดังกล่าว เพื่อมาใช้ในการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ และ ยุทธศาสตร์ทางชีวอุตสาหกรรม อีกด้วย ในทางกลับกัน ประเทศออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ กลับให้ความสำคัญกับการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมพื้นฐานในประเทศมากกว่า นอกจากนี้ประเทศอินโดนีเซียยังให้ความสำคัญกับการพัฒนาห่วงโซ่มูลค่าของสินค้าเกษตร เพื่อให้มีการจัดการทางด้านพลังงานและการกระจายอาหารที่เพียงพอในแต่ละหมู่เกาะ โดยได้แสดงความแตกต่างของนโยบายของแต่ละประเทศในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 นโยบายทางด้าน Bioeconomy และเอกสารที่เกี่ยวข้อง ในกลุ่มประเทศเอเชียแปซิฟิก

Country	Perspective	Document Name
Australia	High-Tech	"National Marine Science Plan 2015–2025" (2015)
	Research & Innovation	"National Collaborative Research Infrastructure Strategy" (2013)
	Blue Economy	"Opportunities for Primary Industries in the Bioenergy Sector: National Research, Development and Extension Strategy" (2011) + Workplan (2014)
	Regional Bioeconomy Development	"Strategic Roadmap for Australian Research Infrastructure" (2011)
		"Building a Bioeconomy in South Australia" (2011–2015)
China	High-Tech	"Bioindustry Development Plan" (2012)
	Research & Innovation	"12 th Five-year Plan (2011-2015) on Agricultural Science and Technology Development" (2012)
		"12 th Five-year Plan for National Strategic Emerging Industries" (2012)
India	High-Tech	"National Biotechnology Development Strategy (Biotech Strategy II)" (2007, 2014)
Indonesia	Bioenergy	"Grand Agricultural Strategy" (2015)
	Biobased Economy	"National Energy Policy" (2014)
	Research & Innovation	
Malaysia	Holistic Bioeconomy Development	"National Biomass Strategy" (2 nd version) (2013)
		"Bioeconomy Transformation Programme" (2012)
		"National Biomass Strategy 2020: New Wealth Creation for Malaysia's Palm Oil Industry" (2011)
		"National Biotechnology Policy" (2005 - 2020)
New Zealand	Bioenergy	"Biological Industries Research Fund" (2013)
	Biobased Economy	"Business Growth Agenda" (2012)
	Research & Innovation	"Bioenergy Strategy" (2010)
Russia	High-Tech	"Comprehensive Program for the Development of Biotechnology in Russia by 2020" (2012) and Roadmap (2013)
South Korea	High-Tech	"3 rd Basic Plan for Science and Technology" (2013)
		"Strategy for Promotion of Industrial Biotechnology" (2012)
		"Blue-Bio 2016 Plan" (2008)
		"2 nd Framework Plan for Promotion of Biotechnology, Bio-Vision 2016" (2006)
Sri Lanka	High-Tech	"National Biotechnology Policy" (2010)
Thailand	High-Tech	"National Biotechnology Policy Framework" (2004–2011; 2012–2021)
	Bioenergy	"Alternative Energies Development Plan" 2012–2021
		"BioPlastics Roadmap" (2008)

ที่มา : (Christin Fund, 2015)

2.2.1 ออสเตรเลีย

ออสเตรเลียยังไม่มียุทธศาสตร์ทางด้าน Bioeconomy อย่างเป็นทางการ แต่อย่างไรก็ตามรัฐบาลมีการวางแผนทางการปฏิบัติและการสนับสนุนในหลายด้านเช่น การเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตร ป่าไม้ และทรัพยากรทางทะเล ในปี พ.ศ. 2556 รัฐบาลได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์เกี่ยวกับงานวิจัยจำนวน 15 ยุทธศาสตร์ เพื่อรองรับการพัฒนาในอนาคต โดยในแต่ละยุทธศาสตร์งานวิจัยมีการรวมนโยบายทางด้าน Bioeconomy ไว้ด้วยเช่น ยุทธศาสตร์ทางด้านชีวพลังงาน การจัดการและติดตามระบบนิเวศน์ การเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านอาหารและสุขภาพ ออสเตรเลียมีนโยบายหลายฉบับในการสนับสนุนทางด้าน Bioeconomy ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 จนถึงในปัจจุบัน หนึ่งในนั้นคือนโยบายที่ครอบคลุมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 - 2558 ชื่อว่า “Building a Bioeconomy in South Australia 2011-2015” รวมถึง “ National Marine Science Plan 2015-2025” ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารัฐบาลออสเตรเลียให้ความสำคัญกับการพัฒนาทรัพยากรที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่อย่างจำเพาะเจาะจง

นอกจากนั้นนโยบายทางด้าน Bioeconomy มักจะเน้นไปในทางการวิจัยและพัฒนา ชีวพลังงาน และวิทยาศาสตร์ทางทะเล โดยเฉพาะพื้นที่ทางใต้ของออสเตรเลีย มีการใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพเข้ามาเพื่อพัฒนาตลาดใหม่ และการเพิ่มมูลค่าการส่งออกของสินค้าในพื้นที่ ให้มีมูลค่าและปริมาณการส่งออกมากขึ้น เช่น ผลิตภัณฑ์ในการตรวจรักษาโรค ไวรัส การนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ และการใช้พลังงานจากการเกษตรกรรม

2.2.2 จีน

ภาคการเมืองให้ความสนใจทางด้าน Bioeconomy โดยเฉพาะในการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ ประเทศจีนจัดว่าเป็นประเทศที่มีการวิจัยและเทคโนโลยีที่หลากหลายและซับซ้อนมากที่สุดแห่งหนึ่งของโลก โดยในปี พ.ศ. 2529 มีการจัดตั้ง The High-Tech R&D Program (863-Program) ขึ้น โดยเป็นการกระตุ้นและพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศ จนถึงทุกวันนี้ นอกจากนี้ยังมีการตั้งแผน The Medium and Long-term Plan for the Development of Science and Technology รวมถึง The 12th Five-Year Development Plan for National Strategic Emerging Industries และในช่วงปลายปี พ.ศ. 2555 รัฐสภาของประเทศจีนยังได้มีการวางแผน “Plan for Development of Bioindustry” ซึ่งเป็นแผนที่สนับสนุนการพัฒนาชีวพลังงาน โดยในปัจจุบันประเทศจีนเป็นผู้นำในการผลิตไบโอเอทานอล และมีการใช้ชีวพลังงานในปริมาณมากหรือเกือบครึ่งหนึ่งของความต้องการใช้เชื้อเพลิงของประเทศ ปัจจุบันแผนพัฒนายุทธศาสตร์ชาติในอุตสาหกรรมใหม่ มีการวางแผนเกี่ยวกับการเติบโตที่ยั่งยืน การพัฒนาเศรษฐกิจ โดยเฉพาะการรองรับความต้องการภายในประเทศ การวิจัยทางด้านชีววิทยาสตวรรษนั้นรวมถึงนวัตกรรมอุตสาหกรรมที่มีมาแต่เดิม นอกจากนี้ประเทศจีนยังมีแผนเกี่ยวกับการพัฒนา Smart Urbanization ในเมืองใหญ่ๆ

เนื่องจาก ประเทศจีนมีอัตราการเจริญเติบโตของเมืองอย่างรวดเร็ว GDP ทางด้านชีวอุตสาหกรรมมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าในปี พ.ศ. 2558 และเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 สามารถเพิ่มตำแหน่งการจ้างงานได้ถึงหนึ่งล้านตำแหน่ง ลดอัตราการตายของเด็กแรกเกิดได้ถึง 12 เปอร์เซนต์ ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 10 เปอร์เซนต์ และมีการผลิต biobased polymer ได้ถึง 3 ล้านเมตริกซ์ตัน ซึ่งจะสามารถสังเกตได้ว่า ประเทศจีนมีการวางนโยบายทางด้าน Bioeconomy อย่างชัดเจน และสามารถทำให้มีการพัฒนาชีวอุตสาหกรรมไปเป็นอย่างมากจนกระทั่งสามารถสนับสนุนการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจของประเทศได้ ในอนาคตประเทศจีนมีการวางแผนพัฒนา “The Agricultural Science & Technology Innovation Program” โดยในปี พ.ศ. 2556 - 2568 จะเน้นไปในการพัฒนานวัตกรรมสินค้าการเกษตรเป็นหลัก โดยอาศัยความร่วมมือกับต่างประเทศ รวมถึงการพัฒนาโครงสร้างหลักภายในประเทศ (Infrastructures) ให้สามารถรองรับกับเทคโนโลยีในอนาคตได้อีกด้วย

2.2.3 อินเดีย

ยุทธศาสตร์ทางด้าน Bioeconomy ของอินเดีย มักถูกกล่าวถึงในรูปของ นโยบายทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ นโยบายที่เกี่ยวข้องฉบับแรกถูกเขียนขึ้นในปี พ.ศ. 2550 คือ Biotechnology Development and Innovation Strategy หลังจากนั้นก็ได้มีการปรับปรุงในปี พ.ศ. 2557 โดยผู้รับผิดชอบคือ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยนโยบายทางด้าน Bioeconomy จะมุ่งเน้นไปในการพัฒนาและการใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มาพัฒนากระบวนการที่เป็นนวัตกรรมต่างๆ รวมถึงการประยุกต์ใช้ความรู้ในศาสตร์หลายแขนงเข้าด้วยกันเพื่อก่อให้เกิดโครงการต่างๆ ขึ้น และเนื่องจากประเทศอินเดียเป็นประเทศที่มีประชากรมาก จึงมีการสนับสนุนงานวิจัยต่างๆ ที่จะสามารถทำให้ประชากรมีการศึกษาที่ดีขึ้นและทั่วถึง ยกตัวอย่างเช่น การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในอดีต รวมถึงประเทศอินเดียให้การสนับสนุนและพัฒนาทางด้านผลิตภัณฑ์ยาเป็นหลัก แต่ในปัจจุบันมีการปรับปรุงแผนการพัฒนาไปสนับสนุนการพัฒนาทางด้านชีวพลังงาน นาโน-ไบโอเทค เทคโนโลยีทางด้านสิ่งแวดล้อม และการพัฒนากระบวนการผลิต แทนนโยบายเดิม

2.2.4 อินโดนีเซีย

ประเทศอินโดนีเซียมีนโยบายในการพัฒนา Bioeconomy อยู่ในรูปของอุตสาหกรรมชีวภาพทางการเกษตร โดยมีการพัฒนาในสองส่วนหลักๆ คือ ชีวพลังงาน และอุตสาหกรรมเกษตรเป็นหลัก ซึ่งนโยบายทางด้านชีวพลังงานปรากฏอยู่ใน National Energy Policy ปี พ.ศ. 2557 และนโยบายการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมเกษตร มีการวางแผนในระยะยาว โดยปรากฏอยู่ในแผน Grand Strategy of Agricultural Development 2015-2045 แต่อย่างไรก็ตามแผนพัฒนาทางด้าน

Bioeconomy โดยเฉพาะยังไม่มี

การสนับสนุนทางด้านชีวพลังงานโดยมากเน้นด้านการกระจายความทั่วถึงของการใช้พลังงานที่มีผลในการส่งเสริมเศรษฐกิจของประเทศ ส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืน และรวมถึงการปรับปรุงทางด้านสาธารณสุขในเขตชนบท สำหรับนโยบายทางด้านเกษตรกรรม เน้นในเรื่องของความปลอดภัยของอาหาร การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ และการอนุรักษ์แหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีมูลค่า ในขณะที่มีการกระจายความเจริญไปสู่พื้นที่ต่างๆ ดังนั้นอุตสาหกรรมเกษตรจัดเป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศอินโดนีเซีย (การจ้างงานมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคเกษตรกรรม) ซึ่งการวางนโยบายทางเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ มีการเปลี่ยนจากอุตสาหกรรมเกษตรยั่งยืน เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย เช่น อาหารสุขภาพ ผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าจากสินค้าเกษตรกรรมพื้นเมืองและอาหารจากสัตว์น้ำ เป็นต้น

2.2.5 มาเลเซีย

มาเลเซียเป็นประเทศแรกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีการพัฒนายุทธศาสตร์ทางด้าน Bioeconomy แบบองค์รวม โดยในปี พ.ศ. 2548 รัฐบาลได้มีการวางนโยบายเพื่อรองรับการนำเทคโนโลยีชีวภาพไปใช้ โดยแบ่งออกเป็น 3 เฟสด้วยกัน คือ เฟสแรก (2548 - 2553) คือการประเมินความสามารถในการสร้างปัจจัยพื้นฐานที่จะรองรับการนำไปใช้ของเทคโนโลยีชีวภาพ เฟสสอง (2554-2558) คือการพัฒนาทางด้านการค้า การวิจัยและพัฒนา และเฟสสาม (2559-2563) คือ การนำเทคโนโลยีชีวภาพออกสู่ตลาดโลก นอกจากนี้ยังมียุทธศาสตร์เกี่ยวกับชีวมวลคือ National Biomass Strategy (2011) ซึ่งเน้นการกำหนดและการควบคุมราคาของชีวมวลที่ได้จากการเกษตร โดยเฉพาะปาล์มน้ำมัน ต่อมาได้มีการพัฒนาเกี่ยวกับการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการ Downstream จากแหล่งทรัพยากรชีวภาพในประเทศ โดยผู้รับผิดชอบในการร่างนโยบายดังกล่าวคือ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม โดยได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล เป้าหมายของนโยบายทาง Bioeconomy ของประเทศมาเลเซีย คือการพัฒนาเศรษฐกิจแบบมีองค์ความรู้ให้ได้ภายในปี พ.ศ. 2563 โดยเน้นในผลิตภัณฑ์ที่เป็นจุดแข็งของประเทศ เช่น ฟาร์มเพาะปลูก การผลิตผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังรวมถึง การกระจายการพัฒนาอุตสาหกรรมใหม่ เช่น ยาแผนโบราณ และผลิตภัณฑ์อาหาร สำหรับยุทธศาสตร์ทางด้านชีวมวลในปัจจุบันนั้น มาเลเซียมีเป้าหมายในการเพิ่มมูลค่าของแหล่งทรัพยากรชีวภาพ และพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมใหม่

2.2.6 นิวซีแลนด์

นิวซีแลนด์ยังไม่มียุทธศาสตร์ทางด้าน Bioeconomy เป็นของตนเอง แต่มียุทธศาสตร์เศรษฐกิจทางด้านชีวภาพหลายอย่างที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับทาง Bioeconomy เช่น Business Growth Agenda ในปี พ.ศ. 2555 ซึ่งเกี่ยวข้องกับยุทธศาสตร์ทางการส่งเสริมนวัตกรรม ทั้งในภาคธุรกิจหลัก และอุตสาหกรรมเกษตร โดยมีการให้ทุนวิจัยในรูปของโครงการ Biological Industries Research Fund (2013) นอกจากนี้ยังมีการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนจากพลังงานน้ำ และพลังงานความร้อนภาคพื้นดิน โดยยุทธศาสตร์พลังงาน ปี พ.ศ. 2554-2564 ได้มีการส่งเสริมงานวิจัยและพัฒนาทางด้านพลังงานชีวภาพ ซึ่งเน้นในการศึกษาพลังงานชีวภาพจากป่าไม้ และเชื้อเพลิงชีวภาพ กระทรวงเศรษฐกิจเป็นผู้รับผิดชอบการวางแผนยุทธศาสตร์ ในลักษณะการร่วมมือกันระหว่างนางจ้างและนายทุน เพื่อให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมโดยมุ่งไปที่ อุตสาหกรรมทางชีวภาพที่มีเป้าหมายร่วมกัน คือเพิ่มการส่งออกของประเทศให้ได้สองเท่าภายในปี 2568 จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่มีมูลค่าสูง โดยเฉพาะในภาคธุรกิจหลักนวัตกรรมภาคธุรกิจควรจะช่วยเพิ่ม GDP ของประเทศอย่างน้อย 1 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีความร่วมมือในการวิจัยและพัฒนาต่างประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ประเทศจีนและสิงคโปร์

ยุทธศาสตร์นวัตกรรมของอุตสาหกรรมทางชีวภาพ มีสองเป้าหมายหลักคือ 1) เพิ่มความสามารถทางการแข่งขันของภาคธุรกิจหลักและความยั่งยืนของธุรกิจ และ 2) พัฒนาอาหารมูลค่าสูงและการใช้อุตสาหกรรมชีวภาพรวมถึงพลังงานชีวภาพด้วย

2.2.7 รัสเซีย

ยุทธศาสตร์ทางด้าน Bioeconomy ของรัสเซียเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพเป็นหลัก เพื่อที่จะตาม Bioeconomics ของโลกให้ทัน รัสเซียได้มีการร่าง Comprehensive Program for Development of Biotechnology – BIO2020 โดยนักวิจัยทางด้านเทคโนโลยีส่วนใหญ่ มีการนำนโยบายทางด้าน Bioeconomy ไปใช้ เช่นมีการทำโปรแกรม “Bioindustry and Bioresources-Biotech 2030”, “Bioenergetics” และ “Medicine of the Future” เป็นต้น นอกจากนี้กระทรวงต่างๆ เช่น กระทรวงพัฒนาอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมและการค้า กระทรวงเกษตร และ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ยังมีความร่วมมือกันเพื่อตอบสนองนโยบาย BIO2020 อีกด้วย

Bioeconomy Nanoindustry และเทคโนโลยีสารสนเทศจัดเป็นพื้นฐานของการสร้างเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมสมัยใหม่ ดังนั้นการจัดการทางด้าน Bioeconomy ควรจะช่วยเพิ่มมูลค่าของอุตสาหกรรม และสามารถนำทรัพยากรที่มีอย่างมหาศาลของประเทศมาใช้ได้ โดยเฉพาะด้านการใช้พื้นที่ และชีวมวลจากป่าไม้ นอกจากนี้การพัฒนาทางด้าน Bioeconomy ควรจะช่วยลดช่องว่าง

ของอุตสาหกรรมระหว่างประเทศ เพื่อลดการนำเข้าของสินค้าชีวภาพจากต่างประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย โดยเทคโนโลยีชีวภาพควรจะช่วยเพิ่ม 1 เปอร์เซ็นต์ของ GDP ในปี 2563 และ 3 เปอร์เซ็นต์ของ GDP ในปี 2573 นอกจากนี้นวัตกรรมทางอุตสาหกรรมควรช่วยเพิ่มการจ้างงาน และการพัฒนาชนบทได้อีกด้วย

2.2.8 เกาหลีใต้

ในปี พ.ศ. 2551 เกาหลีใต้จัดเป็นประเทศแรกในทวีปเอเชียที่รัฐบาลมีการออกยุทธศาสตร์การเติบโตแบบสีเขียวและคาร์บอนต่ำ โดยเน้นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการพัฒนาทางด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสีเขียว การนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงพลังงานชีวภาพจัดว่ามีส่วนสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ โดยรัฐบาลมีการลงทุนทางด้านโครงสร้างหลักของประเทศภายใต้โครงการ Five-Year Green Growth Plan (2009-2013) นอกจากนี้ เกาหลีใต้ยังเป็นประเทศผู้นำทางด้านนโยบายเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเลอีกด้วย และในปีเดียวกัน คือ ปี พ.ศ. 2551 รัฐบาลได้มีการประกาศแผน Blue-Bio 2016 Plan ซึ่งเป็นแผนปฏิบัติที่รองรับเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล

ในปี 2549 The 2nd Framework Plan for Promotion of Biotechnology (Bio-Vision 2016) ได้มีการกำหนดเป้าหมาย ที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพและการพัฒนาทาง Bioeconomy โดยมีเป้าหมายให้คนเกาหลีมีชีวิตที่มีสุขภาพดี เป้าหมายหลักทางเศรษฐกิจคือ เป็นหนึ่งใน 7 ประเทศผู้นำทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ รวมถึงเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภายในปี 2561 นอกจากนี้ยังมีการกำหนดเป้าหมายในเชิงปริมาณ คือ เป็น 1 ใน 5 ประเทศผู้นำด้านชีวเคมี ภายในปี 2563 นอกจากนี้ Biobased Chemical ควรจะมีส่วนแบ่งทางการตลาดภายในประเทศ 10 เปอร์เซ็นต์ และส่วนแบ่งทางการตลาดทั่วโลก 5 เปอร์เซ็นต์ มีการจ้างงานเพิ่มขึ้น 43,000 ตำแหน่งในปี พ.ศ. 2563 และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์

2.2.9 ศรีลังกา

จากแรงบันดาลใจทางด้านนโยบายเทคโนโลยีชีวภาพที่ก่อให้เกิดนวัตกรรมของประเทศในแถบเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ศรีลังกาได้ออกพระราชบัญญัติ National Biotechnology Policy ในปี พ.ศ. 2553 โดยมีเป้าหมายให้เกิดนวัตกรรมทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ และกระตุ้นให้เกิดการใช้เทคโนโลยีด้านต่างๆร่วมกัน ยุทธศาสตร์ดังกล่าวต้องการให้คุณภาพชีวิตของชาวศรีลังกาดีขึ้นในเชิงของ สุขภาพ ความปลอดภัยทางอาหาร สิ่งแวดล้อมที่สะอาด และการพัฒนาสังคมร่วมกับเศรษฐกิจอย่างมีจริยธรรม คุณภาพ และมีความปลอดภัยในการใช้เทคโนโลยีชีวภาพ

จากการศึกษานโยบายทางด้าน Bioeconomy และนโยบายที่มีความเกี่ยวข้องกับการจัดการด้านทรัพยากรทางชีวภาพ สามารถสรุป แหล่งวัตถุดิบทางชีวภาพที่แต่ละประเทศเลือกใช้ โดยส่วนใหญ่มักจะเป็นวัตถุดิบหลักของประเทศ มีปริมาณมาก หรือมีผลต่อ GDP รวมของประเทศนั้นๆ เป็นหลัก นโยบายที่มีการประกาศใช้ในการบริหารจัดการด้าน Bioeconomy จากอดีตจนถึงปัจจุบัน แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต รวมถึงแนวทางในการส่งเสริมทางด้านงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของแต่ละประเทศ สามารถสรุปรวมได้ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
กลุ่ม G7					
แคนาดา (Resource Wealth as Leverage for Growth)	ทรัพยากรป่าไม้	- ปี 2552 “Blueprint beyond Moose and Mountains” - ปี 2556-2561 กลยุทธ์ทางการเกษตร “Growing Forward 2”	- สนับสนุนการลงทุนในเชื้อเพลิงชีวภาพในเจเนอเรชันที่ 2 และมีการลงทุนสร้างโรงงานต้นแบบในการผลิต	ผลิตภัณฑ์จากป่าไม้ เช่น Biobased- Chemical และ Biobased- material รวมถึง พลังงานชีวภาพ	พลังงานชีวภาพ
สหภาพยุโรป (Innovation for Sustainable Growth)	ชีวมวลเป็นวัตถุดิบหลัก	- ปี 2555 “Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe” - ปี 2557-2563 “Horizon 2020”	- เป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยี - ส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ Bioeconomy เช่น ทางด้าน biotechnology และ material science	เป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยี สนับสนุน SME ที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม และการเข้าถึงกลุ่มผู้ลงทุน	พัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ วิธีการและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องทางด้านเกษตรกรรม ป่าไม้ และอุตสาหกรรมอาหาร

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific (ต่อ)

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
ฝรั่งเศส (Industrial and Ecological Renaissance)	วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และป่าไม้ ทรัพยากรทางทะเล	- ปี 2557 ยุทธศาสตร์ชาติที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศของประเทศ (“Stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable”, SNTEDD)	- สร้างการพัฒนาที่ยั่งยืน การสร้างแรงจูงใจการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศน์ - การส่งเสริมเทคโนโลยีที่ทันสมัย	การพัฒนาอย่างยั่งยืนและพลังงาน โดยแผนการจัดการจะครอบคลุมระยะเวลาถึงปี 2563 หรือ 2593	พลังงานชีวภาพและ Bio-based Chemical
เยอรมนี (Comprehensive Bioeconomy Strategy)	ป่าไม้	- ปี 2552 จัดตั้ง German Bioeconomy Council - ปี 2553 กลยุทธ์การวิจัยแห่งชาติ (The National Research Strategy; NFS) - ปี 2552/2553 แผนปฏิบัติการในการ	1. การรักษาความปลอดภัยอาหารทั่วโลก 2. การผลิตทางการเกษตรอย่างยั่งยืน 3. สุขภาพและความปลอดภัยทางโภชนาการ 4. ใช้ทรัพยากรหมุนเวียน	- ทรัพยากรหมุนเวียนสำหรับวัสดุ - การผลิตพลังงาน - กลยุทธ์ทางการใช้ประโยชน์จากป่าไม้	พลังงานทดแทน

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific (ต่อ)

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
		ใช้ทรัพยากรหมุนเวียน สำหรับวัสดุและการ ผลิตพลังงาน - ปี 2553 แผนการ ดำเนินการเกี่ยวกับ พลังงานทดแทน - ปี 2554 กลยุทธ์การป่า ไม้ คลอบคลุมถึงปี (2563)	ในระดับอุตสาหกรรม และ 5. การใช้พลังงานชีวภาพ อย่างยั่งยืน		
สหราชอาณาจักร (Unleashing High-Value Potential)	การใช้วัสดุเหลือใช้ต่างๆ และพืชพลังงานยืนต้น	- ปี 2550 กลยุทธ์ชีว มวล (Biomass Strategy) - ปี 2554 “The Natural Environment White Paper (NEWP)” - ปี 2557 นวัตกรรมกล ยุทธ์ทางป่าไม้	- การเกษตรอย่างยั่งยืน - กลยุทธ์การเสริมสร้าง ระบบนิเวศและ Resilience ของป่าไม้ และนำไปสู่การพัฒนา อย่างยั่งยืน - อุตสาหกรรมไม้แบบ Low Carbon	การถ่ายทอดเทคโนโลยี และ การค้าของสินค้าเกษตร การวิจัยป่าไม้ กลยุทธ์การผลิตที่มีมูลค่าสูง การพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพ พลาสติกชีวภาพ วัสดุและ อุตสาหกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ	Agricultural Sciences Biosciences Advanced Material Sciences

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific (ต่อ)

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
		- ปี 2553-2558 ยุทธศาสตร์ วิทยาศาสตร์ทางทะเล			
อิตาลี (Cluster Chimica Verde)	-	ภายใต้ EU Horizon 2020 Programme	อุตสาหกรรมเคมี (Bio-based Succinic Acid, Butanediol, Fossil-based Chemical Complex) และ เชื้อเพลิงชีวภาพ	ภายใต้ EU Horizon 2020 Programme	เทคโนโลยีชีวภาพและเคมีชีวภาพ
ญี่ปุ่น (Regional Energy and Circular Economy)	การใช้ประโยชน์ชีวมวล	- ปี 2545 กลยุทธ์ชีวมวล(Biomass Nippon Strategy) - ปี 2555 โดยวางแนวทางในการส่งเสริมการใช้ในอุตสาหกรรมชีวมวล - ปี 2555-2563 แผนปฏิบัติการความหลากหลายทางชีวภาพ	- การสร้างเศรษฐกิจที่ยั่งยืน โดยการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพของทรัพยากรชีวภาพ - เกิดการปกครองตนเองและการผลิตพลังงานแบบกระจายอำนาจ - ระบบพลังงานสะอาดและการฟื้นฟูของเศรษฐกิจในระดับ	กำหนดการใช้ประโยชน์ชีวมวลอย่างมีประสิทธิภาพ การสร้างเศรษฐกิจที่ยั่งยืน พัฒนาอุตสาหกรรมชีวมวล	ควบคุม กำหนดปริมาณและเป้าหมายการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรแต่ละประเภท กำหนดแผนการพัฒนาเฉพาะของแต่ละจังหวัด ลดการใช้งานของสารกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีในการเกษตรลงให้ได้ 50%

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific (ต่อ)

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
		- ปี 2553 แผนปฏิบัติการระดับชาติเพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์ ชีวมวล - ปี 2555 ยุทธศาสตร์อุตสาหกรรมชีวมวล	ภูมิภาค - กำหนดแนวทางการเพิ่มการใช้ประโยชน์ชีวมวลจากที่มีอยู่ - ยุทธศาสตร์อุตสาหกรรมชีวมวลแบ่งออกเป็น 7 ส่วนเพื่อดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมาย คือ 1) Basic Research 2) Technology 3) Biomass Supplies 4) Demand and Market Development 5) Specific Biomass Strategies		

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific (ต่อ)

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
			6) Comprehensive Support Strategy 7) Globalization Strategy		
สหรัฐอเมริกา (Development of New Markets)	การใช้ประโยชน์ชีวมวลเพื่อผลิตพลังงาน	- ปี 2557-2561 “The Farm Bill” - ปี 2554 ถึงปัจจุบัน “Bioeconomy Blueprint”	- การนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ และประสิทธิภาพของพลังงาน - วัสดุชีวภาพ - การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ	- การใช้ชีวมวลเพื่อพลังงานและการนำไปใช้ที่ไม่ใช่พลังงาน - ความปลอดภัยของอาหารและการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม - การพัฒนาชนบท และความสามารถในการแข่งขันเชิงเกษตรกรรม - ผลิตภัณฑ์สินค้าทางชีวภาพเกี่ยวกับ กีฬา การพักผ่อน การดูแลสุขภาพ เครื่องสำอาง และอื่นๆ	- การวิจัยทางการด้านการแพทย์ชีวภาพ และผลกระทบต่อสุขภาพ - งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับยีนและการหาลำดับเบสของยีน - วิศวกรรมการออกแบบโปรตีน - Proteomics และ Bioinformatics - การสังเคราะห์ทางด้านชีววิทยา

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific (ต่อ)

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
กลุ่มเอเชียแปซิฟิก					
ออสเตรเลีย	เกษตรกรรม ป่าไม้ และ ทรัพยากรทางทะเล	- ปี 2543 “The National Biotechnology Policy” - ปี 2554 “Opportunities for Primary Industries in the Bioenergy Sector National RD&E Strategy” - ปี 2554 “Strategic Roadmap for Australian Research Infrastructure” - ปี 2556-2559 “National Collaborative	- ชีวพลังงาน - การตรวจจับทางนิเวศวิทยา - การจัดการทางระบบนิเวศวิทยา - การใช้อาหารและการประเมินสุขภาพที่เหมาะสม - การศึกษาศักยภาพของชีวมวลของพืชเขตร้อนและพืชแถบเขตอบอุ่น ในการนำมาใช้ใน Biorefinery - การลงทุนในการสร้างโครงสร้างพื้นฐานสำหรับงานวิจัย	- Biological Collections - เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อวัสดุขั้นสูง และการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม - พลังงานชีวภาพในรุ่นถัดไป - การสร้าง Oceanographic Modeling System และโปรแกรมการตรวจจับ	- การพัฒนาพลังงานชีวภาพ - การวิจัยทางด้านโอมิกส์ - การใช้อาหารและการประเมินสุขภาพที่เหมาะสมเพื่อนำไปสู่ความยั่งยืนทางด้านสิ่งแวดล้อม - ความยั่งยืนทางทรัพยากรทางทะเล - การปกป้องความหลากหลายทางชีวภาพ - การพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งและอภิไทย์น่านน้ำ

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific (ต่อ)

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
		Research Infrastructure Strategy” - ปี 2554-2558 “Building a Bioeconomy in South Australia” - ปี 2558-2568 “National Marine Science Plan”			
จีน	-	- ปี 2529 “The High-Tech R&D Program (863-Program)” and “The Medium and Long-term Plan for the Development of Science and Technology”	- การเติบโตอย่างยั่งยืน - การพัฒนาเศรษฐกิจ - การเพิ่มความต้องการในประเทศ - การพัฒนาอุตสาหกรรมชีวภาพเพื่อรองรับผู้สูงอายุ - ความปลอดภัยของ	- Smart urbanization - ประสิทธิภาพด้านพลังงาน - เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม - นวัตกรรมวัสดุ - Biomedicine - การผสมพันธุ์พืช	- นวัตกรรมทางด้านเกษตรกรรมเพื่อความปลอดภัยของอาหาร - การควบคุม GMOs และสินค้าเกษตร - ความร่วมมือระหว่างประเทศ - ความสามารถในการ

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific (ต่อ)

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
		- ปี 2554-2558 “The 12th Five-Year Development Plan for National Strategic Emerging Industries” - ปลายปี 2555 “Plan for Development of Bioindustry”	อาหาร พลังงาน และ การประมง สิ่งแวดล้อม	- วัสดุฐานชีวภาพ - พัฒนยาใหม่ - เชื้อเพลิงชีวภาพ ชีวมวลเพื่อนำไปสร้างเป็นพลังงาน และผลิตภัณฑ์ฐานชีวภาพ	สร้างโครงสร้างพื้นฐาน และการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการวิจัย
อินเดีย	วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	- ปี พ.ศ. 2550 “Biotechnology Development and Innovation Strategy” และมีการปรับปรุงในปี 2557	- การสนับสนุนงานวิจัยต่างๆที่จะสามารถทำให้ประชากรมีการศึกษาที่ดีขึ้นและทั่วถึง เช่น การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ - พัฒนาทางด้านผลิตภัณฑ์ยา - การพัฒนาทางด้านชีว	- การใช้ลิแกโนเซลลูโลสจากภาคเกษตรกรรมและป่าไม้ เพื่อผลิตเอทานอล - พลังงานชีวภาพจากสาหร่าย - Biofortification ของพืชเศรษฐกิจเพื่อลดการขาดสารอาหาร	- การใช้เทคนิคใหม่ และนาโนเทคโนโลยี เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร - พืชตัดแต่งพันธุกรรมที่สามารถทนต่อความเครียดจากสิ่งแวดล้อมได้

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific (ต่อ)

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
			พลังงาน นาโน-ไบโอเทค เทคโนโลยีทางสิ่งแวดล้อม และการพัฒนากระบวนการผลิต		
อินโดนีเซีย	ของเสีย และชีวมวล	- ปี พ.ศ. 2557 “National Energy Policy” - ปี 2558-2588 “Grand Strategy of Agricultural Development”	- อุตสาหกรรมเกษตรยั่งยืน - การพัฒนาเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน - การปรับปรุงทางด้านสาธารณสุขในเขตชนบท - ปลอดภัยของอาหาร - การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ - การอนุรักษ์แหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีมูลค่า	- อาหารสุขภาพ - ผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าจากสินค้าเกษตรกรรมพื้นเมือง - อาหารจากสัตว์น้ำ	- เพิ่มผลผลิตทางการเกษตร - การพัฒนาและจัดตั้งโรงงานผลิตพลังงานชีวภาพ

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific (ต่อ)

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
			- พลังงานชีวภาพ และ เชื้อเพลิงชีวภาพจาก ของเสีย		
มาเลเซีย	ปาล์มน้ำมัน	- ปี 2556 “National Biomass Strategy 2020” - ปี 2555 “Bioeconomy Transformation Programme”	- การกำหนดและการควบคุมราคาของชีวมวล โดยเฉพาะปาล์มน้ำมัน - การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการ downstream จากแหล่งทรัพยากรชีวภาพในประเทศ	- การพัฒนาเศรษฐกิจแบบมีองค์ความรู้ - ฟาร์มเพาะปลูก - การผลิตผลิตภัณฑ์ - การกระจายการพัฒนาอุตสาหกรรมใหม่ เช่น ยาแผนโบราณ และผลิตภัณฑ์อาหาร - การเพิ่มมูลค่าของแหล่งทรัพยากรชีวภาพ และพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมใหม่ - อุตสาหกรรมฐานชีวภาพ	การเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ทางด้านชีวมวล

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific (ต่อ)

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
นิวซีแลนด์	ป่าไม้	- ปี พ.ศ. 2555 “Business Growth Agenda “ - ปี พ.ศ. 2556 “Biological Industries Research Fund” - ปี พ.ศ. 2554-2564 “Energy Strategy”	- พลังงานชีวภาพจากป่าไม้ และเชื้อเพลิงชีวภาพ - การใช้พลังงานทดแทนจากพลังงานน้ำ และพลังงานความร้อนภาคพื้นดิน - โดยพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่มีมูลค่าสูงเฉพาะในภาคธุรกิจหลัก	- นวัตกรรมของอุตสาหกรรมทางชีวภาพ - เพิ่มการแข่งขันได้ของภาคธุรกิจหลัก ความยั่งยืนของธุรกิจ - พัฒนาอาหารมูลค่าสูง - การใช้อุตสาหกรรมชีวภาพและพลังงานชีวภาพ	การพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพจากของเหลือทิ้งจากป่าไม้
รัสเซีย	ชีวมวล และป่าไม้	- ปี พ.ศ. 2555 “Comprehensive Program for Development of Biotechnology – BIO2020”	- อุตสาหกรรมนาโน และ IT ถูกพัฒนาเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจ - ลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์ทางด้านชีวภาพ - การพัฒนาทางด้านการเติบโตของแหล่งจ้าง	- สารเคมีฐานชีวภาพ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ไปจนถึง functional nutrition - พลังงานชีวภาพเพื่อผลิต ความร้อน และไฟฟ้า	การใช้การตัดต่อพันธุกรรมสิ่งมีชีวิตเพื่อเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร เช่น การพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพ พืชที่เป็นยา วัคซีน และ เอนไซม์

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific (ต่อ)

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
			งาน ความยั่งยืน และ การพัฒนาชนบท - การมีอาหารและยา เพียงพอเพื่อบริโภคใน ประเทศ		
เกาหลีใต้	ทรัพยากรทางทะเล	- ปี 2551 “Blue-Bio 2016 Plan” - ปี 2549 The 2nd Framework plan for promotion of Biotechnology (Bio-Vision 2016) - โครงการ Five-Year Green Growth Plan (2009-2013)	- เติบโตแบบสีเขียวและคาร์บอนต่ำ - เน้นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก - การพัฒนาทางด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสีเขียว - การนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ - เทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล	เป้าหมายในอนาคตคือ - เป็นหนึ่งใน 7 ประเทศผู้นำทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพรวมถึงเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภายในปี 2561 - เป็นผู้นำทางด้านชีวเคมีในปี 2563 Biobased Chemical	Bioscience Medical Biotechnology Bioenergy Green Chemistry Bio-electronics

ตารางที่ 2.10 แหล่งวัตถุดิบ นโยบาย แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน และในอนาคต และแนวทางการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายทาง Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 และ Asia Pacific (ต่อ)

ประเทศ	แหล่งวัตถุดิบ	นโยบาย	แนวทางการพัฒนาในปัจจุบัน	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	แนวทางการวิจัย
ศรีลังกา	ของเหลือทิ้งทางการเกษตร	- ปี พ.ศ. 2553 National Biotechnology Policy	- การสนับสนุน อุตสาหกรรมชีวภาพ - เน้นเรื่องสุขภาพ ความ ปลอดภัยทางอาหาร สิ่งแวดล้อมที่สะอาด และการพัฒนาสังคม ร่วมกับเศรษฐกิจ	- เพิ่มมูลค่าให้แก่แหล่ง ทรัพยากรชีวภาพอย่าง ยั่งยืน - ความปลอดภัยในการ ใช้เทคโนโลยีชีวภาพ	อุตสาหกรรมทางชีวภาพ โดยเฉพาะการผลิตอาหาร การดูแลสุขภาพ และ อุตสาหกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ

2.3 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการวางแผนนโยบาย

จากการศึกษานโยบายด้าน Bioeconomy ของประเทศต่างๆ มีปัจจัยหลักที่ควรคำนึงถึงในการพัฒนาหรือวางนโยบายด้าน Bioeconomy ดังสรุปปัจจัยที่แต่ละประเทศคำนึงถึงไว้ในตารางที่ 2.11 และแสดงรายละเอียดของปัจจัยในแต่ละด้านดังต่อไปนี้

- 1) ความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งหมายรวมถึง พื้นที่ ทรัพยากรธรรมชาติ การจัดการและสิ่งแวดล้อมความหลากหลายทางชีวภาพ ดิน น้ำ ปัจจัยการผลิต ก๊าซเรือนกระจก อากาศ และของเสีย
- 2) การพัฒนาอย่างยั่งยืนทางเศรษฐกิจและสังคม ประกอบด้วยประเด็นต่าง ๆ เช่น การเข้าถึงทรัพยากรในชนบท การพัฒนาสังคม การจ้างงาน รายได้ สุขภาพ และความปลอดภัย ความมั่นคงด้านพลังงาน การผลิต การพัฒนาเศรษฐกิจ R&D การแข่งขัน การลงทุนและโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ
- 3) การแข่งขันและความร่วมมือกันในกลุ่มมวลชีวภาพ ตลอดจนถึงการนำไปใช้งาน เช่น การใช้ประโยชน์จากชีวมวล การใช้ประโยชน์จากที่ดินโครงสร้างพื้นฐานและแรงงานที่มีฝีมือ
- 4) ความมั่นคงด้านอาหาร หมายรวมถึงทั้งสี่ด้านคือ การให้บริการ การเข้าถึง การใช้ประโยชน์ และเสถียรภาพ
- 5) ความเอื้ออำนวยของปัจจัยที่มีผลต่อการนำไปใช้ รวมทั้งปัญหาการพัฒนาอย่างยั่งยืน เช่น นโยบาย กลไกตลาด กฎหมาย การจัดตั้งสถาบันต่างๆ หน่วยงานตรวจสอบและรับผิดชอบ การมีส่วนร่วมและความโปร่งใสของหน่วยงาน และการพัฒนาความสามารถของมนุษย์

Summary of gap analysis of sustainability issues in official BE strategies ✓ = The issue is addressed

CATEGORIES		INTERNATIONAL																
		Baltic Sea Region - 2015-2018 Strategy and Action Plan towards a BSR Bioeconomy (2015)																
		EC - Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe (2012)																
		OECD - The BE to 2030: Designing a Policy Agenda (2009)																
		West Nordic Countries - Future Opportunities for Bioeconomy in the West Nordic Countries (2014)																
		NATIONAL																
		Argentina - La Bioeconomía en la Argentina: Oportunidades y Desafíos (2015)																
		China - Development Plan for the Bio-Industry (2012)																
		Denmark - Denmark as Growth Hub for a Sustainable Bioeconomy (2014)																
		Finland - The Finnish Bioeconomy Strategy (2014)																
		Germany - National Policy Strategy on Bioeconomy (2014)																
		Japan - The Biomass Industrialization Strategy (2012)																
		Malaysia - The Bioeconomy Transformation Programme (2012)																
		The Netherlands - Framework memorandum on the Bio-based Economy (2012)																
		Russia - BIO-2020 (2012)																
		South Africa - The Bioeconomy Strategy (2013)																
		Spain - Spanish Bioeconomy Strategy: Horizon 2030 (2016)																
		USA - National Bioeconomy Blueprint (2012)																
		REGIONAL																
		Baden-Württemberg (Germany) - Bioeconomy. Baden-Württemberg Path towards a Sustainable Future (2013)																
		British Columbia (Canada) - British Columbia Bioeconomy (2011)																
		Flanders (Belgium) - Bioeconomy in Flanders (2014)																
		Scotland (UK) - The Bioeconomy Roadmap for Scotland (2015)																

Note: The State of South Australia (Australia) has a regional strategy: "Building a Bioeconomy in South Australia" (2011-2015), however, the document is not available. There also exists the "Manitoba Bio products Strategy" (Canada). France and Norway will release national BE strategies in 2016 (Lang, 2016).

ที่มา: (Olivier Dubois, 2016)

ตารางที่ 2.11 สรุปปัจจัยค้ำึงถึงสำหรับการวิเคราะห์ช่องว่างเพื่อการวางนโยบาย Bioeconomy อย่างยั่งยืนของแต่ละประเทศ

จากการเปรียบเทียบกลยุทธ์ทาง Bioeconomy สามารถตั้งข้อสังเกตได้สองข้อคือ

- 1) บางครั้งจะมีการรวมกันของกลยุทธ์ระดับชาติและระดับภูมิภาค (เช่นใน อาร์เจนตินา, ญี่ปุ่นและเยอรมนี) นอกจากนี้ยังมีกรณี (เช่น ญี่ปุ่นเดนมาร์กและเยอรมนี) ซึ่งกลยุทธ์แห่งชาติส่วนใหญ่เกิดจากการใช้อุตสาหกรรมเป็นตัวนำ
- 2) แต่ละกลยุทธ์มีช่องว่างที่ไม่เหมือนกัน แต่จริงๆแล้วอาจจะไปปรากฏอยู่ในกลยุทธ์ส่วนอื่น เช่น กลยุทธ์ภาคป่าไม้ การเกษตร และพลังงานชีวภาพ โดยส่วนใหญ่แล้วจะเห็นว่าแต่ละประเทศจะเขียนกลยุทธ์นโยบายต่างๆ ให้สอดคล้องกับบริบทของประเทศตนเองเป็นหลัก

2.4 ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการร่างนโยบายทางด้าน Bioeconomy

ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการร่างนโยบายทางด้าน Bioeconomy ได้แก่ ความแตกต่างของแต่ละยุทธศาสตร์ของแต่ละประเทศ นโยบายทางการเมือง ผู้ถือผลประโยชน์ร่วมในระดับภูมิภาค ผู้ถือผลประโยชน์ร่วมในระดับโลก การวิเคราะห์นโยบายแต่ละพื้นที่ พลังงาน กลยุทธ์การวิจัย การศึกษา และการฝึกอบรม การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการค้า และสังคม

1) ความแตกต่างของแต่ละยุทธศาสตร์

เนื่องจากแต่ละประเทศมีความแตกต่างกันมากของจุดมุ่งหมายทางการเมืองและมาตรการของแต่ละประเทศ โดยแต่ละประเทศจะมีการกำหนดยุทธศาสตร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของแต่ละประเทศ เช่น การแลกเปลี่ยนทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม จำนวนทรัพยากร โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีศักยภาพที่แต่ละประเทศมี โดยพื้นฐานการกำหนดนโยบายและยุทธศาสตร์เกิดจากความปรารถนาที่จะรักษาการมีอยู่ของวัตถุดิบอย่างยั่งยืน โดยครอบคลุมไปถึงการส่งเสริมระบบนวัตกรรมเพื่อใช้ในการฟื้นฟูแหล่งวัตถุดิบ

วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาของแต่ละประเทศยังมีความแตกต่างกันมากเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น เยอรมนี ญี่ปุ่น หรือสหรัฐอเมริกา มีการร่วมมือจากรัฐบาลอย่างกว้างขวางในด้าน Bioeconomy มีการประสานงานและกำหนดกลยุทธ์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานต่าง ๆ เช่น หน่วยงานทางด้านสิ่งแวดล้อม การเกษตร, เศรษฐกิจ, การวิจัย ฯลฯ ประเทศอื่น ๆ เช่น อิตาลีหรือแคนาดา รัฐบาลจะมีบทบาทในการริเริ่มการจัดตั้งอุตสาหกรรม หรือเป็นกรณีเริ่มต้นในระดับภูมิภาค โดยมีการจำกัดหน้าที่และบทบาทของตัวเองให้อยู่แค่ในระดับการออกแบบนโยบายเท่านั้น

ประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา เป็นประเทศที่มีพื้นที่ป่าขนาดใหญ่ แนวชายฝั่งและที่ดินทำกิน โดย Bioeconomy แบบดั้งเดิมของทั้งสองประเทศนั้น เกี่ยวกับอุตสาหกรรมเกษตรและการป่าไม้ขนาดใหญ่ แต่อย่างไรก็ตาม การใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ เป็นที่ยอมรับโดยทั่วกันว่า สามารถเพิ่มมูลค่าของเกษตรและป่าไม้ ในขณะที่สามารถควบคู่ไปกับการการพัฒนาชนบทได้ ดังนั้นกลยุทธ์ของแคนาดาและประเทศสหรัฐอเมริกามุ่งเน้นการพัฒนาและการใช้ประโยชน์จากสินทรัพย์ทางธรรมชาติ โดยเน้นไปในพื้นที่ที่สำคัญที่มีการผลิตสารเคมีหรือพลังงานชีวภาพ เช่น ไม้อัดเม็ด, ไบโอบีโอดีเอทานอล และเชื้อเพลิงชีวภาพ ทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ได้เสริมกลยุทธ์ทางการเกษตรของพวกเขาโดยกลยุทธ์การวิจัยทางการเกษตรที่มุ่งเน้นไปทางอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ (Conversion Technologies)

สำหรับนโยบายนวัตกรรม (Innovation Policy) คำว่า Bioeconomy โดยทั่วไปมีความหมายเหมือนกันกับ คำว่า เทคโนโลยีชีวภาพ ยกตัวอย่างเช่น สองประเทศในทวีปอเมริกาเหนือส่งเสริมให้เกิดการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการเกษตร ในอุตสาหกรรม และการแพทย์ โดยหวังให้เกิด

ความได้เปรียบทางด้านเทคโนโลยี โดย Bioeconomy ของสองประเทศนี้ ยังรวมไปถึงภาคสาธารณสุข อุตสาหกรรมยาและนวัตกรรมบริการ เช่น ชีวสารสนเทศ เป็นต้น ซึ่งการส่งเสริมและมาตรการดังกล่าวเปรียบเทียบกับได้ว่าเป็นนโยบายนวัตกรรมของประเทศ

ในประเทศที่มีทรัพยากรธรรมชาติน้อยแต่มีความแข็งแกร่งทางโครงสร้างอุตสาหกรรม เช่น เยอรมนี, ญี่ปุ่น, ฝรั่งเศส และอิตาลี ยุทธศาสตร์ทาง Bioeconomy เกิดขึ้นจากศักยภาพของนวัตกรรมของประเทศเป็นหลัก และรวมถึงศักยภาพในการฟื้นฟูศิลปวิทยาอุตสาหกรรม ซึ่งในปัจจุบันยังได้รับการส่งเสริมอย่างมากจากสหภาพยุโรปโดยเฉพาะอย่างยิ่งโดยคณะกรรมการสหภาพยุโรปใหม่ นโยบายของสหภาพยุโรปตรงกันข้ามกับทวีปอเมริกาเหนือ โดยสหภาพยุโรปไม่แบ่งประเภทนวัตกรรมทางการแพทย์และเทคโนโลยีชีวภาพเป็น Bioeconomy ในขั้นแรก นโยบายของสหภาพยุโรปมุ่งเน้นไปทาง พลังงานทดแทนการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล ความร่วมมือในการลดก๊าซเรือนกระจก และขั้นที่สองคือ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี หรือวิธีการใหม่ๆ สำหรับการนำชีวมวลมาใช้ในการผลิต เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่

ในประเทศที่ขาดแคลนทรัพยากร การเข้าถึงและการใช้ประโยชน์จาก "ชีวมวลทางเลือก" เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของเหลือทิ้งหรืออื่น ๆ มีบทบาทที่สำคัญในการกำหนดแนวนโยบาย เพื่อความปลอดภัยการเข้าถึงวัตถุดิบ ตัวอย่างเช่น ประเทศเยอรมนี ญี่ปุ่น และสหราชอาณาจักร มีความพยายามที่จะจัดตั้งกลุ่มเทคโนโลยีนานาชาติ และความร่วมมือทางด้านทรัพยากรกับประเทศที่เกิดขึ้นใหม่ ซึ่งมีแหล่งอุดมสมบูรณ์ของสารชีวมวล สหราชอาณาจักรมีการพัฒนาทางด้านการบริการเป็นอย่างมาก มีการวิจัยทางด้านชีววิทยาศาสตร์อย่างดีเยี่ยม ทำให้เป็นประโยชน์ต่อยุทธศาสตร์ทางด้าน Bioeconomy โดยสามารถใช้ประโยชน์จากจุดแข็งเหล่านี้ในการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรมที่มีมูลค่าสูงได้ และสามารถที่จะพัฒนาความสามารถในการผลิตอย่างกว้างขวาง

2) นโยบายทางการเมือง

บางประเทศในกลุ่ม G7 สหภาพยุโรป ญี่ปุ่นและเยอรมนี รวมถึง สหรัฐอเมริกา ใช้กลยุทธ์ “Top-Down” Approach โดยการพัฒนาทางด้าน Bioeconomy จะขับเคลื่อนโดยภาคการเมืองที่จะพัฒนาวิสัยทัศน์ กลยุทธ์และแผนปฏิบัติการ เพื่อส่งเสริมและกำหนดทิศทางเศรษฐกิจทางด้านชีวภาพ ประเทศเยอรมนีเป็นประเทศเดียวเท่านั้นใน กลุ่ม G7 ที่มีทั้งการวิจัยเฉพาะและกลยุทธ์ทางนโยบายร่วมกันโดยได้รับการเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรี สำหรับประเทศญี่ปุ่นมีการกำหนดแผนปฏิบัติการระดับชาติในการส่งเสริมการใช้พลังงานชีวมวล มีเป้าหมายเชิงปริมาณในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรหมุนเวียนและรวมถึงใช้ชีวมวลในระดับอุตสาหกรรม

ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดนโยบายการเกษตร “Farm Bill” เพื่อที่จะส่งเสริมนวัตกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งนโยบายดังกล่าว ครอบคลุมไปถึง การประเมินนวัตกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ นวัตกรรมพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน Bioeconomy และการผลิตชีวมวล ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นประเทศเดียวที่มีโปรแกรมจัดซื้อจัดจ้างสำหรับผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่เฉพาะเจาะจง เพื่อกระตุ้นความต้องการของตลาด

ในสหภาพยุโรปมีความคิดริเริ่มที่คล้ายกันนี้ ในประเทศอิตาลี, ฝรั่งเศสและแคนาดา จะใช้อุตสาหกรรมเป็นตัวขับเคลื่อน Bioeconomy หรือเรียกว่าวิธีการแบบ “Bottom-up” Approach ความคิดริเริ่มที่จะเริ่มต้นและทุนสนับสนุนมาจากภาคเอกชน สำหรับภาคการเมืองจะมีหน้าที่ระดมทุนการวิจัยและพัฒนาความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน โดยจะกำหนดกรอบเงื่อนไข วิธีการของการจัดหาเงินทุน รองรับด้านกฎหมาย และการกำกับดูแลเบี่ยงเบนต่างๆ รวมถึงพิจารณาด้านอุปสงค์ ยกตัวอย่างเช่น จัดซื้อจัดจ้างที่เกี่ยวข้องกับระบบนิเวศ (Ecological Procurement) กำหนดอัตราภาษีสำหรับพลังงานชีวภาพ ฯลฯ ดังนั้นบทบาทของภาคการเมืองในสหภาพยุโรปต่อนโยบายทางด้าน Bioeconomy จึงน้อยกว่าในสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น หรือเยอรมนี อย่างไรก็ตาม เราไม่ควรมองข้ามการใช้ประโยชน์ของนโยบายทางด้าน Bioeconomy ในสหภาพยุโรป ยกตัวอย่างเช่น ในอิตาลีมีการเพิ่มการใช้ของสารเคมีชีวภาพและอุตสาหกรรมแปรรูปพลาสติก เนื่องจากนโยบายการห้ามใช้ถุงพลาสติกแบบที่ย่อยสลายไม่ได้ นอกจากนี้ ยังมีความคิดริเริ่มอีกเป็นจำนวนมากในการสนับสนุนนโยบาย เช่น ฝรั่งเศส มีการใช้เครื่องหมายหรือป้ายต่างๆ เพื่อแสดงความเป็นมาตรฐาน เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้ง่าย เช่น การออกใบรับรองสำหรับหน่วยงานหรือกองทุนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับ “Green” Economy ในการก่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรม มีการใช้ฉลากพิเศษสำหรับอาคารที่ก่อสร้างโดยใช้วัสดุทางชีวภาพ

สหราชอาณาจักรเป็นประเทศหนึ่งที่มี นโยบายและวิธีการที่ไม่เหมือนกับประเทศอื่น เนื่องจากภาคอุตสาหกรรมมีขนาดใหญ่ ทำให้สามารถขับเคลื่อน Bioeconomy ด้วยตัวเองได้ ตัวอย่างเช่น รัฐบาลไม่ได้มีการสนับสนุนมาตรการกลยุทธ์พลังงานชีวภาพอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตาม รัฐสภามีบทบาทที่สำคัญมากในการสนับสนุนเพิ่มเติมเกี่ยวกับศักยภาพของ Bioeconomy ซึ่งยังไม่ได้เกิดขึ้นในประเทศกลุ่ม G7 อื่น ๆ

3) ผู้ถือผลประโยชน์ร่วมในระดับภูมิภาค

ผู้มีส่วนได้เสียในภูมิภาคในบางประเทศในกลุ่ม G7 มีบทบาทอย่างมากในการกำหนดนโยบายทางการเมืองที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจทางชีวภาพ ยกตัวอย่างเช่น ในประเทศแคนาดา เช่น รัฐบริติชโคลัมเบีย, อัลเบอร์ตา และออนตาริโอ ได้พัฒนา Bioeconomy ของตัวเอง โดยแนวคิดมุ่งเป้าไปที่กระบวนการผลิตสินค้าทางชีวภาพ การผลิตที่มีประสิทธิภาพและการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ของผลิตผลทางการเกษตรหรือผลิตผลจากป่าไม้ ในทำนองเดียวกัน ในอิตาลี มีการรวมกลุ่มของภูมิภาค green clusters ในซาร์ดิเนีย พีดมอนต์ และแคว้นลอมบาร์เดีย โดยมีฝรั่งเศสเป็นผู้สนับสนุนในระดับภูมิภาค Poles de competitivité โดยกลุ่มดังกล่าวให้ความสำคัญกับระบบนิเวศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Chimie du Vegetale หรือเคมีชีวภาพ

ในประเทศเยอรมนี รัฐบาลกลางได้มีกลยุทธ์ Bioeconomy ของตนเอง ในรัฐ North Rhine-Westphalia มีนโยบายหลักมุ่งเน้นไปที่การสนับสนุนเทคโนโลยีชีวภาพทางการแพทย์ การวินิจฉัย และการปลูกูการแพทย์ รัฐ Baden-Württemberg มีนโยบาย กลยุทธ์การวิจัย Bioeconomy เกี่ยวกับอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยในพื้นที่มี ก๊าซชีวภาพ และลิกโนเซลลูโลสเป็นอุตสาหกรรมหลัก รวมถึงมีการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้สสาร และมีการสร้างแบบจำลองทาง Bioeconomy เพื่อใช้ในการสนับสนุนของกลยุทธ์ทางธุรกิจ

4) ผู้ถือผลประโยชน์ร่วมในระดับโลก

สหภาพยุโรปมีการส่งเสริมทางด้าน Bioeconomy มากกว่าสิบปีจึงได้รับการยกย่องในระดับสากลว่าเป็นผู้บุกเบิก รวมถึงมีการวิจัยจำนวนมาก ที่เป็นโครงการที่เกี่ยวข้องกับกรอบเป้าหมายหลัก โดยมีการสร้าง Value Chain ของอุตสาหกรรมใหม่ๆ ให้มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยนโยบายของแต่ละประเทศจะถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้สามารถแข่งขันกับประเทศต่างๆทั้งในยุโรปเอง และกับประเทศอื่นๆทั่วโลก โดยท้ายที่สุดแล้วสหภาพยุโรปเองจะมีความสามารถไปแข่งขัน กับตลาดโลกได้ นอกจากนี้ยังมีการจัดตั้งกองทุนเพื่อส่งเสริมด้านนวัตกรรมให้แก่อุตสาหกรรมที่มีความเกี่ยวข้องกับยุทธศาสตร์ด้าน Bioeconomy โดยอุตสาหกรรมต่างๆ สามารถรับเงินสนับสนุนจากกองทุนได้ ยกตัวอย่างเช่น ความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชนของ "อุตสาหกรรมชีวภาพ" (Biobased Industries; BIC) โดยมีเป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน คือการตั้ง Flagships ในกลุ่มของการผลิตโรงงานอุตสาหกรรม และ Biorefineries และ BIC มีการจัดตั้งกองทุนสาธารณะ โดยมีทุน 1 พันล้านยูโร จาก Horizon 2020 และ 2.8 พันล้านยูโร จากการระดมทุนของภาคเอกชน สหภาพยุโรปเป็นผู้มีส่วนได้เสียหลักของกลยุทธ์ด้าน Bioeconomy ดังนั้น ในปัจจุบัน The United Nations (e.g. UNEP, UNCTAD หรือ FAO), The World Bank, The IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ต่างก็มีการปรับตัวและเริ่มกำหนดทิศทางของตนเองเกี่ยวกับ Bioeconomy อย่างไรก็ดี The World Bank เริ่มมีการกำหนด Green Growth Knowledge Platform เกิดขึ้น

5) การวิเคราะห์นโยบายแต่ละพื้นที่

แม้จะมีความแตกต่างของกลยุทธ์ของแต่ละประเทศ แต่ประเทศในกลุ่ม G7 และสหภาพยุโรป ก็มีเป้าหมายที่เหมือนกันทางด้าน Bioeconomy ในเชิงของนิเวศวิทยา Bioeconomy ควรมีส่วนช่วยในการลดก๊าซเรือนกระจก อำนวยความสะดวกในการเปลี่ยนไปใช้พลังงานทดแทน และช่วยในการรักษาระบบนิเวศวิทยาที่สำคัญ มีการแลกเปลี่ยนความรู้ที่แต่ละประเทศมีเพื่อช่วยให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน

จากมุมมองทางเศรษฐกิจ ทุกประเทศในกลุ่ม G7 คาดหวังว่าจะใช้ความรู้ทางด้าน Bioeconomy เพื่อก่อให้เกิดนวัตกรรมและการเติบโต (“Green Growth”, “Blue Growth”) จากมุมมองทางสังคม พวกเขามีความหวังว่าจะมีผลกระทบในเชิงบวกต่องาน รวมถึง การจ้างงานเพื่อทำงานในเทคโนโลยีขั้นสูง นอกจากนี้ยังคาดหวังว่า Bioeconomy จะสร้างแนวคิดใหม่ สำหรับการพัฒนาชนบท และการปรับปรุงสภาพความเป็นอยู่ในเมือง

6) พลังงาน

ในยุคลปี พ.ศ. 2543 ประเทศในกลุ่ม G7 มีการระดมทุนเพื่อพัฒนาพลังงานชีวภาพ การใช้ประโยชน์ของพลังงานชีวภาพ และให้ความสำคัญมากขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งนวัตกรรมไบโอที่นำมาใช้ได้ง่าย และมีการเพิ่มมูลค่าของชีวมวลเพื่อสร้างพลังงาน อย่างไรก็ตามจากการคาดการณ์ในระยะปานกลางและระยะยาวการหาได้ง่ายของทรัพยากรฟอสซิลที่เกิดจากการใช้เทคนิคใหม่ในการสำรวจยังมีบทบาทหลัก ทั้งในแง่ราคาที่ถูกกว่าของพลังงานและวัตถุดิบ นั่นหมายความว่า การประยุกต์ใช้พลังงานหลายชนิดจาก Bioeconomy ยังไม่สามารถแข่งขันได้ในทางกลไกการตลาด หลายประเทศรวมถึงองค์กรต่าง ๆ เช่น สหภาพยุโรป มีการสนับสนุนการผลิตไบโอดีเซลหรือไบโอเอทานอล โดยนำเสนอในมุมมองว่าเป็นของฟรีเมียม

อย่างไรก็ตาม เมื่อเร็วๆ นี้ได้มีความกังวลเพิ่มขึ้น เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป และผลกระทบด้านลบที่มีต่อความมั่นคงด้านอาหารและความหลากหลายทางชีวภาพ ดังนั้นสหภาพยุโรปและเยอรมันได้ลดเป้าหมายสำหรับการใช้งานพลังงานชีวภาพหรือมีการเปลี่ยนแปลงเป้าหมายการระดมทุนลง (เช่น ข้อตกลง Amendment of the German Renewable Energy Sources Act 2014)

นอกจากนี้ การค้นพบเทคโนโลยี Shale Gas และ Tight-Light Oil ล่าสุดในประเทศสหรัฐอเมริกา ทำให้เกิดข้อโต้แย้งเกี่ยวกับการได้มาซึ่งพลังงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับพลังงานชีวภาพ อย่างไรก็ตามเชื้อเพลิงชีวภาพได้รับการสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน “US Farm Bill” รวมถึงทางการทหารของสหรัฐ

7) กลยุทธ์การวิจัย

นโยบายการวิจัยทางด้าน Bioeconomy ในกลุ่มประเทศ G7 มีคุณลักษณะที่หลากหลาย โดยไม่ได้ขึ้นอยู่กับหัวข้อการวิจัยที่สำคัญเพียงอย่างเดียว แต่ยังรวมถึงความต้องการการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมในภาคการวิจัย (Greater Interdisciplinarity and International Orientation of Research Activities) ยิ่งไปกว่านั้นการวิจัยพื้นฐานและประยุกต์ใช้จะมีความเชื่อมโยงกันมากขึ้นโดยต้องการการทำงานร่วมกันระหว่างสถาบันการศึกษาต่าง ๆ มากขึ้น ยกตัวอย่าง รัฐบาลบางประเทศ เช่น ญี่ปุ่น และฝรั่งเศส เห็นความเชื่อมโยงกันของแนวคิดสหวิทยาการทางด้าน Bioeconomy เป็นโอกาสที่ดีที่จะช่วยส่งเสริมงานวิจัยแห่งชาติให้ทันสมัย โปรแกรมการระดมทุนส่วนใหญ่ยังไม่มี ความแตกต่างระหว่างชนิดของอุตสาหกรรม การนำไปใช้ และการวิจัยขั้นพื้นฐานอย่างชัดเจน แต่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการทำงานร่วมกันของระบบตลอดห่วงโซ่มูลค่าทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีการสนับสนุนการวิจัยในรูปแบบใหม่ๆ เช่น การวิเคราะห์ความเป็นไปได้สำหรับนำไปใช้ในอุตสาหกรรม และการสร้างแรงจูงใจในเชิงพาณิชย์ของการวิจัย ซึ่งหมายความว่ามีความรวมถึง มีการสนับสนุน โครงสร้างพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และการใช้เทคนิคต่างๆในการวิจัยสำหรับเทคโนโลยีที่มีความสำคัญที่เกี่ยวข้องกัน เช่น การหาลำดับจีโนม High Throughput Technologies และชีวสารสนเทศ โดยได้รับการสนับสนุนและจัดตั้งขึ้นในรูปแบบของศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติ ทั้งในสหรัฐอเมริกา เยอรมัน ฝรั่งเศส และสหราชอาณาจักร หัวข้อการวิจัยที่มีความสำคัญในปัจจุบัน คือ การวิจัยทางด้านพืช และการใช้ทรัพยากรชีวภาพอื่น ๆ (เช่นสาหร่าย จุลินทรีย์ และของเสียตกค้าง) Conversion Technology และ Biorefinery รวมถึงเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีทางทะเล ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างการวิเคราะห์กลยุทธ์ คือทัศนคติต่อพันธุวิศวกรรมของพืช ในประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา และญี่ปุ่น ให้สนับสนุนยีนเทคโนโลยี สำหรับการเกษตรและการป่าไม้ เพื่อที่จะช่วยในการเพาะพันธุ์พืชให้มีลักษณะที่ดีที่สุดในขณะที่ประเทศยุโรป ยังไม่ยอมรับการใช้ยีนเทคโนโลยีมากนัก

8) การศึกษาและการฝึกอบรม

Bioeconomy เป็นสาขาที่มีความซับซ้อนสูง จึงต้องใช้ความรู้ที่เป็นสหวิทยาการ ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการกำหนดเป้าหมายในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (Natural Sciences) และชีววิทยาศาสตร์ (Life Sciences) ให้อยู่ภายใต้กรอบของ STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) โดยโครงการดังกล่าวได้เริ่มต้นจากการปรับปรุงและการปรับตัวของการศึกษาในระดับโรงเรียนและมหาวิทยาลัย

นโยบายของประเทศญี่ปุ่น มองหาการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมในโรงเรียนและมหาวิทยาลัย งานวิจัยและการศึกษาควรจะเป็นแบบสหวิทยาการมากขึ้น และมุ่งเน้นในระดับสากล ประเทศในกลุ่มยุโรป G7 มีการพัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรมเฉพาะทางด้าน Bioeconomy ซึ่งมีการ

พัฒนาและทดลองใช้ในกลุ่มอุตสาหกรรม เช่น ใน The “Industries et Agro-Resources”(IAR) Cluster ที่เมือง Pomacle-Bazancourt ประเทศฝรั่งเศส หรือ The CBP Leuna Cluster ในประเทศเยอรมนี สองรัฐในประเทศเยอรมนี คือรัฐ North Rhine-Westphalia และรัฐ Baden-Württemberg มีกลยุทธ์ทางด้าน Bioeconomy เป็นของตนเอง รวมถึงมีหลักสูตรการศึกษา Bioeconomy เป็นของตัวเองอีกด้วย

9) การถ่ายทอดเทคโนโลยีและนโยบายทางการค้า

ในปัจจุบันแต่ละประเทศมีนโยบายการถ่ายทอดเทคโนโลยีและนโยบายทางการค้าที่หลากหลาย ที่ช่วยส่งเสริมความก้าวหน้าทางด้าน Bioeconomy เช่น การส่งเสริมนวัตกรรมเป็นปัจจัยเด่นของประเทศในกลุ่ม G7 โดยเน้นการถ่ายทอดเทคโนโลยีและผลการวิจัยที่สามารถนำไปใช้ได้ในการการค้า เมื่อไม่นานมานี้ ในประเทศสหรัฐอเมริกา มีการขอ Lab-to-Market Plans ประกอบในการประกวดราคา ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดสำหรับโอกาสทางการค้า นอกจากนี้ยังเพิ่มโอกาสสำหรับบุคคลที่สาม (Third Parties) ที่จะใช้สิทธิบัตรที่เกิดจากการวิจัยที่ได้ทุนจากกองทุนสาธารณะ

ในแคนาดามีโครงการสนับสนุนทางการเกษตรที่เรียกว่า Growing Forward 2 ที่มีการตั้งโครงการสนับสนุนทางการค้าสำหรับผลผลิตนวัตกรรมทางการเกษตรที่แยกออกจากโครงการหลักอย่างชัดเจน และในสหราชอาณาจักรมีการสนับสนุนทางการค้าของเทคโนโลยีชีวภาพและการวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางการเกษตร ด้วยวิธีการศึกษาความเป็นไปได้ของตลาดสำหรับเทคโนโลยีชีวภาพ โปรแกรมการฝึกอบรมรูปแบบต่างๆ การขยายบริการที่ทันสมัย และการเป็นพันธมิตรกัน ซึ่งจะช่วยให้บริษัทที่เป็นนวัตกรรมชีววิทยาศาสตร์ ได้รับเงินทุนระหว่างประเทศและมีความสามารถแข่งขันในตลาดระหว่างประเทศได้ สำหรับประเทศเยอรมัน สนับสนุนนวัตกรรมโดย “Unusual Alliances” ระหว่างกลุ่มอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ภาคอุตสาหกรรมและผู้ประกอบการ SMEs และสำหรับประเทศญี่ปุ่น ฝรั่งเศส และอิตาลี มีการพัฒนาผ่านการรวมตัวกันของภาควิจัย และกลุ่มอุตสาหกรรมที่ Bioeconomy มีบทบาทสำคัญ ทุกประเทศในกลุ่ม G7 มีการก่อตั้งโรงงานต้นแบบ โดยผ่านการระดมทุนจากภาคส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องรวมถึงความร่วมมือจากจากองค์กรด้านการวิจัยของภาคเอกชน การขาดแคลนเงินทุนสำหรับอุตสาหกรรมที่เป็นนวัตกรรมใหม่เป็นเรื่องที่สำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุโรป มาตรการในการระดมเงินทุนส่วนใหญ่จึงมีให้สำหรับธุรกิจทางด้าน Bioeconomy ขนาดเล็กและขนาดกลาง แต่อย่างไรก็ตามผู้ประกอบการในกลุ่มดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นแบบไม่เฉพาะเจาะจงและเกี่ยวข้องกับทุกภาคส่วนของนโยบายนวัตกรรม การสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับบริษัทเอกชนจึงเกิดขึ้นควบคู่ไปกับการคาดหวังผลตอบแทนจากการลงทุนจะสูงขึ้น

อย่างไรก็ตาม ประเทศในกลุ่ม G7 มีรายงานความกังวลเกี่ยวกับเหตุการณ์ เมื่อมีการถ่ายโอนเทคโนโลยีและประสบความสำเร็จในเชิงพาณิชย์ พวกเขาต้องเผชิญกับความเสี่ยงต่อระบบนิเวศ และการยอมรับนวัตกรรมของสังคม ซึ่งอาจจะทำให้ไม่สามารถนำนวัตกรรมไปใช้ได้จริงในตลาด แต่ข้อควรระวังดังกล่าวกลับทำให้เกิดการแข่งขันที่เพิ่มขึ้นจากประเทศเกิดใหม่ เพื่อที่จะได้มีส่วนแบ่งทางการตลาดในหลายแขนงของ Bioeconomy ยกตัวอย่างเช่น กลุ่มการผลิตพลาสติกชีวภาพ

ดังที่กล่าวมาข้างต้น ข้อดีของการทำงานร่วมกันระหว่างประเทศ ในการพัฒนารูปแบบธุรกิจตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์ชีวภาพ และกระบวนการ ยังไม่ได้มีความเข้าใจอย่างเต็มที่หรือแม้กระทั่งใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ดี ผลประโยชน์ที่ลงตัวอาจเกิดจาก ภาคแรงงาน การศึกษา กระบวนการที่เหมาะสม การแลกเปลี่ยนบุคลากรร่วมกัน การแลกเปลี่ยนวิธีการที่ดีที่สุด รวมถึงการใช้ข้อกำหนดของมาตรฐานต่างๆร่วมกัน ฯลฯ

10) สังคม

เพื่อความยั่งยืนการดำเนินเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ ไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงอุตสาหกรรม แต่ยังเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคมอีกด้วย ยกตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงในแนวความคิดทางการศึกษา รูปแบบ และพฤติกรรมผู้บริโภค การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นที่ยอมรับของกลุ่มประเทศ G7 ทั้งหมด โดยเฉพาะเยอรมันได้รวมการรับฟังความคิดเห็นของสังคมเป็นส่วนหนึ่งของกลยุทธ์ของ Bioeconomy นอกเหนือจากนี้ระบบการตรวจสอบต่างๆ ได้มีการจัดตั้งขึ้นระหว่างประเทศเยอรมนีกับสหภาพยุโรป เพื่อที่จะวัดผลกระทบของ Bioeconomy ต่อสังคม สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและวิทยาศาสตร์ จุดมุ่งหมายคือ เพื่อให้มีหลักฐานทางด้านนโยบาย Bioeconomy ที่มีความโปร่งใสและสามารถประเมินผลกระทบของตัวเองได้

2.5 ยุทธศาสตร์ Bioeconomy ของประเทศไทย

กรอบและเป้าหมายการศึกษา

จัดทำยุทธศาสตร์และแผนที่นำทาง เพื่อสร้างความเข้มแข็งให้กับห่วงโซ่อุปทานของ “อุตสาหกรรมชีวภาพ” ให้สามารถเติบโตและแข่งขัน ได้อย่างยั่งยืนด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นวัตกรรม หน่วยงานที่มีบทบาท คือ ศูนย์กลางวิจัยพัฒนาของอุตสาหกรรมชีวภาพ ศูนย์กลางผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพ และศูนย์กลางการให้บริการที่เกี่ยวข้อง โดยอาศัยการประยุกต์รวมของ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม โดยในขั้นแรกจะดำเนินการในการยกระดับความสามารถ เทคโนโลยีพื้นฐาน สร้างความเข้มแข็งให้แก่ภาคอุตสาหกรรม พัฒนา Application จากสารตัวกลางชีวภาพ พัฒนาระบบการผลิต Zero Waste เพิ่มจำนวนผลิตภัณฑ์ชีวภาพ รวมถึงมีการ ให้บริการ ผักอบรม และสร้างกำลังคนที่มีความเชี่ยวชาญ ให้บริการด้านโครงสร้างพื้นฐานเพื่อ R&D

อุตสาหกรรมเป้าหมาย และมาตรการสนับสนุน

วิธีการเลือกสาขาอุตสาหกรรมเป้าหมาย

- 1) รายชื่อสารตัวกลางผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่มีศักยภาพ
- 2) คัดเลือกและแบ่งกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายตามเกณฑ์ที่กำหนด
- 3) ศึกษาอุปสรรคและความต้องการ และวิเคราะห์ Gap ที่ใช้ STI ในการจัดการ
- 4) จัดทำแผนยุทธศาสตร์และ Roadmap เพื่อสร้างความเข้มแข็งให้กับ ห่วงโซ่อุตสาหกรรมชีวภาพที่เป็นเป้าหมายของประเทศ

โดยในขั้นแรกจะเป็นการเตรียมความพร้อมทางด้านวัตถุดิบใน 3 กลุ่มหลักของประเทศคือ อ้อย มันสำปะหลัง และปาล์มน้ำมัน โดยประเมิน ปริมาณวัตถุดิบที่มีอยู่ ปริมาณที่เหลือสำหรับ Biobased Products ปริมาณที่ใช้ในอุตสาหกรรม Biobased ในปัจจุบัน และปริมาณความต้องการตามแผนปี 2564 โดยถ้าเกิดวัตถุดิบไม่เพียงพอต่อความต้องการในอนาคต จะต้องมีการรองรับยกตัวอย่าง เช่น นำปริมาณการส่งออกบางส่วนมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้น สำหรับอุตสาหกรรมชีวภาพที่จะลงทุนเพิ่ม ใช้ STI ในการเพิ่ม Yield และ Productivity เช่น ใช้เทคโนโลยี Marker Assisted Selection, Metabolic Engineering, Genetic Engineering เป็นตัวช่วยเพิ่มผลผลิต ใช้เทคโนโลยีเพื่อการจัดการแปลง เช่น Precision Farming, Zoning และมีแผนการจัดการ เช่น มีเครื่องมือตรวจการระบาดของเพลี้ยในแปลงปลูกมัน การเพิ่มประสิทธิภาพ/ความจำเพาะ/ % Conversion ของเอนไซม์ในกระบวนการ Pretreatment โดยมีการตั้งเป้าเป็น Excellent Center สำหรับการพัฒนาและผลิตเอนไซม์ เพื่อใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลัง และอ้อย

การแบ่งกลุ่มอุตสาหกรรมฐานชีวภาพเป้าหมายในปัจจุบัน

- กลุ่มที่ 1 สารตัวกลาง/ผลิตภัณฑ์เคมีชีวภาพ ที่มีความพร้อมด้านเทคโนโลยีและมีภาคเอกชนสนใจลงทุน เกิด ได้ใน 1-3 ปี คือ กรดซักซินิก กรดแลคติก แลคไทด์ และพอลิเมอร์
- กลุ่มที่ 2 สารตัวกลาง//ผลิตภัณฑ์เคมีชีวภาพ ที่เพิ่มมูลค่าให้กับอุตสาหกรรมดั้งเดิมเป็นทางเลือกให้กับผู้ลงทุนในอนาคต เกิดได้ ใน 3-5 ปี เช่น สารมูลค่าเพิ่มจากเอทานอล และกลีเซอรอล
- กลุ่มที่ 3 เทคโนโลยีฐานที่มีศักยภาพสำหรับอุตสาหกรรมในอนาคต สำหรับ 5-10 ปี เช่น เทคโนโลยีสำหรับอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มความมั่นคงและการแข่งขันที่ยั่งยืน

นโยบายที่เกี่ยวข้องกับการผลักดัน Bioeconomy

Bioeconomy ในประเทศไทยมีการสนับสนุนโดยนโยบายจากภาครัฐเป็นหลัก เช่น นโยบาย Biotechnology Development Policy Framework 2012 โดยกรอบเป้าหมายมีการกำหนดภาพรวมของเทคโนโลยีชีวภาพว่าเป็นอุตสาหกรรมโดยใช้ฐานความรู้เป็นตัวขับเคลื่อน ทั้งในทางการแพทย์ เกษตรกรรม ประมง และอุตสาหกรรม สำหรับอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพเริ่มมีการ

สนับสนุนมาตั้งแต่ปี 2551 ซึ่งมีการตั้งแผนที่นำทาง National Bioplastics Roadmap ขึ้นโดยเน้นการสนับสนุนทางด้านการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้รัฐบาลยังมีการกำหนดแผน Alternative Energy and Development Plan (AEDP) 2012-2021 ร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (The National Science Technology and Innovation Policy Office; STI) และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (The National Center for Genetic Engineering and Biotechnology; BIOTEC) ซึ่งให้การสนับสนุนทางด้านชีวพลังงาน เชื้อเพลิงชีวภาพ โดยการใช้ของเหลือทิ้งจากการเกษตรเป็นหลัก โดยประมาณ 80% ของชีวมวลในประเทศถูกนำกลับมาผลิตเป็นพลังงานใหม่ และคิดเป็นปริมาณพลังงาน 10% ของการใช้พลังงานทั่วประเทศ

รัฐบาลมีจุดมุ่งหมายที่จะกระตุ้นการสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ และการนำไปประยุกต์ใช้ทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ เพื่อให้ประเทศไทยเป็นจุดศูนย์กลางของเทคโนโลยีชีวภาพของเอเชีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูงให้ได้เปรียบในเชิงแข่งขัน เนื่องจากประเทศไทยมีทรัพยากรในปริมาณมาก

2.6 SWOT analysis กลยุทธ์ทาง Bioeconomy ของประเทศไทย

โครงการได้ทำการปรับปรุง SWOT analysis สำหรับกลยุทธ์ทางด้าน Bioeconomy ของประเทศไทยจาก (NSTDA, 2015; สิริแสงทักษิณ, 2016) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

จุดเด่น

- ประเทศไทยมีความพร้อมทางด้านมีความพร้อมด้านวัตถุดิบ เนื่องจากมีผลผลิตและของเหลือทิ้งทางการเกษตร (Sugar Based & Glycerol Based) ในปริมาณมากที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตสารเคมีชีวภาพได้
- มีบริษัทขนาดใหญ่ที่มีความพร้อมทางด้านเทคโนโลยี และเงินทุน หันมาให้ความสนใจทางด้าน Bioeconomy เช่น ปตท. มิตรผล Thai Wah และ Siam Bioscience เป็นต้น
- รัฐบาลให้ความสำคัญในการสนับสนุน และผลักดันให้เกิด Bioeconomy โดยจัดทำยุทธศาสตร์และแผนที่นำทางหลายโครงการ เช่น Biotechnology Development Policy Framework 2012, National Bioplastics Roadmap 2008 และ Alternative Energy and Development Plan (AEDP) 2012-2021 เพื่อมุ่งเน้นสร้างความเข้มแข็งให้กับห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมชีวภาพ ให้สามารถเติบโตและแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

ข้อด้อย

- เทคโนโลยีในประเทศไทยยังอยู่ในระดับการวิจัยพื้นฐาน ความสามารถในการนำเทคโนโลยีระดับสูงมาใช้ยังมีข้อจำกัด ขาดการการดูดซับเทคโนโลยี และไม่ทันกับความก้าวหน้าในต่างประเทศ
- ด้านการลงทุนทางด้านเทคโนโลยีจากทั้งทางรัฐบาลและหน่วยงานเอกชน ยังขาดจุดคุ้มทุนที่ชัดเจน
- กำลังคนที่มีความเชี่ยวชาญของประเทศไทยมีอยู่อย่างจำกัด
- ตลาดในประเทศมีจำกัด และยังขาดการส่งเสริมการนำผลิตภัณฑ์ทางด้านชีวภาพไปใช้อย่างชัดเจน
- การจัดการด้านห่วงโซ่มูลค่า ผลผลิตทางการเกษตร และ ของเหลือทิ้งที่มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ ยังไม่มีแนวทางการจัดทำอย่างแน่ชัด เช่น การบริหารจัดการเกษตรแปลงใหญ่ และการจัดการด้านโลจิสติกส์

โอกาส

- ทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม คุณภาพชีวิต ทรัพยากรธรรมชาติ ในปัจจุบัน มุ่งสู่ bioeconomy ทั้งในและต่างประเทศ
- ตลาดของอุตสาหกรรมทางด้านชีวภาพ มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทั้งในและต่างประเทศ
- สารเคมีบางชนิด ที่สามารถผลิตได้โดยใช้กระบวนการทางชีวภาพ เช่น Succinic Acid และ กรดแลคติก มีคุณสมบัติเป็นสารตัวกลางที่ใช้ในอุตสาหกรรมที่หลากหลาย ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดแทนสารที่ผลิตด้วยวิธีทางเคมี หรือจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมได้
- ปัจจุบันมีบริษัทต่างประเทศ สนใจ และลงทุนจัดตั้งโรงงานผลิต หรือร่วมทุนกับบริษัทในประเทศ ในบางอุตสาหกรรม เช่น Corbion , Cargill, Purac, Evonik ซึ่งเป็นโอกาสที่จะช่วยให้เกิดการพัฒนาทั้งทางด้านเทคโนโลยี และอุตสาหกรรมชีวภาพภายในประเทศ

ภัยคุกคาม

- มีบริษัทรายใหญ่ในต่างประเทศจำนวนมากที่มีความพร้อมผลิตในเชิงพาณิชย์ มีความสามารถในการแข่งขัน สามารถผลิตและบริหารจัดการ รวมถึงการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิต ทำให้มีต้นทุนการผลิตต่ำ ซึ่งประเทศไทยเราไม่สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้
- ประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคมีมาตรการดึงดูดการลงทุนที่ดีกว่า
- ในปัจจุบัน ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ยังสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปิโตรเลียม เนื่องจากขาดการบริหารจัดการห่วงโซ่สินค้าที่ดี และการลงทุนทางด้านเทคโนโลยีมีต้นทุนที่สูงมาก

- การจัดทำยุทธศาสตร์ และมาตรการสนับสนุนอุตสาหกรรมชีวภาพ ยังไม่ชัดเจน รวมถึงการออกกฎหมายสนับสนุน ธุรกิจที่เกี่ยวข้องทางด้าน Bioeconomy ยังไม่มีแนวทางการปฏิบัติที่แน่นอน

จากการศึกษานโยบายของประเทศต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Bioeconomy รวมถึงนโยบายที่มีความเกี่ยวข้องด้านการบริหารจัดการทางชีวภาพต่างๆ สามารถสรุปแนวคิดในการพัฒนานโยบายจากสิ่งที่แต่ละประเทศมีอยู่เป็นหลัก ได้ 2 กลุ่ม คือ

1) กลุ่มที่พิจารณาจากทรัพยากรที่มีอยู่เป็นหลัก (Natural Resource-Centric Perspective) ยกตัวอย่างเช่น ประเทศแคนาดา มีอุตสาหกรรมป่าไม้เป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศ จึงเน้นการพัฒนาทางด้าน Bioeconomy ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมป่าไม้เป็นหลักอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2549 มีการกำหนดกลยุทธ์สำหรับพลังงานทดแทนซึ่งใช้ทรัพยากรไม้ที่เป็นวัตถุดิบสำคัญ ปี 2552 มีการกำหนดแผนที่นำทาง “Blueprint beyond Moose and Mountains” และปี 2556-2561 มีการกำหนดกลยุทธ์ทางการเกษตร “Growing Forward 2” ซึ่งเป็นการกำหนดนโยบายทางการเกษตรของประเทศแคนาดา โดยเน้นการใช้เทคโนโลยีชีวภาพ ในด้านการเกษตรและป่าไม้ เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุดของทรัพยากร

2) กลุ่มที่พิจารณาจากเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่มีอยู่เป็นหลัก (Technology Perspective) เช่น ประเทศฝรั่งเศส ซึ่งเป็นประเทศขนาดเล็ก มีทรัพยากรทางธรรมชาติอยู่น้อย แต่มีความเจริญ และความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีมาก โดยทั่วไป Bioeconomy ในฝรั่งเศส สามารถแบ่งได้เป็นสองส่วน ส่วนแรกคือ การส่งเสริมเทคโนโลยีที่ทันสมัย และส่วนที่สอง คือ แรงจูงใจในการสร้างเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศน์

และหากพิจารณาในมุมมองของการกำหนดนโยบาย สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ

1) การใช้นโยบายจากภาครัฐเป็นตัวผลักดัน (Top-Down) เช่น ประเทศญี่ปุ่น โดยในปี 2552 มีการผ่านกฎหมาย “Basic Act for the Promotion of Biomass Utilization” ซึ่งกฎหมายดังกล่าว ได้สรุปหลักการของการใช้สารชีวมวลและระบุความรับผิดชอบของรัฐบาล ผู้มีส่วนได้เสียทางการเมือง และมาตรการการระดมทุนทางการเมือง มีการกำหนดแผนปฏิบัติการระดับชาติเพื่อการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ชีวมวล (2553) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแนวทางการเพิ่มการใช้ประโยชน์ชีวมวลจากที่มีอยู่ และมีการกำหนดเป้าหมายเชิงปริมาณสำหรับการใช้ชีวมวลไปจนถึงปี

2563 โดยนโยบายดำเนินกลยุทธ์ต่างๆของญี่ปุ่นมีเป้าหมายแผนปฏิบัติการสามารถวัดผลได้ และมีตัวชี้วัดที่ชัดเจน

2) การใช้ภาคอุตสาหกรรมเป็นตัวผลักดัน (Bottom-Up) เช่น ประเทศอิตาลี ที่ทางภาคเหนือของอิตาลี มีการสร้าง Bioeconomy ในส่วนของ อุตสาหกรรม Green Chemistry โดยใช้วิธีการ Bottom-Up Approach โดยได้รับความช่วยเหลือจากโครงการวิจัยสหภาพยุโรป ตัวอย่างเช่น การสร้างโรงงานการสาธิตขนาดใหญ่ สำหรับผลิต Succinic Acid ชีวภาพใน Cassano Spinola, หรือ Butanediol ชีวภาพใน Venice ในส่วนนี้ได้รับความร่วมมือจาก ฝรั่งเศส, เบลเยียม และดัตช์

เมื่อเปรียบเทียบกับบริบทของประเทศไทย พบว่า การกำหนดนโยบายของไทยในปัจจุบันเป็นแบบ Top-Down และจัดอยู่ในกลุ่มที่พิจารณาจากทรัพยากรที่มีอยู่เป็นหลัก เนื่องจากประเทศไทยมีทรัพยากรอยู่เป็นจำนวนมาก แต่การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยียังไม่ก้าวหน้า ทำให้ยังไม่สามารถนำทรัพยากรมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลให้การผลักดันนโยบายที่เกี่ยวข้องกับ Bioeconomy เป็นไปด้วยความเชื่องช้า แต่หากพิจารณาจากนโยบาย Thailand 4.0 ที่มีการสนับสนุนการลงทุนจากภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น พบว่านโยบายของไทยกำลังจะเปลี่ยนจาก กลุ่มที่พิจารณาจากทรัพยากรที่มีอยู่เพียงอย่างเดียว ไปสู่การนำเทคโนโลยีเข้ามาเป็นกลไกในการผลักดันให้เกิดการพัฒนา Bioeconomy ของประเทศ จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ประเทศไทยควรมีการผลักดันนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการนำผลิตภัณฑ์ชีวภาพไปใช้ให้มากขึ้น เพื่อทำให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งจะทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และเทคโนโลยีในบทที่ 3 และบทที่ 4 ตามลำดับ

บทที่ 3 พืชเศรษฐกิจที่สามารถนำไปพัฒนาสู่ Bioeconomy

การศึกษาคำสำคัญของพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีผลต่อเศรษฐกิจมวลรวมของประเทศ นอกจากการศึกษาปริมาณของผลผลิตที่ผลิตได้ในแต่ละปี มูลค่าทางการตลาดของพืชเศรษฐกิจชนิดนั้นๆ โดยอาจแบ่งเป็นมูลค่าทางการตลาดสำหรับการบริโภคในประเทศ มูลค่าทางการตลาดสำหรับการส่งออก รวมถึงการนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูป และจากการศึกษาอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องแล้ว ควรให้ความสำคัญกับผลผลิตทางการเกษตรที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ที่จะเป็นตัวกำหนดทิศทางและยุทธศาสตร์การพัฒนาการเกษตรของประเทศไทยด้วย

3.1 แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564)

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับนี้ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) จะเป็นกรอบกำหนดทิศทางและยุทธศาสตร์การพัฒนาการเกษตรของประเทศไทยในอีก 5 ปี ข้างหน้า โดยมีสาระสำคัญของร่างแผนพัฒนาการเกษตร ดังนี้

3.1.1 วิสัยทัศน์ คือ ภาคเกษตรก้าวไกลด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมตลาดนำการผลิต ชีวิตเกษตรกรมีคุณภาพ ทรัพยากรการเกษตรมีความสมดุลและยั่งยืน

3.1.2 เป้าหมาย ประกอบด้วย

- 1) ความผาสุกของเกษตรกรเพิ่มขึ้นอยู่ที่ระดับ 85 ในปี 2564
- 2) สถาบันเกษตรกรที่ทำธุรกิจมีรายได้สุทธิเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ต่อปี
- 3) เศรษฐกิจภาคเกษตรเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 3 ต่อปี
- 4) จำนวนงานวิจัย เทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านการเกษตรถูกนำไปใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้นอย่างน้อยร้อยละ 5 ต่อปี
- 5) ทรัพยากรการเกษตรได้รับการฟื้นฟูและใช้ประโยชน์อย่างสมดุลและยั่งยืน โครงสร้างพื้นฐานทางการเกษตรได้รับการพัฒนาเพิ่มขึ้น

3.1.3 ยุทธศาสตร์การพัฒนาการเกษตร ประกอบด้วย 4 ยุทธศาสตร์ ได้แก่

- 1) สร้างความเข้มแข็งให้กับเกษตรกรและสถาบันเกษตรกรด้วยการขยายผลการทำงานเกษตรตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เสริมสร้างความภาคภูมิใจและความมั่นคงในการประกอบอาชีพเกษตรกรรม ส่งเสริมการทำเกษตรกรรมยั่งยืนให้เห็นผลในทางปฏิบัติพัฒนาองค์ความรู้ของเกษตรกรสู่เกษตรกรปราดเปรื่อง รวมทั้งสร้างและเชื่อมโยงเครือข่ายของเกษตรกรและสถาบันเกษตรกร
- 2) เพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการสินค้าเกษตรตลอดโซ่อุปทาน ด้วยการส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรให้ได้มาตรฐานรองรับความต้องการของตลาด ส่งเสริมการบริหาร

จัดการโซ่อุปทานสินค้าเกษตร เพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรจัดตั้งศูนย์กลางและพัฒนาระบบตลาดสินค้าเกษตร เสริมสร้างความมั่นคงทางอาหารและพลังงานอย่างยั่งยืน สนับสนุนความร่วมมือระหว่างภาครัฐกับเอกชน ส่งเสริมการค้าชายแดน และสร้างความร่วมมือระหว่างประเทศเชื่อมโยงกับเศรษฐกิจระดับภูมิภาค ตลอดจนสนับสนุนการจัดการความเสี่ยงที่จะกระทบต่อพืชผลทางการเกษตร

- 3) เพิ่มความสามารถในการแข่งขันภาคการเกษตรด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม ด้วยการส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย เทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านการเกษตร พัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตรและเชื่อมโยงข้อมูลอย่างเป็นระบบ รวมทั้งส่งเสริมการนำงานวิจัย เทคโนโลยีและนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์
- 4) บริหารจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลและยั่งยืน ด้วยการฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรการเกษตร ส่งเสริมการเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกทางการเกษตร บริหารจัดการพื้นที่ทำกินทางการเกษตร และสร้างภูมิคุ้มกันทางการเกษตรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จากยุทธศาสตร์การพัฒนาการเกษตร พบว่าเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการสินค้าเกษตรตลอดโซ่อุปทาน และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันภาคการเกษตรด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม รวมไปถึงการบริหารจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลและยั่งยืน ซึ่งนำไปสู่การหาแนวทางในการบริหารจัดการเขตเกษตรเศรษฐกิจสินค้าเกษตรที่สำคัญ (Zoning)

3.2 การจัดทำแนวทางการบริหารจัดการเขตเกษตรเศรษฐกิจสินค้าเกษตรที่สำคัญ (Zoning)

จากแนวคิดในการจัดการเขตเกษตรเศรษฐกิจ (Zoning) เพื่อการบริหารจัดการใช้ที่ดินการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยพิจารณาจากปัจจัยแวดล้อมการผลิตที่เกี่ยวข้อง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้กำหนดเขตเกษตรเศรษฐกิจการผลิตสินค้าเกษตรแล้ว 20 ชนิดสินค้า ประกอบด้วย

- สินค้าพืช 13 ชนิด ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา ปาล์มน้ำมันข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อยโรงงาน ลำไย สับปะรดโรงงาน เงาะทุเรียนมังคุด กาแฟ มะพร้าว
- สินค้าปศุสัตว์ 5 ชนิด ได้แก่ โคเนื้อ โคนม สุกร ไก่เนื้อ ไก่ไข่
- สินค้าประมง 2 ชนิด ได้แก่ กุ้ง และปลาน้ำจืด

ซึ่งจะเห็นได้ว่านโยบายด้านการเกษตรของไทยเน้นการเพาะปลูกพืชมากกว่าปศุสัตว์ และประมง โดยหากพิจารณาจากแนวทางการบริหารจัดการเขตเกษตรเศรษฐกิจแล้ว พืช 13 ชนิดที่ได้ทำการคัดเลือกว่าเป็นพืชเศรษฐกิจนั้น มีเพียง 6 ชนิดที่เป็นพืชเศรษฐกิจหลัก ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และปาล์มน้ำมัน ที่ได้มีการกำหนดกรอบงานวิจัยและพัฒนา

รองรับที่แน่นอน ในปัจจุบันกรอบงานวิจัยมุ่งเป้าตอบสนองความต้องการสำหรับการพัฒนาประเทศที่สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประกาศ มีทั้งหมด 25 สาขาดังต่อไปนี้

- 1) ข้าว
- 2) มันสำปะหลัง
- 3) ยางพารา
- 4) อ้อยและน้ำตาล
- 5) ปาล์มน้ำมัน
- 6) พืชสวน/พืชไร่ (เช่น ข้าวโพด ไม้ผล พืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ)
- 7) สัตว์เศรษฐกิจ
- 8) พลาสติกชีวภาพ
- 9) สมุนไพรไทย อาหารเสริมและสปา
- 10) อาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าและความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค และการค้า
- 11) วัสดุอุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์และเวชภัณฑ์
- 12) วิสาหกิจชุมชน และวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SME)
- 13) การคมนาคมขนส่งระบบราง
- 14) โลจิสติกส์และโซ่อุปทาน
- 15) การศึกษาและสร้างสรรค์การเรียนรู้
- 16) การแพทย์และสาธารณสุข
- 17) ประชาคมอาเซียน
- 18) การบริหารจัดการการท่องเที่ยว
- 19) มนุษยศาสตร์
- 20) การวิจัยและพัฒนาจิตพฤติกรรมเยาวชนและสังคมไทย
- 21) การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ
- 22) สิ่งแวดล้อม ความหลากหลายทางชีวภาพ และระบบนิเวศ
- 23) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- 24) การพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานความหลากหลายทางชีวภาพ
- 25) การสร้างสรรค์วิชาการงานศิลป์

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าพืชเศรษฐกิจด้านการเกษตรที่ได้รับการสนับสนุนจากนโยบายรัฐบาลอย่างจริงจัง คือ ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และปาล์มน้ำมัน ซึ่งได้สรุปทิศทางและแผนงานวิจัยและพัฒนาไว้ในหัวข้อถัดไป

3.3 ทิศทางและแผนงานวิจัยพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิดของประเทศไทย

ประเทศไทยมีแผนการวิจัยสำหรับพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิด คือ ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และปาล์มน้ำมัน ซึ่งหากเปรียบเทียบแผนดังกล่าว 3 ปี ย้อนหลังตั้งแต่ปี 2559 ถึง 2561 นั้น ดังแสดงรายละเอียดใน ภาคผนวก ก จะสามารถสรุปทิศทางจากแผนงานวิจัยพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิด ได้ดังต่อไปนี้

1) ข้าว

จากแผนงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับข้าวของประเทศไทย มุ่งเน้นการพัฒนา 3 ด้านหลัก คือ 1) พัฒนาเกษตรกร 2) เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของข้าวไทยในตลาดโลก 3) พัฒนาข้าวคุณภาพสำหรับตลาดพิเศษ ที่พัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอด 3 ปีที่ผ่านมา

การพัฒนาบุคลากร มุ่งเน้นการรวบรวมองค์ความรู้ที่ช่วยให้ชาวนาทำการผลิตข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้ผลผลิตสูง คุณภาพดี และต้นทุนต่ำ ต่อเนื่องไปจนถึงการส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาศักยภาพให้กับเกษตรกรทั้งในด้านการผลิตและการตลาด และการสร้างมาตรฐานในการจัดประสิทธิภาพการผลิตข้าวโดยเฉพาะการคิดต้นทุนการผลิตซึ่งได้รับการยอมรับจากผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย โดยมีแนวทางการวิจัยเกี่ยวกับการทำเกษตรแปลงใหญ่ การนำเครื่องจักรกลเกษตรมาใช้ในการกระบวนการผลิต การหารูปแบบการปลูกพืชร่วม และการปลูกพืชหลังนาที่เป็นที่ยอมรับของแต่ละพื้นที่การพัฒนานวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และการวิจัยด้านการตลาดเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด

การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของข้าวไทยในตลาดโลก มุ่งเน้นการพัฒนาและยกระดับการผลิตข้าวตลอดห่วงโซ่อุปทาน จัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อการตัดสินใจสำหรับรัฐบาล ลดปัญหาอุปสรรคทางการค้าของการส่งออกข้าวไทย และหาอัตลักษณ์ของข้าวไทยเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มโดยมีแนวทางการวิจัยเป็น 2 แนว คือ การวิจัยเชิงนโยบาย และการวิจัยเชิงพัฒนาเทคโนโลยี ซึ่งการวิจัยเชิงนโยบาย เน้นที่การศึกษามาตรการต่างๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจของภาครัฐ และการศึกษาด้านการตลาด ความต้องการผู้บริโภค รวมไปถึงระเบียบและกฎหมายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการส่งออก เพื่อเพิ่มปริมาณการส่งออกข้าวของไทย สำหรับการวิจัยเชิงพัฒนาเทคโนโลยี เน้นการพัฒนาข้าวที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมแต่ละประเภท การใช้เครื่องจักรกลเกษตรในการผลิตที่เหมาะสมกับพื้นที่ การพัฒนาประสิทธิภาพและคุณภาพข้าวขาว โดยในช่วงปี 2561 ได้ทำการเพิ่มการพัฒนาประสิทธิภาพและคุณภาพของข้าวเหนียวเพิ่มเติมโดยเน้นที่การกำหนดลักษณะที่ดีตรงตามความต้องการของตลาด และการใช้เทคโนโลยีการผลิตเพื่อลดต้นทุน นอกจากนี้ยังมีวิจัยด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดความเสียหายด้านคุณภาพ และมีการเพิ่มมูลค่าจาก

รำข้าวและวัสดุเหลือจากขบวนการผลิตข้าวในเชิงอุตสาหกรรม ร่วมกับการผลักดันการพัฒนาต่อยอดผลงานวิจัยเดิมที่มีอยู่ไปสู่การใช้ประโยชน์

การพัฒนาข้าวคุณภาพสำหรับตลาดพิเศษ มุ่งเน้นการพัฒนานวัตกรรมข้าวที่มีคุณสมบัติพิเศษจากจุดเด่นของข้าวไทยที่มีความหลากหลายกว่าประเทศคู่แข่ง ร่วมกับหาเทคโนโลยีขั้นสูงมาแปรรูปข้าวเพื่อตั้งผลผลิตออกจากตลาดข้าวสารและสร้างมูลค่าเพิ่มในรูปของอาหารเพื่อสุขภาพ เวชภัณฑ์ และเวชสำอาง และสร้างมาตรฐานและตราสินค้าเพื่อสร้างความเชื่อมั่นของผู้บริโภคต่อคุณภาพของข้าวไทย โดยมีแนวทางการวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณสมบัติและโครงสร้างทางเคมีของข้าวไทย พัฒนาวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ชีวภาพ ทดสอบและรับรองมาตรฐาน รวมไปถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าทั้งด้านอาหาร โภชนเภสัช เวชสำอางค์และเวชภัณฑ์ ร่วมกับการศึกษาความต้องการตลาดและการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางตลอดระยะเวลา 3 ปีที่ผ่านมา

2) มันสำปะหลัง

จากแผนงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับมันสำปะหลังของประเทศ มุ่งเน้นการพัฒนา 3 ด้านหลัก คือ 1) เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง 2) เพิ่มมูลค่าของอุตสาหกรรมมันสำปะหลังโดยการนำมันสำปะหลังไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้นและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 3) เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของประเทศอย่างยั่งยืน โดยทิศทางการวิจัยไม่เปลี่ยนแปลงตลอด 3 ปีที่ผ่านมา

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง มุ่งเน้นการพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลัง เพื่อให้มีผลผลิตสูง ปริมาณแป้งสูง ต้านทานโรคและแมลง สามารถปรับตัว เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมเฉพาะเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่มีมูลค่าสูง และพัฒนาเทคโนโลยีและเครื่องจักรกลสำหรับปลูกตลอดถึงการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่มีศักยภาพที่เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่การเพาะปลูก

การเพิ่มมูลค่าของอุตสาหกรรมมันสำปะหลังโดยการนำมันสำปะหลังไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้นและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มุ่งเน้นการปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง แป้งดัดแปร และผลิตภัณฑ์ใหม่จากมันสำปะหลัง โดยคำนึงถึงความต้องการของผู้บริโภคในประเทศคู่ค้า

การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของประเทศอย่างยั่งยืน มุ่งไปใน 2 ทิศทางคือ 1) Market Research Strategic Planning ทิศทางการแข่งขัน ภาพรวมในแง่ของเศรษฐกิจศาสตร์ ทั้งหมดของมันสำปะหลังประเทศคู่ค้าต่างๆ ทั่วโลก 2) การศึกษา Value Chain และ Logistic ทั้งหมดตั้งแต่การผลิต แปรรูปตลอดจนขนย้ายมาขายที่ชายแดน รวมทั้งศึกษาเรื่องกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของประเทศกัมพูชา ลาว พม่า

3) ยางพารา

จากแผนงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับยางพาราของประเทศ พบว่าทิศทางการงานวิจัยยางพาราไทย ปี 2559 เน้นการวิจัยเกี่ยวกับน้ำยาง และผลิตภัณฑ์จากน้ำยางเป็นหลัก โดยแบ่งกลุ่มงานวิจัยเป็น การศึกษาเชิงนโยบาย การวิจัยและพัฒนาสำหรับอุตสาหกรรมต้นน้ำและกลางน้ำ การวิจัยและพัฒนาสำหรับอุตสาหกรรมปลายน้ำ แต่ในปี 2560 ทิศทางการงานวิจัยเปลี่ยนแปลงไปจากปี 2559 ไม่มากนัก โดยยังคงมีทิศทางการงานวิจัยด้านการวิจัยเชิงนโยบาย การวิจัยและพัฒนาสำหรับอุตสาหกรรมต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ที่มิได้มุ่งเน้นแต่เพียงน้ำยางเพียงอย่างเดียว แต่รวมไปถึงการวิจัยและพัฒนาสำหรับการแปรรูปไม้ยางพาราด้วย นอกจากนี้ยังมีกรอบงานวิจัยเพื่อแก้ปัญหาเร่งด่วนด้านยางพาราและไม้ยางพาราของประเทศ สำหรับทิศทางการวิจัยยางพาราไทยในปี 2561 นั้น ยังคงมุ่งเน้นการวิจัยและพัฒนาในอุตสาหกรรมต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ร่วมกับการวิจัยเชิงนโยบายเช่นเดิม แต่มีการเพิ่มเติมการวิจัยและพัฒนาในกลุ่มผลิตภัณฑ์หลักๆ หรือรายคลัสเตอร์ อาทิ กลุ่มไม้ยาง กลุ่มอุปกรณ์การแพทย์ เป็นต้น

4) อ้อย

จากแผนงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับอ้อยของประเทศ มุ่งเน้นการพัฒนา 2 ด้านหลัก คือ 1) การพัฒนาอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลอย่างยั่งยืน และให้เป็นไปตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมในปัจจุบัน 2) การวิจัยและสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่อุตสาหกรรมและผลพลอยได้ของอุตสาหกรรม แต่ในช่วง 2560-2561 ได้มีเพิ่มเติมวัตถุประสงค์เกี่ยวกับการสร้างความสามารถในการแข่งขันและเกิดความยั่งยืนของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลไทยจาก 2 ด้านเดิม ถึงแม้วัตถุประสงค์ของแผนวิจัยในแต่ละปีจะไม่แตกต่างกัน แต่แนวทางในการวิจัยของแต่ละปีนั้นมีแนวทางที่แตกต่างกัน โดยในปี 2559 เน้นการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับนโยบายรัฐบาลในการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำตาลและอ้อย ให้มีเสถียรภาพและการจัดตั้งองค์การด้านการวิจัยอ้อยและน้ำตาล สำหรับด้านการผลิตมีการศึกษาระบบการปลูกอ้อยแปลงใหญ่ การปรับปรุงพันธุ์อ้อย การใช้เครื่องจักรกลการเกษตรในการเพาะปลูกอ้อย การสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่อ้อย น้ำตาล เอทานอล และผลพลอยได้ของอุตสาหกรรม รวมไปถึงการศึกษาวิจัย เผยแพร่ และประชาสัมพันธ์ความรู้ด้านโภชนาการอย่างถูกต้องของน้ำตาล โดยการใช้สื่อรูปแบบต่างๆ แต่ในปี 2560 เน้นไปที่การใช้เทคโนโลยีในการผลิตทั้งในรูปแบบเครื่องจักรกลเกษตร Digital Technology การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอ้อย และการศึกษาข้อเท็จจริงและรวบรวมข้อมูลเพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ความรู้ทางโภชนาการของน้ำตาลอย่างถูกต้อง โดยใช้สื่อรูปแบบต่างๆ สำหรับปี 2561 ยังคงเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและเก็บเกี่ยวอ้อยโดยใช้เทคโนโลยี และเครื่องจักรกลการเกษตรอย่างต่อเนื่อง และการสร้างผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม

5) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากแผนงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับข้าวโพดของประเทศไทยย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ. 2559-2561) พบว่า แผนงานวิจัยเกี่ยวกับข้าวโพดอยู่ภายใต้กรอบงานวิจัยพืชสวนและพืชไร่ ซึ่งในปี 2559-2560 ต้องการวิจัยเพื่อพัฒนาการปลูกพืชอื่นทดแทนการปลูกข้าวโพด เพื่อลดปัญหาจากการผลิตข้าวโพด สำหรับปี 2561 มีความต้องการวิจัยเพื่อลดปัญหาการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ลาดชัน และการปลูกพืชที่เหมาะสมหลังการทำนา ซึ่งทิศทางการวิจัยเปลี่ยนไปในปี 2561 อย่างเห็นได้ชัด จากเดิมที่ศึกษาวิจัยเพื่อแก้ปัญหาการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ลาดชัน และพัฒนาการปลูกพืชอื่นทดแทนการปลูกข้าวโพด มาเป็นการวิจัย พัฒนาพันธุ์ และเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีขอบเขตและทิศทางการวิจัยที่กว้างขึ้น ตั้งแต่การวิจัยและพัฒนาพันธุ์และผลิตเมล็ดพันธุ์โดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพร่วมกับเทคโนโลยีมาตรฐาน การศึกษาพื้นที่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมกับศักยภาพการผลิต (Zoning) การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรสำหรับการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมกับพื้นที่ การวิจัยและพัฒนากระบวนการเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มคุณภาพและมูลค่าผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมการวิจัยเพื่อปรับปรุงกฎหมายและกฎระเบียบการนำเข้าและส่งออก และการพัฒนาระบบและกลไกในการตรวจสอบมาตรฐานสินค้านำเข้าและส่งออก ซึ่งหากพิจารณาจากแผนงานวิจัย พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มุ่งเน้นการพัฒนาไปสู่การเพิ่มผลผลิต เพื่อรองรับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ซึ่งแนวทางการพัฒนาคลายคลึงกับพืชอื่นที่ต้องการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการกระบวนการผลิตให้มากขึ้น

6) ปาล์มน้ำมัน

จากแผนงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับปาล์มน้ำมันของประเทศไทยย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ. 2559-2561) พบว่า ในปี 2559 มุ่งเน้นงานวิจัยด้านนโยบายอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มที่เป็นระบบ งานวิจัยด้านการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมัน งานวิจัยด้านการกำหนดมาตรฐาน คุณภาพและการจัดการแต่ละขั้นตอน และงานวิจัยด้านการพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มเพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์สีเขียวและอาหารเสริมสุขภาพ (Green Products and Green Foods) และในปี 2560-2561 มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการวิจัยจากปี 2559 แต่ยังคงแนวทางในการพัฒนาเดิม คือ ยังคงศึกษาวิจัยเกี่ยวกับงานนโยบายอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม กับงานวิจัยด้านการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันเช่นเดิม แต่มีการกำหนดแนวทางในการวิจัยด้านการเพิ่มมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์จากปาล์มน้ำมันภายใต้กรอบแนวคิดของ Bioeconomy คืองานวิจัยด้านการพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปขั้นสูงด้วยกระบวนการไบโอรีไฟเนอรี (Biorefinery) และการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มชั้นปลายน้ำ ซึ่งทิศทางการวิจัยของปาล์มน้ำมัน จะมีความคล้ายคลึงกับพืชเศรษฐกิจอื่น โดยมีการศึกษาด้านความเป็นไปได้

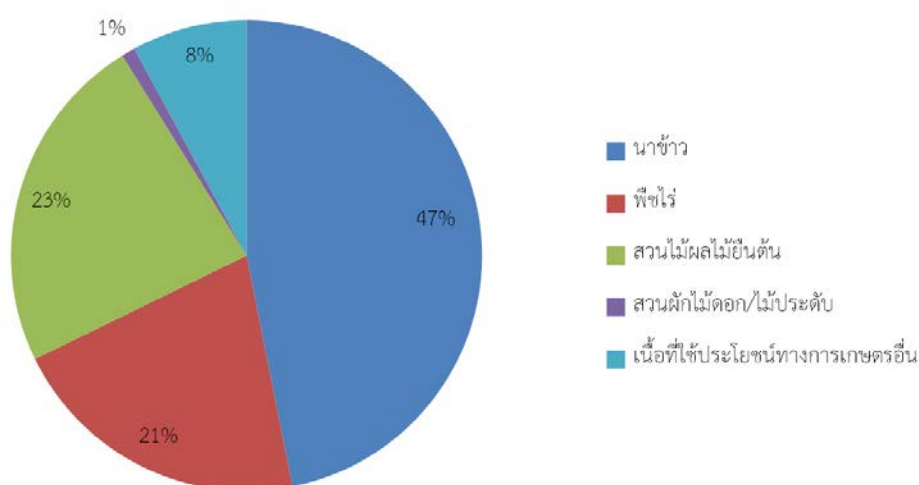
ในการขยายพื้นที่ปลูกที่เหมาะสม รูปแบบการปลูก การรวมกลุ่มของเกษตรกร การใช้เทคโนโลยีในการผลิต และมุ่งเน้นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในชั้นต่างๆ

3.4 พืชเศรษฐกิจที่มีความสามารถในการจัดการสำหรับ Bioeconomy

จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 แนวทางการบริหารจัดการเขตเกษตรเศรษฐกิจ สินค้าเกษตรที่สำคัญ (Zoning) และแผนงานส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยที่มุ่งเป้าตอบสนองความต้องการในการพัฒนาประเทศ สามารถสรุปได้ว่าพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิดที่มีความสามารถในการจัดการทาง Bioeconomy ได้ครบวงจร ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา อ้อย ข้าวโพด(เลี้ยงสัตว์) และปาล์มน้ำมัน

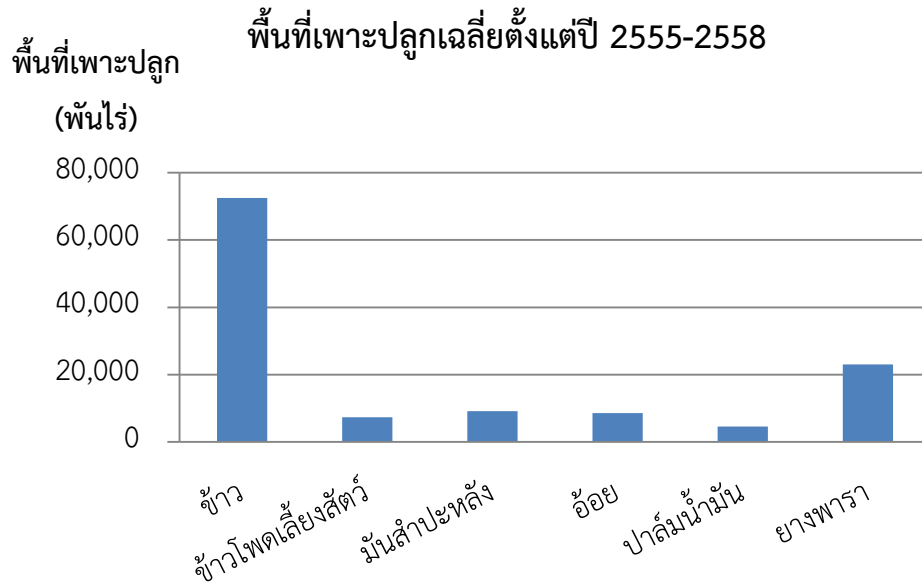
เมื่อศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินภาคการเกษตร ปี 2558 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) สามารถแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินภาคการเกษตรออกเป็น 5 หมวดใหญ่ คือ นาข้าว ข้าว พืชไร่ สวนไม้ผลและไม้ยืนต้น สวนผักไม้ดอก/ไม้ประดับ และเนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอื่น ดังแสดงสัดส่วนเป็นร้อยละในภาพที่ 3.1 ซึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นนาข้าว คิดเป็นร้อยละ 47 รองลงมาเป็นสวนไม้ผลและไม้ยืนต้น คิดเป็นร้อยละ 23% ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกยางพารา ถัดมาเป็นพืชไร่ คิดเป็นร้อยละ 21 เนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอื่น คิดเป็นร้อยละ 8 และสวนผักไม้ดอก/ไม้ประดับ คิดเป็นร้อยละ 1 ของเนื้อที่ใช้ประโยชน์ที่ดินภาคการเกษตรทั้งหมด ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินภาคการเกษตรดังกล่าว พบว่า ประมาณร้อยละ 70 ของเนื้อที่ใช้ประโยชน์ที่ดินภาคการเกษตรทั้งหมด เป็นนาข้าวและพืชไร่ ซึ่งพืชไร่หลักของประเทศไทย มี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง และอ้อยโรงงาน

สัดส่วนเนื้อที่ใช้ประโยชน์ที่ดินภาคการเกษตร ปี 2558



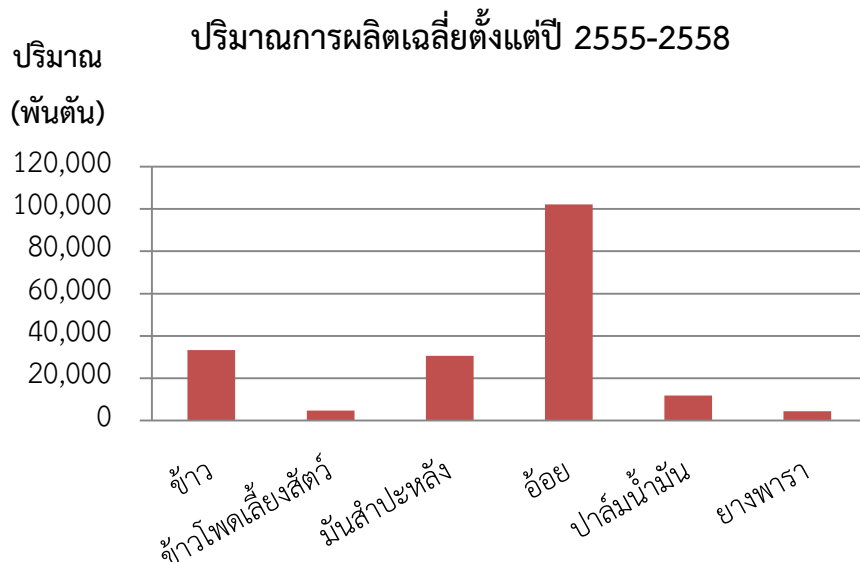
ภาพที่ 3.1 สัดส่วนเนื้อที่ใช้ประโยชน์ที่ดินภาคการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558

ดังนั้นจึงทำการศึกษาข้อมูลทางด้านพื้นที่เพาะปลูก ปริมาณผลผลิต และมูลค่าที่ขายได้ในแต่ละปี ของพืชเศรษฐกิจ ตั้งแต่ปี 2555-2558 เพิ่มเติม พบว่าเมื่อเปรียบเทียบขนาดพื้นที่เพาะปลูกภายในประเทศ ประเทศไทยมีพื้นที่ในการปลูกข้าวมากที่สุด รองลงมาคือ ยางพารา มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และปาล์มน้ำมัน ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3.2



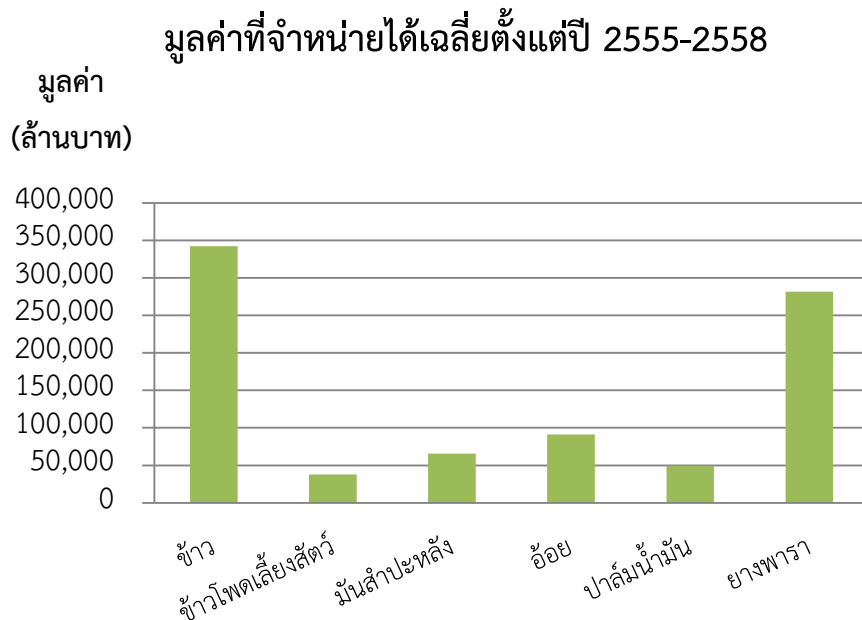
ภาพที่ 3.2 พื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิด ในประเทศไทย

เมื่อแบ่งตามปริมาณของผลผลิตที่ได้พบว่า ประเทศไทยมีผลผลิต ข้าว เป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือ มันสำปะหลัง อ้อย ปาล์มน้ำมัน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และยางพารา ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ปริมาณการผลิตของพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิด ในประเทศไทย

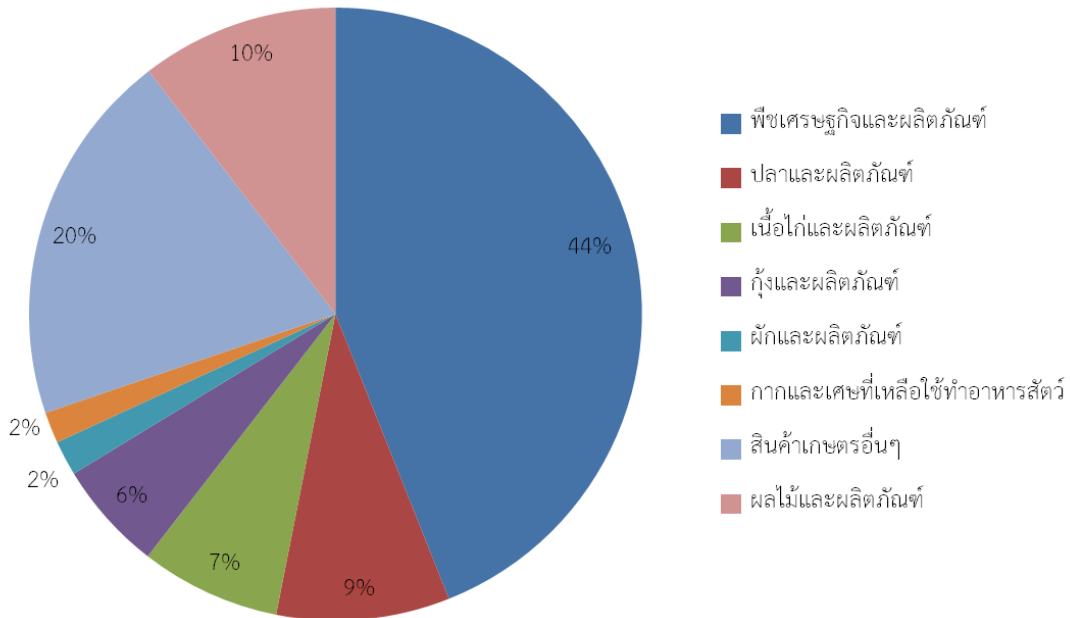
เมื่อแบ่งตามมูลค่าที่จำหน่ายได้ของพืชเศรษฐกิจพบว่า ประเทศไทยมีรายได้จากการขาย ข้าว เป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือ ยางพารา อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดังแสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 มูลค่าที่ขายได้ของพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิด ในประเทศไทย

และจากข้อมูลมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ 10 อันดับแรกของประเทศไทย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ซึ่งประกอบด้วย ข้าวและผลิตภัณฑ์ ยางธรรมชาติ ผลไม้และผลิตภัณฑ์ ปลาและผลิตภัณฑ์ มันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ น้ำตาลและผลิตภัณฑ์ เนื้อไก่และผลิตภัณฑ์ กุ้งและผลิตภัณฑ์ ผักและผลิตภัณฑ์ กาแฟและเมล็ดที่ใช้ทำอาหารสัตว์ สินค้าเกษตรอื่นๆ พบว่า สัดส่วนมูลค่าการส่งออกพืชเศรษฐกิจและผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 44 เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนมูลค่าสัตว์ที่สำคัญและผลิตภัณฑ์ ที่คิดเป็นร้อยละ 22 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ 10 อันดับแรกทั้งหมดของประเทศไทย ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 3.5 ซึ่งมูลค่าของพืชเศรษฐกิจและผลิตภัณฑ์สูงกว่ามูลค่าสัตว์ที่สำคัญและผลิตภัณฑ์ถึงร้อยละ 50

สัดส่วนมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญของไทย ปี 2559



ภาพที่ 3.5 สัดส่วนมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญของไทย ปี 2559

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากนโยบายของรัฐบาลร่วมกับข้อมูลเชิงปริมาณทั้งเนื้อที่ ปริมาณการผลิต มูลค่าการจำหน่ายแล้ว และมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญของประเทศไทย สามารถสรุปได้ว่าประเทศไทยมุ่งเน้นการพัฒนาการผลิตพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิด คือ ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และปาล์มน้ำมัน ทางโครงการจึงจะทำการศึกษารายละเอียดอื่นๆ ตามแนวทางการพัฒนาตามแนวคิดเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (Bioeconomy) เฉพาะพืชเศรษฐกิจหลักเป็นหลัก

พืชเศรษฐกิจหลักแต่ละชนิดมีแหล่งเพาะปลูกที่แตกต่างกันไป โดยสามารถสรุปแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญดังแสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งมีความสำคัญต่อการจัดการห่วงโซ่อุปทานด้านแหล่งวัตถุดิบโดยแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับฤดูกาลผลิต และแหล่งผลิตรายจังหวัดในภาคผนวก ข และมีความสัมพันธ์กับหน่วยการผลิตอื่นซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 3.1 แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิด

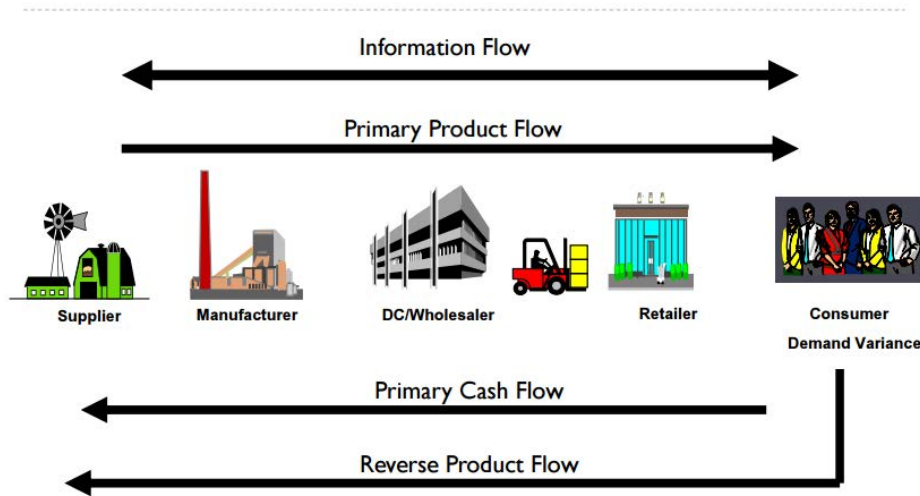
ชนิดพืชเศรษฐกิจ	แหล่งเพาะปลูก 5 อันดับแรก
ข้าวนาปี	อุบลราชธานี นครราชสีมา สุรินทร์ ร้อยเอ็ด ศรีสะเกษ
ข้าวนาปรัง	สุพรรณบุรี กำแพงเพชร พิจิตร นครสวรรค์ อุดรธานี
มันสำปะหลัง	นครราชสีมา กำแพงเพชร ชัยภูมิ กาญจนบุรี อุบลราชธานี
ยางพารา	สุราษฎร์ธานี สงขลา นครศรีธรรมราช ตรัง ยะลา
อ้อยโรงงาน	กาญจนบุรี นครราชสีมา นครสวรรค์ ขอนแก่น อุดรธานี
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	เพชรบูรณ์ น่าน นครราชสีมา เลย ตาก
ปาล์มน้ำมัน	สุราษฎร์ธานี กระบี่ ชุมพร นครศรีธรรมราช พังงา

3.5 ห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) และปริมาณวัตถุดิบของพืชเศรษฐกิจ

การจัดการห่วงโซ่อุปทาน เป็นการจัดลำดับของกระบวนการทั้งหมดที่มีตั้งแต่กระบวนการจัดซื้อ (Procurement) การผลิต (Manufacturing) การจัดเก็บ (Storage) เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) การจัดจำหน่าย (Distribution) และการขนส่ง (Transportation) ซึ่งกระบวนการทั้งหมดนี้จะจัดระบบให้ประสานกันอย่างคล่องตัว หรือความพยายามทุก ๆ ประการ ที่จะทำให้เกิดความมีประสิทธิภาพในด้านการผลิตและการจัดส่งสินค้าหรือบริการ จากผู้ผลิตสินค้าถึงผู้ซื้อหรือลูกค้า ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสินค้าหรือบริการ สร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้า แต่ละหน่วยงานจึงมีความเกี่ยวเนื่องกันเหมือนห่วงโซ่ โดยสามารถเรียงลำดับส่วนประกอบของห่วงโซ่อุปทาน จากส่วนต้นไปยังส่วนปลายได้ดังนี้

- 1) ผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบ/ส่วนประกอบ (Raw Material/ Component Suppliers)
- 2) ผู้ผลิต (Manufacturers)
- 3) ผู้ค้าส่ง/ผู้กระจายสินค้า (Wholesalers/Distributors)
- 4) ผู้ค้าปลีก (Retailers)
- 5) ผู้บริโภค (Customer)

Three Primary Flow

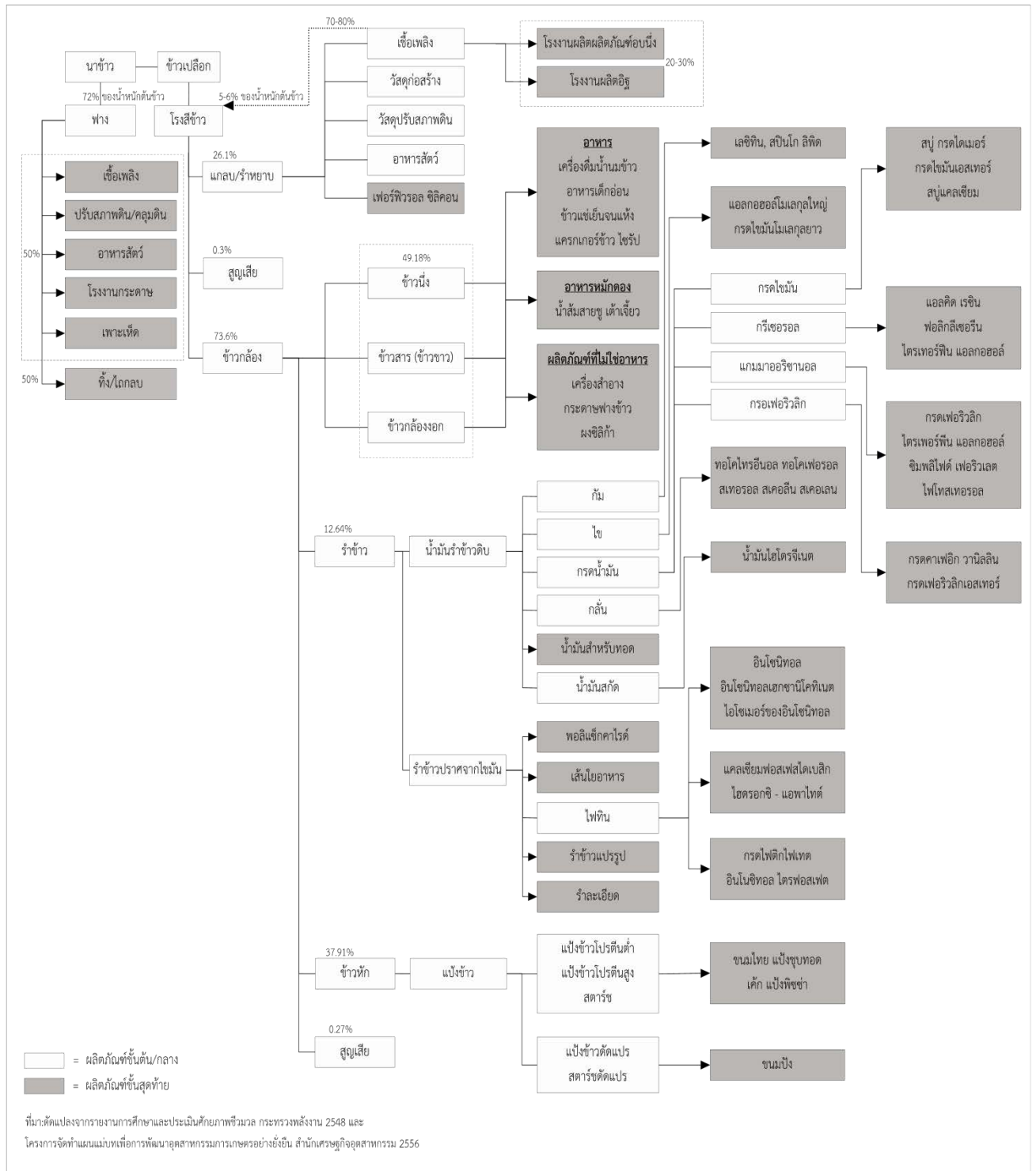


ภาพที่ 3.6 การจัดการห่วงโซ่อุปทาน (วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์, 2558)

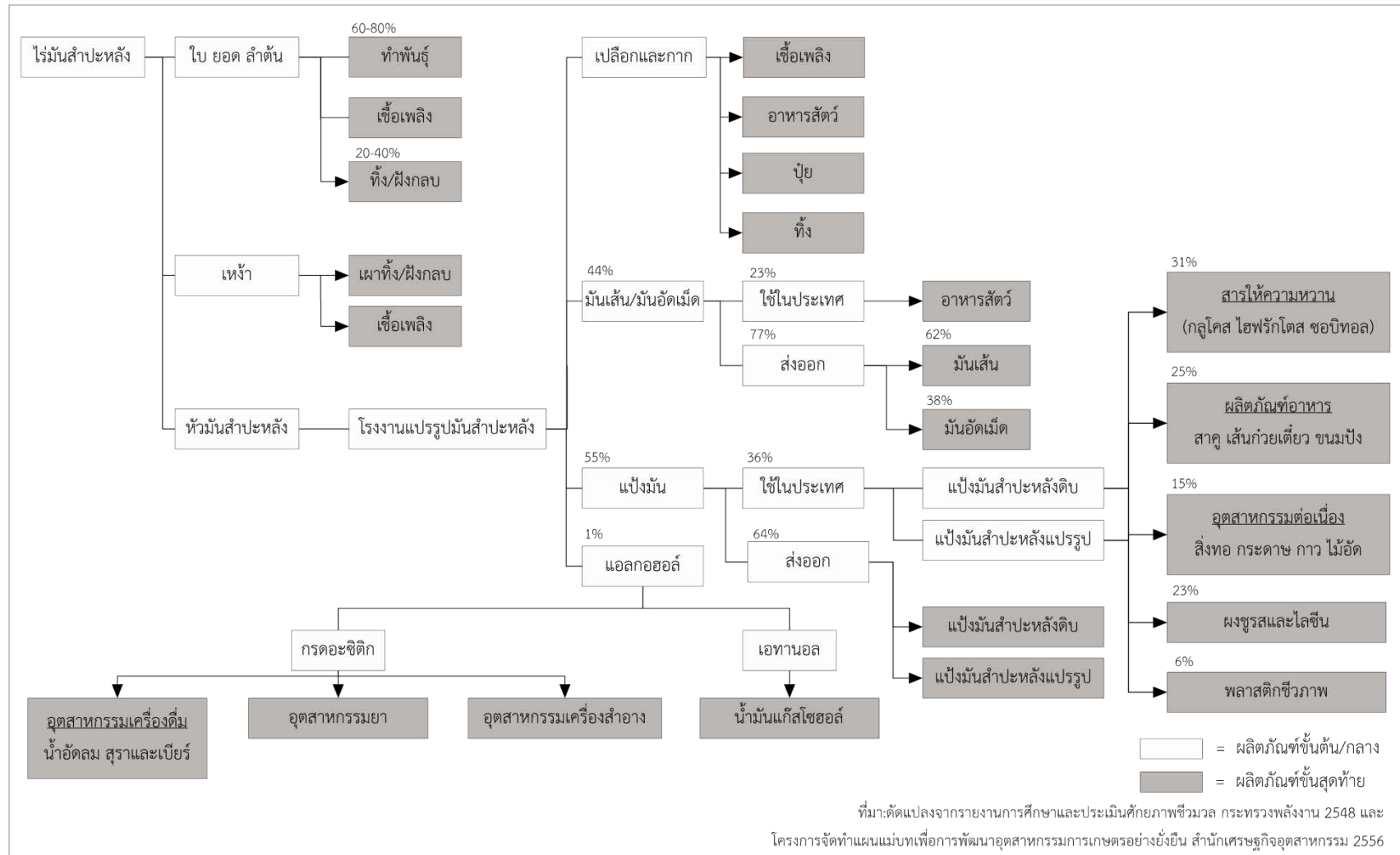
นอกจากการจัดการห่วงโซ่อุปทานหน่วยงานต่าง ๆ ภายในองค์กรแล้วนั้น ยังมีการสร้างความสัมพันธ์เชื่อมต่อกับองค์กรอื่น ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ผู้จัดหาวัตถุดิบ/สินค้า (Suppliers) บริษัทผู้ผลิต (Manufactures) บริษัทผู้จำหน่าย (Distribution) รวมถึงลูกค้าของบริษัท จึงเป็นการเชื่อมโยงกระบวนการดำเนินธุรกิจทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้องด้วยกันเป็นห่วงโซ่หรือเครือข่ายให้เกิดการประสานงานกันอย่างต่อเนื่อง

นอกจากการศึกษามูลค่าทางการตลาด ปริมาณผลผลิต และพื้นที่เพาะปลูก ของพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิดที่มีความสามารถในการจัดการทางด้าน Bioeconomy ของประเทศไทยแล้วนั้น เราควรศึกษาเกี่ยวกับห่วงโซ่อุปทานของพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิดว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์และผลิตผลิตภัณฑ์อะไรได้บ้าง จัดเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นต้น ขั้นกลาง หรือผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย เพื่อจะสามารถประเมินและจัดการปริมาณวัตถุดิบแต่ละชนิดได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถวางแผนการผลิตในอนาคตให้เพียงพอและเหมาะสมกับการนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรม โดยในการศึกษานี้ได้จัดทำแผนภูมิแสดงภาพรวมของห่วงโซ่อุปทานพืชเศรษฐกิจทั้ง 6 ชนิด ตั้งแต่ ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ เพื่อให้สามารถมองเห็นภาพรวมของผลผลิตแต่ละชนิดที่สามารถผลิตได้

บทที่ 3 พืชเศรษฐกิจที่สามารถนำไปพัฒนาสู่ Bioeconomy

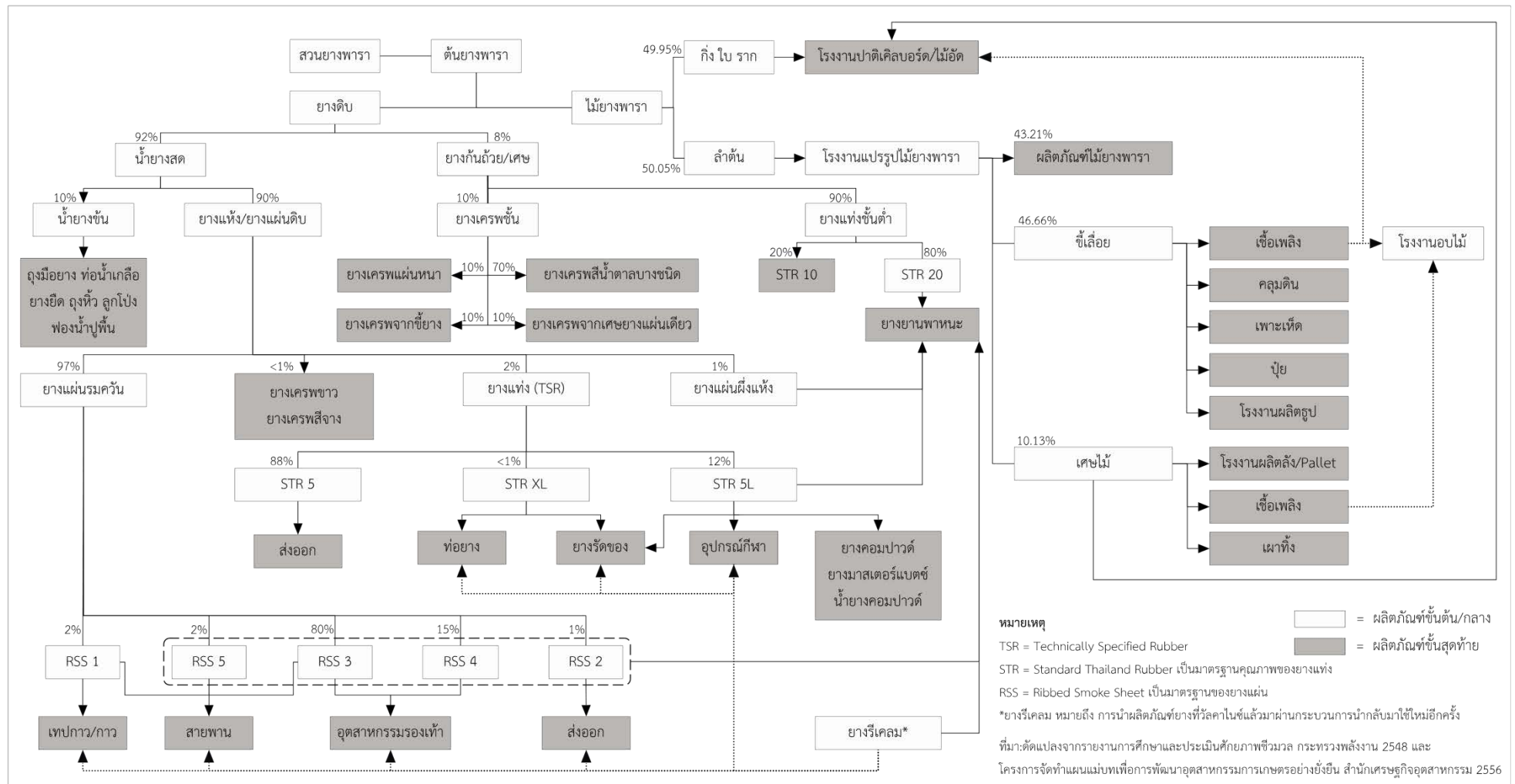


ภาพที่ 3.7 ห่วงโซ่อุปทานข้าว

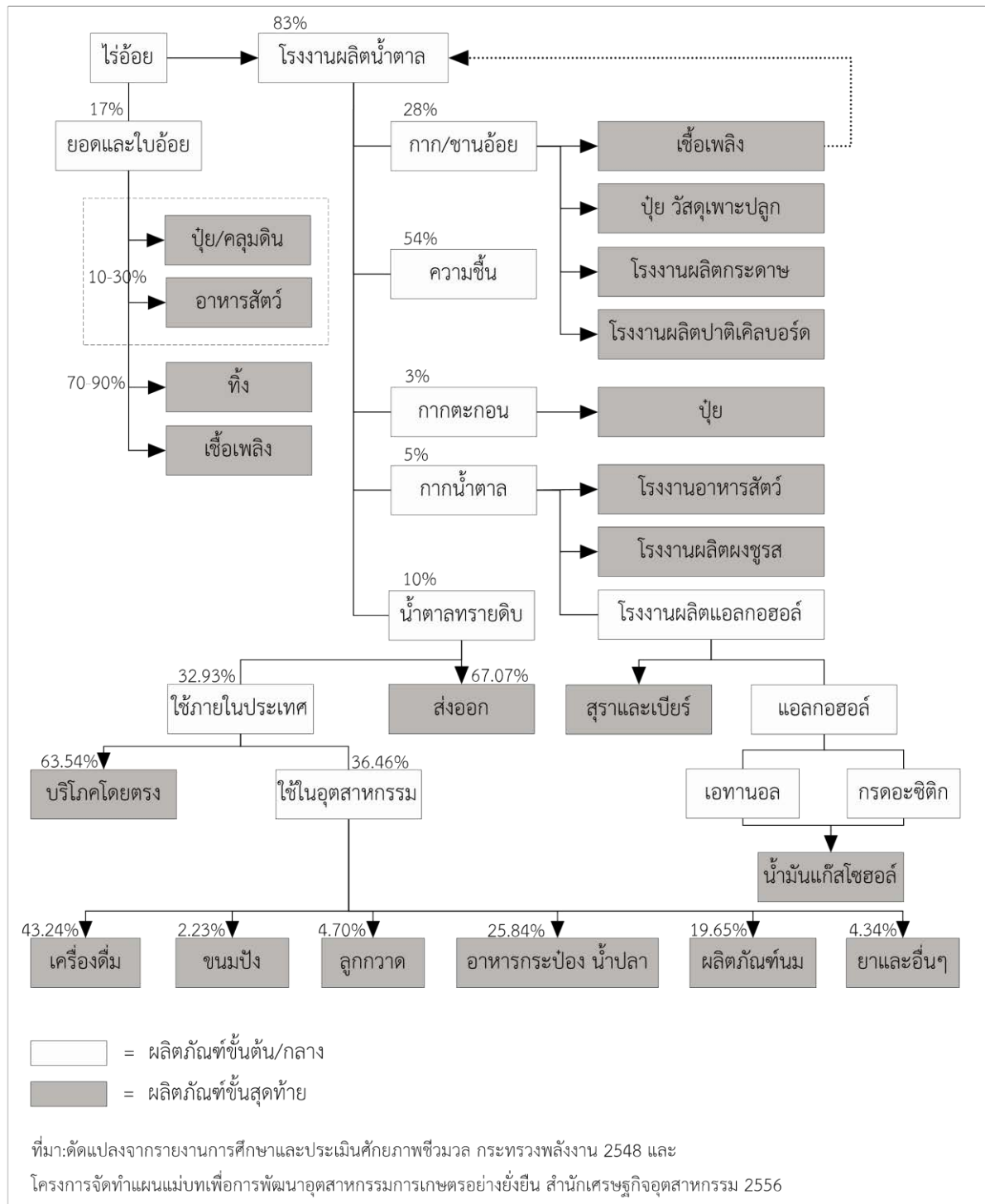


ภาพที่ 3.8 ห่วงโซ่อุปทานมันสำหรับหลัง

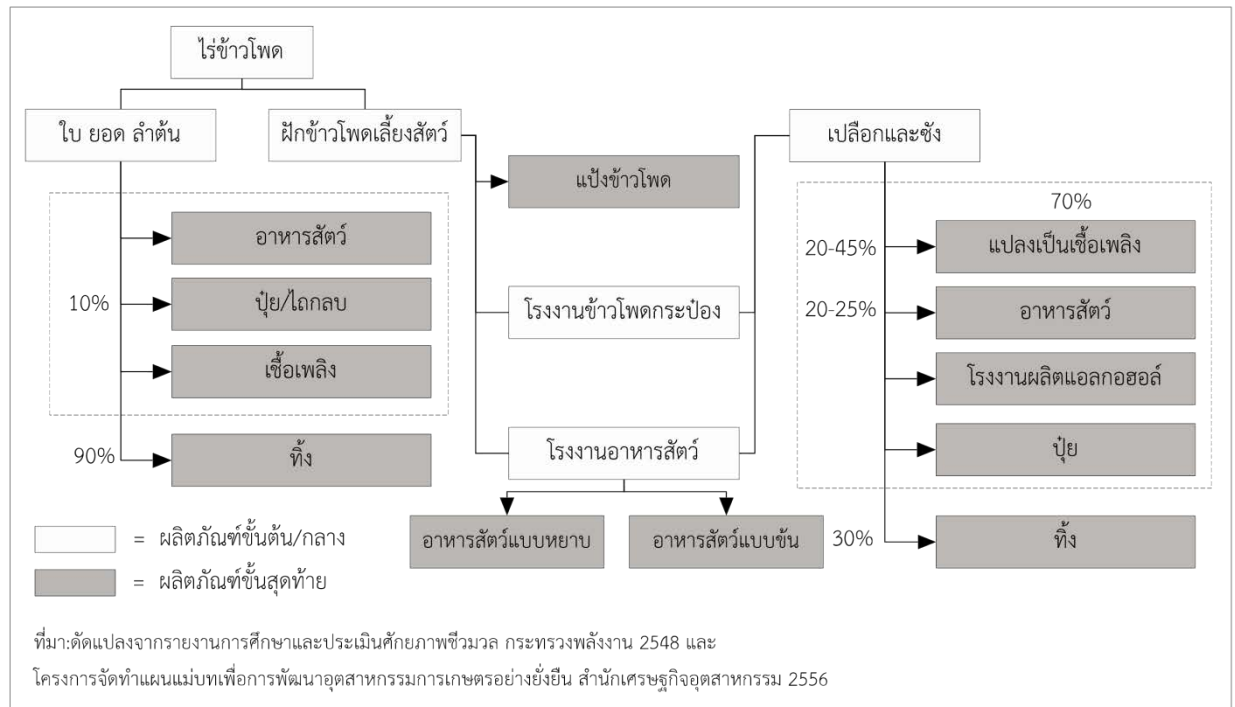
บทที่ 3 พืชเศรษฐกิจที่สามารถนำไปพัฒนาสู่ Bioeconomy



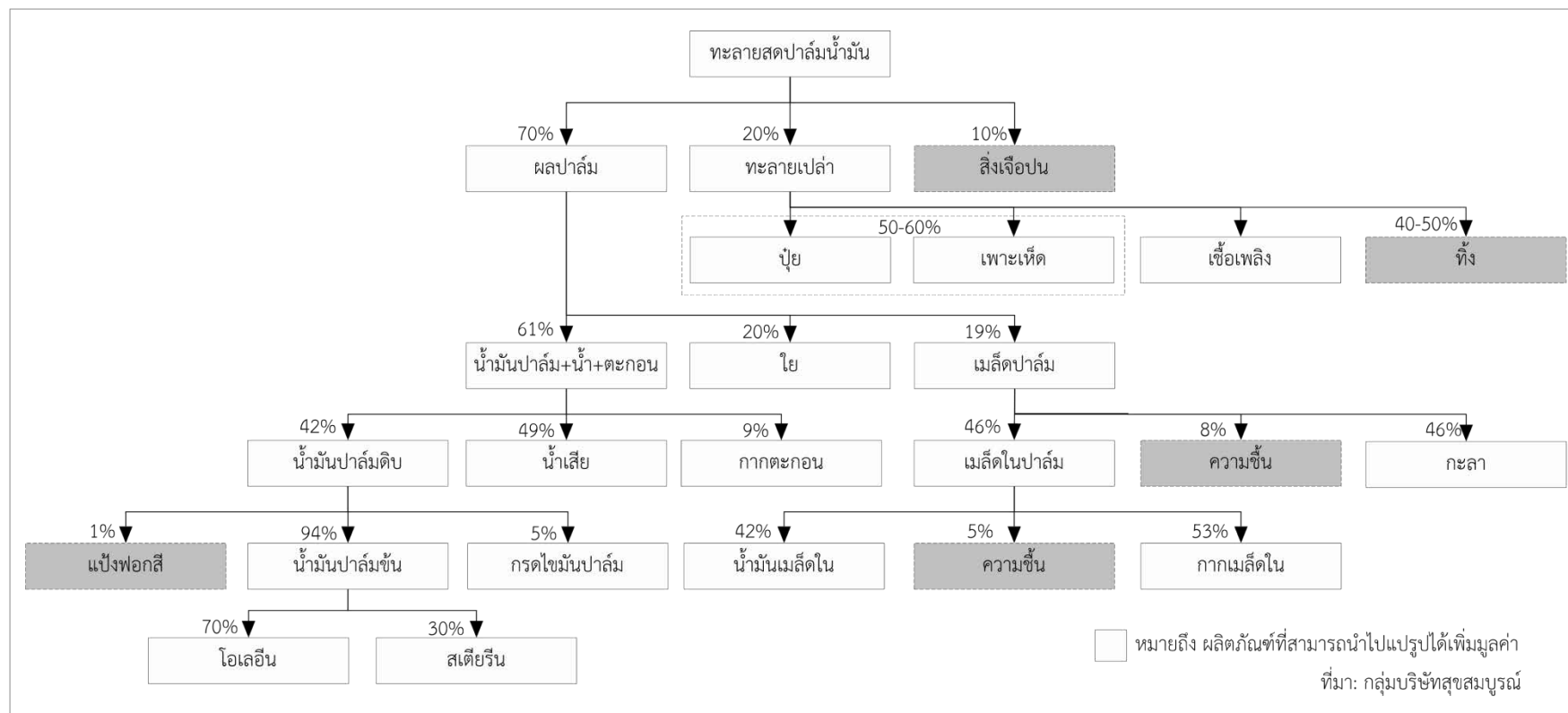
ภาพที่ 3.9 ห่วงโซ่อุปทานยางพารา



ภาพที่ 3.10 ห่วงโซ่อุปทานอ้อย



ภาพที่ 3.11 ห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด



ภาพที่ 3.12 ห่วงโซ่อุปทานปาล์มน้ำมัน

เมื่อทำการศึกษาห่วงโซ่อุปทานของพืชเศรษฐกิจ ร่วมกับข้อมูลการเพาะปลูก และข้อมูลผลผลิต จะสามารถประมาณการผลผลิตและผลพลอยได้หลักที่จะเกิดขึ้นในอุตสาหกรรมของพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิด ได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

หากทำการเปรียบเทียบข้อมูลการเพาะปลูกของพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิด พบว่า ข้าวมีการลดพื้นที่เพาะปลูกลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีแนวโน้มของพื้นที่เพาะปลูกลดลงเช่นกันแต่อยู่ในอัตราที่ไม่มากนัก ในขณะที่ ยางพารา ปาล์มน้ำมัน อ้อยโรงงาน และมันสำปะหลัง มีแนวโน้มการเพาะปลูกเพิ่มขึ้นตามลำดับ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ดังแสดงแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบข้อมูลการปลูกพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิด ตั้งแต่ปี 2555-2559

ชนิดพืช	รายการ	หน่วย	2555	2556	2557	2558	2559	อัตราเพิ่ม (ร้อยละ)
ข้าวรวม	เนื้อที่ปลูก	(ล้านไร่)	83.405	81.038	77.135	69.252	64.124	-6.6
อ้อยโรงงาน	เนื้อที่เก็บเกี่ยว	(ล้านไร่)	8.01	8.26	8.46	8.76	8.91	2.75
มันสำปะหลัง	เนื้อที่เก็บเกี่ยว	(ล้านไร่)	8.513	8.657	8.431	8.961	8.92	1.29
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	เนื้อที่เพาะปลูก	(ล้านไร่)	7.4	7.53	7.43	7.23	7.15	-1.09
ยางพารา	เนื้อที่กรีดยาง	(ล้านไร่)	15.6	16.49	18.22	18.81	19.55	6
ปาล์มน้ำมัน	เนื้อที่ให้ผล	(ล้านไร่)	3.7	3.77	4.03	4.3	4.59	5.97

และจากข้อมูลการเพาะปลูก และผลผลิตย้อนหลัง 5 ปี ประกอบกับสัดส่วนของผลิตภัณฑ์หลักและผลพลอยได้จากการศึกษาห่วงโซ่อุปทานของพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิด จะสามารถประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์หลักและผลพลอยได้ ได้ดังต่อไปนี้

1) ข้าว

ข้อมูลการเพาะปลูกข้าว (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) จำแนกออกเป็น ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง และข้าวรวม แต่ในรายงานนี้จะใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยเนื้อที่ปลูก และผลผลิตต่อไร่ย้อนหลัง 5 ปีของข้าวรวม เพื่อประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์หลักและผลพลอยได้จากข้าว ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของพื้นที่ปลูกข้าวเท่ากับ 74.99 ล้านไร่ และผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 459.60 กิโลกรัมต่อไร่ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เนื้อที่ปลูก ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ของข้าวตั้งแต่ปี 2555 - 2559

ชนิดพืช	รายการ	หน่วย	ปี 2555 (2554/55)	ปี 2556 (2555/56)	ปี 2557 (2556/57)	ปี 2558 (2557/58)	ปี 2559 (2558/59)	ค่าเฉลี่ย ย้อนหลัง 5 ปี
ข้าวนาปี	เนื้อที่ปลูก	(ล้านไร่)	65.304	64.951	62.08	60.791	58.063	62.24
	ผลผลิต	(ล้านตัน)	25.867	27.234	27.09	26.27	24.312	26.15
	ผลผลิตต่อไร่	(กก.)	396	419	436	432	419	420.40
ข้าวนาปรัง	เนื้อที่ปลูก	(ล้านไร่)	18.101	16.087	15.055	8.461	6.061	12.75
	ผลผลิต	(ล้านตัน)	12.235	10.766	9.672	5.347	3.777	8.36
	ผลผลิตต่อไร่	(กก.)	676	669	642	632	623	648.40
ข้าวรวม	เนื้อที่ปลูก	(ล้านไร่)	83.405	81.038	77.135	69.252	64.124	74.99
	ผลผลิต	(ล้านตัน)	38.102	38	36.762	31.617	28.089	34.51
	ผลผลิตต่อไร่	(กก.)	457	469	477	457	438	459.60

จากข้อมูลเนื้อที่ปลูกและผลผลิตต่อไร่ สามารถประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยของข้าวต่อปี ซึ่งจะได้ข้าวเปลือกประมาณปีละ 34.5 ล้านตันต่อปี เมื่อผ่านกระบวนการผลิตจะผลิตข้าวสารได้เฉลี่ยปีละ 22 ล้านตันต่อปี ข้าวหักเฉลี่ยปีละ 9.6 ล้านตัน รำข้าวเฉลี่ยปีละ 3.2 ล้านตัน น้ำมันรำข้าวเฉลี่ยประมาณปีละ 88,000 ลิตร กากรำข้าวเฉลี่ยปีละ 3 ล้านตัน แกลบเฉลี่ยปีละ 7.2 ล้านตัน และฟางข้าวเฉลี่ยปีละ 16.9 ล้านตันดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของข้าว

ผลิตภัณฑ์และผลพลอย ได้หลัก	ความชื้น (%)	สัดส่วน (%)	น้ำหนัก (ตัน)
ข้าวเปลือก	15	-	34,465,772
ข้าวสาร	15	64.1 ของปริมาณผลผลิตข้าวเปลือก	22,092,560
ข้าวหัก	15	27.9 ของปริมาณผลผลิตข้าวเปลือก	9,615,950
รำข้าว	N/A	9.3 ของปริมาณผลผลิตข้าวเปลือก	3,205,317
น้ำมันรำข้าว (ลิตร)	N/A	255 ของปริมาณผลผลิตข้าวเปลือก	87,888
กากรำข้าว	N/A	8.95 ของปริมาณผลผลิตข้าวเปลือก	3,084,687

ตารางที่ 3.4 ประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของข้าว (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลัก	ความชื้น (%)	สัดส่วน (%)	น้ำหนัก (ตัน)
แกลบ	12	21 ของปริมาณผลผลิตข้าวเปลือก	7,237,812
ฟางข้าว	10	49 ของปริมาณผลผลิตข้าวเปลือก	16,888,228

2) อ้อยโรงงาน

ข้อมูลการเพาะปลูกอ้อยโรงงาน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) สามารถนำมาประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์หลักและผลพลอยได้จากอ้อยโรงงาน ในรายงานนี้จะใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยเนื้อที่ปลูก และผลผลิตต่อไร่ย้อนหลัง 5 ปีของอ้อยโรงงาน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงาน เท่ากับ 8.69 ล้านไร่ และผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 11.74 ตันต่อไร่ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ของอ้อยโรงงาน ตั้งแต่ปี 2556 - 2560

ปี	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ล้านไร่)	ผลผลิต (ล้านตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (ตัน)
2555/56	8.26	100.1	12.12
2556/57	8.46	103.7	12.26
2557/58	8.76	106.33	12.15
2558/59	8.91	94.14	10.57
2559/60	9.07	105.15	11.6
ค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 5 ปี	8.69	101.88	11.74

จากข้อมูลเนื้อที่ปลูกและผลผลิตต่อไร่ สามารถประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยของอ้อยโรงงานต่อปี ซึ่งจะได้อ้อยประมาณปีละ 102.04 ล้านตันต่อปี เมื่อผ่านกระบวนการผลิตจะผลิตน้ำตาลได้เฉลี่ยปีละ 10.20 ล้านตันต่อปี กากน้ำตาลเฉลี่ยปีละ 5.10 ล้านตัน กากตะกอนเฉลี่ยปีละ 0.31 ล้านตัน ชานอ้อยเฉลี่ยประมาณปีละ 28.57 ล้านตัน และใบกับยอดอ้อยเฉลี่ยปีละ 17.35 ล้านตันดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ประมาณการปริมาณการผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของอ้อย

ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลัก	ความชื้น (%)	สัดส่วน	น้ำหนัก (ล้านตัน)
อ้อย	-	-	102.04
น้ำตาล	-	อ้อย: น้ำตาล (1 ตัน : 100 กิโลกรัม)	10.20
กากน้ำตาล	-	อ้อย: กากน้ำตาล (1 ตัน : 50 กิโลกรัม)	5.10
กากตะกอน	-	อ้อย: กากน้ำตาล (1 ตัน : 30 กิโลกรัม)	0.31
ชานอ้อย	50.73	28 % ของน้ำหนักผลผลิตอ้อย	28.57
ใบและยอดอ้อย	9.2	17% ของน้ำหนักผลผลิตอ้อย	17.35

และจากสถิติข้อมูลเอทานอลปี 2559 ที่เก็บรวบรวมโดยสมาคมการค้าผู้ผลิตเอทานอลไทย (สมาคมการค้าผู้ผลิตเอทานอลไทย, 2559) พบว่าอ้อยที่นำมาผลิตเป็นเอทานอลโดยตรงเป็นร้อยละ 0.75 ของผลผลิตอ้อยทั้งหมด และเอทานอล 1 ลิตรใช้อ้อยประมาณ 13.33 กิโลกรัม นอกจากนี้ยังมีการนำกากน้ำตาลมาผลิตเอทานอลเป็นร้อยละ 62.1 ของกากน้ำตาลทั้งหมด และเอทานอล 1 ลิตรใช้กากน้ำตาลประมาณ 4.17 กิโลกรัม

ดังนั้นจะสามารถประมาณการผลิตเอทานอลจากอ้อยได้เฉลี่ยต่อปีประมาณ 57.31 ล้านลิตร และเอทานอลจากกากน้ำตาลเฉลี่ยต่อปีประมาณ 759.83 ล้านลิตร รวมเป็นผลผลิตเอทานอลเฉลี่ยต่อปีจากอ้อยเท่ากับ 817.14 ล้านลิตร

3) มั่นสำปะหลัง

ข้อมูลการเพาะปลูกมັນสำปะหลัง (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) สามารถนำมาประมาณการปริมาณการผลิตภัณฑ์หลักและผลพลอยได้จากมັນสำปะหลัง ในรายงานนี้จะใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยเนื้อที่ปลูก และผลผลิตต่อไร่ย้อนหลัง 5 ปีของมັນสำปะหลัง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของพื้นที่ปลูกมັນสำปะหลัง เท่ากับ 8.70 ล้านไร่ และผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 3,519.20 กิโลกรัมต่อไร่ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ของมันสำปะหลัง ตั้งแต่ปี 2555 - 2559

ปี	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ล้านไร่)	ผลผลิต (ล้านตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)
2555	8.51	29.85	3,506.00
2556	8.66	30.23	3,492.00
2557	8.43	30.02	3,561.00
2558	8.96	32.36	3,611.00
2559	8.92	30.56	3,426.00
ค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 5 ปี	8.70	30.60	3,519.20

จากข้อมูลเนื้อที่ปลูกและผลผลิตต่อไร่ สามารถประมาณการปริมาณผลิตรากและผลพลอยได้หลักเฉลี่ยของมันสำปะหลังต่อปี ซึ่งจะได้มันสำปะหลังประมาณปีละ 30.6 ล้านตันต่อปี เมื่อผ่านกระบวนการผลิตจะผลิตมันเส้นได้เฉลี่ยปีละ 5.2 ล้านตันต่อปี แป้งมันเฉลี่ยปีละ 3.49 ล้านตัน กากมันเฉลี่ยปีละ 11.3 ล้านตัน เหม้ามันเฉลี่ยประมาณปีละ 6.12 ล้านตัน และผลิตเอทานอลได้ 352.5 ล้านลิตรดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ประมาณการปริมาณผลิตรากและผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของมันสำปะหลัง

ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลัก	ความชื้น (%)	สัดส่วน (%)	น้ำหนัก (ตัน)
หัวมันสำปะหลัง	70	-	30,604,371
มันเส้น	7 - 11	41.24 ของหัวมันสด	5,204,480
แป้งมัน	10	51.55 ของหัวมันสด	3,485,770
กากมัน	80	37 ของหัวมันสด	11,323,617
เปลือกมัน	67	0.06 ของหัวมันสด	18,363
เหม้ามัน	59.4	20 ของหัวมันสด	6,120,874
เอทานอล (ลิตร)	-	7.21 ของหัวมันสด	352,488,042
สารให้ความหวาน	-	30.77 ของร้อยละ 36 ของแป้งมัน	386,126
ผลิตภัณฑ์อาหาร	-	24.62 ของร้อยละ 36 ของแป้งมัน	308,951
อุตสาหกรรมต่อเนื่อง	-	15.38 ของร้อยละ 36 ของแป้งมัน	193,000

ตารางที่ 3.8 ประมาณการปริมาณการผลิตหลักและผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของมันสำปะหลังข้าว (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลัก	ความชื้น (%)	สัดส่วน (%)	น้ำหนัก (ตัน)
ผงชูรสและไรซิน	-	23.08 ของร้อยละ 36 ของแป้งมัน	289,626
พลาสติกชีวภาพ	-	6.15 ของร้อยละ 36 ของแป้งมัน	77,175

4) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้อมูลการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) สามารถนำมาประมาณการปริมาณการผลิตหลักและผลพลอยได้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในรายงานนี้จะใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยเนื้อที่ปลูก และผลผลิตต่อไร่ย้อนหลัง 5 ปีของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เท่ากับ 7.27 ล้านไร่ และผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 653.60 กิโลกรัมต่อไร่ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตั้งแต่ปี 2555/56 – 2559/60

ปี	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ล้านไร่)	ผลผลิต (ล้านตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)
2555/56	7.53	4.95	657.00
2556/57	7.43	4.88	657.00
2557/58	7.23	4.73	654.00
2558/59	7.15	4.61	644.00
2559/60*	7.03	4.62	656.00
ค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 5 ปี	7.27	4.76	653.60

หมายเหตุ: * ประมาณการ

จากข้อมูลเนื้อที่ปลูกและผลผลิตต่อไร่ สามารถประมาณการปริมาณการผลิตหลักและผลพลอยได้หลักเฉลี่ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อปี ซึ่งจะได้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณปีละ 4.75 ล้านตันต่อปี และเข้าสู่อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ทั้งหมด เมื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตจะได้ ซังข้าวโพดเฉลี่ยปีละ 1.14 ล้านตัน นอกจากนี้ยังมีส่วนที่เหลืออยู่ในแปลงคือลำต้นข้าวโพด ปริมาณเฉลี่ยปีละ 3.90 ล้านตัน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลัก	ความชื้น (%)	สัดส่วน (%)	น้ำหนัก (ตัน)
ข้าวโพด	-	-	4,754,286
อาหารสัตว์	-	-	4,754,286
ซึ่งข้าวโพด	40	24 ของผลผลิตข้าวโพด	1,141,029
ลำต้นข้าวโพด	42	82 ของผลผลิตข้าวโพด	3,898,515

5) ยางพารา

ข้อมูลการเพาะปลูกยางพารา (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) สามารถนำมาประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์หลักและผลพลอยได้จากยางพารา ในรายงานนี้จะใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยเนื้อที่ปลูก และผลผลิตต่อไร่ย้อนหลัง 5 ปีของยางพารา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของพื้นที่กรีดยางได้ เท่ากับ 17.73 ล้านไร่ และผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 247.60 ตันต่อไร่ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 เนื้อที่กรีดยางได้ ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ของยางพารา ตั้งแต่ปี 2555 – 2559

ปี	เนื้อที่กรีดยางได้ (ล้านไร่)	ผลผลิต (ล้านตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)
2555	15.6	3.89	263
2556	16.49	4.29	265
2557	18.22	4.34	251
2558	18.81	4.2	235
2559*	19.55	4.16	224
ค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 5 ปี	17.73	4.18	247.60

หมายเหตุ: * ประมาณการ

จากข้อมูลเนื้อที่กรีดยางได้และผลผลิตต่อไร่ สามารถประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยของยางพาราต่อปี ซึ่งจะได้ให้น้ำยางประมาณปีละ 4.39 ล้านตันต่อปี นำไปใช้ในอุตสาหกรรมภายในประเทศเฉลี่ยปีละ 0.56 ล้านตัน ส่วนที่เหลือส่งออกในรูป น้ำยางข้นเฉลี่ยปีละ 0.64 ล้านตัน ยางแท่งเฉลี่ยปีละ 1.6 ล้าน

ตัน ยางแผ่นรมควันเฉลี่ยปีละ 0.76 ล้านตัน ยางคอมปาวด์เฉลี่ยปีละ 0.72 ล้านตัน ยางแท่งอื่นๆ เฉลี่ยปีละ 0.1 ล้านตัน นอกจากนี้ยาง ยางพารายังมีผลิตภัณฑ์ไม้ที่ได้จากสวนที่ตัดฟันในแต่ละปี หากคิดอายุเฉลี่ยสำหรับการตัดฟันที่อายุ 25 ปี และมีสัดส่วนในการตัดฟันเท่ากันทุกๆ ปี จะสามารถประมาณผลิตผลไม้แปรรูปได้เฉลี่ยปีละ 6.74 ล้านตันต่อปี และมีผลพลอยได้ เช่น ขี้เลื่อย เฉลี่ยปีละ 2.35 ล้านตันต่อปี ปีกไม้ เฉลี่ยปีละ 9.38 ล้านตันต่อปี ปลายไม้ เฉลี่ยปีละ 9.38 ล้านตันต่อปี และรากไม้ เฉลี่ยปีละ 3.9 ล้านตันต่อปี ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 ประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของยางพารา

ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลัก	ความชื้น (%)	สัดส่วน (%)	น้ำหนัก (ตัน)
น้ำยาง			4,390,938
อุตสาหกรรมภายในประเทศ		12.65 ของปริมาณน้ำยาง	555,435
น้ำยางข้น		16.80 ของปริมาณการส่งออกยาง	644,249
ยางแท่ง		42.07 ของปริมาณการส่งออกยาง	1,613,579
ยางแผ่นรมควัน		19.71 ของปริมาณการส่งออกยาง	756,101
ยางคอมปาวด์		18.67 ของปริมาณการส่งออกยาง	715,973
ยางแท่งอื่นๆ		2.75 ของปริมาณการส่งออกยาง	105,601
ไม้แปรรูป	55	8.62 ตันต่อไร่	6,740,840
ขี้เลื่อย	55	3 ตันต่อไร่	2,346,000
ปีกไม้	55	12 ตันต่อไร่	9,384,000
ปลายไม้	55	12 ตันต่อไร่	9,384,000
รากไม้	55	5 ตันต่อไร่	3,910,000

6) ปาล์มน้ำมัน

ข้อมูลการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) สามารถนำมาประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์หลักและผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมัน ในรายงานนี้จะใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยเนื้อที่ปลูก และผลผลิตต่อไร่ย้อนหลัง 5 ปีของปาล์มน้ำมัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของพื้นที่ให้ผล เท่ากับ 4.32 ล้านไร่ และผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 2,819 ตันต่อไร่ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ของปาล์มน้ำมัน ตั้งแต่ปี 2556 – 2560

ปี	เนื้อที่ยืนต้น (ล้านไร่)	เนื้อที่ให้ผล (ล้านไร่)	ผลผลิต (ล้านตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)
2556	4.49	3.77	12.43	3,297
2557	4.62	4.03	12.47	3,100
2558	4.7	4.3	12.05	2,803
2559	n.a.	4.59	11.17	2,436
2560	n.a.	4.92	12.1	2,459
ค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 5 ปี	n.a.	4.32	12.04	2,819

จากข้อมูลเนื้อที่ให้ผลและผลผลิตต่อไร่ สามารถประมาณการปริมาณผลิตรากและผลพลอยได้หลักเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันต่อปี ซึ่งจะได้ผลปาล์มดิบประมาณปีละ 8.53 ล้านตันต่อปี และสามารถผลิตเป็นน้ำมันปาล์มดิบได้ 2.19 ล้านตันต่อปี นอกจากนี้ยังมีผลพลอยได้อื่นอีกมากมาย เช่น ทะลายปาล์มเปล่า กะลาปาล์ม เป็นต้น แต่หากวิเคราะห์ในเชิงปริมาณผลพลอยได้ที่น่าสนใจคือ ทางปาล์ม ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 ประมาณการปริมาณผลิตรากและผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของปาล์มน้ำมัน

ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลัก	สัดส่วน	น้ำหนัก (ตัน)
ผลปาล์ม	70%	8,528,603
ทะลายปาล์มเปล่า	20%	2,436,744
ใยปาล์ม	14%	1,705,721
น้ำมันปาล์มดิบ	18%	2,193,069
กากตะกอน	4%	487,349
แป้งฟอกสี 1%	0.18%	21,931
น้ำมันปาล์มชั้น 94%	16.90%	1,889,630
กรดไขมันปาล์ม 5%	0.92%	112,090
โอเลอิน 70%	11.80%	1,437,679
สเตียรีน 30%	5.10%	621,370

ตารางที่ 3.14 ประมาณการปริมาณผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลักเฉลี่ยต่อปีของปาล์มน้ำมัน (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลัก	สัดส่วน	น้ำหนัก (ตัน)
กะลา	6%	731,023
น้ำมันเมล็ดใน	2.50%	304,593
กากเมล็ดใน	3.20%	389,879
ทางปาล์ม	141%	17,179,042
ลำต้นปาล์ม	10%	1,836,000

นอกจากนี้ยังมีปาล์มน้ำมันยังสามารถนำไปผลิตไบโอดีเซลได้อีกด้วย ซึ่งประเทศไทยผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันเป็นหลัก และเป็นผู้ผลิตไบโอดีเซลอันดับ 7 ของโลก (นรินทร์ ต้นไพบูลย์, 2559) โดยผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบ 2.07 ล้านตัน สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมไบโอดีเซลประมาณ 8 แสนตันต่อปี (ข้อมูลปี 2558) ปัจจุบันมีโรงงานผลิตไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์ที่ขึ้นทะเบียนกับกรมธุรกิจพลังงาน 12 ราย มีกำลังการผลิตติดตั้งรวม 6.2 ล้านลิตร/วัน และมีการผลิตจริงเฉลี่ยอยู่ที่ 3.4 ล้านลิตร/วัน ซึ่งยังไม่เต็มความสามารถของกำลังการผลิตรวมของทั้งประเทศ ปัจจุบันความต้องการไบโอดีเซลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากปี 2555 ความต้องการอยู่ที่ 1.23 ล้านลิตร/วัน เป็น 3.4 ล้านลิตร/วัน ในปี 2558 และรัฐบาลยังมีการออกมาตรการสนับสนุนการใช้ไบโอดีเซลและวางแผนการผลิตและใช้ไบโอดีเซลของประเทศ ไปจนถึงปี 2569 โดยคาดว่าในปี 2569 ประเทศไทยจะมีกำลังการผลิตสูงถึง 10 ล้านลิตร/วัน ดังนั้นกำลังการผลิตจริงในปัจจุบันที่ 3.4 ล้านลิตร/วัน จะสามารถผลิตกลีเซอรินได้ประมาณ 299 ตัน/วัน หากทำการผลิตทั้งหมด 300 วัน/ปี จะได้กลีเซอรินประมาณ 89,760 ตัน/ปี และจากการคาดการณ์ในปี 2569 ที่จะผลิตไบโอดีเซลปีละ 10 ล้านลิตรต่อวัน จะผลิตกลีเซอรินได้ 880 ตัน/วัน หรือประมาณ 264,000 ตัน/ปี หากทำการผลิต 300 วัน/ปี

จากการศึกษาห่วงโซ่อุปทานของพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิดสามารถจำแนกผลิตภัณฑ์จากพืชแต่ละชนิดออกได้เป็นสองแบบหลักๆ คือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นอาหารและมีใช้อาหาร ในลำดับถัดมาจึงทำการศึกษาค้นคว้างานวิจัยต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงสถานภาพของงานวิจัยปัจจุบันที่สนับสนุนภาคอุตสาหกรรม ทั้งที่เป็นอาหารและที่ไม่ใช่อาหาร ทั้งงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกับปริมาณวัตถุดิบจะได้ทราบว่าควรพัฒนางานวิจัยจากวัตถุดิบใด ไปในทิศทางใด เพื่อรองรับแนวทางการพัฒนาภายใต้หลักการ Bioeconomy

3.6 การนำพืชเศรษฐกิจไปใช้ประโยชน์

1) ข้าว

ส่วนประกอบของข้าวที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้แบ่งออกเป็น 7 ส่วนหลักๆคือ เมล็ดข้าว รำข้าว แกลบข้าว ฟางข้าว กากรำข้าว ใบข้าว และชังข้าว

1.1) ผลผลิตจากข้าว ที่จัดว่าเป็นอาหาร ยกตัวอย่างเช่น การนำเมล็ดข้าว มาผลิตเป็นข้าวหนึ่ง ข้าวหุงสุกเร็ว หรือ ข้าวกล้องสำเร็จรูป ข้าวบรรจุกระป๋องข้าวเสริมโภชนาการหรือข้าวอนามัย ข้าวอก(สุพรรณิการ์ เลิศวิชัยวัฒนา, 2546; อมรรัตน์ สีสุทอง, 2552) ข้าวเม่า (จินตนา บุณนาค, 2549; วิเชียร วรพทุพพร, 2551) กาละแม ข้าวขึ้นรูป (สุนันทา ทองทา, 2555) ผลผลิตขนม อาหารสุขภาพ เมล็ดข้าวและรำข้าว สามารถนำไปบริโภคในรูปแบบของน้ำนมข้าวและน้ำนมรำข้าวได้ (ราณี สุรกาญจน์กุล, 2544; อรรณพ ปานศิริ, 2545) นอกจากนั้นยังสามารถแปรรูปต่อไปเป็นผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว (กฤษณา ครุฑกะ, 2544; จุฑามาศ ธีระสาโรช, 2547) และไอศกรีม (ศศิพร รัตนสุวรรณ, 2554) จากน้ำนมข้าวได้อีกด้วย รำข้าวและแกลบข้าว สามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์

นอกจากเมล็ดข้าวและรำข้าวสามารถนำไปบริโภคได้โดยตรงโดยการทำให้สุกแล้ว ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้อีกหลากหลายเช่น สาโท (กรกต สุนทรกุล, 2555; เกศินี จันทโรสมณ, 2546; คณิต วิจิตพันธ์, 2556) ไวน์ข้าว (สร้อยสุตา พรภักดีวัฒนา, 2546; สุกัญญา กล่อมจ่อหอ, 2545; สุนันทา วงศ์ปิยชน, 2538) เบียร์ (ชัชฎพงศ์ บรรจง, 2546; หนึ่ง เตียอำรุง, 2553) ไฮโดรเจล (อนุชา รักสันติ, 2558) พาสต้า (มานัญญ์ สุธีรวัฒนานนท์, 2558) (กุลยา ลีมรุ่งเรืองรัตน์, 2556) กะทิ (สุนัน ปานสาคร, 2555) วาฟเฟิลโคน (บุญญาพร เชื้อสมพงษ์, 2557) แป้งข้าวเจ้าเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีสำหรับเบเกอรี่ (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2552) เช่น ชิฟฟอนเค้ก สโคน (ปาริชาติ อยู่แพทย์, 2553) ผลิตภัณฑ์ขนมอบ แป้งขุบทอด (ปิยวรรร ฉ่ำมิ่งขวัญ, 2549b) แป้งโปรตีนสูง (กล้าณรงค์ ศรีรอด, 2544)เส้นก๋วยเตี๋ยว (ถาวร จันทโชติ, 2556; ยุทธนา พิมลศิริผล, 2545) ขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้า (ทศพร นามโอง, 2543) พิล์มสตาร์ชข้าว (ถเวียน วิทยา, 2554) สตาร์ชข้าวใช้ทำไมโครแคปซูล (วิภา สุโรจนะเมธากุล, 2548) น้ำส้มสายชูหมัก (กรองจันทร์ รัตนประดิษฐ์, 2551a, 2551b) เนยแข็งเทียม (วลัยรุจิ วิเชียรทวี, 2540; วิสุทธนา สมุทรศรี, 2549) เนยขาวและครีมเทียมปราศจากไขมันทรานส์ (วชิรญาณ วัฒนวงศ์, 2552) กลูโคสไซรัป (กล้าณรงค์ ศรีรอด, 2544) น้ำมันรำข้าว (พรทิพย์ นิมนานิตย์, 2548) โปรตีนสกัดรำข้าว (ศิริวัฒน์ มงคลกาญจน์ศิริ, 2545; สุรุทธิ ลาภนิรันดร์, 2546)

1.2) ผลผลิตจากข้าวที่มีได้เป็นอาหารแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ ผลผลิตที่ได้จากการ แปรรูปข้าว และสารสกัดที่ได้จากข้าว

- ผลผลิตที่ได้จากการแปรรูปข้าวและมีได้เป็นอาหาร ยกตัวอย่างเช่น

- การนำเมล็ดข้าวมาแปรรูปเป็น แผ่นฟิล์มข้าวใช้รักษาแผล(ศิริพร โอโคโนกิ, 2556) พลาสติคชีวภาพ (กษิตติ์ สุนทราภิรักษ์กุล, 2553) แป้งฝุ่นโรยเท้า (กนกกร เขียววัฒนชัย,

2547) สารให้ความข้นหนืด (นุชจรา แซ่ตั้ง, 2545) แอลกอฮอล์จากข้าวสาลี (ศิริลักษณ์ สันพา, 2544; เศรษฐวัชร ฉ่ำศาสตร์, 2553) แป้งฝุ่นจากข้าว (วนิดา พุกขธัมมโกวิท, 2545) ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้า(จิตติ ทาไว, 2557) แผ่นเจลห้ามเลือดและฟองน้ำห้ามเลือด

- ข้าวสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายโดยเฉพาะเครื่องสำอางค์ (พรทิพย์ นิมมานนิตย์, 2548) เช่น ลิปกลอสจากไขรำข้าว (จันทิมา หอม, 2553; ฉัตรสมร จิตรวิโรจน์, 2548) ลิปออนบำรุงผม (สุพัฒน์ชลี ทรัพย์เจริญ, 2550) สบู่เหลว(ภาณุ อุปถัมภ์, 2544) และโลชั่นทำความสะอาดเครื่องสำอางค์ (ธัญลักษณ์ ศรีสำราญ, 2555)

- ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแกลบข้าว เช่น นาโนซิลิกา (นิทัศน์ ทิพย์โสตนัยนา, 2557) ครีมขัดผิว (เจษฎาภรณ์ เรืองมะเริง, 2549) สารดูดความชื้น (ภาวิกา วงศ์แก้ว, 2547) ซีเมนต์บล็อก (กิตติภพ ไชยปัญญา, 2552; ไพศาล ศุภรัตนกุล, 2553) ฉนวนกันความร้อน (นิทัศน์ ทิพย์โสตนัยนา, 2554) และเก้าอี้ที่ใช้เติมวัสดุพอลิเมอร์ (ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์, 2546)

- ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟางข้าวเช่น แท่งเชื้อเพลิง (เจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์, 2556) ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ (พลกฤษณ์ คุ่มกล้า, 2557; พิยัญญ์ แสงศรี, 2557) พลังงานไฟฟ้า (เจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์, 2556) บรรจุภัณฑ์ (เทวรัตน์ ตรีอำนาจ, 2558) บล็อกปูนซีเมนต์ (คำชาย พันทวงศ์, 2557) วัสดุประกอบอาคาร (ชูเกียรติ อนันต์เวทยานนท์, 2555) ฟองน้ำใยธรรมชาติ (สุวรรณา ละม้ายอินทร์, 2551) ปุ๋ยหมัก (บุปผา คำวัน, 2545; ประกาศิต อินทรสำอางค์, 2549) เป็นอาหารสำหรับปลุกเห็ด (เสกสรร สีหวงศ์, 2549) กระดาษฟางข้าวเพื่อยืดอายุการเก็บทุเรียน (อุดมลักษณ์ สุขอัสตะ, 2545) และกระดาษฟางข้าวเพื่อบดอัดเอทิลีน (ชัยพร สามพุ่มพวง, 2552)

- ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกากรำข้าว เช่น ใช้เป็นตัวดูดซับสารให้ความชุ่มชื้นในเครื่องสำอางค์ (สรรรค์ชัย เหลือจันทร์, 2557) สก๊อตเอนไซม์ไลเปส (กรกช ฮามสุโพธิ์, 2540)

- ใบข้าว มีการนำไปใช้ผลิตสีจากธรรมชาติ (ขนิษฐาภรณ์ เสรีสงแสง, 2553) และ ช้างข้าว มีการนำไปผลิตเป็นเส้นด้าย (อชชา หัตยานานนท์, 2558)

● ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดสารจากข้าว ยกตัวอย่างเช่น

- การสกัดสารจากเมล็ดข้าว เช่น แอนโทไซยานิน (ช่อลัดดา เทียงพุก, 2559) แกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด (กาบา) (เมธาวี อนุวัชกุล, 2551) เอนไซม์บีเทนอัลดีไฮด์ไฮโดรจีเนส (นลวัฒน์ บุญญาลัย, 2555) อนุพันธ์ซูโรลิ (สมชาย สุริยะศิริบุตร, 2544) มอลโทเด็กซ์ทริน (รุ่งนภา ประดิษฐ์พงษ์, 2539) ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาลิก, 2554; เรวดี มีสัตย์, 2552)

- การสกัดสารจากรำข้าว เช่น วิตามินอี แกมมาออโรซานอล(คณิต กฤษณ์งูร, 2558; บุษัน ศิริธัญญาลักษณ์, 2553) โพลีโคซานอล (ดุขฎิ กิตติวัฒน์, 2550) เอนไซม์ไลเปส (จารุตา วิเศษสรโรช, 2545; นิคม ชัยศิริ, 2513) โยอาหารเสริมผลิตภัณฑ์ (กรุณา ชัยเสถียร, 2536; จิตรา สิงห์ทอง, 2555; เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์, 2556; วันทนา พินัยกุล, 2539) เบต้ากลูแคน (ภูมิภัทร รินทร์ศรี, 2555) ไบโอดีเซล (คณิต กฤษณ์งูร, 2558; สุกัญญา หงษ์ทอง, 2552) สารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านจุลชีพ (วิไลลักษณ์ กล่อมพงษ์, 2555)

- การสกัดสารกลบข้าว เช่น ซิลิคอนไดออกไซด์(ก้องเกียรติ ภูเกิด, 2531) สารต้านจุลชีพ (วิไลลักษณ์ กล่อมพงษ์, 2555)

นอกจากนี้ ส่วนต่างๆของข้าว เช่น แกลบข้าว ฟางข้าว ยังสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อใช้ในการผลิตสารต่างๆผ่านกระบวนการหมักได้ เช่น เอทานอล (Abu Bakar & Titiloye, 2013; Islam & Ani, 2000) สารประกอบฟิวเรน (Amiri, Karimi, & Roodpeyma, 2010; Yokoyama & Miyafuji, 2016) ไบโอดีไฮโดรคาร์บอน (Pinto, Miranda, & Costa, 2016) กรดแลคติก (Abdel-Rahman, Tashiro, & Sonomoto, 2013; Jae-Han Kim, Block, Shoemaker, & Mills, 2010; Xiaodong, Xuan, & Rakshit, 1997; Younas et al., 2016) ได้อีกด้วย

2) มันสำปะหลัง

ส่วนประกอบของมันสำปะหลังที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้แบ่งออกเป็น 7 ส่วนหลักๆ คือ หัวมัน กากมัน ต้นมัน ใบ น้ำยาง เหง้า น้ำทิ้งและตะกอนจากโรงงานแป้งมัน

2.1) หัวมัน โดยส่วนใหญ่จะนำไปผลิตเป็น แป้งมัน โดยแป้งมันสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆได้หลากหลาย เช่น แป้งชุบทอด (ปิยวรรร ฉ่ำมิ่งขวัญ, 2549a; วณิดา เพธิญโชค, 2547) พุดดิ้งข้าวโพด (สลิดดา เศรษฐา, 2558) สตาร์ชผสมพรีเจล (เทวี คาร์ริลา, 2551) บรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ (ชยุต ขรรค์มัย, 2557a) โฟมย่อยสลายได้ (อังศุมา บุญไชยสุริยา, 2554) ฟิล์มไบโอบีโอดี (ปนัดดา พวงเกษม, 2540) วัสดุและโฟมกันกระแทก (วีระศักดิ์ เลิศสิริโยธิน, 2554) วัสดุนาโนคอมโพสิต (สิรินันท์ วิริยะสุนทร, 2549) ไฮโดรเจล (ชัชวดี วัฒน, 2555; ดุขฎิ อุตภาพ, 2557; สอาด ริยะจันทร์, 2555) เรซินแลกเปลี่ยนไอออน (ชัชฎาพร องอาจ, 2545) เทอร์โมพลาสติก (ชยุต ขรรค์มัย, 2557a) วัสดุดูดซับยูเรีย (สาวิตรี รุจิณพานิข, 2554) หรือนำไปเปลี่ยนรูปโมเลกุลของแป้งมัน ให้กลายเป็นแป้งแอซีเตต (ปริณดา พรหมพิตร, 2553) และแป้งแอมโฟเทอริก (โสภา แคนสี, 2551) และนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นๆได้ มีการสกัดเส้นใยนาโนจากมันสำปะหลังสำหรับเป็นสารช่วยในเม็ดยา (จักรพันธ์ ศิริธัญญาลักษณ์, 2555)

แป้งมันยังสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในกระบวนการหมักเพื่อผลิตสารต่างๆ เช่น กรดแลคติก (Bomrungnok, Sonomoto, Pinitglang, & Wongwicharn, 2012; John, Nampoothiri, & Pandey, 2007; Quintero M, Acosta C, Mejía G, Ríos E, & Torres L, 2012; Xiaodong et al., 1997; จิตต์เรขา ทองมณี, 2550; ชยาภรณ์ สมานสรณคุณ, 2554) เอทานอล ("Ethanol Fuel Production from Cassava as a Substitute for Gasoline," 2007; Nitayavardhana, Rakshit, Grewell, van Leeuwen, & Khanal, 2008; อธิภัทร ศรีนรคุตร, 2547; รัฐพงศ์ ปกแก้ว, 2545; เศรษฐวัชร ฉ่ำศาสตร์, 2557; อาคม หมู่เก็บ, 2547) บิวทานอล และแอซิโตน (จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์, 2529; สุนทร กาญจนทวี, 2555; เสรี จันทโรสภณ, 2531) กรดซิตริก (อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์, ม.ป.ป.) กลีเซอรอล (Tittabutr, Payakapong, Teaumroong, & Boonkerd, 2005; Jianan Zhang, Liu, Xie, Wang, & Sun, 2002) เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (ภาวิณี วงษ์ทับทิม, 2555) มีเทน (สุรลักษณ์ รอดทอง, 2557) ก๊าซไฮโดรเจน (Luo, Xie, Zou, Wang, & Zhou, 2010; จินตนา ขอบวิจักขณ์, 2543) ไฮโดรคาร์บอนและไอโซพรีน (Ezinkwo, Tretjakov, Talyshinky, Ilolov, & Mutombo, 2013) สารลดแรงตึงผิว (Nitschke & Pastore, 2006) และโปรตีนเซลล์เดียว (คณิต วิจิตพันธุ์, 2537)

นอกจากนี้ หัวมันยังสามารถนำไปสกัดเพื่อผลิตสารสีและสารลดคลอเรสเตอรอล (ชยุต ขรรัมย์, 2557b) ทั้งยังใช้เป็นสารฟอกสี (ชนิกานต์ พรหมสิงห์กุล, 2554) และผลิตภัณฑ์โปรตีนสูงสำหรับเป็นอาหารสัตว์ (Chumkhunthod, 2001) ได้อีกด้วย

2.2) กากมัน ส่วนใหญ่จะนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ (ยุเรศ เรืองพานิช, 2551; สุพิศา เข้มพะกา, 2553; เสก สม อาตมากร, 2550) เป็นวัสดุเพาะเลี้ยงเห็ดนางรมและเห็ดเป๋าฮื้อ (วรลักษณ์ พงศมณีบุญ, 2533) แล้ว กากมันสามารถนำไปผลิตสารต่างๆ ในกระบวนการหมักได้ เช่น น้ำตาลรีดิวซ์ (ภูษิต สายแวว, 2555; สุนีย์ โชตินิรนาท, 2539) น้ำตาลกลูโคส (จิรวรรณ อภิรักษากการ, 2540; พักตร์ประไพ ประจำเมือง, 2546) โคตินโอลิโกเมอร์ (เดือนเพ็ญ อาจโรสง, 2550) เอทานอล (ชลดา ชื่อสัตย์, 2546; ศิรณันท์ เอกสมทราเมษฐ์, 2551) กรดซิตริก (กิตติกานท์ สุขวานิชย์, 2554; คงศักดิ์ ตั้งปณิธานติ, 2541; จิราภรณ์ โล่ห้วงศ์วัฒน์, 2525; สีนีนาก เขียมอนุกุลกิจ, 2539; สุจิตา รักษาสิล, 2540) กรดโคจิก (อภิขญา ทองทับ, 2548) แชนแทนกัม (ธัญยาภรณ์ นาวิณวรรณ, 2542; ปุณยนุช วชิรวรรณกุล, 2546; สายศิริ ศิลปวุฒิ, 2545) โปรตีนเซลล์เดียว (นันทภัทร บุญยะกมล, 2546; สุรลักษณ์ เกิดคล้าย, 2540) ก๊าซชีวภาพ (กิตติกานท์ สุขวานิชย์, 2554; พงษ์ธร สิทธิรัตนสกุล, 2553) มีเทน (สุรลักษณ์ รอดทอง, 2557) เชื้อเพลิงแอลกอฮอล์แข็ง (สิทธิศักดิ์ อุปริวงศ์, 2547) เอนไซม์อะไมเลส (ธีระพงษ์ สุขสว่าง, 2550) และเอนไซม์ไซโคลเดกซ์ทรินกลูโคซิลทรานเฟอเรส (พิชญา ภูพานิตพันธ์, 2544) เป็นต้น

2.3) ตันมัน สามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ (พีระพร เสง์ถิ่น, 2552) ทำปุ๋ยหมัก (เพ็ญปภา เพื่องอักษร, 2553) ผลิตเรซินแลกเบลียนโอออน (ชัชฎาพร องอาจ, 2545) รวมถึงนำไปผลิตแผ่นไม้อัดและแผ่นผนังไม้เทียมได้ (ณรงค์ เฟื่องปรีชา, 2522; ผกามาศ ชูสิทธิ์, 2558)

2.4) ใบ มีปริมาณแทนนินสูง (ภรรพทร ภูริศรี; ฤทัยรัตน์ น้อยคนดี, 2551) สามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ (กิตติศักดิ์ คำพะพา, 2548; ปริศนา อัครพงษ์สวัสดิ์, 2551) ใช้เพาะเลี้ยงไหมอีรี่ (*Philosamia ricini* B) (ศิริลย์ สิริมังกรารัตน์, 2547) และสกัดโปรตีนเข้มข้นได้ (ภรณ์ ศรีเสาวลักษณ์, 2540)

2.5) น้ำทิ้งและตะกอนจากโรงงานแปรงมัน สามารถนำไปผลิตพลังงานในรูปแบบต่างๆ เช่น ก๊าซชีวภาพ (พรพิมล พันธุ์สุนทร, 2558) ก๊าซไฮโดรเจนชีวภาพ (น้ำทิพย์ เดชแพร, 2555; บุษกร กาญจนาคาร, 2555) พลังงานไฟฟ้า (วิจิต ไชยเวช, 2555) รวมถึงนำไปผลิตพอลิเมอร์พอลิไฮดรอกซีแอลคาโนเอต (PHA) (สุขสมาน สังโยคะ, 2555) และโปรตีนเซลล์เดียวได้ (พรรณวิภา แพงศรี, 2547)

2.6) น้ำยาง สามารถนำไปสกัดเอนไซม์ลินามาเรสได้ (ประชุมพร คงเสรี, 2552; อุษา ย้อนโคกสูง, 2551)

2.7) เหง้า สามารถนำไปผลิตถ่านอัดแท่ง (กิตติพงษ์ ลาลูน, 2554; จุฑามาศ บุษราคัมวดี, 2547) และเอทานอลได้ (พรรณวิไล กิ่งสุวรรณรัตน์, 2545)

3) ยางพารา

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากยางพาราส่วนใหญ่ได้แก่ น้ำยางและไม้ยาง โดย น้ำยาง นอกจากสามารถนำไปผลิตเป็นยางพารา และใช้เคลือบดอกไม้ประดิษฐ์ (กรรณิการ์ สถาปิตานนท์, 2541) แล้วยังสามารถนำยางพาราไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่นกระเบื้องยางพารา (วิหาร ดีปัญญา, 2558) แผ่นยางรองสระน้ำ (ประทุม วงษ์พานิช, 2537) บล็อกยางปูพื้น (พายัพ นามประเสริฐ, 2545; วรณศิริ จักรบุตร, 2555) แผ่นรองกระแทก (สุรชาติ สินวรรณ, 2554a) วัสดุคาดคลองส่งน้ำ (สุรชาติ สินวรรณ, 2554b) ถูมือ (สุรพล มะลิยา, 2552) ผลิตภัณฑ์ทันตกรรม (ไชยรัตน์ เฉลิมรัตน์โรจน์, 2551) ฉนวนไฟฟ้าแรงสูง (ฉัตรชัย กันยาธุ, 2552) นอกจากนี้ยังสามารถนำยางไปผสมกับวัสดุต่างๆ เช่น แอสฟัลคอนกรีต (ปณณวัฒน์ ปรียานนท์, 2557) คอนกรีตบล็อก (ประชุม คำพุฒ, 2551) แผ่นดูดซับเสียง (ฤทธิ หงษ์สาคร, 2549) อิฐดินผสมยางพารา (รัฐวุฒิ ฐันทนคุณ, 2549; วีระศักดิ์ ละอองจันทร์, 2555) เส้นใยอิเล็กทรอนิกส์บนเซลล์ลูโลสอะซิเตท (ณัฐกฤตา สุวรรณทิบ, 2558) พอลิเมอร์ชีวภาพ (ณัฏฐภัทร จินดา, 2558b) วัสดุกำบังนิวตรอน (ชญาธิษฐ์ จำปี, 2553) นอกจากนี้ยังสามารถนำไปสกัดสารต่างๆจากน้ำยางได้ เช่น เอนไซม์ซีเอสเตอีนโปรตีเอส (ภูวดล บางรักษ์, 2552) และ Neutral cytoplasmic phosphatase (นงพร โตวัฒนนะ, 2541)

ลำต้นและไม้ยาง สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไม้ต่างๆเช่น เขียงไม้ เครื่องครัว เครื่องดนตรีเพอร์นิเจอร์ วัสดุประกอบอาคาร (ชูเกียรติ อนันต์เวทยานนท์, 2555) เยื่อกระดาษ (สว่าง วรรณศุภผล, 2526) และถ่านไม้ (กัญติยา สดใส, 2555; กิตติพงษ์ กาวิณ, 2555) รวมถึงนำไปผลิต ซิลิกอนคาร์ไบด์ (เจษฎา วรรณสินธุ์, 2551; สุธรรม นิยมवास, 2550) เอทานอล (Nazarpour, Abdullah, Abdullah, Motedayen, & Zamiri, 2013) สารประกอบฟิวเรน (Lignocellulosic Fibers and Wood Handbook: Renewable Materials for Today's Environment, 2016) สารประกอบไอโซพรีน (Steinbüchel, 2003) ได้อีกด้วย

นอกจากนี้ ส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมยางพารา ได้แก่ ใบยาง ชี้เลื้อย เปลือก และเมล็ดยาง ก็สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้เช่น

- ใบยาง สามารถนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ (ชิตชนก คงแดง, 2554) หรือนำไปสกัดสารที่มีฤทธิ์ควบคุมการติดเชื้อได้ (นรสิงห์ เพ็ญประไพ, 2546)
- ชี้เลื้อย สามารถนำไปผลิต แผ่นไม้อัดแข็ง (เบญจ ทองนวลจันทร์, 2548) วัสดุเพาะเห็ด (จเร พัฒนกิจ, 2533) ไซโลโอลิโกแซคคาไรด์ (สันหัต วิเชียรโชติ, 2555) โอเอสแอล (พรรณนิภา มาลานิตย์, 2546) และถ่านกัมมันต์ (จันทิมา ชั่งสิริพร, 2551)
- เปลือก เมล็ด และกากเมล็ด สามารถนำไปใช้ผลิต น้ำมันชีวภาพ (ไชยยันต์ ไชยยะ, 2554) ไบโอดีเซล (ประชาสันติ ไตรยสุทธิ์, 2550; พรทิพย์ เดชพิชัย, 2558; พิชราพร ภาเรือง, 2550) สารดับเพลิง (ณัฐบติ วิริยาวัฒน์, 2557) ถ่านกัมมันต์ (วัชร เวียงแก้ว, 2550) น้ำมันผสมสี (กรรณิการ์ สถาปิตานนท์, 2529) ใช้เมล็ดเป็นอาหารสัตว์ (จารุวัฒน์ นุตเดชาพันธ์, 2534; วิชุดา ปราชญ์ภักดิ์, 2536; ศิริศักดิ์ โกศลคุณากรณ์, 2531; สุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์, 2535) และเปลือกสามารถนำไปสังเคราะห์ใช้เป็นตัวดูดซับเอทานอล (ศุภโชค ธนกุลพรรณ, 2552) ได้

4) อ้อย

แม้ว่าผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากอ้อย คือ น้ำตาล แต่อย่างไรก็ตาม น้ำอ้อยสามารถนำไปผลิตสารอื่นได้โดยใช้กระบวนการหมัก เช่น ไชรัป (อังคาร กานแก้ว, 2550) เอทานอล (กัลทิมา พิชัย, 2535; กำเนิด สุภณวงษ์, 2539; ชุตินา ศรีจิว, 2548) น้ำส้มสายชูหมัก (วราวุฒิ ครุสง, 2545) กรดโคจิก (วรรณิ สุวรรณเวช, 2546) ยีสต์ขนมปัง (ประไพศรี สมใจ, 2535, 2536) และพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพชนิด PHB (poly-3-hydroxybutyrate) (ศรียุญา แก้วประดับ, 2553)

นอกจากนี้ ของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมน้ำตาล ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างเช่น

- ชานอ้อย สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย โดยนอกจากสามารถนำไปผลิตเป็นเยื่อกระดาษ (กัลยวัต พรสุรัตน์, 2546; ศิริภา พรมาแบน, 2556) เซลลูโลส (ดุขฎี สุริยพรรณพงศ์, 2552; ปานจันทร์ ศรีจัญญ, 2550) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (โสภณ เรืองสำราญ, 2541) แผ่นอัด (ฉันททิพ คำนวนทิพย์, 2550) เชื้อเพลิงอัดแท่ง (สุพจน์ เดชผล, 2546; สุภาวดี สวัสดิพรพลภ, 2545) ชานอ้อยยังสามารถนำไปผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยหมัก (จุฑามาศ รัตนศรีบัวทอง, 2548; ประกาศิต อินทรสำอางค์, 2549) และเป็นอาหารสัตว์ได้ รวมถึงสามารถใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในกระบวนการผลิต เอทานอล (วัชร หงษ์เวียง, 2546) และเฟอฟูรัล (เฉลิมพร ทองพูน, 2553) ได้อีกด้วย

มีการนำขานอ้อยไปสกัดและใช้เป็นตัวดูดซับกำจัดโลหะหนัก (วิลาสินี ศรีมุงคุณ, 2548) และผลิตเป็นเรซินขานอ้อย (เบญจมาภรณ์ ชำกรม, 2546; วรณภา นิติมงคลชัย, 2546) นอกเหนือจากนี้เมื่อนำขานอ้อยไปเผาและแยกแกล้อยขานอ้อยกับแกล้งหนักขานอ้อยออกมา แกล้งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น แกล้อยขานอ้อยสามารถใช้เป็นตัวดูดซับซิลิกา (พิณเทพ เศรษฐโกคิน, 2553; ไพทิพย์ อีร์เรชญาณ, 2552) ซีโอไลต์ (จุฑาทิพย์ เพชรอินทร์, 2547; เพ็ญพร ฉายะวานิชย์, 2551; วิภารัตน์ นิสากัย, 2554) ผสมปูนฉาบคอนกรีต (วรพจน์ พนมพรพานิช, 2547; สุเมธ เตชะกุลวิโรจน์, 2546) ซีเมนต์ (กฤษณ์ จารุทะวาย, 2545) ปอชโซลาน (ณพงศธร ลิขิตศรีไพบูลย์, 2548) และวัสดุอิพอลิเมอร์ (สำเร็จ รักซ้อน, 2553) ส่วนแกล้งหนักขานอ้อยสามารถนำไปใช้กำจัดสีในน้ำเชื่อม (ไพทิพย์ อีร์เรชญาณ, 2553) และผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ (ปารินดา สุขสบาย, 2555)

- กากน้ำตาล เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมน้ำตาลที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ส่วนใหญ่มักนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในกระบวนการหมักเพื่อผลิตสารต่างๆ เช่น เอทานอล (Gasmalla MAA, 2012; Quintero, Montoya, Sánchez, Giraldo, & Cardona, 2008; ปรัชญา วงศ์ปราชญ์, 2547; อภิชาติ บุญทาวน, 2549) บิวทานอล (Ni, Wang, & Sun, 2012) ไฮโดรเจน (อลิศรา เรืองแสง, 2553) เชื้อเพลิงชีวภาพ (มรุตตันติเจริญ, 2552) ชีวมวล (ปิยดา ดิษฐ์วัฒน์, 2540; วิชชุดา ศิริวงศ์, 2549) สารละลายอินทรีย์ (สุนทร กาญจนทวี, 2538) กรดแลคติก (Adsul, Varma, & Gokhale, 2007; Calabia & Tokiwa, 2007; Sikder, Chakraborty, Sharma, & Drioli, 2014; Timbuntam, Sriroth, & Tokiwa, 2006) กรดซัคซินิก (Liu et al., 2008) กลีเซอรอล (Kalle GP, 1985) ไบโอดีคาร์บอน เช่น limonene และ Bisabolene (Davies, Work, Beliaev, & Posewitz, 2014) และยีสต์ขนมปัง (ปิยดา ดิษฐ์วัฒน์, 2540)

- สำหรับไบออยและไซออย สามารถนำไปผลิตเป็นกระดาษได้ (บุษรา สร้อยระย้า, 2551a, 2551b; วิชัย หฤทัยธนาสันต์, 2551) และผลิตเป็นสารหล่อลื่นในการบวนการอัดรีดพลาสติก (ศิริลักษณ์ นิวิฐจรรยงค์, ม.ป.ป.) ตามลำดับ

5) ข้าวโพด

เมล็ดข้าวโพด สามารถนำไปใช้บริโภคโดยตรง เช่น ข้าวโพดกระป๋อง นํ้านมข้าวโพด (วรรณช คุรุทโกไคย, 2526; วิษณุลักษณ์ ค่ายอง, 2550) โยเกิร์ตนํ้านมข้าวโพด (จิรากร ประเสริฐชีวะ, 2546; นวณภา อัครสินธวังกูร, 2546; วิเวียนโตรและตรี อินทรารณี, 2548) เครื่องดื่มโปรตีนจากคัพพะข้าวโพด (พรนิภา แจ้งชัด, 2547) พุดดิงข้าวโพด (สลิดดา เศรษฐา, 2558) และยังสามารถนำไปแปรรูปต่อเป็น แป้งข้าวโพด (นิพัฒน์ ลิมสงวน, 2552) และนํ้ามันข้าวโพด ใช้คัพพะแทนหางนม (วรรณพร จิตจำเรียว, 2547) สามารถสกัดสารจากเมล็ดข้าวโพดได้ เช่น ผงสีธรรมชาติ (รัตนา ม่วงรัตน์, 2557) ซอร์บิทอล (กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2521)

รวมถึงสามารถใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในกระบวนการหมักเพื่อผลิตเอทิลแอลกอฮอล์ (Quintero et al., 2008; วัชร อินทุลักษณะ, 2527) เพอฟูรัล ("<Furfural Formation from Corn Cobs in a One-Pot Method Catalyzed by ZSM5.pdf>," ; Shafeeq et al., 2015) กลีเซอรอล (Jianan Zhang et al., 2002) กรดแลคติก (Inskeep, Taylor, & Breitzke, 1952; Okano et al., 2009; Rivas, Moldes, Domínguez, & Parajó, 2004) ได้อีกด้วย

ลำต้นข้าวโพด มีการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น แฝ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (ผกามาศ ชูสิทธิ์, 2557) เชื้อเพลิงชีว (ปณต วิไลพล, 2547; พิสิษฐ์ มณีโชติ, 2553; วรุฒิ อุทธรพย์, 2553) และทำเป็นข้าวโพดหมักเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ (ประพฤติ พรหมสมบุญ, 2550)

ซังข้าวโพด มีการนำไปผลิตเป็นเส้นใยพอลิพรอปิลีน (นที ศรีสวัสดิ์, 2556) จุลลิกเซลลูโลสเพื่อใช้ขึ้นรูปเม็ดยา (อภิรักษ์ อนุรักษชนะพล, 2554) เซลลูโลสทรงกลมเพื่อใช้เป็นสารขัดผิว (วราภรณ์ ภูกิจดาว, 2555) ถ่านซังข้าวโพดใช้ดูดซับฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียจากโรงงานกระดาษ (ศุทธิยา เงินจัน, 2555) ควอเตอร์ไนซ์โครสลิงค์เซลลูโลสสำหรับกำจัดสีในน้ำเสีย (อาสยา ปราชญาพร, 2545) ถ่านกัมมันต์ (พงษ์ศักดิ์ โอชารส, 2539) นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหมักเพื่อผลิตสารต่างๆ เช่น น้ำมันชีวภาพ (วรดาณ มูลศรีแก้ว, 2551) บิวทานอล (วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์, 2558) ไซลิทอลจากไซโลสของซังข้าวโพด (พิลาวรรณ ไฉนอมสัตย์, 2543) เพอฟูรัล (กิตติภาพ สำราญ, 2542) และเอนไซม์เฮมิเซลลูเลส (รัตนภรณ์ ลีสิงห์, 2538) เป็นต้น

6) ปาล์ม

ส่วนประกอบของปาล์มและของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้แบ่งออกเป็น 7 ส่วนหลักๆ คือ ผลปาล์ม เนื้อปาล์ม กะลาปาล์ม ทะลายปาล์ม ลำต้น น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำมันปาล์ม และเถ้าปาล์ม

ผลปาล์มและเนื้อปาล์ม สามารถนำมาสกัดน้ำมันปาล์มเพื่อใช้ในการบริโภค รวมถึงกากปาล์มหลังจากสกัดน้ำมันแล้วสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ (พานิช ทินนิมิตร, 2535; วันวิศาข์ งามผ่องใส, 2552; สมบัติ ศรีจันทร์, 2542; เสาวนิต คูประเสริฐ, 2541, 2544) กากผลปาล์มมีการนำไปแปรรูปเป็นเยื่อกระดาษ (วิวัฒน์ อรรถพานุรักษ์, 2550) กากเนื้อปาล์มสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดเป๋าฮื้อ (วสันต์ เพชรรัตน์, 2547)

นอกจากนี้ผลปาล์ม สามารถนำไปสกัดสารจากผลปาล์มหรือการเปลี่ยนรูปทางชีวภาพ (Bioconversion) เช่น พอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอทจากการหมักกากปาล์มน้ำมัน (ณกัญญภัทร จินดา, 2558a) การผลิตแคโรทีนและโทโคฟีรอลจากกากปาล์ม (ณัฐฐา แซ่กั้ง, 2553) การผลิต Nutrient Base (กุลวดี ครอบพาณิชย์, 2552) ไบโอดีเซล (Kareem, Falokun, Balogun, Akinloye, & Omeike; Ojolo, Adelaja, & Sobamowo, 2011) แอนติออกซิ

แดนซ์ (Zarei, Ebrahimpour, Abdul-Hamid, Anwar, & Saari, 2012) และกลีเซอรอล (Orua O. Antia, 2011) ได้อีกด้วย

ทะลายปาล์มลำต้น และเถาปาล์มสามารถนำไปใช้เป็นตัวผสมกับวัสดุต่างๆได้อย่างหลากหลาย เช่น ทะลายปาล์มสามารถนำเส้นใยปาล์มไปเป็นส่วนผสมของโพลียเอสเตอร์ได้ทางชีวภาพ (อังศุมมา บุญไชยสุริยา, 2554) เยื่อกระดาษและกระดาษลูกฟูก (สุวิทย์ ไพจิตรวโรตม, 2553) มีการนำเส้นใยเซลลูโลสจากลำต้นปาล์มไปใช้ผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบ (นันทรัตน์ พลกษาศิพพิทักษ์, 2556) ผลิตเส้นใยนาโนเซลลูโลส (เสาวภา โชติสุวรรณ, 2555) แผ่นไม้อัด (กฤษฎา คงเดิม, 2552; กิตติพงศ์ ตั้งกิจ, 2543) และแผ่นดูดซับเอทิลีน (ณัฐวดี ทองจันทร์, 2555) รวมถึงนำเส้นใยปาล์มไปสกัดเป็นไฮโดรเจล (Riansa-ngawong, Suwansaard, & Prasertsan, 2015) เถาปาล์มสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีต (ธีรสิทธิ์ แซ่ตั้ง, 2547; ศรัณย์ อนุกุลพันธ์, 2548; สุทธินันท์ แอเดียว, 2553) ซีเมนต์ (วันโชค เครือหงษ์, 2555) จีโอฟิลเมอร์ (จิรัฐดี บรรจงศิริ, 2555) วัสดุพอลิโพรพิลีน (วีรชาติ ตั้งจิรัชทร) และเป็นสารตัวเติมในยาง (บุญญานิษฐ์ อินทรพัฒน์, 2555) รวมถึงใช้เป็นส่วนประกอบในการทำแก้วเซรามิก (دنپول ตันนโยภาส, 2557)ได้อีกด้วย

ทะลายปาล์มยังสามารถนำไปใช้ผลิตชีวมวลเห็ดแครง (ไชนะ มูเล็ง, 2555) และนำไปใช้เป็นส่วนตั้งต้นในกระบวนการหมักกรดแลคติกได้ (Juturu & Wu, 2017; Sitompul et al., 2014; Ye, Hudari, Li, & Wu, 2014) ลำต้นปาล์มสามารถนำไปผลิตไฮโดรเจลและไฮโดรเจล (พิชญา ภูมิภัทร, 2549)

นอกจากนี้ ส่วนต่างๆของปาล์มยังสามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ เช่น ทะลายปาล์มสามารถนำไปผลิต เชื้อเพลิงอัดแท่ง (ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์, 2548) และน้ำมันชีวภาพ (จิราพัชร คำพิเดช, 2551) และสกัดสารต้านเชื้อรา (Sharip, Ariffin, Hassan, Nishida, & Shirai, 2016) ทะลายปาล์มสามารถนำไปผลิต ถ่านกัมมันต์ (วรรณรัก นพเจริญกุล, 2548; สาวิตรี จันทรานุกรักษ์, 2549) และเอทานอล (รัตนา ชูหว่าง, 2556) ทางใบปาล์มใช้ในการผลิตไฟฟ้า (ศิวพล ตั้งมโนเทียนชัย, 2557) น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำมันปาล์ม สามารถนำไปผลิต ก๊าซชีวภาพและไบโอดีเซล (สาวัน ตัน, 2557) และเอทานอล (Kosugi et al., 2010) เป็นต้น

3.7 สรุปวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการนำไปศึกษาและพัฒนาภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ

หากพิจารณาปริมาณวัตถุดิบร่วมกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำไปใช้ประโยชน์ของพืชเศรษฐกิจหลักแต่ละชนิด จะพบว่า

- ชาวมีการศึกษาด้านการนำไปใช้ประโยชน์เกือบทุกส่วนแล้ว แต่จะมีฟางข้าวที่ส่วนใหญ่การใช้ประโยชน์ยังเป็นด้านพลังงาน ปุ๋ย วัสดุปลูกพืช และวัสดุประกอบอาคาร ซึ่งยังมีมูลค่าเพิ่มไม่สูงมากนัก ประกอบกับเป็นส่วนที่ไม่ได้ใช้เป็นอาหาร จึงไม่ผลกระทบต่อการแข่งขันกับอุตสาหกรรมอาหาร ฟางข้าวจึงเป็นผลพลอยได้ที่น่าสนใจในการพัฒนาภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพเป็นอย่างยิ่ง

- มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่มีการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะหัวมันที่มีการใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย แต่ถึงอย่างไรส่วนหัวมันนั้นมีการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นหลัก ส่วนที่มีการศึกษาด้านการใช้ประโยชน์รองลงมาคือ กากมัน ถึงแม้ในระยะแรกจะเป็นการศึกษาเพื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์เป็นหลัก แต่หลังจากนั้นได้มีการศึกษาการใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตสารต่างๆ มากขึ้น อาทิ เอทานอล น้ำตาลกลูโคส กรดซิตริก กรดโคจิก และอื่นๆ ด้วยปริมาณของวัตถุดิบที่มีจำนวนมากพอสมควร กากมันจึงเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจกว่า ต้นมัน ใบ น้ำยาง และเหง้า ซึ่งหากต้องการจะพัฒนาภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพแล้วยังคงมีปัญหาด้านเทคโนโลยีที่ยังไม่เสถียร และมีต้นทุนสูงอยู่ในปัจจุบัน

- สำหรับยางพาราขณะนี้ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางพาราเป็นอันดับสองของโลก แต่อย่างไรก็ตามนอกจากผลผลิตที่เป็นยางและยางแปรรูปชนิดต่างๆแล้ว ยังเหลือส่วนที่เป็นเนื้อไม้ เช่น ชี้เลื่อย ปีกไม้ ปลายไม้ รากไม้ รวมถึงไม้แปรรูป ซึ่งเนื้อไม้ที่เป็นของเหลือจากอุตสาหกรรมยางพาราส่วนใหญ่นำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ เชื้อเพลิง วัสดุเพาะเห็ด ปุ๋ย เป็นต้น ซึ่งไม่มีส่วนเหลือใช้ให้นำมาบริหารจัดการและพัฒนาภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ

- ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากอ้อย คือ น้ำตาล แต่อย่างไรก็ดีของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมน้ำตาลยังมีอยู่ในปริมาณมาก เช่น ชานอ้อย กากน้ำตาล ใบอ้อยและไขอ้อย โดยวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ชานอ้อย สามารถนำไปผลิตเป็นเยื่อกระดาษ แผ่นอัด เชื้อเพลิงอัดแท่ง ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยหมัก อาหารสัตว์ ใช้เป็นตัวดูดซับกำจัดโลหะหนัก กำจัดสีในน้ำเชื่อม และสามารถใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในกระบวนการผลิต เอทานอล และเฟอฟูรัลได้ กากน้ำตาลมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ส่วนใหญ่มักนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในกระบวนการหมักเพื่อผลิตสารต่างๆ เช่น เอทานอล บิวทานอล เชื้อเพลิงชีวภาพ และสารละลายอินทรีย์ต่างๆ ใบอ้อยและไขอ้อย สามารถนำไปผลิตเป็นกระดาษได้ เมื่อพิจารณาจากปริมาณและการนำไปใช้ประโยชน์ พบว่า ชานอ้อยเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพ เนื่องจากมีสัดส่วนเหลือจากอุตสาหกรรมน้ำตาลในปริมาณมาก มีปริมาณ 28 % ของน้ำหนักผลผลิตอ้อย เฉลี่ยต่อปีคิดเป็น 28.57 ล้านตัน และยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย หากมีการพัฒนาภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพที่ดี จะสามารถเพิ่มมูลค่าของการนำกากชานอ้อยไปใช้ได้เป็นอย่างมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดจุดคุ้มทุนของการบริหารทรัพยากรจากอ้อย

- สำหรับข้าวโพด เมล็ดข้าวโพด สามารถนำไปใช้บริโภคโดยตรง และยังสามารถนำไปแปรรูปต่อเป็น แป้งข้าวโพด และน้ำมันข้าวโพด รวมถึงการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ แต่อย่างไรก็ตาม ผลพลอยได้จากการผลิตข้าวโพด คือ ชัง และลำต้นข้าวโพด โดยผลพลอยได้ที่น่าสนใจคือ ลำต้นข้าวโพด เนื่องจากเหลืออยู่ในปริมาณมาก โดยคิดเป็น 82 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตข้าวโพด หรือเท่ากับปริมาณเฉลี่ยปีละ 3.90 ล้านตัน โดยส่วนใหญ่ลำต้นข้าวโพดมีการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น นำไปทำแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ เชื้อเพลิงชีวภาพ และทำเป็นข้าวโพดหมักเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ ซึ่งถ้านำมาพัฒนาภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพที่ดี น่าจะมีปริมาณเพียงพอในการนำไปใช้ประโยชน์

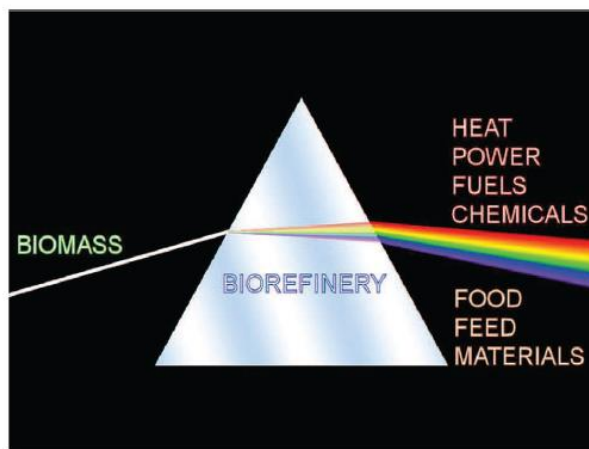
- อุตสาหกรรมปาล์ม มีผลผลิตหลักคือ น้ำมันปาล์ม สเตียรีน และโอเลอิน นอกจากนี้ยังมีผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันคือ แป้งพอกสี กรดไขมันปาล์ม กะลา น้ำมันเมล็ดใน กากเมล็ดใน ทางปาล์ม และ ลำต้นปาล์ม โดยเมื่อวิเคราะห์ในเชิงปริมาณผลพลอยได้ที่น่าสนใจคือ ทางปาล์ม เนื่องจากมีปริมาณมากถึง 17 ล้านตันต่อปีโดยเฉลี่ย ซึ่งยังไม่มี การนำไปใช้ประโยชน์ที่ชัดเจน ส่วนใหญ่นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ถ้าสามารถนำ ทางปาล์มมาพัฒนาภายใต้หลักการเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ จะสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งจาก อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มได้

บทที่ 4 สถานภาพของเทคโนโลยีเพื่อการแปรรูปวัตถุดิบชีวมวลภายใต้นโยบายเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ

การเปลี่ยนผ่านจากภาวะเศรษฐกิจที่พึ่งพาพลังงานและสารเคมีจากน้ำมันปิโตรเลียมไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยชีวมวล หรือ เศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (Bioeconomy) นอกเหนือจากการพิจารณาแหล่งที่มาของชีวมวล (feedstock) แล้วยังมีปัจจัยด้านความพร้อมของเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมที่จะรองรับผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ในบทนี้จะได้นำเสนอแนวทางในการขับเคลื่อนการพัฒนาเทคโนโลยีโดยสรุปจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพจากหลายประเทศดังนี้

4.1 การใช้แนวคิดโรงกลั่นชีวภาพเป็นเกณฑ์

แนวคิดโรงกลั่นชีวภาพ (Biorefinery) คือการประยุกต์เทคโนโลยีการแปรรูป (Conversion Technology) แบบบูรณาการ โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการแปรรูปชีวมวลให้เป็นพลังงานรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าทางการตลาดหลายชนิดที่ตอบสนองต่อความต้องการของโลกทั้งทางด้านพลังงาน อาหารและสารเคมี (ภาพที่ 4.1) โดยหลักสำคัญคือความยั่งยืน (de Jong & Jungmeier, 2015) ซึ่งเกิดขึ้นได้จากการใช้วัตถุดิบที่เป็นทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Renewable Resources) ในขณะที่วัตถุดิบตั้งต้นของโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมใช้แล้วหมดไป



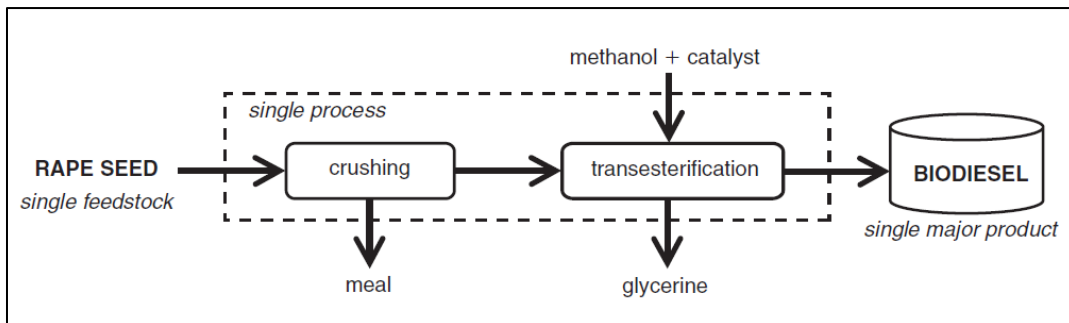
ที่มา: (de Jong & Jungmeier, 2015)

ภาพที่ 4.1 ชนิดของผลผลิตจากกระบวนการโรงกลั่นชีวภาพ

มีการจำแนกประเภทของโรงกลั่นชีวภาพด้วยเกณฑ์ที่แตกต่างกันไป แต่เมื่อพิจารณาทั้งในด้านวัตถุดิบ (Feedstock) เทคโนโลยีหรือกระบวนการ (Process) และ ผลิตภัณฑ์ (Product) การแบ่งโรงกลั่นชีวภาพออกเป็นระยะที่ 1 ระยะที่ 2 และ 3 ตามแนวทางของ Kamm and Kamm (2004) สามารถมองเห็นความเชื่อมโยงได้ชัดเจน (Clark & Deswarte, 2008; Fernando, Adhikari, Chandrapal, & Murali, 2006) ดังนี้

4.1.1 โรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 1 (Biorefinery Phase I)

เป็นการแปรรูปวัตถุดิบตั้งต้นชนิดเดียวด้วยเทคโนโลยีเดียวเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์หลักหนึ่งชนิด (Single Feedstock, Single Process and Single Major Product) ตัวอย่างของโรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 1 ได้แก่ การผลิตพลังงานจากชีวมวลรุ่นที่ 1 (พืชอาหาร) ในยุโรปมีการผลิตไบโอดีเซลจากใช้น้ำมันพืชโดยมีวัตถุดิบหลักคือ Rapeseed และใช้กระบวนการ Transesterification (ภาพที่ 4.2) เป็นหลัก กระบวนการดังกล่าวได้ผลิตภัณฑ์หลักคือไบโอดีเซลและกลีเซอรินในอัตราส่วนคงที่ เช่นเดียวกับการผลิตเอทานอลจากข้าวโพดในสหรัฐอเมริกาที่ใช้เทคโนโลยีการหมัก (Fermentation) ด้วยรูปแบบที่ไม่ซับซ้อนของโรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 1 ทำให้สามารถยกระดับการผลิตไปสู่ระดับอุตสาหกรรมได้ง่าย แต่ข้อด้อยของการใช้กระบวนการเดียวคือ ขาดความยืดหยุ่นในการต่อยอดเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ร่วมชนิดอื่นที่มีมูลค่าเพิ่ม



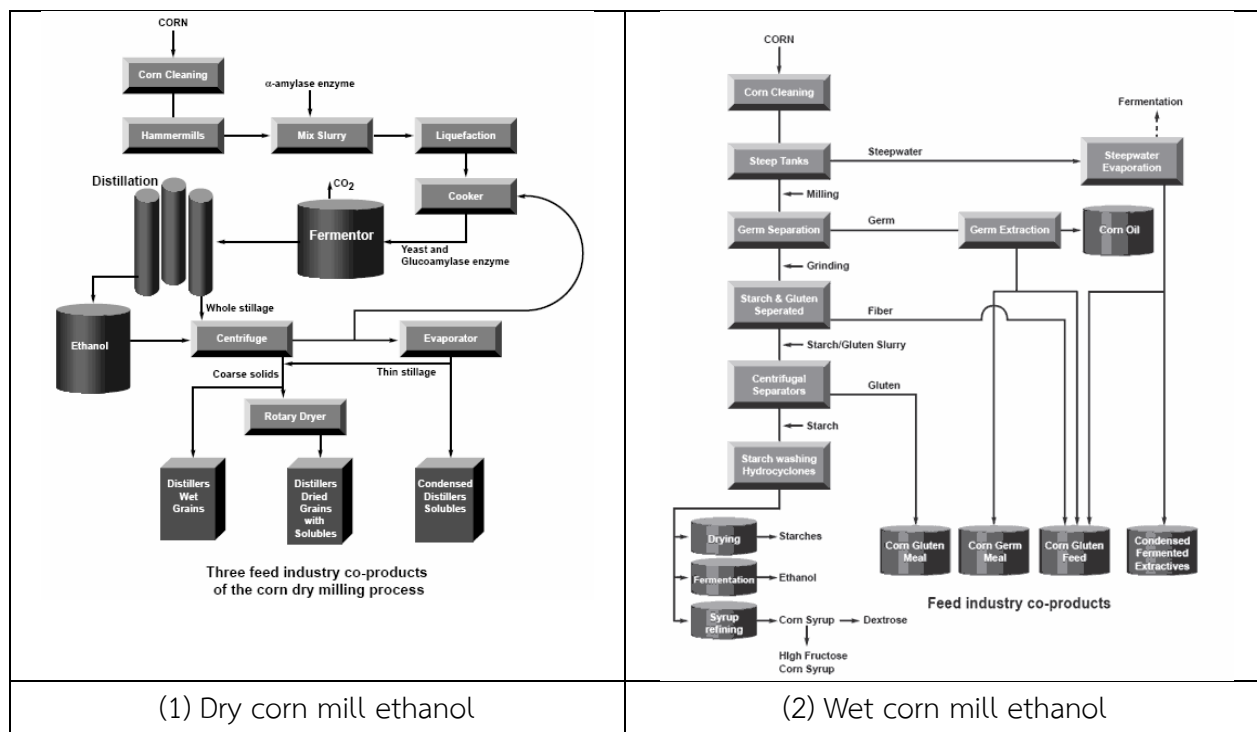
ที่มา: (Clark & Deswarte, 2008)

ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างระบบโรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 1 จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

4.1.2 โรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 2 (Biorefinery Phase II)

ในระยะที่ 2 แม้ว่าวัตถุดิบจะยังคงเป็นชนิดเดียวเช่นเดียวกับโรงกลั่นชีวภาพในระยะที่ 1 แต่การใช้หลายเทคโนโลยีหรือกระบวนการสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด (Single Feedstock, Multiple Processes and Multiple Major Products) ที่ตอบสนองต่อความต้องการของตลาดนอกเหนือจากพลังงานและช่วยสร้างมูลค่าเพิ่ม โรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 2 ส่วนใหญ่เป็นการใช้เทคโนโลยีเพิ่มเติมเพื่อแปรรูปผลผลิตพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากโรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 1 เช่น ในการผลิตไบโอดีเซลซึ่งมีผลผลิตพลอยได้หลัก คือ กลีเซอริน หรือ Crude Glycerol ซึ่งมีมูลค่าต่ำและนำไปใช้ประโยชน์โดยตรงได้น้อยเนื่องจากมีเกลือและสารอินปนเปื้อน เมื่อมีการเพิ่มปริมาณการผลิตไบโอดีเซลทำให้มีปริมาณกลีเซอรินมากเกินไปเกินความต้องการส่งผลให้ราคาต่ำลง เพื่อเพิ่มมูลค่าของกลีเซอรินจึงมีงานวิจัยที่ศึกษาวิธีการเปลี่ยนกลีเซอรินให้เป็นอนุพันธ์อื่น (Koutinas, Du, Wang, & Webb, 2008) ตัวอย่างเช่นการผลิต Ethylene Glycol และ Propylene Glycol จากกลีเซอรินโดยกระบวนการไฮโดรจีโนไลซิส (Hydrogenolysis) ซึ่งสารสองชนิดนี้มีการผลิตทั่วโลกเป็นปริมาณมากโดยสารตั้งต้นคือ Ethylene และ

Propylene จากกระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ปัจจุบัน Ethylene Glycol และ Propylene Glycol ใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมพอลิเมอร์ เช่น Polyester Fibers และ Polyethylene Terephthalate (PET) resins รวมทั้งใช้เป็นสารหล่อเย็น (Freitas, Manfro, & Souza, 2018) นอกจากนี้ยังสามารถนำไปผลิตไฮโดรเจน (Hydrogen) สารเติมแต่งในเชื้อเพลิง (Fuel additive) เมทานอล (Methanol) เอทานอล (Ethanol) อะโครลีน (Acrolein) ผลิตภัณฑ์เคมีอุตสาหกรรม (Chemical Industry Products) ผลิตภัณฑ์ยา (Pharmaceutical Products) และ ไบโอแก๊ส (Biogas) (C. A. G. Quispe, C. J. R. Coronado, & J. A. Carvalho Jr, 2013)

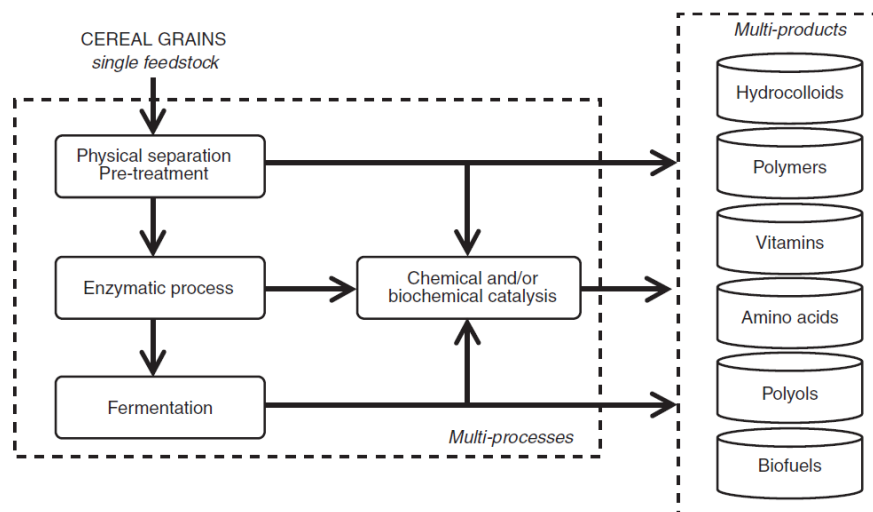


ที่มา: (Jerry Shurson, Mindy Spiehs, Jennifer Wilson, & Whitney, 2006)

ภาพที่ 4.3 กระบวนการผลิตเอทานอลจากข้าวโพดด้วยกระบวนการ Dry Mill (1) และ Wet Mill (2)

เช่นเดียวกับการผลิตเอทานอลโดยเฉพาะในสหรัฐอเมริกาที่ใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบตั้งต้น ส่วนใหญ่ผลิตเอทานอลจากกระบวนการ Dry Corn Mill โดยการบดเมล็ดข้าวโพดแล้วนำไปผสมกับน้ำและเอนไซม์ (ภาพที่ 4.3 (1)) จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดผ่านเข้ากระบวนการย่อยแป้ง (Liquefaction) โดยผสมกับเอนไซม์ก่อนเข้าสู่กระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ให้ได้เอทานอลต่อไป โดยส่วนที่ถูกแยกออกเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมคือ ส่วนผสมของจมูกข้าวโพด เส้นใย และโปรตีนที่เหวี่ยงแยกออกหลังการหมักสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ ในขณะที่ Wet Corn Mill จะมีการแช่น้ำก่อน 48 ชั่วโมง จากนั้นจึงผ่านกระบวนการโม้เปียกเพื่อแยกจมูกข้าวโพด กลูเตน เส้นใย และแป้งออกจากกัน ในกระบวนการนี้ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น แป้งสามารถนำไปใช้ทั้งในการผลิตเอ

ทานอล แป้งข้าวโพด และน้ำเชื่อม จมูกข้าวโพดสามารถใช้สกัดน้ำมันข้าวโพด แม้ว่าเทคโนโลยีในการผลิตเอทานอลแบบ Dry Corn Mill จะมีต้นทุนต่ำกว่าแต่ผลได้ของเอทานอลต่อปริมาณข้าวโพดเริ่มต้นก็ต่ำกว่าด้วยเช่นกัน (Cole Gustafson & Fewell, 2010) เช่นเดียวกับในยุโรป บริษัท Roquette ของประเทศฝรั่งเศสมีอุตสาหกรรมที่ใช้ข้าวโพดรวมทั้งแป้งจากพืชหลายชนิดเป็นวัตถุดิบเพื่อการผลิตสารเคมีชนิดต่าง ๆ มากกว่า 600 ชนิด เช่น แป้งดัดแปร สารให้ความหวาน โพลีออล รวมถึงเอทานอล ซึ่งจัดเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้แนวคิดโรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 2 เช่นกัน (ภาพที่ 4.4)



ที่มา: (Clark & Deswarte, 2008)

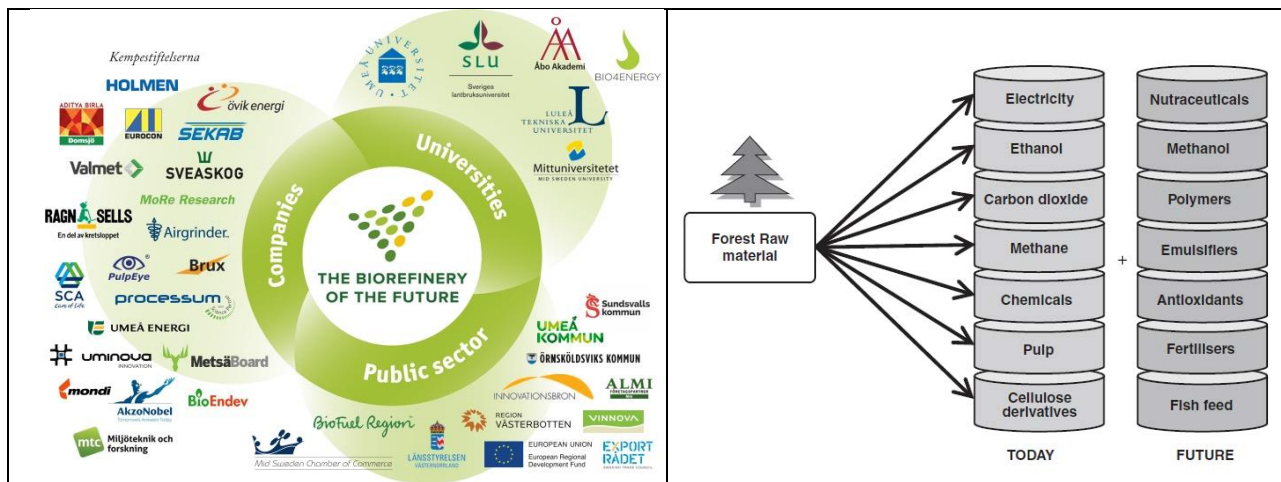
ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างระบบโรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 2

4.1.3 โรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 3 (Biorefinery Phase III)

รูปแบบของโรงกลั่นระยะที่ 3 นับว่ามีความซับซ้อนมากที่สุดเนื่องจากการรวบรวมการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่หลากหลาย ซึ่งเป้าหมายของเทคโนโลยีที่ต้องการคือนอกจากเพื่อให้สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิดแล้วแล้วยังต้องสามารถรองรับวัตถุดิบที่มีโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกันด้วย (Multiple Feedstocks, Multiple Processes and Multiple Major Products) เช่น Lignocellulose แม้ว่าข้อดีของรูปแบบโรงกลั่นระยะที่ 3 คือ ช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบเนื่องจากสามารถใช้วัตถุดิบที่หลากหลาย แต่ปัจจุบันเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปชีวมวลด้วยแนวคิดโรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 3 ยังอยู่ในระดับวิจัยและพัฒนาเนื่องจากยังขาดความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ แต่ทั้งสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา มีนโยบายสนับสนุนงานวิจัยเพื่อสร้างเทคโนโลยีที่จำเป็นอย่างต่อเนื่อง โดยวัตถุดิบสำหรับโรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 3 ที่อยู่ในขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาในปัจจุบัน เช่น Lignocellulose จากอุตสาหกรรมป่าไม้ และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว กากอ้อย รวมถึงเมล็ดและลำต้นของธัญพืช (Whole Crop Refinery) เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี

ในยุโรปมีการรวมกลุ่มระหว่าง RISE Research Institute of Sweden มหาวิทยาลัยและภาคเอกชนในปี

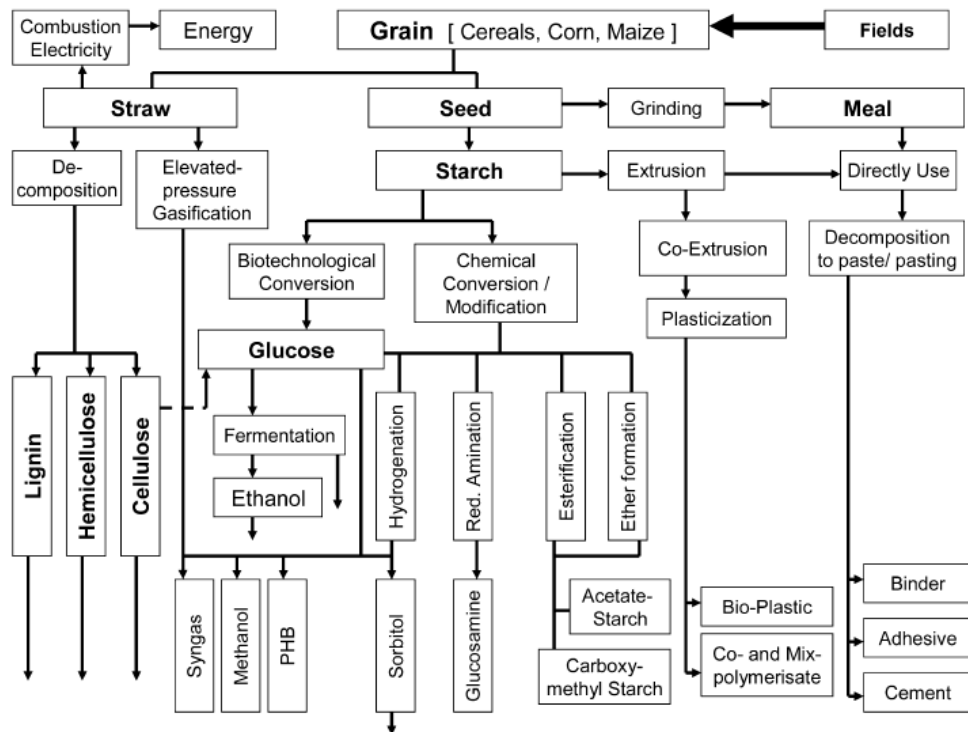
2546 ในนาม Processum ได้ดำเนินงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับโรงกลั่นชีวภาพโดยใช้ Lignocellulose เป็นวัตถุดิบ (Lignocellulose Biorefinery) เพื่อขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์จากอุตสาหกรรมป่าไม้ โดยใช้ผลผลิตจากกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษเพื่อการผลิตพลังงานและสารเคมีและผลิตภัณฑ์อีกหลายชนิด โดยอาศัยองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่แตกต่างกันของกลุ่มสมาชิก (ภาพที่ 4.5) ซึ่งศักยภาพของเทคโนโลยีด้าน Pretreatment ถือเป็นจุดแข็งของอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษที่ทำให้การต่อยอดสู่ระดับอุตสาหกรรมอื่นเป็นไปได้ได้มากขึ้นในอนาคต



ที่มา: <http://www.processum.se/en/sp-processum/our-projects/the-biorefinery-of-the-future> และ (de Jong & Jungmeier, 2015)

ภาพที่ 4.5 แนวทางของกลุ่ม Processum ในกระบวนการ Lignocellulose Biorefinery

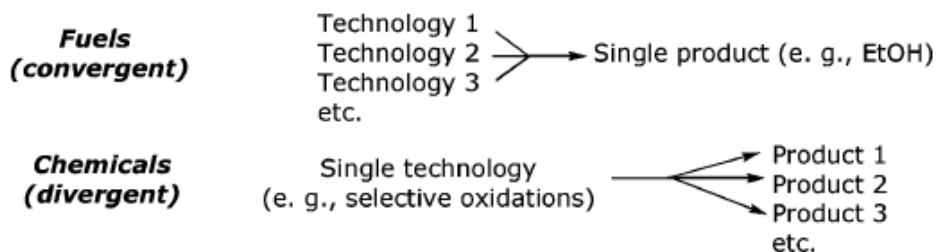
ในขณะที่สหรัฐอเมริกาซึ่งมีฐานอุตสาหกรรมเกษตรขนาดใหญ่ของข้าวโพดเพื่อผลิตทั้งอาหารคน อาหารสัตว์และพลังงานได้มีการประยุกต์ใช้แนวคิด Whole Crop Biorefinery เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากชีวมวลได้สูงสุด โดยเริ่มจากกระบวนการทางกลในการแยกส่วนต่างๆ ของข้าวโพด เช่น เมล็ด ต้น และเปลือก โดยส่วนที่เป็น Lignocellulose จะเข้าสู่กระบวนการ Pretreatment แยกเป็น Cellulose Hemicellulose และ Lignin เช่นเดียวกับ Lignocellulose Biorefinery หรือสามารถเข้าสู่กระบวนการเผา (Gasification) เพื่อให้ได้ Synthetic Gas ที่สามารถผลิตเป็นพลังงานและสารตัวกลางของสารเคมีหลายชนิดต่อไป (ภาพที่ 4.6)



ที่มา: (B. Kamm & Kamm, 2004)

ภาพที่ 4.6 แนวทางของการใช้ธัญพืชเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงกลั่นชีวภาพ (Whole Crop Biorefinery)

จากแนวคิดโรงกลั่นชีวภาพทั้งสามระยะกล่าวได้ว่าการใช้ประโยชน์จากชีวมวลเริ่มต้นจากการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการแปรรูปชีวมวลทั้งรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 โดยมีผลิตภัณฑ์หลักที่เกิดขึ้น คือ พลังงานและสารเคมี แต่แนวทางในการพัฒนาและวิจัยสำหรับชีวมวลทั้งสองรุ่นมีความแตกต่างกันซึ่งเห็นได้ชัดเจนจากโรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 1 และระยะที่ 3 โดยการพัฒนาเทคโนโลยีในการแปรรูปชีวมวลรุ่นที่ 1 มีวัตถุประสงค์หลักคือเพื่อผลิตพลังงาน ทำให้ทิศทางการวิจัยส่วนใหญ่มุ่งไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพในการแปรรูปสารตั้งต้น ได้แก่ แป้ง น้ำตาล และน้ำมันจากพืชอาหารและเพิ่มผลผลิตได้ของพลังงานชีวภาพเป็นสำคัญ กล่าวได้ว่าทุกเทคโนโลยีมีเป้าหมายเพื่อผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียวคือพลังงาน (ภาพที่ 4.7)



ที่มา: (Bozell & Petersen, 2010)

ภาพที่ 4.7 แนวทางการวิจัยเพื่อพลังงานและสารเคมีจากชีวมวล

ในขณะที่หากวัตถุดิบตั้งต้นเป็นชีวมวลรุ่นที่ 2 คือ Lignocellulose การพัฒนาเทคโนโลยีที่ให้ผลได้ของพลังงานสูงสุดเพียงอย่างเดียวไม่สามารถชดเชยต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้นจากขั้นตอนการปรับสภาพเบื้องต้น (Pretreatment) เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของ Lignocellulose ให้เป็น Cellulose Hemicellulose และ Lignin โดยเฉพาะในระดับอุตสาหกรรม การผลิตสารเคมีจากฐานชีวภาพที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่มีมูลค่าสูงกว่าพลังงานจึงเป็นแนวทางที่ต้องดำเนินการควบคู่กันไป แต่ความท้าทายของการพัฒนาเทคโนโลยีในการแปรรูปชีวมวลรุ่นที่ 2 ซึ่งมีโครงสร้างทางเคมีที่ซับซ้อน คือ จะเลือกเทคโนโลยีใดขึ้นมาพัฒนาและเพื่อการผลิตสารเคมีชนิดใดที่มีมูลค่ามากพอจะให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

4.2 การใช้สารเคมีจากชีวมวลเป็นเกณฑ์

ปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นการแปรรูปชีวมวลรุ่นที่ 1 หรือ 2 การสร้างมูลค่าเพิ่มโดยการแสวงหาเทคโนโลยีในการแปรรูปผลผลิตพลอยได้หลังจากการผลิตพลังงานเป็นวิธีการหนึ่งในการทำให้เกิดอุตสาหกรรมที่สามารถใช้ประโยชน์จากชีวมวลได้อย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตามการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีหรือลงทุนในการพัฒนาเทคโนโลยีจำเป็นต้องมีการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากสารเคมีจากฐานชีวภาพหลายชนิดที่มีมูลค่าสูงมักมีต้นทุนเทคโนโลยีในการแปรรูปสูงเช่นกัน ในสหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรปมีแนวทางในการใช้มูลค่าและขนาดตลาดของสารเคมีจากชีวมวลเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาว่าสารใดมีศักยภาพในการนำมาใช้ทดแทนสารเคมีที่ได้จากกระบวนการปิโตรเคมี โดยในปี 2556 สหรัฐอเมริการายงานว่าผลิตภัณฑ์จากสารเคมีที่ผลิตจากชีวมวลสามารถทดแทนการใช้น้ำมันปิโตรเลียมได้ถึงประมาณ 300 ล้านแกลลอน/ปี

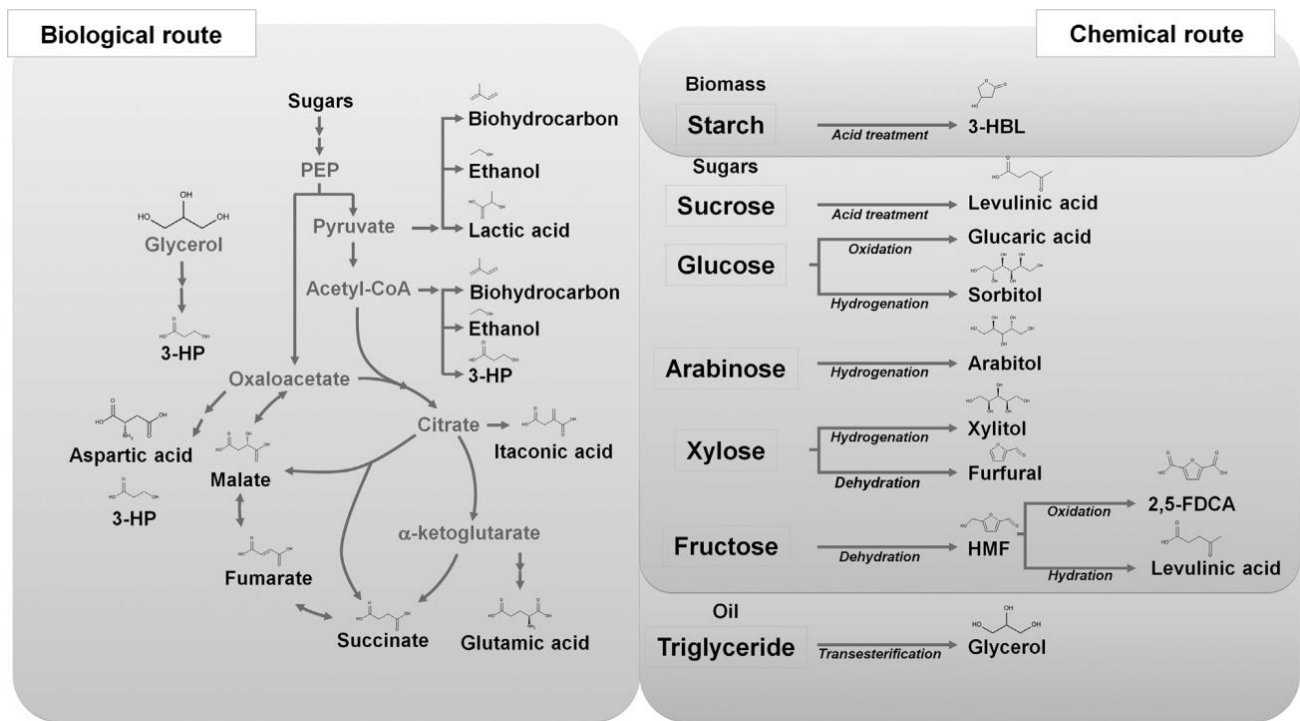
4.2.1 การคัดเลือกชนิดสารเคมีจากชีวมวล

สารเคมีจากชีวมวลที่มีการผลิตในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

- 1) Drop-in Chemicals เป็นสารที่มีโครงสร้างทางเคมีเดียวกันกับสารเคมีที่ผลิตจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและสามารถใช้แทนกันได้ ในด้านการตลาดมีความเสี่ยงน้อยกว่าแต่ข้อจำกัดคือความสามารถในการแข่งขันทางด้านราคา เช่น Ethylene Acrylic Acid Isobutanol และ Isobutene เป็นต้น
- 2) Novel Bio-Based หรือ Functional Chemicals เป็นสารชนิดใหม่ที่ไม่มีการผลิตจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีแต่มีศักยภาพเนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นที่แตกต่าง เช่น ย่อยสลายได้ ในด้านการตลาดอาจมีความยากในการสร้างตลาดใหม่รวมถึงการยอมรับจากผู้ร่วมในห่วงโซ่อุปทาน สารในกลุ่มนี้ เช่น กรดแลคติก สารประกอบฟูแรน และ Itaconic Acid เป็นต้น

เพื่อให้ทราบถึงมูลค่าของสารเคมีแต่ละชนิดในห่วงโซ่อุปทาน ทั้งสหรัฐอเมริกาและยุโรปได้ทำฐานข้อมูลเพื่อการคัดเลือกสารเคมีทั้งสองกลุ่มโดยเก็บรวบรวมข้อมูลในหลายมิติ เช่น มูลค่าทางการตลาด ความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐศาสตร์ และความเป็นไปได้ทางการตลาด ในปี พ.ศ. 2547 กระทรวงพลังงาน (Department of Energy; DOE) (Werpy et al., 2004) ของสหรัฐอเมริกาได้ประกาศ “The DOE Top Chemicals” ซึ่งเป็นสารเคมีแพลตฟอร์ม (Platform Chemicals) โดยคัดเลือกจากสารเคมีที่ผลิตจากชีวมวล

ทั้งหมดกว่า 10 ชนิด (ตารางที่ 4.1) สารเคมีแพลตฟอร์มดังกล่าวส่วนใหญ่ผลิตได้จากกระบวนการทางชีวภาพและมีบางชนิดที่สามารถผลิตได้จากทั้งกระบวนการทางชีวภาพและกระบวนการทางเคมี (ภาพที่ 4.8) โดยใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นสารตั้งต้น (Choi, Song, Shin, & Lee, 2015) ซึ่งสารเคมีที่รายงานในสหรัฐสอดคล้องกับรายชื่อสารเคมีที่คัดเลือกจาก sugar platform ของสหภาพยุโรปในปี 2558 ซึ่งในรายงานของสหภาพยุโรปมีการเปรียบเทียบมูลค่าและสัดส่วนการตลาดดังสรุปในตารางที่ 4.2 โดยสัดส่วนของสารเคมีที่เป็น Drop-in (15 ชนิด) ใกล้เคียงกับ Novel Bio-Based Chemicals (12 ชนิด) โดยจำแนกจากตลาดและเทคโนโลยีการผลิตในปัจจุบันซึ่ง Novel Bio-Based Chemicals มาจากเทคโนโลยีการหมัก



ภาพที่ 4.8 กระบวนการทางชีวภาพและทางเคมีในการผลิตสารเคมีแพลตฟอร์ม

ตารางที่ 4.1 เทคโนโลยีการแปรรูป (Conversion Technology) และการใช้ประโยชน์ของสารเคมีแพลตฟอร์มของสหรัฐอเมริกา

สารเคมี / เทคโนโลยี	การใช้ประโยชน์
1) เอทานอล ที่มา: (Choi et al., 2015)	▪ เชื้อเพลิง ▪ สารตั้งต้นของเอทิลีนซึ่งใช้ในการผลิตพอลิเมอร์ หลายชนิด เช่น Polyethylene (PE), Polyethylene Terephthalate (PET), Polyvinyl Acetate (PVA), Polyvinylchloride (PVC)

ตารางที่ 4.1 เทคโนโลยีการแปรรูป (Conversion Technology) และการใช้ประโยชน์ของสารเคมีแพลตฟอร์มของสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

สารเคมี / เทคโนโลยี	การใช้ประโยชน์
2) สารประกอบฟูแรน (Hydroxymethylfurfural, HMF) 2.1 ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล <pre>graph LR; HMF[Hydroxymethylfurfural] -- Hydrogenation --> DMF[2,5-Dimethylfuran]; HMF -- Hydrogenation --> BHMF[2,5-Bis(hydroxymethyl)-furan]; BHMF -- Hydrogenation --> BHTHF[2,5-Bis(hydroxymethyl)-tetrahydrofuran]; HMF -- Oxidation --> DFF[2,5-Diformylfuran]; DFF -- Amination --> BAF[2,5-Bis(aminomethyl)furan]; HMF -- Oxidation --> FCA[2,5-Furandicarboxylic acid]; HMF -- Hydration --> LA[Levulinic acid]; HMF -- Etherification --> OBMF[5,5-(Oxy-bis(methylene))bis-2-furfural]; HMF -- Hydrogenation --> HD[1,6-Hexanediol]; HD -- Dehydrogenation --> CL[Caprolactone]; CL -- Reaction with ammonia --> CAP[Caprolactam]; CAP -- Polymerization --> PA6[Polyamide 6];</pre> ที่มา: (Choi et al., 2015)	▪ ใช้ผลิต Caprolactam ที่ใช้ในการผลิต Polyamide 6

ตารางที่ 4.1 เทคโนโลยีการแปรรูป (Conversion Technology) และการใช้ประโยชน์ของสารเคมีแพลตฟอร์มของสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

สารเคมี / เทคโนโลยี	การใช้ประโยชน์
2.2 เฟอรัฟูรอล (Furfural) <pre>graph LR; Furfural -- Hydrogenation --> furfuryl_alcohol[furfuryl alcohol]; furfuryl_alcohol -- Hydrogenation --> Tetrahydrofurfuryl_alcohol[Tetrahydrofurfuryl alcohol]; Furfural -- Oxidation --> Furoic_acid[Furoic acid]; Furfural -- Decarbonylation --> Furan; Furan -- Hydrogenation --> Tetrahydrofuran; Furfural -- Hydrogenation --> 2_Methylfuran[2-Methylfuran]; 2_Methylfuran -- Hydrogenation --> 2_Methyltetrahydrofuran[2-Methyltetrahydrofuran]; Furfural -- Reductive amination --> Furfurylamine; Furfural -- Oxidation --> Fumaric_acid[Fumaric acid]; Furfural -- Reaction with formaldehyde --> 5_Hydroxymethylfurfural[5-Hydroxymethylfurfural];</pre>	▪ สารตั้งต้นในการผลิต Furfuryl Alcohol ใช้ในการผลิต Plastics อุตสาหกรรมยา ▪ ไม่มีข้อมูลการผลิตจากปิโตรเลียม

ที่มา: (Choi et al., 2015)

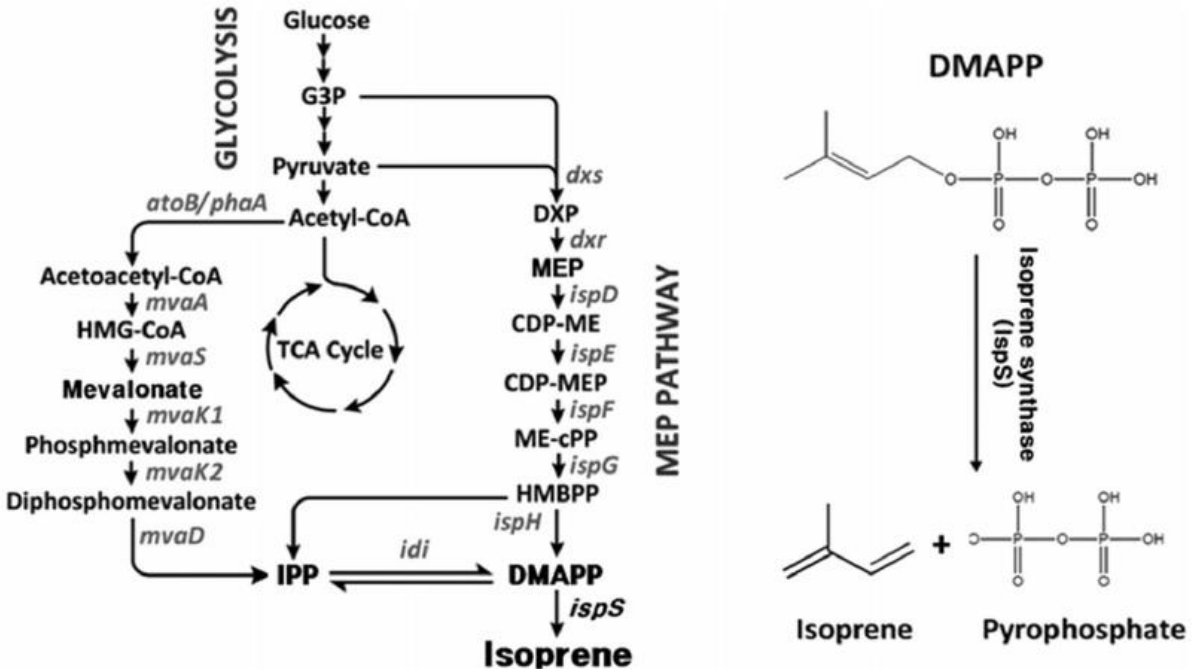
ตารางที่ 4.1 เทคโนโลยีการแปรรูป (Conversion Technology) และการใช้ประโยชน์ของสารเคมีแพลตฟอร์มของสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

สารเคมี / เทคโนโลยี	การใช้ประโยชน์
2.3 กรด 2,5-ฟิวแรนไดคาร์บอกซิลิก (2,5-Furandicarboxylic Acid, 2,5-FDCA) <pre>graph LR; A[2,5-furandicarboxylic acid] -- Hydrogenation --> B[2,5-furandicarbaldehyde]; A -- Amination --> C[2,5-Bis(aminomethyl)-tetrahydrofuran]; A -- "Polymerization with Ethylene glycol" --> D["Poly(ethylene furandicarboxylate) (PEF)"]; A -- "Polymerization with 1,4-butanediol" --> E["Poly(butylene furandicarboxylate) (PBF)"]; A -- "Polymerization with diamines" --> F[Polyamides]; A -- "Polymerization with diols" --> G[Polyester polyols]; A -- Polymerization --> H[Polycarbonates]; A -- Polymerization --> I[Plasticizers]; B -- Hydrogenation --> J[2,5-Dihydroxymethylfuran]; J -- Hydrogenation --> K[2,5-Dihydroxymethyltetrahydrofuran];</pre> ที่มา: (Choi et al., 2015)	▪ นำไปใช้เป็นโมโนเมอร์ทดแทน Diverse Polymers เช่น พอลิ (บิวทิลีนฟิวแรนไดคาร์บอกซิเลต (Poly(Butylenefuran Dicarboxylate))), พอลิเอไมด์ (Polyamides) , พอลิเอสเทอร์พอลิออล (Polyesterpolyols), พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonates) และพลาสติกไซเซอร์ (Plasticizers)

ตารางที่ 4.1 เทคโนโลยีการแปรรูป (Conversion Technology) และการใช้ประโยชน์ของสารเคมีแพลตฟอร์มของสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

สารเคมี / เทคโนโลยี	การใช้ประโยชน์
3) กลีเซอรอลและสารประกอบอนุพันธ์ในเฟสน้ำ <pre> graph LR Glycerol[Glycerol] -- "Reaction with CO2 ethylene or propylene carbonate" --> Glycerol_carbonate[Glycerol carbonate] Glycerol -- "Chlorination" --> Epichlorohydrin[Epichlorohydrin] Glycerol -- "Dehydration" --> Acrolein[Acrolein] Glycerol -- "Hydrogenolysis" --> Propylene_glycol_1[Propylene glycol] Glycerol -- "Oxidation" --> Glyceraldehyde[Glyceraldehyde] Glycerol -- "Oxidation" --> Dihydroxyacetone[Dihydroxyacetone] Glycerol -- "Dimerization" --> Diglyceraldehyde[Diglyceraldehyde] Glycerol -- "Dehydration" --> Acetol[Acetol] Glycerol -- "Dehydration" --> Formaldehyde[Formaldehyde] Glycerol -- "Dehydration" --> Acetaldehyde[Acetaldehyde] Glycerol -- "Dehydration" --> 3-Hydroxypropionic_aldehyde[3-Hydroxypropionic aldehyde] Glycerol -- "Reforming" --> Syngas[Syngas] Glycerol -- "Hydrogenolysis" --> Ethylene_glycol[Ethylene glycol] Glycerol -- "Oxidative dehydration" --> Acrylic_acid[Acrylic acid] Glycerol_carbonate -- "Etherification or esterification" --> Glycidol[Glycidol] Epichlorohydrin -- "Chlorination" --> Acrolein Acrolein -- "Dehydration" --> Propylene_glycol_1 Propylene_glycol_1 -- "Oxidation" --> Glyceric_acid[Glyceric acid] Glyceraldehyde -- "Oxidation" --> Glyceric_acid Glyceraldehyde -- "Isomerization" --> Lactic_acid_1[Lactic acid] Dihydroxyacetone -- "Isomerization" --> Lactic_acid_2[Lactic acid] Acetol -- "Hydrogenation" --> Propylene_glycol_2[Propylene glycol] </pre> ที่มา: (Choi et al., 2015)	ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเป็นอนุพันธ์ต่างๆ เช่น กลีเซอรอล คาร์บอนेट ใช้เป็นตัวทำละลายชีวภาพ เครื่องสำอาง ลิเทียมแบตเตอรี่ พอลิเมอร์หลายชนิด และสารลดแรงตึงผิว

ตารางที่ 4.1 เทคโนโลยีการแปรรูป (Conversion Technology) และการใช้ประโยชน์ของสารเคมีแพลตฟอร์มของสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

สารเคมี / เทคโนโลยี	การใช้ประโยชน์
4) ไบโอบีโอไฮโดรคาร์บอนและไอโซพรีน ผลิต Isoprene (หรือ Butadiene) ผ่านทางกระบวนการหมักทางชีวภาพด้วย <i>E.coli</i> (Jung-Hun Kim et al., 2016)  The diagram illustrates the metabolic pathway for isoprene production in <i>E. coli</i>. It starts with Glucose, which is converted to G3P and then to Pyruvate through Glycolysis. Pyruvate has two main routes: one entering the TCA Cycle and another being converted to Acetyl-CoA by the enzyme <i>atoB/phaA</i>. Acetyl-CoA is then converted to Acetoacetyl-CoA by <i>mvaA</i>, followed by HMG-CoA by <i>mvaS</i>, Mevalonate by <i>mvaK1</i>, Phosphomevalonate by <i>mvaK2</i>, and Diphosphomevalonate by <i>mvaD</i>. Diphosphomevalonate is converted to IPP by <i>mvaD</i>. IPP is in equilibrium with DMAPP via the enzyme <i>idi</i>. DMAPP is then converted to Isoprene by <i>ispS</i>. Alternatively, Pyruvate is converted to DXP by <i>dxs</i>, then to MEP by <i>dxr</i>, then to CDP-ME by <i>ispD</i>, then to CDP-MEP by <i>ispE</i>, then to ME-cPP by <i>ispF</i>, then to HMBPP by <i>ispG</i>, and finally to DMAPP by <i>ispH</i>. The MEP pathway is also shown as a vertical sequence of steps. Chemical structures for DMAPP, Isoprene, and Pyrophosphate are shown.	▪ ใช้ในการผลิตยางสังเคราะห์ ▪ ไฮโดรคาร์บอนสายยาว (C10–C23) ใช้เป็นน้ำมันเครื่องบินไอพ่น และ ดีเซล ▪ ไฮโดรคาร์บอนสายสั้น (C5–C12) ใช้สำหรับทดแทนแก๊สโซลีน

ตารางที่ 4.1 เทคโนโลยีการแปรรูป (Conversion Technology) และการใช้ประโยชน์ของสารเคมีแพลตฟอร์มของสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

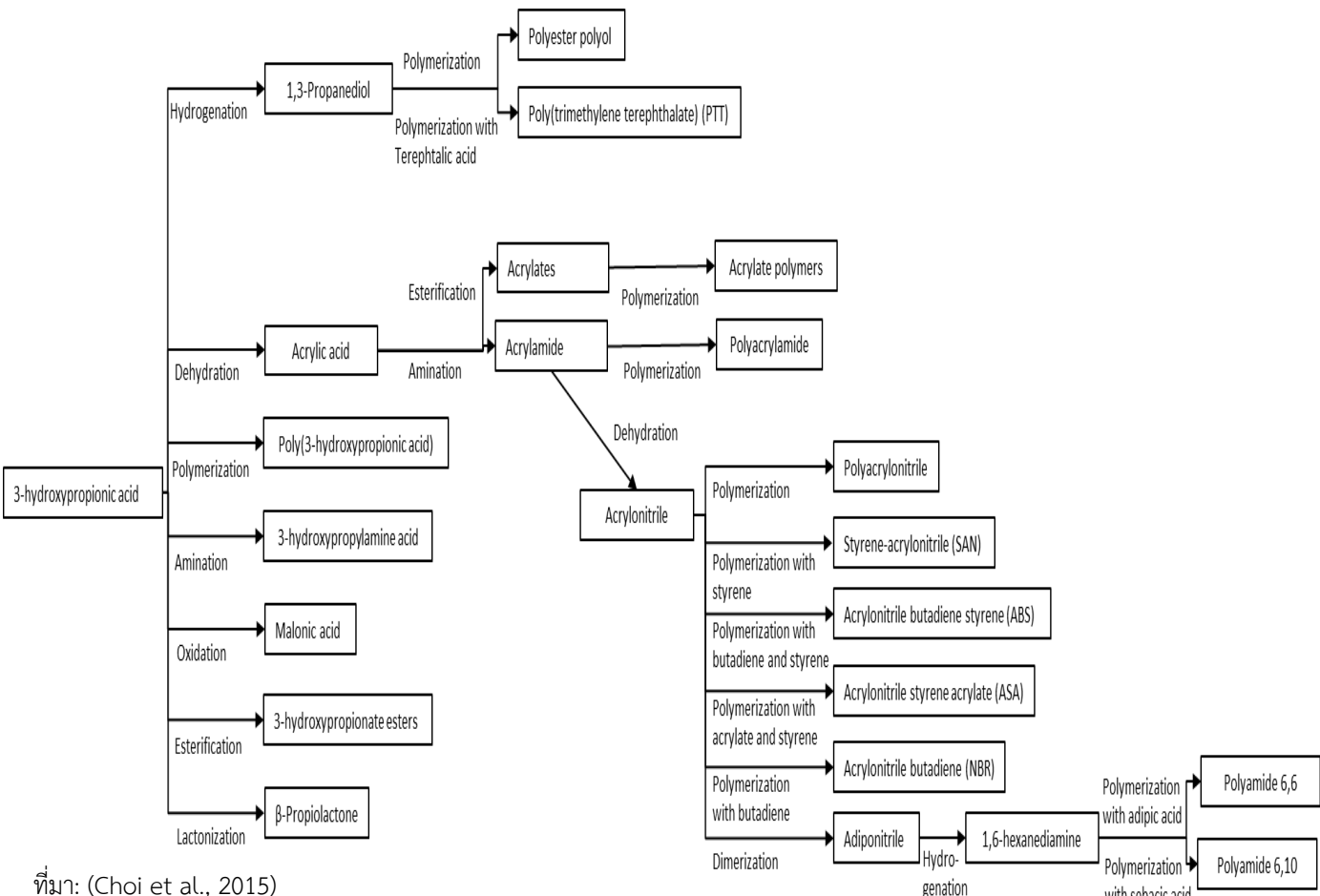
สารเคมี / เทคโนโลยี	การใช้ประโยชน์
5) กรดแลคติก (Lactic acid) <pre>graph LR LA[Lactic acid] -- Self-esterification --> Lactide Lactide -- Polymerization --> PLA[Poly(lactic acid) (PLA)] LA -- "Dehydration Followed by hydrogenation" --> PA[Propanoic acid] PA -- Ketonization --> 3P[3-pentanone] 3P -- Hydrogenation --> Pentanol LA -- Hydrogenation --> 12PD[1,2-propanediol] 12PD -- Dehydration --> PO[Propylene oxide] 12PD -- "Polymerization with unsaturated maleic anhydride and isophthalic acid" --> UPR[Unsaturated polyester resin] 12PD -- "Polymerization with Propylene oxide" --> PEO[Polyether polyol] PEO -- "Polymerization with isocyanates" --> PU[Polyurethanes] LA -- Decarboxylation --> Acetaldehyde LA -- Dehydration --> Acrylic acid LA -- Esterification --> LE[Lactate esters] LA -- Dimerization --> 23PD[2,3-Pentanedione] LA -- Oxidation --> Pyruvic acid</pre> ที่มา: (Choi et al., 2015)	▪ เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตสารเคมีและวัสดุหลายชนิด เช่น กรดอะคริลิก โพรพิลีนกลัยคอล (Propylene Glycol) กรดพิยวริก (Pyruvic Acid) อะเซทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde) 2,3-เพนเทนไดโอน (2,3-Pentanedione) เพนทานอล (Pentanol) ▪ ใช้ในการผลิตกรดโพลีแลคติก (Polylactic Acid; PLA) ซึ่งสามารถใช้เป็นพลาสติกที่ย่อยสลายได้

ตารางที่ 4.1 เทคโนโลยีการแปรรูป (Conversion Technology) และการใช้ประโยชน์ของสารเคมีแพลตฟอร์มของสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

สารเคมี / เทคโนโลยี	การใช้ประโยชน์
6) กรดซัคซินิก (Succinic Acid) <pre> graph TD SA[Succinic acid] -- Hydrogenation --> GB[γ-Butyrolactone] SA -- Hydrogenation --> BD[1,4-Butanediol] SA -- Hydrogenation --> THF[Tetrahydrofuran] GB -- Hydrogenation --> BD GB -- Reaction with ammonia --> P2[2-Pyrrolidone] GB -- Reaction with alkylamines --> NAPP[N-Alkylpyrrolidones] GB -- Reaction with ethanolamine --> NHEP[N-Hydroxyethylpyrrolidone] NHEP -- Dehydration --> NVP[N-Vinylpyrrolidone] NVP -- Polymerization --> PVP[Polyvinylpyrrolidone PVP] BD -- Dehydration --> THF BD -- Polymerization with Terephthalic acid --> PBT[Poly(butylene terephthalate) PBT] BD -- Polymerization with dicarboxylic acid --> PP1[Polyester polyols] BD -- Polymerization with dicarboxylic acid --> PP2[Polyester polyols] PP1 -- Polymerization with diisocyanates --> PU1[Polyurethane] THF -- Polymerization with alkylene oxides --> PTMEG[Poly(tetramethylene ether) glycol PTMEG] PTMEG -- Polymerization with diisocyanates --> PU2[Polyurethane] PTMEG -- Polymerization with dicarboxylic acid --> PE[Polyester] SA -- Polymerization with 1,4-butanediol --> PBS[Poly(butylene succinate) PBS] SA -- Polymerization with diols --> PP3[Polyester polyols] SA -- Reaction with ammonia --> SN[Succinonitrile] SN -- Hydrogenation --> BDA[1,4-Butanediamine] BDA -- Polymerization with adipic acid --> PA46[Polyamide 4,6] BDA -- Polymerization with sebacic acid --> PA410[Polyamide 4,10] SA -- Dehydration --> SAH[Succinic anhydride] SAH -- Dehydrogenation --> MAH[Maleic anhydride] MAH -- Hydration --> MA1[Malic acid] SA -- Oxidation --> MA2[Maleic acid] MA2 -- Isomerization --> FA[Fumaric acid] FA -- Hydration --> MA3[Malic acid] SA -- Hydrogenation Diammonium succinate --> P2 SA -- Hydrogenation Diammonium succinate --> NMP[N-Methylpyrrolidone] SA -- Esterification --> SE[Succinate esters] SA -- Amidation --> SAH2[Succinamides] </pre>	- สามารถเปลี่ยนเป็นสารประกอบเคมีที่มีมูลค่าได้หลายชนิด เช่น 1,4- บิวเทน ไดออล (1,4-Butanediol, 1,4-BDO), แกมมา-บิวทิลโรแลคโตน (Gamma-Butyrolactone, GBL), เททราไฮโดรฟูวแรน (Tetra Hydrofuran, THF) และ N-เมทิลเพอร์โรลิโดน (N-Methyl Pyrrolidone, NMP) - เป็นสารตั้งต้นในการผลิตซัคซิโนไนไตรล์ (Succinonitrile) ซึ่งนำไปใช้ต่อในการผลิต 1,4-ไดอะมีโนบิวเทน (1,4-Diaminobutane) หรือพูเทรสซีน (Putrescine) - สามารถใช้เป็นโมโนเมอร์ของพอลิเอไมด์ - ใช้เป็นโมโนเมอร์ในการผลิตพอลิเอไมด์ชีวภาพได้หลายชนิด เช่น พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (Polybutylene Succinate, PBS) - ใช้เป็นโมโนเมอร์ทดแทนกรดอะดิพิค (Adipic Acid) ในพอลิยูรีเทน

ที่มา: (Choi et al., 2015)

ตารางที่ 4.1 เทคโนโลยีการแปรรูป (Conversion Technology) และการใช้ประโยชน์ของสารเคมีแพลตฟอร์มของสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

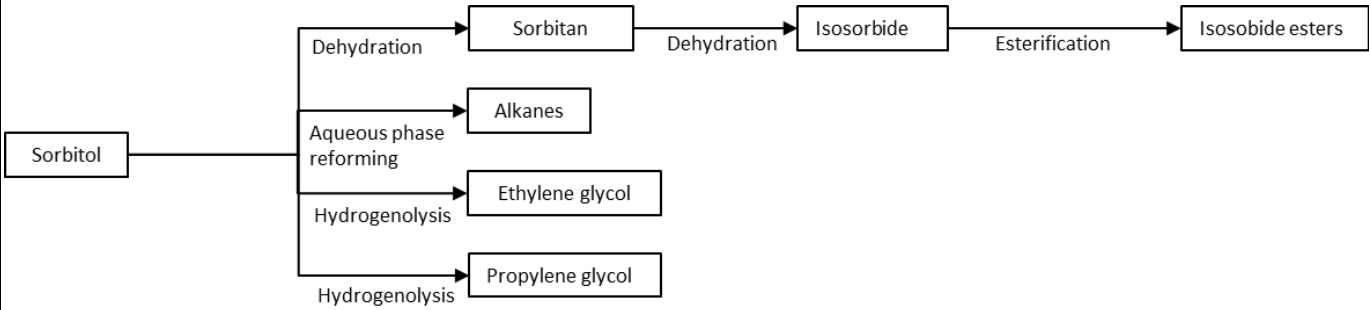
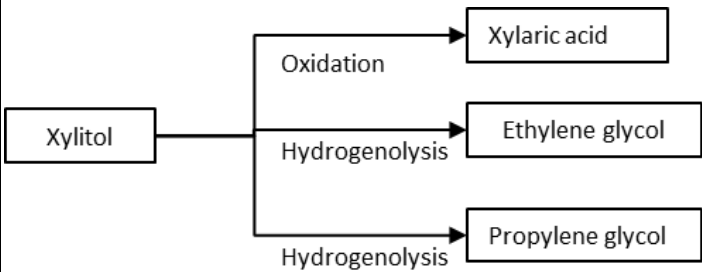
สารเคมี / เทคโนโลยี	การใช้ประโยชน์
	(Polyurethane)
7) กรดไฮดรอกซีโพรพิโอนิก และแอลดีไฮด์ (Hydroxypropionic Acid/Aldehyde)  <pre>graph LR A[3-hydroxypropionic acid] -- Hydrogenation --> B[1,3-Propanediol] A -- Dehydration --> C[Acrylic acid] A -- Polymerization --> D[Poly(3-hydroxypropionic acid)] B -- Polymerization --> E[Polyester polyol] B -- "Polymerization with Terephthalic acid" --> F["Poly(trimethylene terephthalate) (PTT)"] C -- Esterification --> G[Acrylates] C -- Amination --> H[Acrylamide] G -- Polymerization --> I[Acrylate polymers] H -- Polymerization --> J[Polyacrylamide] H -- Dehydration --> K[Acrylonitrile] K -- Polymerization --> L[Polyacrylonitrile] K -- "Polymerization with styrene" --> M[Styrene-acrylonitrile (SAN)] K -- "Polymerization with butadiene and styrene" --> N[Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)] K -- "Polymerization with acrylate and styrene" --> O[Acrylonitrile styrene acrylate (ASA)] K -- "Polymerization with butadiene" --> P[Acrylonitrile butadiene (NBR)] K -- Dimerization --> Q[Adiponitrile] Q -- Hydro-generation --> R[1,6-hexanediamine] R -- "Polymerization with adipic acid" --> S[Polyamide 6,6] R -- "Polymerization with sebacic acid" --> T[Polyamide 6,10] A -- Amination --> U[3-hydroxypropylamine acid] A -- Oxidation --> V[Malonic acid] A -- Esterification --> W[3-hydroxypropionate esters] A -- Lactonization --> X[beta-Propiolactone]</pre>	■ ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีอนุพันธ์หลายชนิด เช่น 1,3-โพรเพนไดออล (1,3-Propanediol) กรดอะคริลิก 3-ไฮดรอกซีโพรพิลามีน (3-Hydroxypropylamine), กรดมาโลนิก (Malonic Acid) และ บีต้า-โพรพิโอแลคโตน (B -Propiolactone)

ที่มา: (Choi et al., 2015)

ตารางที่ 4.1 เทคโนโลยีการแปรรูป (Conversion Technology) และการใช้ประโยชน์ของสารเคมีแพลตฟอร์มของสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

สารเคมี / เทคโนโลยี	การใช้ประโยชน์
8) กรดลิววูลินิก (Levulinic Acid) <pre> graph LR LA[Levulinic acid] -- Dehydration --> AL[Angenlica lactone] LA -- Esterification --> LE[Levulinate esters] LA -- Oxidation --> SA[Succinic acid] LA -- Oxidation --> AAC[Acetyl acrylic acid] LA -- Oxidation --> AASA[Acetic-acrylic succinic acids] LA -- Condensation --> DA[Diphenolic acid] LA -- Amination --> AALA[5-Aminolevulinic acid] LA -- Hydrogenation --> VA[Valeric acid] LA -- Hydrogenation --> VGL[gamma-Valerolactone] VGL -- Ring opening and hydrogenation --> PA[Pentanoic acid] VGL -- Reaction with formaldehyde --> MVGL[alpha-Methylene-gamma-Valerolactone] VGL -- Hydrogenation --> P14[1,4-Pentandiol] VGL -- Decarbonylation --> B[Butene] PA -- Ketonization and hydrogenation --> 5N[5-nonanol] 5N -- Dehydration and Hydrogenation --> C9[C9 Alkanes] 5N -- Dehydration, isomerization and hydrogenation --> BC9[Branched C9 alkanes] 5N -- Dehydration, isomerization and hydrogenation --> C18[C18 Alkanes] P14 -- Dehydration --> MTHF[2-Methyltetrahydrofuran] B -- Hydrogenation and oligomerization --> C12[C12 Alkanes] </pre> ที่มา: (Choi et al., 2015)	▪ กรดลิววูลินิก (Manzer, 2004) GVL ถูกใช้เป็นสารเติมแต่งในแก๊สโซลีน ▪ ใช้เป็นสารเคมีที่เป็นแพลตฟอร์มสำหรับผลิตสารอนุพันธ์อื่นๆ เช่น การผลิตเมธิลเทตราไฮโดรฟิวแรน 1,4-เพนเทนไดออล แกมมา-วาเลิโกลแลคโตน (γ-Valerolactone; GVL) กรดไดฟีนอลิก (Diphenolic Acid) และกรด 5-อะมิโนลิววูลินิก (5-Aminolevulinic Acid)

ตารางที่ 4.1 เทคโนโลยีการแปรรูป (Conversion Technology) และการใช้ประโยชน์ของสารเคมีแพลตฟอร์มของสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

สารเคมี / เทคโนโลยี	การใช้ประโยชน์
9) ซอร์บิทอล (Sorbitol)  <pre> graph LR Sorbitol -- Dehydration --> Sorbitan Sorbitol -- Aqueous phase reforming --> Alkanes Sorbitol -- Hydrogenolysis --> Ethylene_glycol[Ethylene glycol] Sorbitol -- Hydrogenolysis --> Propylene_glycol[Propylene glycol] Sorbitan -- Dehydration --> Isosorbide Isosorbide -- Esterification --> Isosorbide_esters[Isosorbide esters] </pre> ที่มา: (Choi et al., 2015)	▪ เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารอนุพันธ์หลายชนิด เช่น สารประกอบไอโซซอร์ไบด์ (Isosorbide) โพรพิลีนกลัยคอลและเอธิลีนกลัยคอล และสารประกอบอัลเคนสายสั้น
10) ไชลิทอล (Xylitol)  <pre> graph LR Xylitol -- Oxidation --> Xylaric_acid[Xylaric acid] Xylitol -- Hydrogenolysis --> Ethylene_glycol[Ethylene glycol] Xylitol -- Hydrogenolysis --> Propylene_glycol[Propylene glycol] </pre> ที่มา: (Choi et al., 2015)	▪ ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น เป็นอาหาร เครื่องสำอาง และเภสัชศาสตร์ ▪ ไชลิทอลสามารถเปลี่ยนเป็นกรดไซลาริก (Xylaric Acid) เอธิลีนกลัยคอล หรือโพรพิลีนกลัยคอล ได้

ตารางที่ 4.2 ราคาและมูลค่าตลาดโดยประมาณของสารเคมีจากชีวมวลและตลาดสารเคมีทั้งหมด

EUROPE**	Bio-based market				Total market (bio+fossil)		
	Price (\$/t)	Volume (ktpa)	Sales (m\$/y)	% of total market	Price (\$/t)	Volume (ktpa)	Sales (m\$/y)
Acetic acid	617	1,357	837	10%	617	13,570	8,373
Ethylene	1,300-2,000	200	260-400	0.2%	1,100-1,600	127,000	140,000-203,000
Ethylene glycol	1,300-1,500	425	553-638	1.5%	900-1,000	28,000	25,200-30,800
Ethanol	815	71,310	58,141	93%	823	76,667	63,141
3-HPA	1,100	0.04	0.04	assumed 100%	1,100	0.04	0.04
Acetone	1,400	174	244	3.2%	1,400	5,500	7,700
Acrylic acid	2,688	0.3	0.9	0.01%	2,469	5,210	12,863
Lactic acid	1,450	472	684	100%	1,450	472	684
1,3-propanediol (PDO)	1,760	128	225	100%	1,760	128	225
1,4-butanediol (BDO)	>3,000	3.0	9	0.1%	1,800-3,200	2,500	4,500-8,000
Isobutanol	1,721	105	181	21%	1,721	500	860
n-butanol	1,890	590	1,115	20%	1,250-1,550	3,000	3,750-4,650
Iso-butene	>>1,850	0.01	0.02	0.00006%	1,850	15,000	27,750
Succinic acid	2,940	38	111	49%	2,500	76	191
Furfural	1,000-1,450	300-700	300-1,015	assumed 100%	1,000-1,450	300-700	19300-1,015
Isoprene	>2,000	0.02	0.04	0.002%	2,000	850	1,700
Itaconic acid	1,900	41	79	assumed 100%	1,900	41.4	79
Levulinic acid	6,500	3.0	20	assumed 100%	6,500	3.0	20
Xylitol	3,900	160	624	assumed 100%	3,900	160	624
FDCA	NA (high)	0.045	10	assumed 100%	NA (high)	0.045	10
5-HMF	>2,655	0.02	0.05	20%	2,655	0.1	0.27
Adipic acid	2,150	0.001	0.002	0.00003%	1,850-2,300	3,019	5,600-6,900
Sorbitol	650	164	107	assumed 100%	650	164	107
p-xylene	1,415	1.5	2.1	0.004%	1,350-1,450	35,925	48,500-52,100
Farnesene	5,581	12	68	assumed 100%	5,581	12.2	68
Algal lipids	>>1,100	122	>122	assumed 100%	>>1,000	122	>122
Polyhydroxylalkanoates (PHAs)	6,500	17	111	assumed 100%	6,500	17	111

ที่มา: (E4Tech, 2015)

ในการศึกษาเพื่อประเมินสถานภาพเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสารเคมีจากชีวมวล มีการสำรวจเทคโนโลยี ตลาด โดยข้อมูลในการผลิตสารเคมีจากชีวมวลของสหภาพยุโรปที่มุ่งเน้นไปที่สารเคมีที่ผลิตจาก Sugar Platform ใช้เกณฑ์เบื้องต้นในการจัดทำฐานข้อมูลคล้ายคลึงกับในสหรัฐอเมริกา แต่มีการเพิ่มเติมการวิเคราะห์ความสามารถในการแข่งขันของสหภาพยุโรปกับภูมิภาคอื่นในโลก เช่น อเมริกาเหนือ อเมริกาใต้ และ เอเชีย ในการสำรวจสถานภาพเทคโนโลยีการผลิตสารเคมีใช้พารามิเตอร์หลักคือ TRL (Technology Readiness Level) เป็นตัวเลขกำหนดจากระดับ 1 ถึง 9 โดยมีคำจำกัดความดังแสดงในตารางที่ 4.3

ในการกำหนดระดับ TRL นี้อาจไม่สามารถใช้กำลังการผลิต (Plant Capacity) เพียงอย่างเดียวเป็นตัวชี้วัดสถานภาพเทคโนโลยีได้เนื่องจากระดับของขนาดการผลิตสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากัน ซึ่งกำลังการผลิตในระดับต้นแบบของผลิตภัณฑ์หนึ่งอาจเป็นการผลิตระดับเชิงพาณิชย์ของอีกผลิตภัณฑ์หนึ่ง ดังนั้นสหภาพยุโรปใช้ปริมาณการผลิตต่อปี (Ktpa; Kilo Tons Per Annum) เป็นเกณฑ์

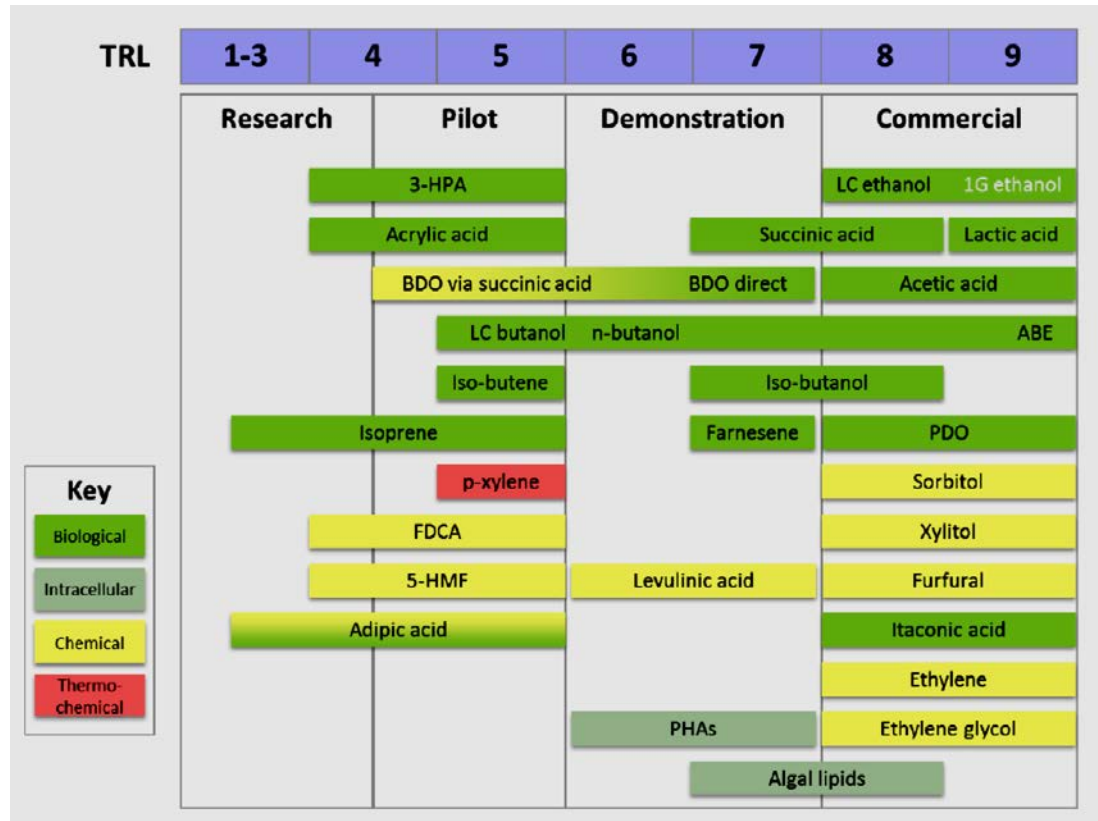
ตารางที่ 4.3 ข้อกำหนดระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (TRL; Technology Readiness Level)

TRL	Plant stage	Definition
1	Basic research	Principles postulated and observed but no experimental proof available
2	Technology formulation	Concept and application have been formulated
3	Applied research	First laboratory tests completed; proof of concept
4	Small scale prototype	Built in a laboratory environment ("ugly" prototype)
5	Large scale prototype	Tested in intended environment
6	Prototype system	Tested in intended environment close to expected performance
7	Demonstration system	Operating in operational environment at pre-commercial scale
8	First of a kind commercial system	Manufacturing issues solved
9	Full commercial application	Technology available for consumers

ที่มา: (E4Tech, 2015)

ผลการสำรวจข้อมูลพบว่าเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตสารเคมีจากชีวมวลจำแนกได้เป็น 4 เทคโนโลยีหลัก คือ กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Process) กระบวนการปลดปล่อยจากเซลล์ (Intracellular Process) กระบวนการทางเคมี (Chemical Process) และ กระบวนการทางเคมีความร้อน (Thermochemical Process) ในภาพที่ 4.9 แสดงข้อมูลระดับความพร้อมของเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตสารต่าง ๆ จากน้ำตาล / คาร์โบไฮเดรต ตั้งแต่ระดับงานวิจัย (TRL1-4) จนถึงระดับการผลิตเชิงพาณิชย์ (TRL 8-9) ยกเว้นในกรณี LC Ethanol หมายถึงใช้ Lignocellulose เป็นวัตถุดิบ ผลการวิเคราะห์จากอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า กระบวนการทางชีวภาพ และกระบวนการทางเคมี เป็นสองกระบวนการหลักที่ใช้ในระดับเชิง

พาณิชย์ ซึ่งข้อมูลวิเคราะห์ว่าระยะเวลาในการขยายขนาดการผลิตจากระดับ Pilot Scale (TRL5) ไปสู่ระยะเชิงพาณิชย์ (TRL8) อาจใช้เวลาอย่างน้อย 10 ปี ในกรณีที่สภาพแวดล้อมเอื้ออำนวย (นโยบาย สภาพเศรษฐกิจ ความต้องการของตลาด ชนิดของเทคโนโลยี และผู้ผลิตต้นน้ำและปลายน้ำที่เกี่ยวข้อง)



ภาพที่ 4.9 ระดับความพร้อมของเทคโนโลยีในการผลิตสารเคมีจากชีวมวล

จากข้อมูลของการแปรรูปชีวมวลในทั้งสองกรณี พบว่าการใช้แนวทางโรงกลั่นชีวภาพในการผลิตสารชีวเคมีจะใช้วัตถุดิบเริ่มต้นและโครงสร้างของอุตสาหกรรมเดิมเป็นตัวขับเคลื่อนการพัฒนาเทคโนโลยี ในขณะที่การใช้ชนิดของสารชีวเคมีมีมูลค่าความต้องการของตลาดและระดับความพร้อมของเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญ โดยอุตสาหกรรมที่เข้ามามีบทบาทสำคัญในการผลิตสารเคมีจากชีวมวลประเภท Drop-In Chemicals ได้แก่ อุตสาหกรรมเคมีเดิมที่มีฐานการผลิตสารเคมีจากน้ำมันปิโตรเลียม โดยปัจจัยสำคัญที่จะผลักดันให้เกิดการผลิตสารเคมีจากชีวมวลในเชิงพาณิชย์คือ ราคาที่สามารถแข่งขันได้ ซึ่งการศึกษาข้อมูลดังกล่าวทำให้สามารถกำหนดแนวทางที่ชัดเจนได้มากขึ้นซึ่งเป็นประโยชน์ต่อทั้งแนวทางการพัฒนานโยบายการขับเคลื่อนเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มและสามารถแข่งขันได้กับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

4.3 แนวทางการผลิตสารเคมีพลังงานและสารเคมีจากชีวมวลในประเทศไทย

จากข้อมูลอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานและสารเคมีจากชีวมวลพบว่าประเทศไทยยังคงใช้ชีวมวลรุ่นที่ 1 ได้แก่ อ้อย และมันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตพลังงานและสารเคมี ดังแสดงในภาพที่ 4.10 สารชีวเคมีที่มีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมของประเทศ ได้แก่ กรดแลคติก กรดซิตริก กลีเซอริน ไลซีน และซอร์บิทอล โดยเอกชนผู้ผลิตมีทั้งบริษัทของประเทศไทย และบริษัทร่วมทุนจากต่างประเทศ เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบันของประเทศไทยมีลักษณะเป็นแบบโรงกลั่นชีวภาพระยะที่ 1 เช่น ในกรณีที่วัตถุดิบเริ่มต้นเป็นน้ำมันปาล์ม ซึ่งมีการนำไปใช้ผลิตไบโอดีเซลและเมทิลเอสเตอร์ เป็นผลผลิตพลอยได้ แต่ยังไม่มีการใช้เทคโนโลยีเพิ่มเติมในการแปรรูปกลีเซอริน เป็นสารเคมีชนิดอื่นที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น และในกรณีของกรดแลคติก ซึ่งเป็น Novel Bio-Based Chemicals ผู้ผลิตหลักที่อยู่ในประเทศไทยเป็นบริษัทข้ามชาติจากประเทศเนเธอร์แลนด์ (Corbion) เนื่องจากสถานภาพเทคโนโลยีของประเทศไทยส่วนใหญ่ยังอยู่ในระดับห้องปฏิบัติการ ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีหรือเลือกใช้เทคโนโลยีจากต่างประเทศที่มีอยู่เพื่อการผลิตสารเคมีจากชีวมวลของประเทศไทย จำเป็นต้องพิจารณาห่วงโซ่มูลค่าว่าสารเคมีที่สามารถผลิตได้จะมีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างไรในผลิตภัณฑ์สุดท้ายประเภทใด เพื่อช่วยในการกำหนดทิศทางว่าอุตสาหกรรมการผลิตสารเคมีจากชีวมวลชนิดใดมีความพร้อมมากที่สุดสำหรับประเทศไทย

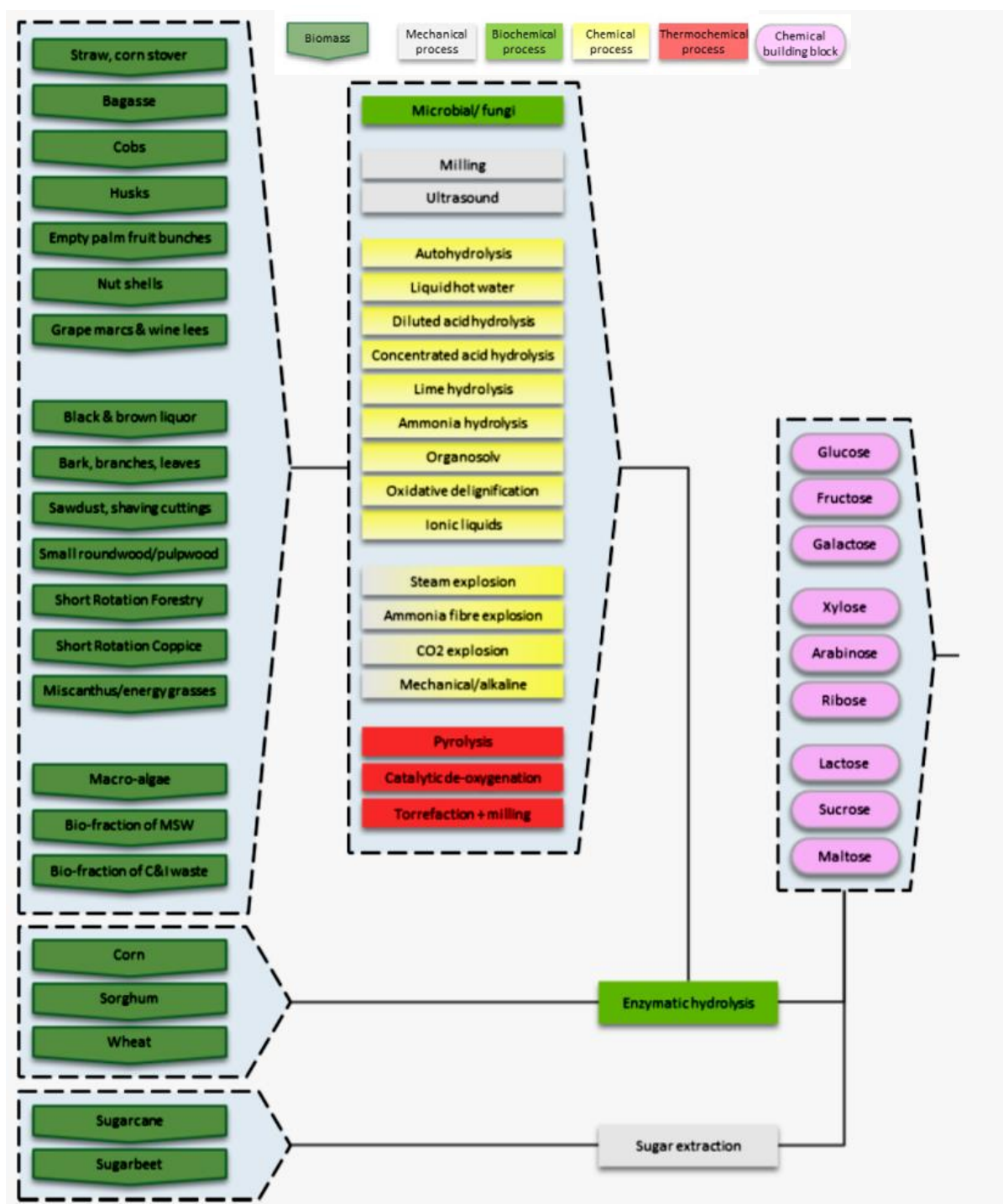
Commercial production of biofuels, chemicals and materials in Thailand

Agriculture	Industry		Companies
	types	products	
 Sugarcane Cassava Palm	Biofuels	Ethanol 1,058 mil L/yr	
		Biodiesel 1,168 mil L/yr	
	Bioenergy	Biogas 1,523 mill m ³ /yr	
		Biomass to Electricity 2,321 MW	
	Biochemicals	Lactic acid 100,000 t/yr	
		Citric acid 15,000 t/yr	
		Glycerine 117 mil L/yr	
		Sorbitol 43,000 t/yr	
		Lysine 47,000 t/yr	
		Oleochemicals 120,000 t/yr	
	Bioplastic	PBS 20,000 t/yr	
		PLA 75,000 t/yr	

Source : Modified from Petroleum Institute of Thailand and Sasin Management Consulting, 2015

ภาพที่ 4.10 อุตสาหกรรมชีวภาพปัจจุบันที่มีในประเทศไทย (Bhumiratana, 2016)

นอกจากสารเคมีจากชีวมวลรุ่นที่ 1 แล้ววัตถุดิบประเภท Lignocellulose ยังนับเป็นแหล่งชีวมวลสำคัญในการผลิตสารเคมี แม้ว่าจะมีงานวิจัยจำนวนมากมุ่งเน้นในการนำชีวมวลกลุ่มนี้มาใช้ประโยชน์ทั้งเพื่อการผลิต Cellulosic Ethanol และสารเคมีเช่น Sugar Alcohol ซึ่งใช้เป็นสารให้ความหวานแต่เทคโนโลยียังคงอยู่ในระดับห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ข้อจำกัดหลัก คือ ต้นทุน เนื่องจาก Pretreatment จัดเป็นขั้นตอนที่มีราคาแพงในการเปลี่ยน Lignocellulose ให้เป็นน้ำตาลชนิดต่างๆ เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมี (Chemical Building Blocks) ดังแสดงในภาพที่ 4.11 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับชีวมวลรุ่นที่ 1 เช่น อ้อย กระบวนการเปลี่ยนเป็นน้ำตาลใช้เพียงแค่วิธีทางกล หรือกรณีของแป้ง เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และข้าวสาลี ที่ใช้เอนไซม์ในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การทำ Pretreatment ของชีวมวล Lignocellulose ยังจัดว่ามีความซับซ้อนมาก แต่หากพิจารณาจากอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษจัดว่าเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้กระบวนการ Pretreatment เป็นหลักดังนั้นต้นทุนและระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอาจไม่ใช่ปัญหาหลัก จึงอาจเป็นอีกอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีบทบาทในการผลิตสารเคมีจากชีวมวล



ที่มา: (E4Tech, 2015)

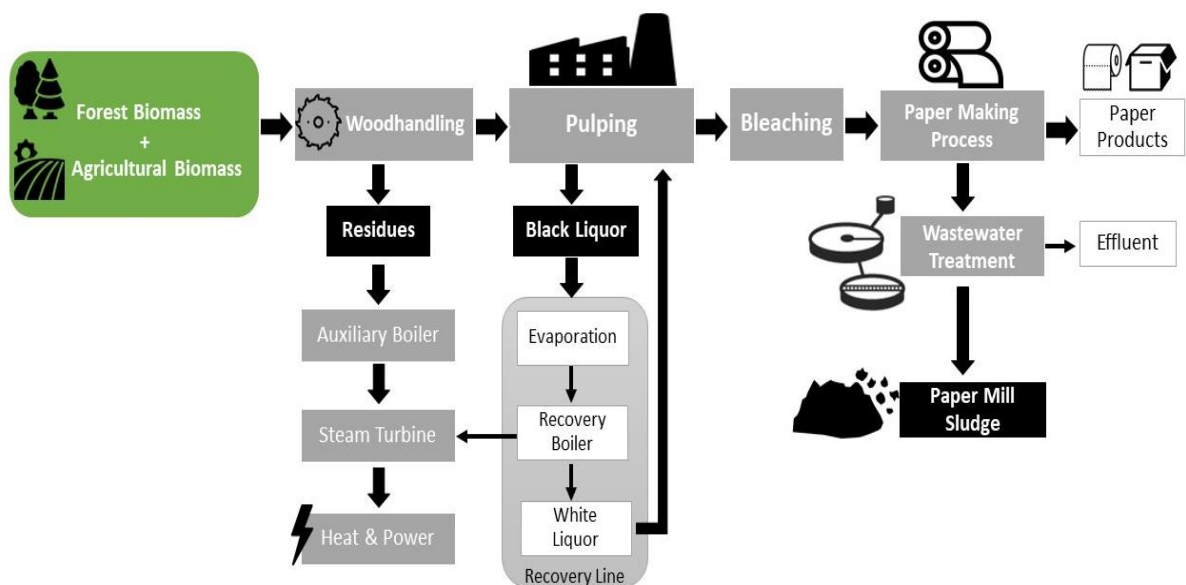
ภาพที่ 4.11 วิธีการการปรับสภาพเบื้องต้น (Pretreatment) ของชีวมวลชนิดต่างๆ ไปเป็นน้ำตาล

4.4 อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษสู่การแปรรูปชีวมวลอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

4.4.1 กระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษ

โรงงานเยื่อกระดาษ เป็นโรงงานที่ทำการแปรรูป ไม้ กระดาษรีไซเคิล หรือ วัตถุดิบอื่น ๆ ที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ไปเป็นเยื่อ จากนั้นเยื่อที่ได้จะถูกนำไปผลิตเป็นกระดาษและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องต่อไป สำหรับในบางประเทศยังสามารถผลิตเยื่อกระดาษจากวัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้ได้ เช่น ชานอ้อย ฝั่ ฟาง ปอ และ ป่าน เป็นต้น

ขั้นตอนหลักๆ ในการผลิตเยื่อและกระดาษในโรงงานอุตสาหกรรมเริ่มจาก การเตรียมวัตถุดิบ โดยการ ขนลำเลียงไม้ซุงเข้าสู่โรงงาน แล้วเข้าสู่กระบวนการลอกเปลือก (Debarking) จากนั้นเป็นการสับย่อยไม้เป็นชิ้นเล็กๆ (Chipping) จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการต้มเยื่อ ฟอกเยื่อ และ การผลิตกระดาษ โดยที่โรงงานผลิตเยื่อและโรงงานผลิตกระดาษอาจอยู่แยกกันหรืออยู่รวมกันก็ได้ (Gary A., 1994; Hamaguchi, Cardoso, & Vakkilainen, 2012) โดยภาพจำลองกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษในโรงงานอุตสาหกรรมแสดงดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 กระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษในโรงงานอุตสาหกรรม

การผลิตเยื่อกระดาษสามารถใช้ทั้งวิธีทางเคมีและทางกล โดยวิธีทางกล (Mechanical Pulping) จะใช้หลักการบดไม้ให้เป็นเยื่อด้วยเครื่องมือแบบต่างๆ กัน เช่น ใช้หินบด เรียกว่า Stone Groundwood Pulping ใช้จานหรือเฟืองบด เรียกว่า Refiner Groundwood Pulping ใช้ความร้อนช่วยขณะที่ใช้จานหรือเฟืองบดเรียกว่า Thermomechanical Pulping เป็นต้น สำหรับการผลิตเยื่อกระดาษโดยวิธีเคมี (Chemical Pulping) เป็นการผลิตเยื่อโดยใช้สารเคมีสกัดลิกนิน และ ส่วนประกอบทางเคมีอื่นๆ ออกจากเนื้อไม้ให้มากที่สุด เหลือไว้แต่เซลลูโลส ปัจจุบันมีการผลิตเยื่อเชิงเคมีอยู่ 2 ประเภทที่เป็นที่นิยม คือ 1. กระบวนการคราฟท์ (Kraft Pulping) หรือกระบวนการซัลเฟต

(Sulphate Pulping) และ 2. กระบวนการซัลไฟท์ (Sulphite Pulping) อย่างไรก็ตามการผลิตเยื่อเคมีส่วนใหญ่ร้อยละ 90 เป็นการผลิตจากกระบวนการซัลเฟต เยื่อเคมีที่ได้จะมีคุณภาพดีกว่าเยื่อที่เตรียมจากวิธีอื่น ทั้งทางด้านความเหนียวและปฏิกิริยาต่อการฟอกสี แต่ผลผลิตเยื่อจะต่ำกว่า (สมหวัง ขันตยานวงศ์, 2550)

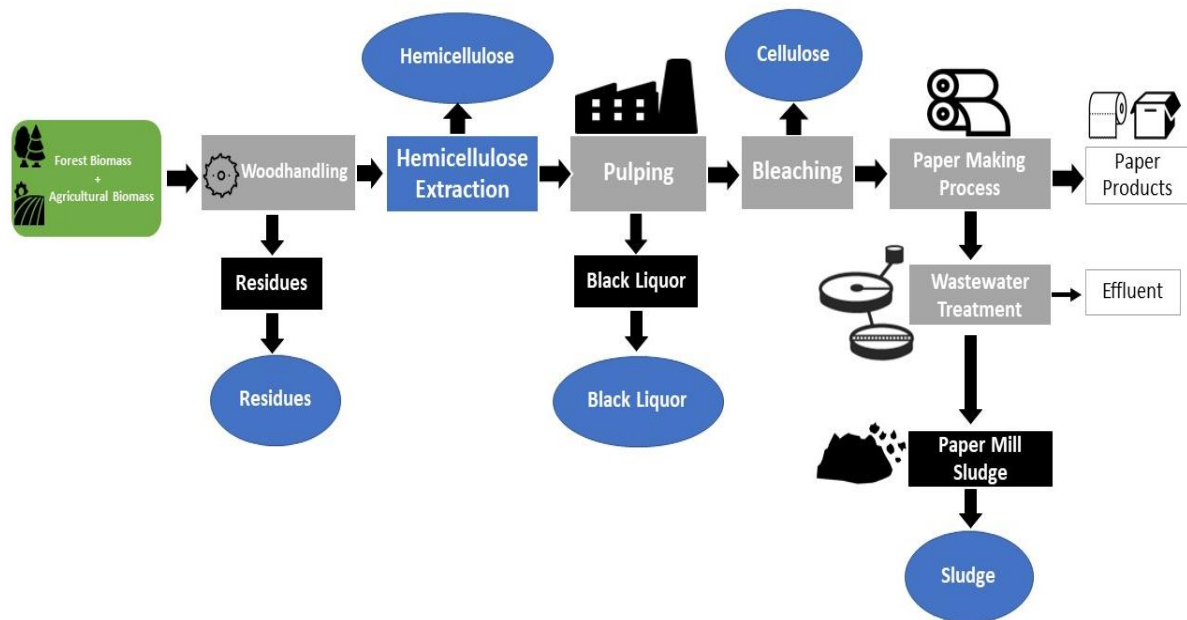
กระบวนการคราฟท์นั้น สารเคมีที่ใช้สำหรับต้มชิ้นไม้สับ ประกอบด้วยสารละลายผสมระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมซัลไฟด์ (White Liquor) โดยทั่วไปจะกำหนดให้อัตราส่วนของสารเคมีเริ่มต้นต่อชิ้นไม้สับ (Liquor To Wood Ratio) มีค่าเท่ากับ 5:1 ปรับอุณหภูมิของหม้อต้มให้มีอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นค่อยเพิ่มอุณหภูมิของหม้อต้มอย่างช้าๆ (ประมาณ 1.5 องศาเซลเซียสต่อนาที) จนมีอุณหภูมิตามที่กำหนด โดยทั่วไปอุณหภูมิสูงสุดในการผลิตเยื่อกระดาษด้วยกระบวนการคราฟท์จะมีอุณหภูมิประมาณ 150-170 องศาเซลเซียส ชิ้นไม้สับที่ได้ภายหลังการต้มจะมีลักษณะนิ่มสามารถนำมาแยกเป็นเส้นใยได้ เยื่อกระดาษหรือเส้นใยที่ผลิตได้จะถูกนำมาล้างด้วยน้ำสะอาดจนหมดความเป็นด่าง สำหรับสารละลายสีดำหรือแบล็กคลิกเคอร์ (Black Liquor) ที่เหลือจากการผลิตเยื่อกระดาษด้วยกระบวนการคราฟท์จะถูกนำไปเผา ผ่านกระบวนการเพื่อนำสารเคมีกลับมาใช้ใหม่ (Chemical Recovery Process)

เยื่อกระดาษที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าวมาแล้ว ถ้าต้องการนำไปใช้ทำกระดาษที่มีสีขาวก็ต้องผ่านกระบวนการฟอกเยื่อ วัตถุประสงค์ของการฟอกขาวคือการกำจัดลิกนินที่เหลืออยู่หลังกระบวนการต้มเยื่อ ด้วยสารเคมีสำหรับฟอกขาว เช่น ออกซิเจน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โอโซน กรดเปอร์อะซิติค โซเดียมไฮโปคลอไรต์คลอรีนไดออกไซด์ และ คลอรีน เป็นต้น จากอดีตที่เคยใช้สารคลอรีนเป็นหลักในการฟอกเยื่อ ปัจจุบันในโรงงานที่ทันสมัย ออกซิเจนจะถูกใช้ในขั้นตอนแรกของการฟอกเยื่อ เนื่องจากต้องการหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีประเภทคลอรีน โดยเราจะเรียกการฟอกเยื่อที่ปราศจากสารคลอรีนว่า กระบวนการ Total Chlorine Free Bleaching (TCF) ซึ่งกระบวนการ TCF นี้ ช่วยให้น้ำทิ้งจากกระบวนการฟอกสามารถถูกป้อนเข้าไปในหม้อไอน้ำสำหรับการผลิตไอน้ำได้ จากนั้นจะใช้ไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าซึ่งจะช่วยลดปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยออกมา แต่สำหรับกระดาษบางชนิดยังจำเป็นต้องมีการใช้สารคลอรีนไดออกไซด์ร่วมด้วยในกระบวนการฟอกเยื่อ เราจะเรียกกระบวนการฟอกเยื่อนี้ว่ากระบวนการ Elemental Chlorine Free Bleaching (ECF) ซึ่งกระบวนการ TCF และ ECF เป็นกระบวนการฟอกเยื่อที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

จากนั้นเยื่อที่เตรียมได้จะถูกนำไปสู่กระบวนการผลิตกระดาษ โดยการนำเยื่อหลายชนิดผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้กระดาษคุณภาพตามต้องการ ถ้าจะเติมสารเคมีบางชนิดเพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพของกระดาษก็ทำได้ในขั้นตอนนี้ ผ่านเยื่อผสมนี้ไปตามตะแกรงลวดซึ่งเคลื่อนที่ ส่วนที่เป็นน้ำจะไหลผ่านตะแกรง เหลือเยื่อจับตัวสานกันเป็นแผ่น แล้วผ่านเข้าลูกกลิ้งอบทำให้แห้ง จะได้กระดาษตามต้องการ

4.4.2 ศักยภาพในการเปลี่ยนอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษสู่การแปรรูปชีวมวลอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

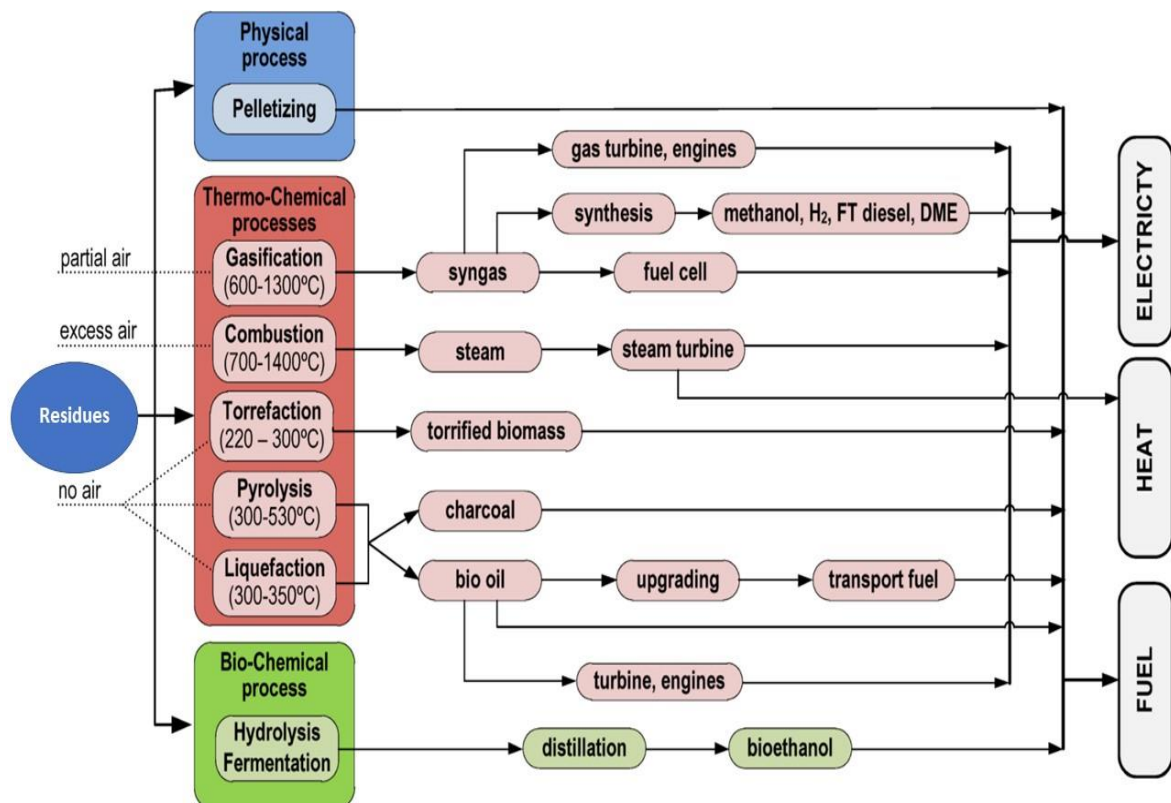
อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษมีศักยภาพที่จะเป็นอุตสาหกรรมหลักที่สามารถจะกลายเป็นแปรรูปชีวมวลอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับเป็นโมเดลหนึ่งในเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ หรือ Bioeconomy ในอนาคต ทั้งนี้เนื่องจาก By Product หรือเศษเหลือทิ้ง ที่ได้จากอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษมีศักยภาพที่จะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ที่มีมูลค่า นอกเหนือไปจากการผลิตกระดาษ บรรจุภัณฑ์ หรือ กระดาษทิชชู ยกตัวอย่างเช่น สารละลายสีดำหรือแบล็คลิกเคอร์ (Black Liquor) ที่เหลือจากการผลิตเยื่อกระดาษจะมีองค์ประกอบหลักเป็นลิกนินละลายอยู่ ซึ่งสามารถนำมาผ่านกระบวนการตกตะกอนเพื่อนำลิกนินไปใช้ประโยชน์ต่อไป หรือเศษเหลือทิ้งจากกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ เช่น เศษไม้ เปลือกไม้ สามารถนำมาสร้างมูลค่าเพิ่มได้ในรูปแบบต่างๆ โดยผ่านกระบวนการที่แตกต่างกันว่าจะนำไปทำเป็นเชื้อเพลิงหรือสารเคมีที่เพิ่มมูลค่า ผลิตเป็นโพลีเมอร์ชนิดต่างๆ หรือแม้แต่ในน้ำทิ้ง หรือกากตะกอน (Sludge) เอง ก็สามารถนำมาแปรรูปผ่านกระบวนการและเทคโนโลยีต่างๆ กลายเป็นสารเคมีที่มีมูลค่าหรือเชื้อเพลิงได้เช่นกัน นอกจากนี้หากต้องการเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างสูงสุด อาจเพิ่มกระบวนการสกัดเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ก่อนกระบวนการต้มเยื่อ เพื่อนำเฮมิเซลลูโลสไปแปรรูปเป็นสารเคมีที่เพิ่มมูลค่าต่อไป เป็นต้น โดยภาพที่ 4.13 แสดงถึงส่วนต่างๆ ระหว่างกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษที่สามารถนำไปแปรรูปเพิ่มมูลค่าต่อไป



ภาพที่ 4.13 แสดงถึงส่วนที่สามารถนำไปแปรรูปเพิ่มมูลค่าต่อไป (วงกลมสีน้ำเงิน)

4.4.2.1 การแปรรูปเศษเหลือทิ้ง (Residues) จากกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ

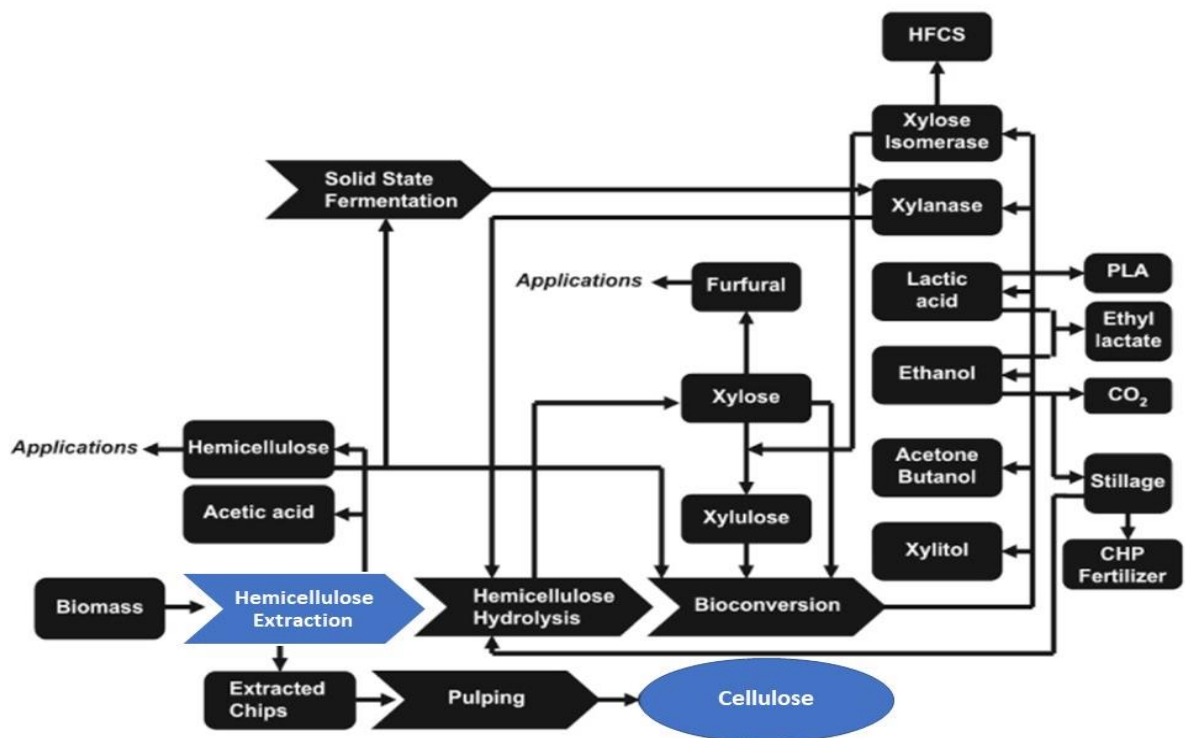
เศษไม้หรือเศษเหลือจากวัตถุดิบการเกษตรนั้นถือว่าเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจ เนื่องจากมีราคาถูก วัตถุดิบวิธีการดั้งเดิมในการผลิตเยื่อกระดาษคือการนำเศษเหล่านี้ไปเผาไหม้โดยตรงเพื่อใช้เป็นความร้อนและพลังงานในโรงงาน กระบวนการทางเลือกสำหรับการใช้ประโยชน์เศษเหลือทิ้งเหล่านี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ 1. กระบวนการเชิงกล (Physical Process) ได้แก่ เทคโนโลยีการอัดเม็ดเชื้อเพลิง (Pelletizing) 2. กระบวนการใช้ความร้อนร่วมกับเคมี (Thermo-Chemical Process) ได้แก่ เทคโนโลยี Gasification Combustion Torrefaction Pyrolysis และ Liquefaction และ 3. กระบวนการทางชีวภาพร่วมกับเคมี (Bio-Chemical Process) ได้แก่ เทคโนโลยี Hydrolysis Fermentation ซึ่งแต่ละกระบวนการก็จะให้ผลิตภัณฑ์หลากหลายแตกต่างกันไป (Hamaguchi et al., 2012) (ภาพที่ 4.14) ข้อเสียของการใช้ประโยชน์เศษเหลือทิ้งชีวมวลเหล่านี้ คือ ปริมาณน้ำในวัตถุดิบที่สูง อยู่ในช่วง 35% ถึง 60% (Lehtikangas, 2001) โดยค่าความชื้นนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและระยะเวลาการจัดเก็บหลังจากตัดไม้ ซึ่งในกระบวนการ Pelletizing, Torrefaction, Gasification หรือ Pyrolysis วัตถุดิบที่ใช้จำเป็นต้องลดความชื้นลงเหลือ 10% -15% ซึ่งโดยปกติจะไม่จำเป็นต้องใช้กับการเผาไหม้โดยตรงในหม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนการอบแห้งเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดเพิ่มเติมเข้ามาด้วย



ภาพที่ 4.14 กระบวนการทางเลือกสำหรับแปรรูปเศษเหลือทิ้ง (Residues) (Hamaguchi et al., 2012)

4.4.2.2 การนำเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) มาใช้ประโยชน์

การสกัดเฮมิเซลลูโลสจากวัตถุดิบชีวมวลออกมาใช้ประโยชน์ก่อนผ่านไปสู่กระบวนการต้มเยื่อ ถือว่าเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะสามารถผลิตสารเคมีที่มีมูลค่าและโพลิเมอร์ เนื่องจากเฮมิเซลลูโลสจากชีวมวลเหล่านี้ องค์ประกอบคือน้ำตาล C5 และ C6 ซึ่งสามารถถูกเปลี่ยนรูปด้วยเทคโนโลยีชีวภาพให้กลายเป็นสารเคมีชนิดต่างๆ เช่น เอทานอล บิวทานอล ไซลิตอล กรดแลคติก กรดอิทาโคนิก เป็นต้น โดยกระบวนการสกัดเฮมิเซลลูโลสก่อนกระบวนการต้มเยื่อนั้นมีรายงานการศึกษามาแล้วหลากหลายกรรมวิธี ไม่ว่าจะเป็นการสกัดด้วยสารละลายเบส การสกัดด้วยน้ำร้อน หรือ กรรมวิธีอื่นๆ (Amidon, Bujanovic, Liu, & Howard, 2011; Amidon et al., 2008; Chirstopher, 2013; Heiningen, 2006; "Roadmap 2015 - 2025 The pulp mill biorefinery," 2017) ภาพที่ 4.15 แสดงผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้จากการนำเฮมิเซลลูโลสมาใช้ประโยชน์

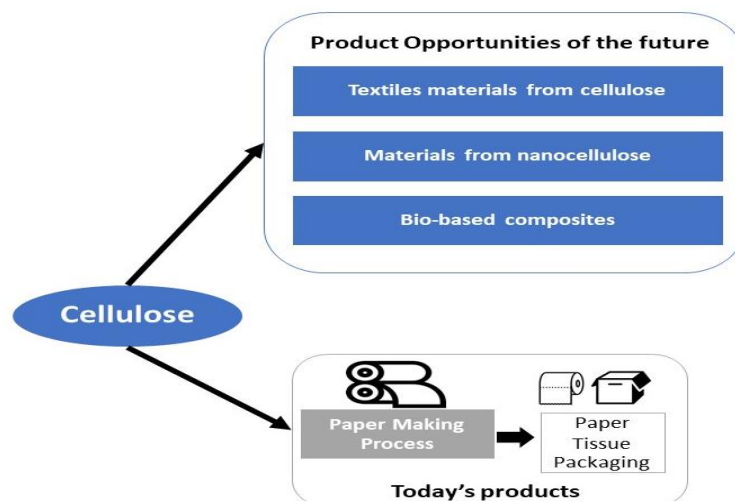


ที่มา: (Chirstopher, 2013)

ภาพที่ 4.15 ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้จากการนำเฮมิเซลลูโลสมาใช้ประโยชน์ (Chirstopher, 2013)

4.4.2.3 การแปรรูปเส้นใยเซลลูโลส (Cellulose Pulp Fiber) สู่ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น

เยื่อหรือเส้นใยเซลลูโลสนอกจากการนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษและบรรจุภัณฑ์ที่เห็นกันอยู่ในปัจจุบัน ยังสามารถนำมาแปรรูปสู่ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้นดังแสดงในภาพที่ 4.16 (Babu, O'Connor, & Seeram, 2013; "Roadmap 2015 - 2025 The pulp mill biorefinery," 2017) เช่น เยื่อเซลลูโลสสำหรับสิ่งทอ (Dissolving Pulp) เส้นใยนาโนเซลลูโลสสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ ซึ่งภายในปี 2563 คาดว่าเส้นใยนาโนเซลลูโลสจะถูกนำมาใช้เป็นสารเสริมแรงในผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์กระดาษและเทอร์โมพลาสติก และอาจนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้อีกในอนาคต ปัจจุบันเส้นใยนาโนเซลลูโลสสามารถผลิตได้แล้วในระดับอุตสาหกรรม ("Road map 2015-2025 Materials from nanocellulose," 2017) นอกจากนี้เส้นใยเซลลูโลสจากกระบวนการกราฟที่ยังมีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในวัสดุ Bio-Based Composites ซึ่งสามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น เฟอ์นิเจอร์ บรรจุภัณฑ์ อุปกรณ์กีฬา และอุปกรณ์ทางการแพทย์ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีขายทางการค้า เช่น ผลิตภัณฑ์ Durapulp ที่พัฒนาโดยบริษัท Södra ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ Biocomposite ที่เป็นการผสมระหว่างเยื่อเซลลูโลสกับ PLA (ศราวุธ เหมหมัด, 2558) (ภาพที่ 4.17)



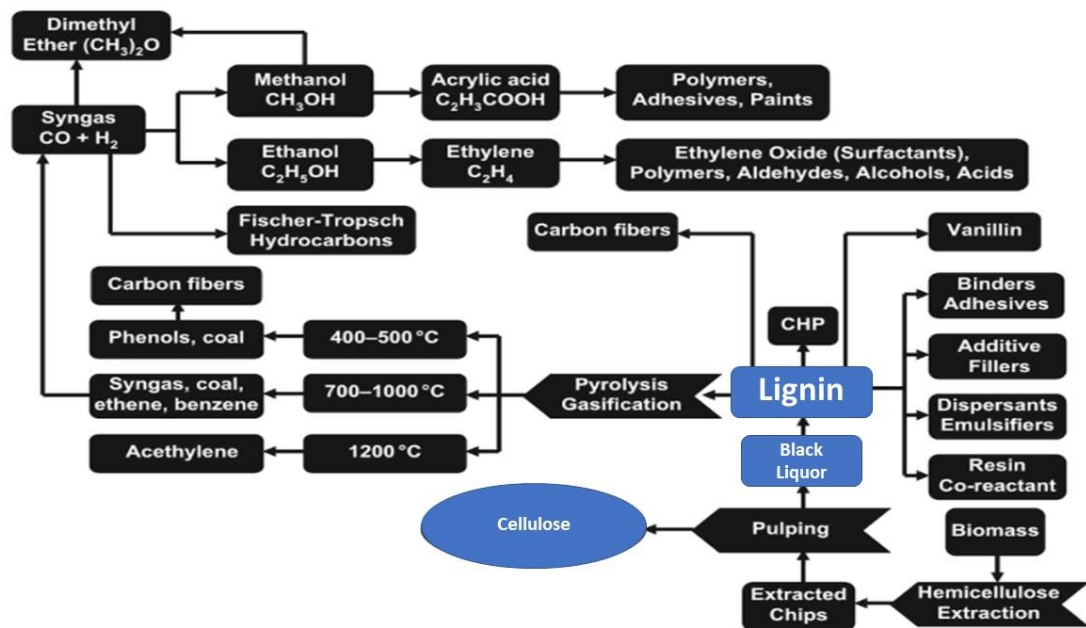
ภาพที่ 4.16 ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้จากเส้นใยเซลลูโลส (Cellulose Pulp Fiber)



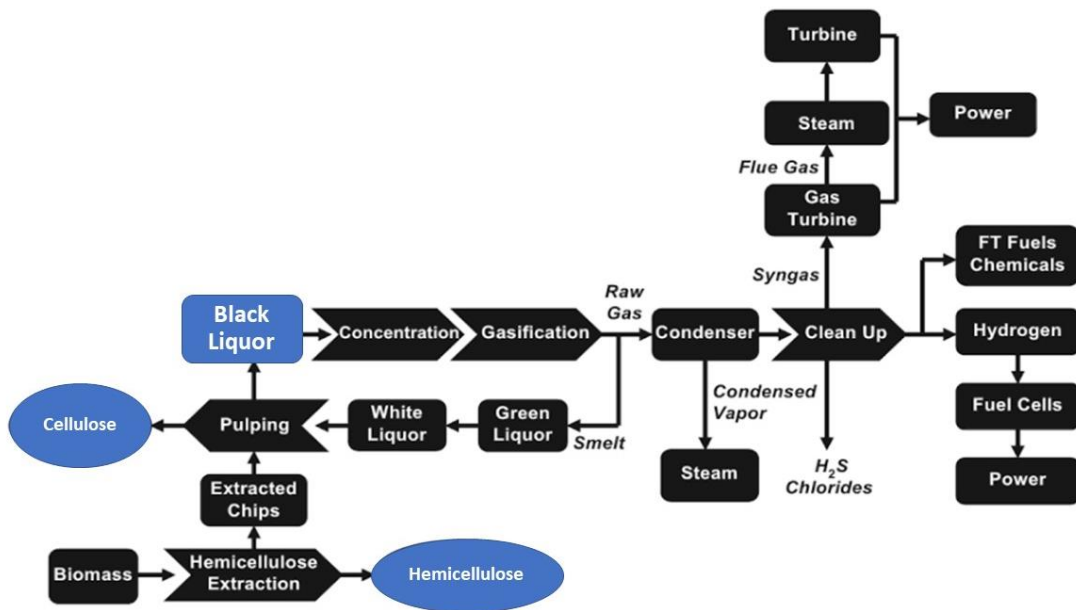
ภาพที่ 4.17 ผลิตภัณฑ์ Durapulp ที่พัฒนาโดยบริษัท Södra ("Durapulp," 2017)

4.4.2.4 การเพิ่มมูลค่าให้แก่แบล็คลิกเคอร์ (Black Liquor) จากกระบวนการต้มเยื่อ

ปกติในโรงงานเยื่อกระดาษแบล็คลิกเคอร์จะถูกนำไปเผาเพื่อให้ได้สารเคมีต้มเยื่อกลับมาใช้ใหม่ พร้อมผลิตความร้อนและพลังงานที่ไว้ในโรงงานด้วยโดยผ่านกระบวนการนำสารเคมีกลับมาใช้ใหม่ (Chemical Recovery Process) และเนื่องจากลิกนินเกือบทั้งหมดที่อยู่ในเนื้อไม้สุดท้ายจะละลายอยู่ในแบล็คลิกเคอร์ที่ได้จากกระบวนการต้มเยื่อ ดังนั้นหากการเพิ่มมูลค่าให้แก่แบล็คลิกเคอร์ (Black Liquor) ควรทำการแยกลิกนิน ออกจากแบล็คลิกเคอร์ก่อนเพื่อนำลิกนินไปใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า โดยผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้จากการแปรรูปลิกนิน ได้แก่ คาร์บอนไฟเบอร์ เรซิน วานิลลิน และสารเคมีอื่นๆ เป็นต้น (Chirstopher, 2013; "Roadmap 2015 - 2025 The pulp mill biorefinery," 2017) (ภาพที่ 4.18) วิธีการแยกลิกนินออกจากแบล็คลิกเคอร์ที่นิยมใช้คือการตกตะกอนลิกนินด้วยการทำให้สารละลายแบล็คลิกเคอร์มีความเป็นกรด โดยใช้สารละลายกรดร่วมกับ CO₂ ที่เรียกกระบวนการนี้ว่า Lignoboosttm Process (Tomani, 2010) นอกจากการสกัดลิกนิน ออกเพื่อนำไปใช้ผลิตสารเคมีหรือผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่าแล้ว อีกทางเลือกหนึ่งในการใช้ประโยชน์แบล็คลิกเคอร์ คือการนำแบล็คลิกเคอร์ไปผ่านกระบวนการ Gasification เพื่อผลิตพลังงาน (Hamaguchi et al., 2012) (ภาพที่ 4.19)



ภาพที่ 4.18 การใช้ประโยชน์ลิกนินจากแบล็คลิกเคอร์ (Chirstopher, 2013)

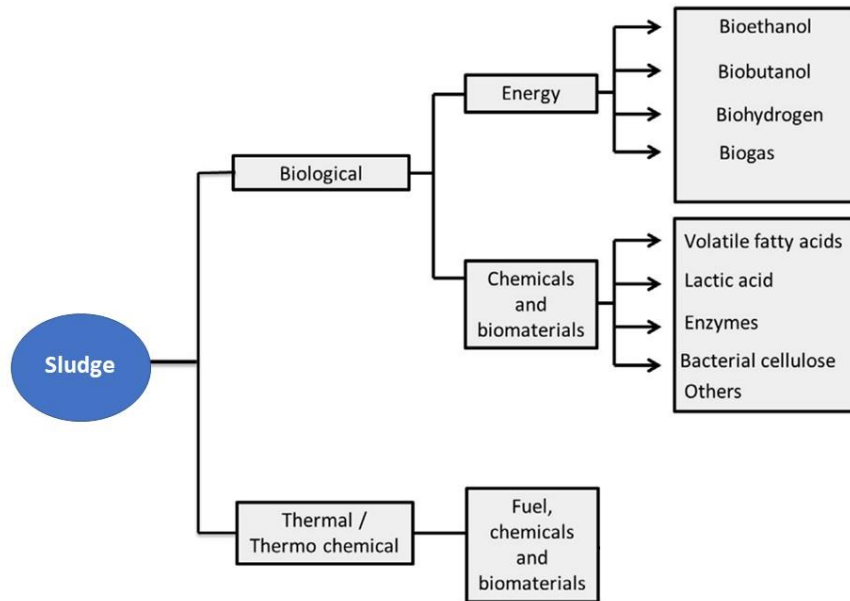


ภาพที่ 4.19 การใช้ประโยชน์แบคทีเรียคลอริโดโดยผ่านกระบวนการ Gasification (Chirstopher, 2013)

4.4.2.5 การประโยชน์กากตะกอน (Sludge) ของเสียจากโรงงานเยื่อและกระดาษ

กากตะกอน (Sludge) ถือเป็นอีกหนึ่งของเสียหลักที่ผลิตขึ้นในโรงงานกระดาษ (มากถึง 50 กก. แห้ง ของกากตะกอนปฐมภูมิ (Primary Sludge) ต่อ 1 ตันกระดาษ) ซึ่งกากตะกอนปฐมภูมินี้ อุดมไปด้วยสารอินทรีย์ ได้แก่ สารประกอบคาร์โบไฮเดรตในช่วง 20 -75% ขึ้นกับวัตถุดิบที่โรงงานใช้ ผลิตกระดาษ แต่ก็ยังคงประกอบไปด้วยมีสารอนินทรีย์จำนวนมาก เช่น ลิแกนด์ ดินเหนียว เถ้า และฟิลเลอร์ เป็นต้น (Boshoff, Gottumukkala, van Rensburg, & Görgens, 2016; Fan & Lynd, 2007) ดังนั้นการตะกอนจากโรงงานกระดาษสามารถใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบเซลลูโลสสำหรับผลิต พลังงานและสารเคมี เนื่องจากมีข้อดีคือไม่จำเป็นต้องมีขั้นตอนการ Pretreatment เพื่อให้ได้มาซึ่ง เส้นใยเซลลูโลส เนื่องจากในขั้นตอนการต้มเยื่อกระดาษได้กำจัดลิแกนด์ออกไปแล้วส่วนหนึ่งและได้เปิด โครงสร้างเส้นใยเซลลูโลสแล้วทำให้ง่ายต่อการกระทำด้วยกระบวนการทางชีวเคมีหรือสารเคมีต่อไป และทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำ Pretreatment วัตถุดิบด้วย อย่างไรก็ตาม ข้อเสียคือ กาก ตะกอนมีความแปรปรวนขององค์ประกอบทางเคมีสูง ยังมีปริมาณเถ้าสูงและมีความหนืด จึงเป็น อุปสรรคสำคัญที่ควรได้รับการแก้ไขเพื่อให้เกิด Bioconversion ของตะกอนกระดาษอย่างมีประสิทธิภาพ (Gottumukkala, Haigh, Collard, van Rensburg, & Görgens, 2016)

เทคโนโลยีการนำกากตะกอนจากโรงงานกระดาษมาใช้ประโยชน์โดยการแปรรูปเป็น เชื้อเพลิงชีวภาพ หรือ สารเคมี ดังเช่นการแปรรูปชีวมวลหรือลิแกนด์เซลลูโลส ยังอยู่ในระดับการวิจัยใน ห้องปฏิบัติการโดยเทคโนโลยีที่นำมาใช้มีทั้ง Bioconversion, Thermochemical Technology, หรือเทคโนโลยีร่วมระหว่าง Biological และ Thermochemical Technology (ภาพที่ 4.20) (Gottumukkala et al., 2016)



ภาพที่ 4.20 เทคโนโลยีการแปรรูปและผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้จากกากตะกอนจากโรงงานกระดาษ

1) เทคโนโลยี Bioconversion เพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuels) จากกากตะกอน

การผลิต Bioethanol Biogas Biohydrogen และ Biobutanol จากกากตะกอนด้วยวิธี Bioconversion เป็น 4 เทคโนโลยีหลักที่ทำการศึกษากันอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากกากตะกอนยังมีปริมาณเถ้า (Ash) อยู่มากจึงเป็นอุปสรรคต่อกระบวนการทางชีวภาพที่ใช้ในการผลิต Bioethanol และ Biogas ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการเถ้าโดยการล้างและกรองก่อนจะส่งต่อไปสู่กระบวนการ Bioconversion ทั้งนี้มีรายงานการศึกษาว่าการกำจัดเถ้าออกก่อน จะทำให้ความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้สูงขึ้น (Robus, Gottumukkala, van Rensburg, & Görgens, 2016)

กระบวนการผลิต Bioethanol เป็นกระบวนการที่ถูกนำมาศึกษามากที่สุดในระดับห้องปฏิบัติการและมีการนำไปศึกษาในระดับ Pilot Scale เพียงเล็กน้อย โดยกระบวนการผลิตเอทานอลที่ใช้หลักๆ มี 3 เทคโนโลยี คือ 1. Separate Hydrolysis และ Fermentation (SHF) 2. Simultaneous Saccharification และ Fermentation/Co-Fermentation (SSF/SSCF) 3. Fed-Batch SSF/SSCF (Kang, Wang, & Lee, 2010; S. Marques, Alves, Roseiro, & Gírio, 2008; Peng & Chen, 2011; Jiayi Zhang & Lynd, 2010)

กระบวนการผลิต Biogas ด้วยวิธี Anaerobic Digestion จาก Secondary Sludge การศึกษากันเป็นอย่างดี แต่การผลิต Biogas จาก Primary Sludge ยังอยู่ในระดับเริ่มต้นศึกษา ส่วนกระบวนการผลิต Biohydrogen และ Biobutanol จากกากตะกอนมีรายงานการศึกษาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Gottumukkala et al., 2016)

2) เทคโนโลยี Bioconversion เพื่อผลิตสารเคมีและวัสดุชีวภาพ (Chemicals And Biomaterials) จากกากตะกอน

หากพิจารณาว่ากากตะกอนจากโรงงานกระดาษมีความคล้ายคลึงกับชีวมวลลิกโนเซลลูโลสในแง่ของปริมาณกลูแคน สารเคมีที่มีค่ามากมายก็อาจจะผลิตได้โดยใช้กระบวนการ SHF หรือ SSF แบบเดิม โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์แบบเดี่ยวหรือแบบผสม ปัจจุบันการใช้กากตะกอนจากโรงงานกระดาษเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีที่มีมูลค่ายังมีการศึกษาน้อยมาก อย่างไรก็ตามกระบวนการที่มีการรายงานไว้ก็สามารถบ่งบอกถึงศักยภาพของกากตะกอนที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการ Bioconversion ที่ใช้ในการผลิตสารเคมีต่างๆ เช่น Volatile Fatty Acids (Vfas) ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ Anaerobic Digestion ในการผลิต Biogas (Bayr & Rintala, 2012) การผลิตกรดแลคติกจากกากตะกอนของโรงงานผลิตกระดาษรีไซเคิล โดยใช้กระบวนการ SHF ที่มีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (Susana Marques, Santos, Gírio, & Roseiro, 2008) การผลิตกรดแลคติกจากกากตะกอน โดยใช้กระบวนการ Semi-Continuous SSF และ Fed-Batch SSF (Budhavaram & Fan, 2009; Lin, Lee, & Koo, 2005; S. Marques, Gírio, Santos, & Roseiro, 2017) การผลิต Bacterial Cellulose จาก Hydrolysate ของกากตะกอน (Cavka et al., 2013) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าเอนไซม์เซลลูเลส (Prasetyo, Zhu, Kato, & Park, 2011) และเส้นใยนาโนเซลลูโลสสามารถผลิตจากกากตะกอนได้ (Leão et al., 2012)

3) เทคโนโลยี Thermochemical Conversion จากกากตะกอน

เทคโนโลยีที่มีรายงานว่าเหมาะสมการผลิต เชื้อเพลิง สารเคมี หรือ วัสดุชีวภาพ คือ กระบวนการ Pyrolysis ไม่ว่าจะเป็นการใช้กระบวนการ Pyrolysis แบบเดี่ยว หรือ กระบวนการ Pyrolysis ร่วมกับกระบวนการทางชีวภาพ (Gottumukkala et al., 2016)

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษารูปแบบในประเทศไทย

จากนโยบายภาครัฐที่กล่าวมาในบทที่ 2 ทำให้ทราบว่ารัฐบาลไทยยังไม่มีนโยบายด้านเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพโดยตรงจะมีเพียงนโยบายที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีชีวภาพและนโยบายที่เกี่ยวข้องกับภาคเกษตรเท่านั้น จนกระทั่ง ประมาณ เดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2560 รัฐบาลไทยจึงได้มีนโยบายประชารัฐทางด้าน Bioeconomy โดยตรงจากพืชเศรษฐกิจที่ไทยมีความพร้อมอยู่แล้ว เช่น มันสำปะหลัง และอ้อย เป็นพืชนำร่อง เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ชีวภาพมูลค่าสูง (Biorefinery) ซึ่งแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 มี 3 โครงการที่เกี่ยวข้องกับพลังงานชีวภาพ 4 โครงการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมยาชีววัตถุ และ 13 โครงการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมชีวภาพมูลค่าสูงอื่นๆ ได้แก่ เคมีภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมการเกษตรและแปรรูปอาหาร อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพและเคมีชีวภาพ อุตสาหกรรมการแพทย์ครบวงจร และอุตสาหกรรมเทคโนโลยีขั้นสูง และอุตสาหกรรมแห่งอนาคตอื่นๆ โดยแผนที่นำทางของรัฐบาลเริ่มจากกลุ่มที่ 1 พลังงานชีวภาพ ตามมาด้วยกลุ่มที่ 2 พลาสติกชีวภาพ และกลุ่มที่ 3 อาหารเพื่อสุขภาพ สุดท้ายคือกลุ่มที่ 4 อุตสาหกรรมยาชีววัตถุ และวัคซีนขั้นสูง ระยะที่ 2 จะทำการลงทุนเพื่อสร้าง Biorefinery Complexes และเมืองใหม่บนเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพและนวัตกรรมที่ครบวงจร สำหรับระยะที่ 3 จะทำการลงทุนสร้างโรงงานผลิตยาชีววัตถุทั้งในระดับต้นแบบและระดับการผลิตแบบการค้า เพื่อยกระดับสู่ Regional Hub เป็นต้นแบบอุตสาหกรรมแห่งอนาคต โดยคาดการณ์ว่าจะลงทุนทั้งหมดประมาณ 377,000 ล้านบาท (สานพลังประชารัฐ, 2559) ดังแสดงในภาพที่ 5.1

Bioeconomy : 10 Year Roadmap

	1 st Phase (2016-2018)	2 nd Phase (2019-2021)	3 rd Phase (2022-2026)
Projects	Bioeconomy projects in existing areas: - 3 projects in bioenergy + 4 projects in biopharmas Preparation for Biorefinery Complexes: - Site selection (Sugarcane/Cassava)+Sites preparation - 13 new projects for high-value bio-based products - Preparation for R&D, investment partners, and new markets creation	Establish Sugarcane/Cassava Biorefinery Complexes with synergy in: - R&D - Energy - Development of value-added bio-based Products - Cross-sectoral collaboration among stakeholders in Bioeconomy	Establish Biopharmaceutical pilot plants and commercial plants - 2 new projects in nutraceuticals Implement domestic/international full scale clinical research
Investors	-Bioenergy: PTT, Mitr Phol, GPSC, Thai Wah, KTIS, GGC, Cristalla -Biochemicals: PTTGC, Mitr Phol, Cristalla • Cosmeceuticals: Mitr Phol, Ueno Fine Chemicals, Cristalla -Food ingredients: Mitr Phol, Ueno fine Asia Star Trade, Cristalla -Biopharmas: Siambioscience, Baxter		Bioeconomy: Mitr Phoi Biopharmas: Siam Bioscience+alliances in USA, Europe, and East Asia - Nutraceuticals: Cristalla+alliance from Australia
Policy/Regulations	- Urgently resolve the Factory building plan approval & licensing conflicting with City planning - Offer tax incentives appropriate to break-even period of each industry - Study and found Consortium/Center of Excellence for R&D, technology, and innovation supporting Bio-based industries	- Establish Bioeconomy Development Unit to sustainably promote and support Bioeconomy - Fund government sector in capability building of human resources along Biopharma value chain e.g. Clinical research, scaling up, etc.	Fund government sector in capability building of human resources along Biopharma value chain e.g. Clinical research, scaling up, etc
Investment	- Define appropriate Diesel price structure - Define policy and purchase price for bio-power supplied by SPP with firm contract - Re-engineer the food & drug approval process - Government procurement of bio-based products - Development of personnel responsible for IP review and fastening IP approval process		Total investment (with R&D) ~377,000 MB (R&D ~101,450 MB, where 90% is biopharmas)
	~51,000 MB	~182,000 MB	~132,000 MB

ภาพที่ 5.1 Bioeconomy : 10 Year Roadmap

นอกจากการศึกษาด้านนโยบายแล้ว ยังได้ทำการศึกษาและสรุปข้อมูลทางการตลาดของสารแพลตฟอรม์ในตลาดโลก พบว่า สารเคมีแพลตฟอรม์ที่น่าสนใจส่งเสริมการผลิตเรียงลำดับตามแนวโน้มตลาด ขนาดตลาด และการใช้ประโยชน์ สามารถเรียงลำดับความน่าสนใจได้ดังต่อไปนี้

1) สารเคมีแพลตฟอรม์ที่มีแนวโน้มในการเติบโตสูงที่สุดคือ กรดซัคซินิก โดยมีร้อยละการเติบโตของมูลค่าตลาดเท่ากับ 28 (จากการคาดการณ์ในระหว่างปี พ.ศ. 2559 - 2564) แม้ว่ามูลค่าตลาดของกรดซัคซินิกจะไม่สูงมากนัก (63.2 ดอลลาร์สหรัฐ ในปี พ.ศ. 2554) แต่มีราคาขายต่อหน่วยค่อนข้างสูง (2,860 - 3,000 USD/MT ในปี พ.ศ. 2554) มีการใช้งานที่หลากหลาย โดยเฉพาะการใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีอนุพันธ์ สามารถผลิตได้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งสามารถส่งเสริมให้มีการปลูกสำหรับใช้ผลิตกรดซัคซินิก ได้โดยไม่เกิดการแข่งขันกับพืชอาหาร ซึ่งมีการปลูกทั่วไปในประเทศไทย เนื่องจากความต้องการของตลาดที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกรดซัคซินิกจากชีวมวล เพิ่มขึ้น ในระยะยาวต้นทุนการผลิตกรดซัคซินิก จึงมีแนวโน้มที่จะลดลง กรดซัคซินิกจึงเป็นสารเคมีแพลตฟอรม์ที่มีความเหมาะสมสูงสุดที่จะส่งเสริมให้เกิดการวิจัยและพัฒนาต่อไป

2) เอทานอลเป็นสารเคมีแพลตฟอรม์ที่มีการใช้งานแพร่หลายมากที่สุด การพัฒนาของเทคโนโลยีและวัตถุดิบในการผลิต ค่อนข้างคงที่ มีมูลค่าทางการตลาดสูง (56.66 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี พ.ศ. 2559) มีอัตราการเติบโตระหว่างปี พ.ศ. 2560 - 2563 เท่ากับร้อยละ 27.2 จึงมีความเหมาะสมที่จะส่งเสริมให้มีการผลิตในประเทศ โดยวัตถุดิบที่เหมาะสมจะส่งเสริมให้ใช้ในการผลิตคือมันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อป้องกันการแย่งวัตถุดิบอ้อย

3) สารให้ความหวานแทนน้ำตาล ซอร์บิทอล และไซลิทอล เป็นกลุ่มสารเคมีแพลตฟอรม์ที่มีแนวโน้มในการเติบโตทางการตลาดอยู่ในระดับดี เนื่องจากมีผู้ป่วยเบาหวาน และผู้บริโภคที่รักสุขภาพ เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลในการผลิตได้รับความนิยม โดยไซลิทอลมีร้อยละการเติบโต 6.6 และซอร์บิทอลมีร้อยละการเติบโต 3.5 ซอร์บิทอล และไซลิทอลสามารถผลิตได้จากเศษไม้ ซึ่งมีต้นทุนค่าวัตถุดิบต่ำ จึงเหมาะที่จะส่งเสริมให้มีการผลิตต่อไป

4) สารเคมีแพลตฟอรม์ที่มีร้อยละการเติบโตที่ดี เหมาะแก่การส่งเสริมให้มีการผลิตในลำดับถัดมาคือกรดลิวาลินิก จากการคาดการณ์ในระหว่างปี พ.ศ. 2559 - 2564 กรดลิวาลินิกมีร้อยละการเติบโตเท่ากับ 14 ซึ่งการเติบโตเกิดขึ้นเนื่องจากสามารถใช้กรดลิวาลินิกเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารเคมีอื่น สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมยา และอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากนี้กรดลิวาลินิกยังสามารถผลิตได้จากเซลลูโลส ทำให้ผลิตได้จากวัตถุดิบที่หลากหลาย

5) สารประกอบฟูแรน เป็นกลุ่มสารประกอบที่มีขนาดใหญ่ สารเคมีในกลุ่มนี้ถูกใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลาย โดยสารที่มีความสำคัญคือ เฟอฟูริลแอลกอฮอล์ ซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายในกระบวนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียม สารประกอบฟูแรนมีร้อยละการเติบโตเท่ากับ 11.9 ในระหว่างปี พ.ศ. 2557- 2563 อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมีปริมาณการใช้งานสูง จึงมีหลายประเทศที่เริ่มลงทุนในการผลิตสารประกอบฟูแรน ทำให้ราคาของฟู

แรนในตลาดโลกมีแนวโน้มลดลง วัตถุประสงค์ที่เหมาะสมจะส่งเสริมสำหรับผลิตสารประกอบพวแรนคือกากเมล็ดทานตะวัน และซังข้าวโพด เพื่อให้มีต้นทุนด้านวัตถุดิบต่ำ สามารถแข่งขันด้านราคาในตลาดโลกได้

6) กรดแลกติก เป็นสารเคมีแพลตฟอร์มที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ในอุตสาหกรรมอาหาร และเริ่มมีการใช้งานในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ และใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีอื่น โดยมีแนวโน้มการเติบโตทางการตลาดเท่ากับ ร้อยละ 7 วัตถุประสงค์หลักในการผลิตกรดแลกติกคือน้ำตาลแลคโตสในเวย์ ซึ่งเป็นเศษเหลือในกระบวนการผลิตชีส ซังข้าวโพด และมันสำปะหลัง ซึ่งการผลิตกรดแลกติกจากชีวมวลยังมีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง เนื่องจากเทคโนโลยีการใช้เชื้อจุลินทรีย์ช่วยในการผลิต ยังไม่คงที่

7) กลีเซอรอลเป็นสารเคมีแพลตฟอร์มที่มีการใช้งานมาก ทั้งการใช้งานด้วยตัวเอง และการใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีอื่น การเติบโตของตลาดกลีเซอรอลเท่ากับร้อยละ 6.5 วัตถุประสงค์หลักในการผลิตกลีเซอรอลมาจากเศษเหลือของการหีบน้ำมัน และการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง จากการเพิ่มขึ้นของการใช้น้ำมันไบโอดีเซล ทำให้ราคาขายของกลีเซอรอลในตลาดโลกมีแนวโน้มลดลง ประกอบกับมีหลายประเทศลงทุนในการผลิตกลีเซอรอล ทำให้มีปริมาณกลีเซอรอลในตลาดโลกมาก และหลากหลายเกรด ตามเทคโนโลยีการผลิต กลีเซอรอลจึงมีความเหมาะสมน้อยในการส่งเสริมให้มีการผลิต

8) ไบโอดีคาร์บอนและไอโซพรีน มีกระบวนการสังเคราะห์จากชีวมวลที่ยังต้องการการวิจัยและพัฒนาอีกมาก นอกจากนี้การสังเคราะห์ไอโซพรีนจากยางธรรมชาติ ยังช่วยแก้ปัญหาหนี้ยาล้นตลาดในประเทศ จึงมีความเหมาะสมน้อยที่จะส่งเสริมให้มีการผลิตไบโอดีคาร์บอน และไอโซพรีนจากชีวมวล

9) ไฮดรอกซีโพรพิโอนิก แอซิดและแอลดีไฮด์ มักถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีอื่น เช่น โพรพิโอนิก แอซิด โพรเพนไดออล และอะครีโลไนไตร์ ซึ่งสารเคมีดังกล่าวมีการวิจัยด้านการตลาดมากกว่าไฮดรอกซีโพรพิโอนิก แอซิดและแอลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้น เนื่องจากสารเคมีกลุ่มนี้สามารถผลิตได้จากสารตั้งต้นหลายชนิด เช่น โพรเพนไดออลสามารถผลิตได้จากกลีเซอรอล อะครีโลไนไตร์ผลิตจากสารประกอบเอมีน ทำให้เกิดการแข่งขันในด้านวัตถุดิบ มูลค่าทางการตลาดและอัตราการเติบโตของสารเคมีแพลตฟอร์มในกลุ่มไฮดรอกซีโพรพิโอนิก แอซิดและแอลดีไฮด์ จึงไม่ชัดเจน ไม่เหมาะแก่การส่งเสริมให้มีการผลิต ดังสรุปข้อมูลในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 มูลค่าทางการตลาดของสารเคมีแพลตฟอร์มบางชนิดในตลาดโลก

สารเคมีแพลตฟอร์ม	วัตถุดิบหลัก	ราคาต่อหน่วย	ปริมาณการผลิตต่อปี	มูลค่าตลาด (USD)	ร้อยละอัตราการเติบโต
กรดซัลฟอนิก	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ⁹	2,860 - 3,000 USD/MT (2011) ⁹	40,000 MT (2011) ⁹	- 63.2 USD (2011) ⁹ - 701.0 USD (2020) ¹⁷	28 (2016 - 2021) ¹⁷
เอทานอล	- มันสำปะหลัง ^{1,2} - ข้าวโพด ^{1,2} - เศษวัสดุทางการเกษตร ^{1,2}	0.22 USD/gallon (2012) ³	- 66.77 พันล้านลิตร (2008) ² - 88.69 พันล้านลิตร (2013) ²	5.66 พันล้าน (2016) ⁴	27.2 (2017 - 2022) ⁴
ซอร์บิทอล	- เศษไม้ ²¹ - เศษวัสดุทางการเกษตร ²¹	2,000 USD/T ²²	- 1.85 ล้านตัน (2015) ²³ - 2.4 ล้านตัน (2023) ²³	4 พันล้าน USD (2023) ²³	3.5 (2016 - 2023) ²³
ไซลิตอล	- เศษไม้ ¹⁶ - เศษวัสดุทางการเกษตร ¹⁶ - เศษเหลือจากกระบวนการ ทำกระดาษ ²⁴		- 43,000 T (2005) ¹⁶	- 340 ล้าน USD (2005) ¹⁶ - 737.3 ล้าน USD (2015) ²⁴	7.0 (2016 - 2025) ²⁴
กรดลิวาลีนิก	- เซลลูโลส ¹⁹		2600 T (2013) ⁸	32.5 ล้าน USD (2021) ²⁰	14 (2016 - 2021) ²⁰
สารประกอบฟูแรน	- กากทานตะวัน ⁵ - ซังข้าวโพด ⁵	- 1 USD/ kg (2001) ⁶ - 2,200 USD/ MT (2011) ⁵ - 1,700 - 4,400 USD/T (2016) ⁷	- 300,000 T (2013) ⁸ - 652,500 T (2020) ⁸	- 50.5 ล้าน ⁹	11.9 (2014 - 2020) ⁵

ตารางที่ 5.1 มูลค่าทางการตลาดของสารเคมีแพลตฟอร์มบางชนิดในตลาดโลก (ต่อ)

สารเคมีแพลตฟอร์ม	วัตถุดิบหลัก	ราคาต่อหน่วย	ปริมาณการผลิตต่อปี	มูลค่าตลาด (USD)	ร้อยละอัตราการเติบโต
กรดแลคติก	- เศษเหลือจากกระบวนการผลิตชีส ¹⁴ - ชั่งข้าวโพด ¹⁴ - มันสำปะหลัง ¹⁴	- 1,200 - 1,400 USD/T (2013) ¹⁵	130,000 - 150,000 MT (2016) ¹⁶		7 (2017 - 2024) ¹⁶
กลีเซอรอลและอนุพันธ์ในเฟสน้ำ	- เศษเหลือจากการผลิตไบโอดีเซล น้ำมันพืช ¹⁰	- เกรดดี 1,100 USD/MT (2011) ⁵ - เกรดต่ำ 180-540 USD/MT (2011) ⁵	- 750,000 T (2009) ¹¹	- 2.47 ล้านตัน (2014) ¹² - 3.04 ล้านตัน (2022) ¹²	6.5 (2014 - 2022) ¹²
ไบโอไฮโดรคาร์บอนและไอโซพรีน	- เศษไม้ เศษวัสดุเกษตร ⁵ - ชั่งข้าวโพด ⁵ - หญ้า ⁵	1,600 - 2,300 USD/T (ไอโซพรีน) ⁵	800,000 MT (2008) ¹³	1-2 พันล้าน USD (2012) ¹³	
ไฮดรอกซีโพรไพโอนิก แอซิด และแอลดีไฮด์	- กลีเซอรอล ¹⁸ - อ้อย น้ำตาล ¹⁸ - ข้าวสาลี ¹⁸ - น้ำมันพืช ¹⁸ - ข้าวโพด ¹⁸				

ที่มา: ¹(Lu, Lin, Campbell, Sagisaka, & Ren, 2012), ²(Gupta & Verma, 2015), ³(Bastianin, Galeotti, & Manera, 2016), ⁴(Marketsandmarkets, 2016a), ⁵(Biddy, Scarlata, & Kinchin, 2016), ⁶(Hayes, Fitzpatrick, Hayes, & Ross, 2006), ⁷(Goswami & Mishra, 2016), ⁸(Pulicharla, Lonappan, Brar, & Verma, 2017), ⁹(Weastra, 2013), ¹⁰(Sara, Rouissi, Brar, & Blais, 2016), ¹¹(C. A. Quispe, C. J. Coronado, & J. A. Carvalho Jr, 2013), ¹²(Global Market Insight, 2016), ¹³(de Jong, Higson, Walsh, & Wellisch, 2012), ¹⁴(Gruber, Henton, & Starr, 2006), ¹⁵(Harmsen, Hackmann, & Bos, 2013), ¹⁶(Pachapur, Sarma, Brar, & Chaabouni, 2016), ¹⁷(Marketsandmarkets, 2016b), ¹⁸(Tingirikari, 2016), ¹⁹(Birgit Kamm, Kamm, Schmidt, Hirth, & Schulze, 2006), ²⁰(Marketsandmarkets, 2016c), ²¹(C. Marques, R. Tarek, M. Sara and S. K. Brar, 2016), ²²(Lichtenthaler, 2006), ²³(Global Market Insights, 2017a), ²⁴(Research, 2017)Grand View Research (2017)

แต่จากการศึกษาความพร้อมในหลายๆ ด้านไม่ว่าจะเป็น ปริมาณวัตถุดิบ มูลค่าตลาดของโลก ข้อมูลการนำเข้าส่งออก ความพร้อมด้านเทคโนโลยีซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่ของประเทศไทยอยู่ที่ระดับ TRL ระดับ 3 รวมกับนโยบายสนับสนุนของภาครัฐและเอกชนของประเทศไทยที่ได้เริ่มมีการหันมาสนับสนุนอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับ Bioeconomy ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น สารเคมีแพลตฟอร์มที่น่าสนใจส่งเสริมเพื่อเพิ่มมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยที่น่าสนใจเรียงลำดับได้ตามสรุปต่อไปนี้ โดยแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.2 และภาพที่ 5.2

1) กลีเซอรอลเป็นสารเคมีแพลตฟอร์มที่มีการใช้งานมาก ทั้งการใช้งานด้วยตัวเอง และการใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีอื่น การเติบโตของตลาดโลกสำหรับกลีเซอรอลเท่ากับร้อยละ 6.5 และมีมูลค่าการนำเข้าในประเทศไทยอยู่ประมาณ 1,000 กว่าล้านบาท นอกจากนี้ยังมีมูลค่าการส่งออกอยู่ประมาณ 700 กว่าล้านบาท ประกอบกับแนวโน้มการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้น จาก 3.4 ล้านลิตรต่อวัน ไปเป็น 10 ล้านลิตรต่อวัน ในปี พ.ศ. 2569

ด้านเทคโนโลยี – ในช่วงของ Biorefinery phase I ซึ่งมุ่งเน้นการผลิตพลังงานพบว่าเทคโนโลยีที่มีการศึกษาส่วนใหญ่คือการพัฒนากระบวนการและประสิทธิภาพการผลิตพลังงาน เช่น เอทานอลจากแป้งและน้ำตาล รวมถึงไบโอดีเซลจากน้ำปาล์ม ซึ่งสถานภาพเทคโนโลยีใน Phase I นี้ถือว่าอึมครึมเนื่องจากการผลิตพลังงานอยู่ในระดับที่เป็นอุตสาหกรรม ปัจจุบันประเทศไทยเริ่มเข้าสู่ Biorefinery phase II ซึ่งมีการพัฒนาการใช้ประโยชน์ของผลผลิตพลอยได้ที่เกิดจากการผลิตพลังงานดังกล่าว กลีเซอรอลนับเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพในด้านปริมาณและคุณภาพ เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีที่สามารถนำไปผลิตเป็นสารตั้งต้นได้ในหลายผลิตภัณฑ์ เช่น ethylene glycol และ propylene glycol ในการผลิตพลาสติกชีวภาพซึ่งใช้ทดแทนสารเคมีที่ผลิตได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีหากมีการนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์และแปรรูปต่อเป็นสารเคมีตั้งต้นที่เหมาะสม ดังนั้นแนวทางการวิจัยเพื่อให้สามารถพัฒนากลีเซอรอลเป็นสารเคมีในกลุ่ม drop-in ได้อย่างยั่งยืน คือ การพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการแปรรูปกลีเซอรอลเป็นสารตั้งต้นเหล่านั้นให้มีต้นทุนที่แข่งขันได้กับวัตถุดิบที่มาจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

2) กรดแลคติก เป็นสารเคมีแพลตฟอร์มที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ในอุตสาหกรรมอาหาร และเริ่มมีการใช้งานในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ และใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีอื่น โดยมีแนวโน้มการเติบโตทางการตลาดโลกเท่ากับ ร้อยละ 7 วัตถุดิบหลักในการผลิตสำหรับประเทศไทย คือ มันสำปะหลัง กับอ้อย

ด้านเทคโนโลยี – เนื่องจากกรดแลคติกสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบตั้งต้นที่เป็นน้ำตาล วัตถุดิบที่เป็น 1st generation สามารถนำมาใช้ได้และมีเทคโนโลยีรองรับที่ค่อนข้างคงที่ งานวิจัยควรมุ่งเน้นในการพัฒนาด้านปลายน้ำมุ่งเน้นเรื่องคุณภาพของพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากกรดแลคติกเนื่องจากยังมีข้อด้อยด้านคุณสมบัติ เช่น ความเปราะ เมื่อเทียบกับพลาสติกทั่วไปจากปิโตรเคมี ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ทำให้การใช้พลาสติกชีวภาพจากแลคติกในวงกว้างมีข้อจำกัด

3) สารให้ความหวานแทนน้ำตาล ซอร์บิทอล เป็นกลุ่มสารเคมีแพลตฟอร์มที่มีแนวโน้มในการเติบโตทาง

การตลาดอยู่ในระดับดี เนื่องจากมีผู้ป่วยเบาหวาน และผู้บริโภครักสุขภาพ เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลในการผลิตได้รับความนิยม โดยโซลิตอลมีร้อยละการเติบโตของตลาดโลก 6.6 โซลิตอลมีมูลค่าการนำเข้าอยู่ที่ประมาณ 350 ล้านบาท ในขณะที่เดียวกันก็มีมูลค่าการส่งออกประมาณ 150 ล้านบาท จึงทำให้โซลิตอลมีสารเคมีแพลตฟอร์มที่น่าสนใจ

ด้านเทคโนโลยี – โซลิตอลผลิตได้จากวัตถุดิบตั้งต้นที่เป็นน้ำตาล หรือแป้งที่เปลี่ยนเป็นน้ำตาล ส่วนใหญ่ผลิตโดยวิธีทางเคมีซึ่งเทคโนโลยีในต่างประเทศมีการผลิตเชิงการค้าแล้ว การดำเนินงานวิจัยจึงอาจมุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการผลิตทั้งทางเคมีและชีวภาพ เช่นการหาเชื้อจุลินทรีย์ชนิดใหม่เพื่อผลิตเอนไซม์หรือใช้ในกระบวนการหมักในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโซลิตอลให้รวดเร็วขึ้นและมีความบริสุทธิ์มากขึ้น และศึกษาวิจัยด้านการแปรรูปขั้นต้นหรือพัฒนาการผลิตโซลิตอลโดยตรงจากวัตถุดิบ 2nd Generation ควบคู่กันไป

4) กรดซัคซินิก เป็นสารเคมีแพลตฟอร์มที่มีแนวโน้มในการเติบโตสูงที่สุด โดยมีร้อยละการเติบโตของมูลค่าตลาดโลกเท่ากับ 28 (จากการคาดการณ์ในระหว่างปี พ.ศ. 2559 - 2564) แม้ว่ามูลค่าตลาดของกรดซัคซินิกจะไม่สูงมากนัก (63.2 ดอลลาร์สหรัฐ ในปี พ.ศ. 2554) แต่มีราคาขายต่อหน่วยค่อนข้างสูง (2,860 - 3,000 USD/MT ในปี พ.ศ. 2554) และประเทศไทยได้มีมูลค่าการนำเข้ามาในประเทศประมาณปีละ 161 ล้านบาท เป็นสารเคมีแพลตฟอร์มที่มีการใช้งานที่หลากหลาย โดยเฉพาะการใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีอนุพันธ์ ประกอบกับรัฐบาลไทยมีนโยบายสนับสนุนภายใต้แนวคิด Bioeconomy กรดซัคซินิกจึงเป็นสารเคมีแพลตฟอร์มที่มีความเหมาะสมที่จะส่งเสริมให้เกิดการวิจัยและพัฒนาต่อไป

ด้านเทคโนโลยี – กรดซัคซินิกผลิตได้จากวัตถุดิบตั้งต้นที่เป็นน้ำตาล หรือแป้งที่เปลี่ยนเป็นน้ำตาล เช่น มันสำปะหลังและอ้อย เช่นเดียวกับกรดแลคติกสถานภาพเทคโนโลยีในต่างประเทศค่อนข้างคงที่เนื่องจากการผลิตเชิงการค้าแล้ว แต่เนื่องจากกรดซัคซินิกสามารถผลิตได้จากกลีเซอรอลเช่นเดียวกัน การดำเนินงานวิจัยจึงอาจทั้งมุ่งเน้นการต่อยอดเทคโนโลยีของประเทศในการผลิตซัคซินิกจากกระบวนการหมักที่อยู่ในระดับห้องปฏิบัติการ (TRL3) ไปยังระดับ Pilot scale (TRL5) และศึกษาการใช้กลีเซอรอลเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตกรดซัคซินิกหรือสารเคมีตั้งต้นอื่นๆ ควบคู่กันไป เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกกระบวนการผลิตที่เหมาะสมทั้งปริมาณวัตถุดิบและต้นทุนการผลิต

ในภาพรวมประเทศไทยยังคงอยู่ในช่วงของ Biorefinery Phase II ที่ยังใช้งานวัตถุดิบที่เป็น 1st generation และพัฒนากระบวนการแปรรูปผลผลิตพลอยได้ให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากวัตถุดิบ 1st generation เป็นพืชอาหาร เพื่อให้สามารถวางแผนการจัดการวัตถุดิบเพื่อรองรับแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพได้อย่างยั่งยืนและไม่กระทบกับการผลิตพืชอาหาร ควรผลักดันให้มีการนำผลผลิตพลอยได้ที่เป็น lignocellulose มาใช้ประโยชน์และสนับสนุนการทำงานวิจัยที่สอดคล้องกับ Biorefinery Phase III เช่น การทำ pretreatment โดยใช้อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษเป็นต้นแบบ และจากนั้นสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เช่น สารเคมีแพลตฟอร์มที่ได้พัฒนามาแล้วจาก Biorefinery Phase I และ II ควบคู่กันไป

ตารางที่ 5.2 สรุปลำดับความพร้อมในการพัฒนาสารเคมีแพลตฟอร์มของประเทศไทย

สารเคมีแพลตฟอร์ม (Building Block)	วัตถุดิบ	มีเทคโนโลยีการผลิต		นโยบาย			มูลค่าทางการตลาด
		ในประเทศ มีการผลิตใน ประเทศ	ต่างประเทศ	ด้าน การเกษตร	ด้านการวิจัย และพัฒนา	ด้าน Bioeconomy	
1. กลีเซอรอลและสารประกอบ อนุพันธ์ในเฟสน้ำ	ข้าว			✓	✓		มีมูลค่าการนำเข้าเฉลี่ยปี 2559-2560 ประมาณ 1,011.08 ล้านบาท และมี มูลค่าการส่งออกเฉลี่ยในช่วงปีเดียวกัน ประมาณ 774.88 ล้านบาท
	มันสำปะหลัง		✓	✓	✓		
	อ้อย		✓	✓	✓		
	ปาล์ม	✓	✓	✓	✓		
	ข้าวโพด		✓	✓	✓		
	ยางพารา						
2. กรดแลคติก	ข้าว		✓	✓	✓		มีมูลค่าการนำเข้าเฉลี่ยปี 2559-2560 ประมาณ 63.25 ล้านบาท และมีมูลค่า การส่งออกเฉลี่ยในช่วงปีเดียวกัน ประมาณ 2,164.35 ล้านบาท
	มันสำปะหลัง	✓	✓	✓	✓	✓	
	อ้อย	✓	✓	✓	✓	✓	
	ปาล์ม		✓	✓	✓		
	ข้าวโพด		✓	✓	✓		
	ยางพารา		✓ ^w	✓	✓		

ตารางที่ 5.2 สรุปลำดับความพร้อมในการพัฒนาสารเคมีแพลตฟอร์มของประเทศไทย (ต่อ)

สารเคมีแพลตฟอร์ม (Building Block)	วัตถุดิบ	มีเทคโนโลยีการผลิต		นโยบาย			มูลค่าทางการตลาด
		ในประเทศ มีการผลิตใน ประเทศ	ต่างประเทศ	ด้าน การเกษตร	ด้านการวิจัย และพัฒนา	ด้าน Bioeconomy	
3. ซอร์บิทอล	ข้าว		✓	✓	✓		มีมูลค่าการนำเข้าเฉลี่ยปี 2559-2560 ประมาณ 353.60 ล้านบาท และมีมูลค่า การส่งออกเฉลี่ยในช่วงปีเดียวกัน ประมาณ 153.49 ล้านบาท
	มันสำปะหลัง		✓	✓	✓		
	อ้อย		✓	✓	✓		
	ปาล์ม			✓	✓		
	ข้าวโพด	✓	✓	✓	✓		
	ยางพารา		✓ ^w	✓	✓		
4. กรดซักซินิก	ข้าว		✓	✓	✓		มีมูลค่าการนำเข้าเฉลี่ยปี 2559-2560 ประมาณ 161.47 ล้านบาท
	มันสำปะหลัง		✓	✓	✓		
	อ้อย		✓	✓	✓	✓	
	ปาล์ม	✓	✓	✓	✓		
	ข้าวโพด		✓	✓	✓		
	ยางพารา		✓ ^w	✓	✓		

ตารางที่ 5.2 สรุปลำดับความพร้อมในการพัฒนาสารเคมีแพลตฟอร์มของประเทศไทย (ต่อ)

สารเคมีแพลตฟอร์ม (Building Block)	วัตถุดิบ	มีเทคโนโลยีการผลิต		นโยบาย			มูลค่าทางการตลาด
		ในประเทศ มีการผลิตใน ประเทศ	ต่างประเทศ	ด้าน การเกษตร	ด้านการวิจัย และพัฒนา	ด้าน Bioeconomy	
5. เอทานอล	ข้าว	✓	✓	✓	✓		มีมูลค่าการนำเข้าเฉลี่ยปี 2559-2560 ประมาณ 317.85 ล้านบาท และมีมูลค่า การส่งออกเฉลี่ยในช่วงปีเดียวกัน ประมาณ 611.03 ล้านบาท
	มันสำปะหลัง	✓	✓	✓	✓	✓	
	อ้อย	✓	✓	✓	✓	✓	
	ปาล์ม	✓	✓	✓	✓		
	ข้าวโพด	✓	✓	✓	✓		
	ยางพารา	✓	✓	✓	✓		
6. ไโซลิทอล	ข้าว		✓	✓	✓		-
	มันสำปะหลัง		✓	✓	✓		
	อ้อย		✓	✓	✓		
	ปาล์ม	✓	✓	✓	✓		
	ข้าวโพด	✓	✓	✓	✓		
	ยางพารา		✓ ^{W,X}	✓	✓		

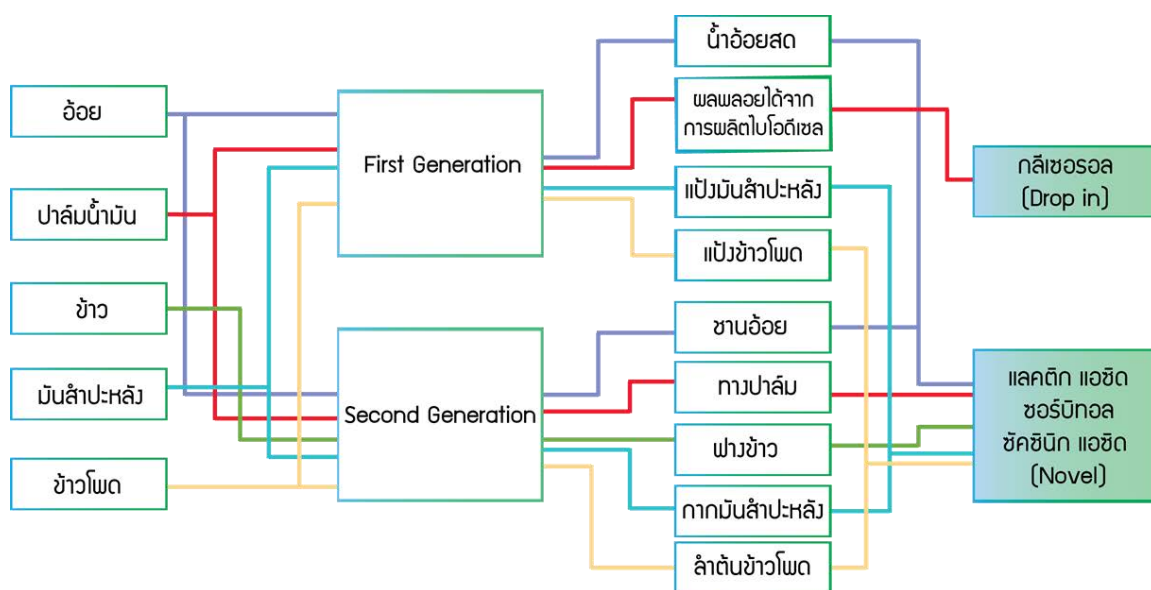
ตารางที่ 5.2 สรุปลำดับความพร้อมในการพัฒนาสารเคมีแพลตฟอร์มของประเทศไทย (ต่อ)

สารเคมีแพลตฟอร์ม (Building Block)	วัตถุดิบ	มีเทคโนโลยีการผลิต		นโยบาย			มูลค่าทางการตลาด
		ในประเทศ มีการผลิตในประเทศ	ต่างประเทศ	ด้านการเกษตร	ด้านการวิจัยและพัฒนา	ด้าน Bioeconomy	
7. สารประกอบฟูแรน	ข้าว		✓	✓	✓		มีมูลค่าการนำเข้าเฉลี่ยปี 2559-2560 ประมาณ 61.75 ล้านบาท และมีมูลค่าการส่งออกเฉลี่ยในช่วงปีเดียวกัน ประมาณ 18.71 ล้านบาท
	มันสำปะหลัง		✓	✓	✓		
	อ้อย	✓	✓	✓	✓		
	ปาล์ม		✓	✓	✓		
	ข้าวโพด	✓	✓	✓	✓		
	ยางพารา		✓	✓	✓		
8. ไฮดรอกซีโพรไพโอนิก แอซิด และ แอลดีไฮด์	ข้าว		✓	✓	✓		มีมูลค่าการนำเข้าเฉลี่ยปี 2559-2560 ประมาณ 150.52 ล้านบาท
	มันสำปะหลัง		✓	✓	✓		
	อ้อย		✓	✓	✓		
	ปาล์ม		✓	✓	✓		
	ข้าวโพด		✓	✓	✓		
	ยางพารา						

ตารางที่ 5.2 สรุปลำดับความพร้อมในการพัฒนาสารเคมีแพลตฟอร์มของประเทศไทย (ต่อ)

สารเคมีแพลตฟอร์ม (Building Block)	วัตถุดิบ	มีเทคโนโลยีการผลิต		นโยบาย			มูลค่าทางการตลาด
		ในประเทศ มีการผลิตในประเทศ	ต่างประเทศ	ด้านการเกษตร	ด้านการวิจัยและพัฒนา	ด้าน Bioeconomy	
9. กรดลิควาลินิก	ข้าว		✓	✓	✓		-
	มันสำปะหลัง		✓	✓	✓		
	อ้อย		✓	✓	✓		
	ปาล์ม		✓	✓	✓		
	ข้าวโพด		✓	✓	✓		
	ยางพารา		✓ ^W	✓	✓		
10. ไบโอดีไฮดรคาร์บอนและไอโซพรีน	ข้าว	✓	✓	✓	✓		มีสถิติการนำเข้า แต่มีมูลค่าน้อยมาก เพียง 8,000 ถึง 20,000 ล้านบาทเท่านั้น
	มันสำปะหลัง	✓	✓	✓	✓		
	อ้อย	✓	✓	✓	✓		
	ปาล์ม	✓	✓	✓	✓		
	ข้าวโพด	✓	✓	✓	✓		
	ยางพารา	✓	✓	✓	✓		

ที่มา : คณะผู้วิจัย (W: มีการศึกษาโดยใช้ไม้ชนิดอื่น; X: ไซโลส)



ภาพที่ 5.2 สรุปวัตถุดิบและสารแพลตฟอร์มที่น่าสนใจเพื่อพัฒนาต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องจากการสัมมนา

จากการจัดสัมมนา “การศึกษาและสังเคราะห์สถานภาพและทิศทางการวิจัยภายใต้ นโยบายเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ” เมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2561 ณ ห้องออร์คิด 1 โรงแรมราม่า การ์ เด็นส์ กรุงเทพมหานคร สามารถสรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากการแสดงความคิดเห็นและ แบบแสดงความคิดเห็นด้านต่างๆ ได้ดังนี้

- 1) สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ “การศึกษาและสังเคราะห์สถานภาพและ ทิศทางการวิจัยภายใต้ นโยบายเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ” จากแบบสอบถามและแผ่น แสดงความคิดเห็น (Post-it)

รายการ	ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติม
1.ด้านนโยบายสนับสนุน	● นโยบาย New S Curve ของ EEC สามารถสนับสนุนการพัฒนานี้ได้ ● ควรประสานกับฝ่ายกฎหมายของประเทศ กำหนดให้ใช้ภาชนะ อาหาร/ถุงพลาสติกที่ย่อยสลายได้ โดยไม่ต้องระบุว่าเป็นวัสดุประเภทใด (เปิดกว้าง) ● ภาครัฐควรกำหนด mandate ให้ใช้ผลิตภัณฑ์ Biobased ในสัดส่วน ที่เพิ่มขึ้น รวมถึงสนับสนุนงบประมาณลงทุนให้ภาคเอกชนและภาควิจัย ● สนับสนุนโดยเลือกผลิตภัณฑ์เป้าหมายจากรัฐบาล และแนวทาง สนับสนุนทุกภาคส่วนในระยะเริ่มต้น

	● นโยบายด้านการส่งเสริม BOI (ทำแล้ว) ● การจัดซื้อจัดจ้างสีเขียว (ทำแล้ว) ● ด้านภาษีสำหรับผู้ใช้ (กำลังหาวิธีการ) ● นโยบายเชิงบังคับ (รัฐกำลังตัดสินใจอยู่) เก็บภาษีจากผลิตภัณฑ์เดิม เช่น ภาษีการใช้ถุงพลาสติกเดิม ห้ามใช้ และเก็บเงินค่าใช้ ● สนับสนุนให้เก็บภาษี Tax Incentive ต่างๆ ● ไม่คิดภาษีรายรับให้กับบริษัทที่ผลิตผลิตภัณฑ์ย่อยสลายได้ ● ลดภาษีสำหรับโรงงานที่ใช้วัตถุดิบด้านชีวภาพ ● นโยบายด้านพลังงานสะอาด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ● นโยบายด้าน Value Added ในห่วงโซ่อุปทานของแต่ละ Chemical ● ควรสนับสนุนการจัดการทั้งระบบ ไม่ใช่เอาของเสียมาจัดการ ● สนับสนุนนโยบายในการนำ Waste มาแปรรูป ด้วยเทคโนโลยี 4.0 เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม ลดปัญหาสิ่งแวดล้อม เพิ่มประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบให้เกิดประโยชน์สูงสุด ● ควรเน้นเรื่องความสามารถในงานวิจัย ● เสนอเป็นนโยบายในการใช้พลาสติกชีวภาพทดแทนการใช้พลาสติกอย่างแท้จริง เนื่องจากพลาสติกมีผลกระทบ เช่น สิ่งแวดล้อม การค้า ● ควรพิจารณาประเด็นนโยบายการจัดสรรด้านการผลิต วัตถุดิบ เกษตรกร เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ Bioeconomy (Supply Chain Management) ตลอดห่วงโซ่ไปถึงการตลาด ● ต้องมีการจัดกลุ่มชนิดพืชที่สำคัญที่สามารถนิยมนำมาใช้ในการผลิต Bioeconomy ให้ได้ก่อนที่จะนำเสนอ มี 5 ชนิดตามที่นำเสนอ ● รัฐควรออกนโยบายสนับสนุนให้ควรปลูกต่อไปไม่ว่าจะเป็นทางด้านแรงจูงใจหรือมีการสนับสนุนทางการเงิน เมล็ดพันธุ์ หรือมีการกำหนดโซนในการปลูก และมีหน่วยงานอื่นมารับช่วงต่อไป (ต้น/กลาง/ปลาย) ● ควรพิจารณาแบ่งเป็นระยะๆ ระยะต้น เป็นการสร้างบุคลากร จะทำอย่างไร เป็นการลงทุนด้าน Bioeconomy เพื่อให้มีการถ่ายทอดทางเทคโนโลยี / ระยะกลาง เน้นการวิจัยซึ่งต้องดูจาก Future Products
2. ด้านการผลิตวัตถุดิบ	● ส่งเสริมให้ใช้เทคโนโลยีในการผลิตวัตถุดิบเพื่อลดต้นทุน และเพิ่ม Yield ต่อไร่ และต้นทุนต่อตัน

	● นำเข้าวัตถุดิบโดยเลือกจากประเทศที่มีประสิทธิภาพ มี Defect ต่ำ ● ส่งเสริมให้มีการผลิตวัตถุดิบที่มีมาตรฐานสูง ในประเทศ ให้มีใช้เพียงพอ และส่งออกได้ ● ให้มีเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ● วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการแปรรูปด้วยเทคโนโลยี 4.0 น่าจะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อินทรีย์ ได้แก่ โปรตีน กรดอะมิโน ยูเรีย กรดฮิวมิก ปุ๋ยชีวภาพ เป็นต้น ● มีพออยู่แล้ว ● ไม่ควรเน้นการพัฒนาการผลิตสำหรับวัตถุดิบ Generation ที่ 2 เร็วไป ● ต้องสร้างความมั่นใจให้ผู้ผลิต เกี่ยวกับผู้รับซื้อ ตลาด ราคาที่แน่นอน หรือความคุ้มค่า ● ด้านการผลิตวัตถุดิบ คือส่งต่อให้หน่วยงานการเกษตร สหกรณ์ โดยสหกรณ์ปล่อยเงินกู้สนับสนุนการปลูกไม้ค้ำคอกเบี้ย และมีหน่วยงานเกษตรเข้าไปส่งเสริมทางด้านการเกษตรการปลูก เมื่อมีหน่วยงานรัฐเกษตรกร พื้นที่ ก็จะมีผลผลิตพืชแต่ละชนิดที่เพียงพอต่อการผลิต ● เรื่องปริมาณไม่มีปัญหา ควรเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพ การผลิตและลดต้นทุนต่อหน่วย ● หากพิจารณาว่าวัตถุดิบ คือ ผลผลิตการเกษตร ต้องพิจารณาเรื่องคุณภาพควบคู่กันด้วย ● ต้นทุนการรวบรวมและขนส่งยังเป็นสิ่งที่ทำให้ต้นทุนรวมสูง รวมทั้งปริมาณการส่ง/ความสม่ำเสมอของการ Supply ● ควรมองหาวัตถุดิบที่มีความเฉพาะเจาะจงเพื่อทำผลิตภัณฑ์เป้าหมาย ขึ้นแทนการใช้วัตถุดิบการเกษตรเดิมๆ ที่เหลือจากการบริโภค เช่น หนุ่เน แป้งเป็นพลังงานทดแทน
3. ด้านการพัฒนาเทคโนโลยีและปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตสารเคมีแพลตฟอร์ม	● เสนอให้วิจัยเรื่องการผลิต Succinic Acid และ Lactic Acid จากมันสำปะหลัง ● ให้ทุนสนับสนุนทั้งระดับวิจัยและ Prototype และหาผู้มิตรจากผู้ผลิตและจำหน่ายให้นักวิจัย ● สำรวจเทคโนโลยีที่จำเป็นต้องใช้และสถานภาพของเทคโนโลยีเหล่านั้นในประเทศไทย

	● วางแผนพัฒนาเทคโนโลยี การถ่ายทอดและดูดซับเทคโนโลยี การเข้ามาของผู้เชี่ยวชาญ ● การเตรียมกำลังคนที่มีศักยภาพให้พร้อมสำหรับแต่ละเทคโนโลยี ● ทำคู่ขนานระหว่าง TRL 6 และ MRL6 ● สร้างความร่วมมือกับนักวิจัยในการพัฒนาและปรับปรุง ● ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยด้านนี้ ● มีการสร้าง Infrastructure รองรับการผลิตจริงในเชิงอุตสาหกรรม ● การลดต้นทุนเพื่อให้เกิดขึ้นได้ ● การผลิตสารเคมีต้นแบบจากวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานปาล์ม กระดาษ น้ำตาล เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากการนำเทคโนโลยีจากนักวิชาการมหาวิทยาลัย ร่วมกับสถานประกอบการ และรัฐบาล เพื่อผลักดันให้เกิดการผลิตจริงอย่างมีประสิทธิภาพ ● ควรพิจารณา Intermediate และสิ่งที่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่เราพร้อมทั้งความต้องการตลาด ● Ethanol Production Cost ยังต้องมีการพัฒนาปรับปรุง ● End Products ยังขาดการพัฒนา เช่น Bio-Plastic ยังต้องการพัฒนาเทคโนโลยี การผลิตผลิตภัณฑ์ ● ประเทศทำการพัฒนาซับซ้อน งานของประเทศเราอย่างมากได้ TRL 3 ดังนั้นนโยบายที่จะสนับสนุนให้องค์กรทำ เช่น Spear Head ให้เวลา 3 ปี น่าจะสั้นเกินไป
4. ด้านการวิจัยและพัฒนาสารเคมีและผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง	● ให้ทุนสนับสนุนเพื่อการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง เน้นการใช้วัตถุดิบที่มีในประเทศ และหาพันธมิตรนักวิจัยหรือผู้ผลิต ● เสนอให้พัฒนาสารเคมีและผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง Non Food จากพลาสติกชีวภาพและยางพารา ● การวิจัยและพัฒนาการรวมกลุ่มที่มีความต้องการหรือโจทย์ปัญหา ร่วมกัน วางแผนการวิจัยครบทั้ง Value Chain เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าไปใช้ประโยชน์ได้จริง ● ห้องปฏิบัติการเพื่อการวิเคราะห์ทดสอบ ● ให้สนับสนุนงานวิจัยเกี่ยวกับ Bio-Based Chemical ● เอกชน/รัฐ ต่อยอดงานวิจัยที่ผลิตเชิงพาณิชย์ได้จริง

	● เน้นการวิจัยเพื่อให้ถึงเป็นผลิตภัณฑ์สู่ตลาดได้ ● กำหนดเป้าหมายของผลผลิตที่ชัดเจนเพื่อทำให้เกิดการวิจัยต่อเนื่อง ● การนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีมาใช้ประโยชน์ต่อยอด เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อินทรีย์ที่สร้างมูลค่าเพิ่มแก่โรงงานอุตสาหกรรม ● ควบคู่ความสามารถของไทยเริ่มตรงไหน ● ต้องกำหนดเป้าหมายหรือผลิตภัณฑ์ให้ชัดเจน เพื่อทำให้เกิดการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ● ด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพ การผลิตสารเคมี ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต้องมีการวิจัยและพัฒนาควบคู่กันไป เพื่อนำสิ่งเหลือใช้มาพัฒนาต่อยอดให้มีคุณค่าไม่ทำให้เป็นของเสียต่อไป และประเทศ วัตถุดิบ กับอุตสาหกรรม มักไม่ไปด้วยกัน ● พิจารณางานวิจัยของ Bio-Products ที่มีอยู่แล้ว แต่เป็นต้นน้ำว่าขึ้นใด เป็น Products ได้ พัฒนาต่อได้ Forecast-Future Products เพื่อพัฒนางานวิจัย
5. ด้านการตลาด	● ภาครัฐสนับสนุนผู้ประกอบการ อาจเปิดทางให้แก่ผู้ประกอบการในประเทศต่างๆให้ก่อน ● ส่งเสริมการเปิดตลาดใหม่ๆในต่างประเทศที่มี Mandate เรื่อง Bio-Based อยู่แล้ว ● เสนอให้ทุนกับภาคเอกชนในการนำเอาผลิตภัณฑ์ Bio-Plastic ไปทำตลาด ● จัดการกำหนด เผยแพร่ตลาด จัด Exhibition ตลาดผลิตภัณฑ์ของไทยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ● ต้องอาศัยความร่วมมือทุกภาคส่วนโดยเฉพาะผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อให้แน่ใจว่าการผลิตแล้วจะมีผู้นำไปใช้ ทำให้เกิดรายได้ และผลตอบแทน ● การศึกษา สินค้า Substitute ในผลิตภัณฑ์ใหม่ ● การลดต้นทุนเพื่อให้แข่งขันได้ ● ควรร่วมกับสถานประกอบการ รัฐบาล และนักวิชาการมหาวิทยาลัย นำเทคโนโลยีมาต่อยอดเพื่อเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งให้เกิดผลิตภัณฑ์อินทรีย์ทดแทนการใช้สารเคมี

	● ให้มีการผลิตอย่างจริงจังเพื่อเป็นแบบอย่างการดำเนินงาน ● ต้องอาศัยความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อให้แน่ใจว่าที่ทำแล้วจะมีผู้นำไปใช้ทำให้เกิดรายได้และพลังงาน
--	---

2) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากการแสดงความคิดเห็นในห้องสัมมนา

- สารเคมีจากชีวภาพสามารถขายได้ในสหภาพยุโรปเนื่องจากประชาชนตระหนักถึงความสำคัญ และยินดีจ่ายเงินในราคาสูงเพื่อซื้อผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ ประเทศไทยควรมีการส่งเสริมให้ประชาชนเห็นถึงความสำคัญ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้มีมูลค่าโดยรัฐบาลจะต้องสนับสนุนด้วย
- ควรมีการจัดทำข้อมูลความต้องการของตลาดและวัตถุดิบที่มี เพื่อให้เกิดสมดุลของความต้องการและแหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิต เนื่องจากปัจจุบันเกิดปัญหาวัตถุดิบมีไม่ต่อเนื่อง
- การสนับสนุนให้มีการผลิตสารเคมีจากฐานชีวภาพช่วยเพิ่มมูลค่าให้พืชเศรษฐกิจ เนื่องจากปัจจุบันหากมองในแง่มูลค่าแล้ว พืชเศรษฐกิจให้มูลค่าต่ำเมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ใช้สำหรับผลิต
- ควรมีการเชื่อมโยงระหว่างเทคโนโลยีกับวัตถุดิบที่มีในประเทศ เพื่อให้สามารถผลิตสารเคมีกลุ่มนี้ได้จากวัตถุดิบในประเทศ
- ควรส่งเสริมนโยบาย BOI แบบพิเศษ ยกตัวอย่างประเทศเกาหลีในยุคพัฒนาประเทศ รัฐบาลเป็นผู้ลงทุนการผลิตในธุรกิจใหญ่ เพราะเอกชนมีเงินทุนไม่มากพอ ยกเว้นภาษีให้บริษัทต่างชาติ เพื่อให้เกิดการลงทุน โดยกำหนดให้จ้างงานประชาชนในประเทศ ยกเว้นภาษีรายได้ให้กับนักวิจัย เพื่อป้องกันสมองไหล
- ประเทศไทยสามารถใช้ประเทศเกาหลีเป็นตัวอย่างการดำเนินงานได้ เนื่องจากกำลังมีการพัฒนาสารเคมีจากฐานชีวภาพที่นำไปใช้ผลิตอาหารและยา
- บริษัททำการผลิตสารประกอบของไบโอพลาสติก
- ให้ข้อมูลเกี่ยวกับตลาดของไบโอพลาสติกในภูมิภาคเอเชียมีส่วนแบ่งตลาด 56% อเมริกาเหนือ 14% และสหภาพยุโรป 12%
- ไบโอพลาสติกที่มีการผลิตมากในประเทศไทย ได้แก่ PBS, PLA และ PEF โดยส่วนมากผลิตเป็นเม็ดพลาสติกส่งออก แต่ไม่ได้มีการทำการตลาดมากนัก ซึ่งถ้ามีการส่งเสริมทางการตลาดทั้งในและนอกประเทศ น่าจะทำให้มูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้น

- ให้ข้อมูลเกี่ยวกับกฎหมายของสหภาพยุโรปที่กำลังจะประกาศใช้ คือ ห้ามใช้ single use plastic ซึ่งกฎหมายนี้จะเปิดโอกาสให้ประเทศไทยในการผลิตไบโอพลาสติกส่งออกไปยังสหภาพยุโรป
- ควรมีการสนับสนุน SMEs ในธุรกิจไบโอพลาสติก
- เสนอแนะว่านอกจากจะต้องมองความพร้อมของเทคโนโลยี (TRL) แล้ว ควรมองความพร้อมในด้านการผลิตด้วย (MRL) เพื่อให้สามารถดำเนินธุรกิจได้จริง
- การตลาดควรมองให้ครอบคลุมทั้ง Value Chain ได้แก่ เทคโนโลยี วัตถุดิบ และนโยบายของภาครัฐ จากนั้นให้มองว่ามีช่องว่างในจุดไหนต้องพัฒนา ถ้ามีช่องว่างไม่มาก ให้ทำการพัฒนาต่อไป หากมีช่องว่างมากให้ชะลอไว้
- การพัฒนาควรเริ่มจากการตลาด ความสามารถในการผลิต แล้วจึงทำการพัฒนาเทคโนโลยี
- วัตถุดิบในประเทศไทยที่สามารถนำมาพัฒนาเป็นสารเคมีฐานชีวภาพมีมาก แต่ไม่ค่อยมีคุณภาพ จึงจำเป็นต้องพัฒนาในส่วนนี้ และต้องมีการพัฒนาวัตถุดิบอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ข้อมูลวัตถุดิบของประเทศไทยเป็นข้อมูลที่มีตัวเลขไม่ครบถ้วน เช่น ชานอ้อยมีปริมาณมาก แต่โรงงานน้ำตาลนำไปใช้เองแล้วบางส่วน ทำให้ปริมาณที่สามารถนำมาใช้ได้จริงเหลือน้อย การพัฒนาจึงควรเน้นไปที่การลดการสูญเสียของกระบวนการผลิต เพื่อให้เหลือวัตถุดิบคืออ้อย มาผลิตสารเคมี เป็นต้น ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากกว่าการใช้ของเหลือมาผลิต
- ควรมีการทำ SWOT ของการผลิตสารเคมีฐานชีวภาพในประเทศไทย
- ควรมีการทำ Partnership ระหว่างรัฐบาลกับเอกชนในการพัฒนาธุรกิจนี้
- ภูมิภาคเอเชียเป็นแหล่งผลิตไบโอพลาสติกลำดับที่ 2 ของโลก ซึ่งผู้ผลิตเป็นกลุ่มผู้ผลิตรายใหญ่ ซึ่งต้องการ BOI แบบพิเศษ เพื่อส่งเสริมการลงทุน
- PLA เป็นพลาสติกที่ใช้งานง่าย ราคาเหมาะสม โดยมีราคาแพงกว่าพลาสติกปกติ 2 เท่า (ผลิตภัณฑ์ไบโอพลาสติกจาก PLA มีราคาแพงกว่าพลาสติกปกติ 3 – 4 เท่า เนื่องจากมี lost มาก)
- ประเทศไทยมี TRL ต่ำ เพราะ Scale Up การผลิตไม่ได้ กำลังการผลิตที่น้อย ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง การพัฒนากระบวนการผลิตที่มีการสูญเสียน้อย จะช่วยลดต้นทุน ทำให้ราคาขายเหมาะต่อการแข่งขันมากขึ้น
- อยากให้มีการสนับสนุนเครื่องมือสำหรับงานวิจัย Scale เล็ก เพื่อให้ต่อยอดในเชิงอุตสาหกรรมได้

- ปัญหาด้านการตลาดที่ทำให้ไบโอพลาสติกไม่ได้รับการยอมรับคือ ราคาแพง ซึ่งความจริงแล้วเมื่อคิดราคาทั้งระบบคือค่าผลิตและค่าทำลาย ไบโอพลาสติกจะถูกกว่าพลาสติกปกติ จึงควรเสนอแนวคิดนี้ให้แพร่หลาย โดยทำการตลาดของไบโอพลาสติกให้ครบจนถึงขั้นตอนการกำจัด
- เสนอให้มีการให้ Adder กับผู้ใช้และผู้ผลิตไบโอพลาสติก
- ไบโอพลาสติกควรใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ครั้งเดียวทิ้ง ไม่ควรใช้กับของที่ต้องอยู่ยาวนาน เนื่องจากคุณภาพในด้านความคงทนไม่มาก และการใช้ไบโอพลาสติกย่อยสลายได้ง่าย
- อยากให้ช่วยแนะนำการเพิ่มมูลค่าอย่างพารา ในกลุ่มสารเคมีฐานชีวภาพ
- เสนอแนะว่าอย่างพาราสามารถนำไปผสมกับสารอื่นเพื่อทำเป็น Compound Plastic ได้ แต่น้ำยาพาราที่จะนำมาใช้ควรเป็นน้ำยาคุณภาพสูง

5.3 สรุปข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางวิจัยพัฒนาที่เกี่ยวข้องจากการศึกษา

จากการสรุปผลวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการพัฒนาตามแนวคิดเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพซึ่งสามารถจำแนกวัตถุดิบได้เป็น 2 รุ่น หรือ Generation คือ 1) วัตถุดิบที่มาจาก น้ำตาล และกลุ่มคาร์โบไฮเดรต เช่น น้ำอ้อยสด แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด เป็นต้น 2) วัตถุดิบที่มาจาก เซลลูโลส เช่น ชานอ้อย ทางปาล์ม ฟางข้าว เป็นต้น และสารแพลตฟอร์มที่ควรพัฒนาสำหรับประเทศไทย ได้แก่ กลีเซอรอล กรดแลคติก ซอร์บิทอล กรดซัคซินิก ในหัวข้อที่ 5.1 เนื่องด้วยข้อจำกัดของเทคโนโลยีการแปรรูปขั้นต้นของการผลิตสารแพลตฟอร์มสำหรับวัตถุดิบรุ่นที่ 2 หรือ 2nd Generation ทำให้ควรกำหนดแนวทางพัฒนาภาพรวมดังนี้

สำหรับวัตถุดิบรุ่นแรก หรือ 1st Generation การวิจัยต้นน้ำหรือการแปรรูปเบื้องต้นนั้นไม่มีความซับซ้อนมากจึงไม่ต้องทำการวิจัยเพิ่มเติม แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้านการเพิ่มผลผลิตของวัตถุดิบทางการเกษตรเพื่อรองรับปริมาณการใช้งานที่จะเพิ่มขึ้น อุตสาหกรรมกลั่นน้ำหรือการผลิตสารแพลตฟอร์มนั้น ควรศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสารแพลตฟอร์มเพื่อให้มีต้นทุนที่สามารถแข่งขันได้กับทั้งสารที่ผลิตได้จากปิโตรเคมีและสารชีวเคมีเอง และอุตสาหกรรมปลายน้ำหรือการผลิตสารต่อเนื่องและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ควรทำการศึกษาวิจัยการผลิตสารต่อเนื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์

สำหรับวัตถุดิบรุ่นที่สอง หรือ 2nd Generation มีแนวทางการวิจัยและพัฒนาด้านกลั่นน้ำและปลายน้ำเช่นเดียวกับวัตถุดิบรุ่นแรก แต่ต้องมีการศึกษาวิจัยด้านการแปรรูปขั้นต้นเพื่อลดต้นทุนการผลิตในขั้นตอนนี้ นอกจากนี้โครงการได้สรุปแนวทางการพัฒนาออกเป็น 5 ด้าน จากความคิดเห็นที่รับจากการสัมมนา ดังต่อไปนี้

1) ด้านนโยบายสนับสนุน

- ควรสนับสนุนและมุ่งเน้นนโยบายด้านการวิจัยและพัฒนาอย่างจริงจังและต่อเนื่อง

- ควรพิจารณาประเด็นนโยบายให้เชื่อมโยงตลอดห่วงโซ่อุปทาน (Supply Management) ตั้งแต่การจัดสรรด้านการผลิตวัตถุดิบเกษตร เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ Bioeconomy ไปจนถึงการตลาด และการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทาน เช่น การกำจัดพลาสติกใช้แล้ว เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม ลดปัญหาสิ่งแวดล้อม เพิ่มประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบให้เกิดประโยชน์สูงสุด
- ควรพิจารณานโยบายด้านการเพิ่มมูลค่า (Value Added) ในห่วงโซ่อุปทานของแต่ละ Building Block Chemical
- ควรพิจารณาการสนับสนุนแบ่งเป็นระยะๆ ระยะต้น มุ่งเน้นการสร้างบุคลากรจากการลงทุนด้าน Bioeconomy เพื่อให้มีการถ่ายทอดทางเทคโนโลยี ระยะกลาง มุ่งเน้นการวิจัยซึ่งต้องพิจารณาจาก Future Products
- ควรมีการจัดทำนโยบายด้านการใช้ หรือเพิ่มความต้องการภายในประเทศของสารแพลตฟอร์มและผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง อาทิ พลาสติกชีวภาพทดแทนการใช้พลาสติกอย่างแท้จริง
- ควรเชื่อมโยงนโยบาย New S Curve ที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยพิจารณาด้านสิทธิประโยชน์การลงทุนในด้านต่างๆ ทั้งผู้ผลิตและผู้ใช้ เช่น ภาษี กฎหมาย การสนับสนุนเงินลงทุน เป็นต้น
- ควรกำหนดผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ชัดเจนเกี่ยวกับนโยบายด้าน Bioeconomy

2) ด้านการผลิตและการจัดการวัตถุดิบ

- ควรส่งเสริมให้ใช้เทคโนโลยีในการผลิตวัตถุดิบเพื่อลดต้นทุน และเพิ่มผลผลิต (Yield) ต่อไร่ หรือต้นทุนต่อตัน เป็นต้น
- ควรคำนึงถึงคุณภาพของวัตถุดิบให้มีใช้ในประเทศพอเพียงและส่งออกได้ เช่น มาตรฐานด้านคุณภาพของวัตถุดิบ
- ควรทำการวิจัยและพัฒนาการใช้วัตถุดิบรุ่นที่ 2 หรือ 2nd Generation ด้านการพัฒนาการแปรรูปขั้นต้นควบคู่ไปกับการวิจัยและพัฒนาการใช้วัตถุดิบรุ่นแรก หรือ 1st Generation
- ควรปรับปรุงต้นทุนการรวบรวมและขนส่งยังเป็นสิ่งที่ทำให้ต้นทุนรวมสูง รวมทั้งปริมาณการส่ง/ความสม่ำเสมอของการวัตถุดิบ (Supply)
- ควรมีระบบที่สามารถสร้างความมั่นใจให้ผู้ผลิต เกี่ยวกับผู้รับซื้อ ตลาด ราคาที่แน่นอน หรือความคุ้มค่า
- ควรมีหน่วยงานด้านการเกษตร (สหกรณ์) สนับสนุนปัจจัยการผลิต เช่น เงินกู้ดอกเบี้ยต่ำหรือไม่มีดอกเบี้ย หรือหน่วยงานที่ส่งเสริมด้านการเกษตรเพื่อให้ความรู้ด้านการปลูกและการผลิต

3) ด้านการพัฒนาเทคโนโลยีและปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตสารเคมีแพลตฟอร์ม

- ควรศึกษาวิจัยเรื่องการผลิต Succinic Acid และ กรดแลคติก จากมันสำปะหลัง
- ยังคงมีความต้องการงานวิจัยเพื่อลดต้นทุนการผลิตเอทานอล
- ควรศึกษาการผลิตสารเคมีต้นแบบจากวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานปาล์ม กระดาษ น้ำตาล เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากการนำเทคโนโลยีจากนักวิชาการมหาวิทยาลัย ร่วมกับสถานประกอบการ และรัฐบาล เพื่อผลักดันให้เกิดการผลิตจริงอย่างมีประสิทธิภาพ
- ควรพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านการวิจัยเพื่อรองรับการพัฒนาการผลิตสารเคมีแพลตฟอร์ม ทั้งจากการพัฒนาเทคโนโลยี การถ่ายทอดและดูดซับเทคโนโลยีจากผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ
- ควรให้ทุนสนับสนุนทั้งระดับวิจัย Prototype หรือ Pilot Scale รวมถึงควรให้ระยะเวลาการทำวิจัยที่ต่อเนื่องหลายปี เนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยีจำเป็นต้องอาศัยระยะเวลาในการวิจัย
- ควรมีการสร้าง Infrastructure รองรับการผลิตจริงในเชิงอุตสาหกรรม
- การพิจารณาความพร้อมด้านเทคโนโลยีควรวิเคราะห์ทั้งจาก Technology Readiness Level (TRL) และ Manufacturing Readiness Level (MRL)

4) ด้านการวิจัยและพัฒนาสารเคมีและผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง

- ควรทำการวิจัยและพัฒนาการรวมกลุ่มที่มีความต้องการหรือโจทย์ปัญหาาร่วมกัน รวมถึงวางแผนการวิจัยครบทั้ง Value Chain เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่นำไปใช้ประโยชน์ได้จริง อาจจะใช้รูปแบบที่แสดงในภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 ตัวอย่างแนวทางของกลุ่ม Processum ในการพัฒนา Lignocellulose Biorefinery

- ควรพิจารณา สาร Intermediate และสิ่งที่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่เราพร้อม รวมถึงความต้องการตลาด
- ควรพัฒนาสารเคมีและผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง Non Food จากพลาสติกชีวภาพและยางพารา
- ควรสนับสนุนห้องปฏิบัติการเพื่อการวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์

- มุ่งเน้นการวิจัยสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางถึงขนาดเล็ก (SMEs) เช่น Plastic Compound
- ควรศึกษาข้อจำกัดด้านกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับต่างๆ ในปัจจุบันที่ทำการไม่สามารถทำการศึกษาและทำอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้ เช่น กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับเอทานอล

5) ด้านการตลาด

- ควรเชื่อมโยงนโยบายจากภาครัฐเพื่อสร้างตลาดทั้งในและต่างประเทศให้สอดคล้องกับงานวิจัยและพัฒนาด้านการผลิตสารแพลตฟอร์ม และผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง เช่น นโยบายส่งเสริมการใช้ผลิตภัณฑ์จากพลาสติกชีวภาพในหน่วยงานราชการ เพื่อกระตุ้นให้เกิดความต้องการตลาด

เอกสารอ้างอิง

- Abdel-Rahman, M. A., Tashiro, Y., & Sonomoto, K. (2013). Recent advances in lactic acid production by microbial fermentation processes. *Biotechnol Adv*, 31(6), 877-902. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.04.002>
- Abu Bakar, M. S., & Titiloye, J. O. (2013). Catalytic pyrolysis of rice husk for bio-oil production. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 103, 362-368. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jaap.2012.09.005>
- Adsul, M. G., Varma, A. J., & Gokhale, D. V. (2007). Lactic acid production from waste sugarcane bagasse derived cellulose. *Green Chemistry*, 9(1), 58-62. doi:10.1039/B605839F
- Amidon, T. E., Bujanovic, B., Liu, S., & Howard, J. R. (2011). Commercializing Biorefinery Technology: A Case for the Multi-Product Pathway to a Viable Biorefinery. *Forests*, 2(4), 929.
- Amidon, T. E., Wood, C. D., Shupe, A. M., Wang, Y., Graves, M., & Liu, S. (2008). Biorefinery: Conversion of Woody Biomass to Chemicals, Energy and Materials. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 2(2), 100-120. doi:10.1166/jbmb.2008.302
- Amiri, H., Karimi, K., & Roodpeyma, S. (2010). Production of furans from rice straw by single-phase and biphasic systems. *Carbohydrate Research*, 345(15), 2133-2138. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carres.2010.07.032>
- Babu, R. P., O'Connor, K., & Seeram, R. (2013). Current progress on bio-based polymers and their future trends. *Progress in Biomaterials*, 2(1), 8. doi:10.1186/2194-0517-2-8
- Bastianin, A., Galeotti, M., & Manera, M. (2016). Ethanol and field crops: Is there a price connection? *Food Policy*, 63, 53-61.
- Bayr, S., & Rintala, J. (2012). Thermophilic anaerobic digestion of pulp and paper mill primary sludge and co-digestion of primary and secondary sludge. *Water Research*, 46(15), 4713-4720. doi:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.06.033>
- Bhumiratana, S. (2016). *Bioeconomy in the Context of Thailand*. Paper presented at the Thai - German Bioeconomy Conference: Cooperation Opportunities for a Sustainable Bioeconomy.
- Biddy, M. J., Scarlata, C., & Kinchin, C. (2016). *Chemicals from biomass: A market assessment of bioproducts with near-term potential*. Retrieved from

- Bomrungnok, W., Sonomoto, K., Pinitglang, S., & Wongwicharn, A. (2012). Single Step Lactic Acid Production from Cassava Starch by *Laactobacillus plantarum* SW14 in Conventional Continuous and Continuous with High Cell Density. *APCBEE Procedia*, 2, 97-103. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.06.018>
- Boshoff, S., Gottumukkala, L. D., van Rensburg, E., & Görgens, J. (2016). Paper sludge (PS) to bioethanol: Evaluation of virgin and recycle mill sludge for low enzyme, high-solids fermentation. *Bioresource Technology*, 203(Supplement C), 103-111. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.12.028>
- Bozell, J. J., & Petersen, G. R. (2010). Technology development for the production of biobased products from biorefinery carbohydrates-the US Department of Energy's "Top 10" revisited. *Green Chemistry*, 12(4), 539-554. doi:10.1039/B922014C
- Budhavaram, N. K., & Fan, Z. (2009). Production of lactic acid from paper sludge using acid-tolerant, thermophilic *Bacillus coagulans* strains. *Bioresource Technology*, 100(23), 5966-5972. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.01.080>
- Calabia, B. P., & Tokiwa, Y. (2007). Production of d-lactic acid from sugarcane molasses, sugarcane juice and sugar beet juice by *Lactobacillus delbrueckii*. *Biotechnology Letters*, 29(9), 1329-1332. doi:10.1007/s10529-007-9408-4
- Cavka, A., Guo, X., Tang, S.-J., Winstrand, S., Jönsson, L. J., & Hong, F. (2013). Production of bacterial cellulose and enzyme from waste fiber sludge. *Biotechnology for Biofuels*, 6(1), 25. doi:10.1186/1754-6834-6-25
- Christopher, L. P. (2013). Integrated Forest Biorefineries: Current State and Development Potential. In L. P. Christopher (Ed.), *Integrated Forest Biorefineries*. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry.
- Choi, S., Song, C. W., Shin, J. H., & Lee, S. Y. (2015). Biorefineries for the production of top building block chemicals and their derivatives. *Metab Eng*, 28, 223-239. doi:10.1016/j.ymben.2014.12.007
- Christin Fund, B. E.-C., Christian Patermann and Patrick Dieckhoff. (2015). *Bioeconomy Policy (Part II) Synopsis national Strategies around the world* Retrieved from
- Chumkhunthod, P., Rodtong, S., Teaumroong, N., Boonkerd, N. . (2001). Bioconversion of cassava roots to high protein product for animal feed. *Thai Journal of Biotechnology*, 3, 17-25.
- Clark, J. H., & Deswarte, F. E. I. (2008). The Biorefinery Concept—An Integrated

- Approach *Introduction to Chemicals from Biomass* (pp. 1-20): John Wiley & Sons, Ltd.
- Cole Gustafson, & Fewell, J. (2010). Ethanol Production - Dry versus Wet Grind Processing. Retrieved from Energy website: <https://www.ag.ndsu.edu/energy/biofuels/energy-briefs/ethanol-production-dry-versus-wet-grind-processing>
- Davies, F. K., Work, V. H., Beliaev, A. S., & Posewitz, M. C. (2014). Engineering Limonene and Bisabolene Production in Wild Type and a Glycogen-Deficient Mutant of *Synechococcus* sp. PCC 7002. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 2, 21.
- de Jong, E., Higson, A., Walsh, P., & Wellisch, M. (2012). Bio-based chemicals value added products from biorefineries. *IEA Bioenergy, Task42 Biorefinery*.
- de Jong, E., & Jungmeier, G. (2015). Chapter 1 - Biorefinery Concepts in Comparison to Petrochemical Refineries A2 - Pandey, Ashok. In R. Höfer, M. Taherzadeh, K. M. Nampoothiri, & C. Larroche (Eds.), *Industrial Biorefineries & White Biotechnology* (pp. 3-33). Amsterdam: Elsevier.
- Durapulp. (2017). Retrieved from <https://www.sodra.com/en/about-sodra/innovation/durapulp/>
- E4Tech, R.-C. a. W. (2015). *From the sugar paltform to biofuels and biochemicals*. Retrieved from
- Ethanol Fuel Production from Cassava as a Substitute for Gasoline. (2007). *Journal of Dispersion Science and Technology*, 28(4), 501-504. doi:10.1080/01932690701276940
- Ezinkwo, G. O., Tretjakov, V. F., Talyshinky, R. M., Ilolov, A. M., & Mutombo, T. A. (2013). Overview of the Catalytic Production of Isoprene from different raw materials; Prospects of Isoprene production from bio-ethanol. *Catalysis for Sustainable Energy*, 1. doi:10.2478/cse-2013-0006
- Fan, Z., & Lynd, L. R. (2007). Conversion of paper sludge to ethanol, II: process design and economic analysis. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 30(1), 35-45.
- Fernando, S., Adhikari, S., Chandrapal, C., & Murali, N. (2006). Biorefineries: Current Status, Challenges, and Future Direction. *Energy & Fuels*, 20(4), 1727-1737. doi:10.1021/ef060097w
- Freitas, I. C., Manfro, R. L., & Souza, M. M. V. M. (2018). Hydrogenolysis of glycerol to

- propylene glycol in continuous system without hydrogen addition over Cu-Ni catalysts. *Applied Catalysis B: Environmental*, 220(Supplement C), 31-41. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2017.08.030>
- <Furfural Formation from Corn Cobs in a One-Pot Method Catalyzed by ZSM5.pdf>.
- Gary A., S. (1994). *Handbook for Pulp & Paper Technologists* (2 ed.). Vancouver, B.C., Canada: Augus Wilde Publications Inc.
- Gasmalla MAA, Y. R., Nikoo M, Man S (2012). Production of Ethanol from Sudanese Sugar Cane Molasses and Evaluation of Its Quality. *J Food Process Technol* 3:, 163 doi:10.4172/2157-7110.1000163
- Global Market Insight. (2016). Glycerol Market size worth \$3.04 by 2022. Retrieved from <http://www.gminsights.com/pressrelease/glycerol-market>
- Global Market Insights. (2017a). Lactic Acid Market to cross \$6bn & PLA Market to hit \$4bn by 2024. Retrieved from <https://globenewswire.com/news-release/2017/04/27/973478/0/en/Lactic-Acid-Market-to-cross-6bn-PLA-Market-to-hit-4bn-by-2024-Global-Market-Insights-Inc.html>
- Goswami, R., & Mishra, V. (2016). Sugar-Derived Industrially Important C6 Platform Chemicals *Platform Chemical Biorefinery* (pp. 229-248): Elsevier.
- Gottumukkala, L. D., Haigh, K., Collard, F.-X., van Rensburg, E., & Görgens, J. (2016). Opportunities and prospects of biorefinery-based valorisation of pulp and paper sludge. *Bioresource Technology*, 215(Supplement C), 37-49. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.04.015>
- Gruber, P., Henton, D. E., & Starr, J. (2006). Polylactic acid from renewable resources. *Biorefineries-Industrial Processes and Products: Status Quo and Future Directions*, 381-407.
- Gupta, A., & Verma, J. P. (2015). Sustainable bio-ethanol production from agro-residues: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 550-567.
- Hamaguchi, M., Cardoso, M., & Vakkilainen, E. (2012). Alternative Technologies for Biofuels Production in Kraft Pulp Mills—Potential and Prospects. *Energies*, 5(7), 2288.
- Harmsen, P. F., Hackmann, M. M., & Bos, H. L. (2013). Green building blocks for bio-based plastics. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 8(3), 306-324.
- Hayes, D. J., Fitzpatrick, S., Hayes, M. H., & Ross, J. R. (2006). The biofine process—production of levulinic acid, furfural, and formic acid from lignocellulosic

- feedstocks. *Biorefineries–Industrial Processes and Product*, 1, 139-164.
- Heiningen, A. V. (2006). Converting a kraft pulp mill into an integrated forest biorefinery. *Pulp & Paper Canada*, 107(6), 38-40.
- Inskeep, G. C., Taylor, G. G., & Breitzke, W. C. (1952). LACTIC ACID FROM CORN SUGAR. *Industrial & Engineering Chemistry*, 44(9), 1955-1966. doi:10.1021/ie50513a016
- Islam, M. N., & Ani, F. N. (2000). Techno-economics of rice husk pyrolysis, conversion with catalytic treatment to produce liquid fuel. *Bioresource Technology*, 73(1), 67-75. doi:[https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00085-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00085-1)
- Jerry Shurson, Mindy Spiehs, Jennifer Wilson, & Whitney, M. (2006). Value and use of ‘new generation’ distiller’s dried grains with solubles in swine diets. Retrieved from
- John, R. P., Nampoothiri, K. M., & Pandey, A. (2007). Production of L(+) lactic acid from cassava starch hydrolyzate by immobilized *Lactobacillus delbrueckii*. *Journal of Basic Microbiology*, 47(1), 25-30. doi:10.1002/jobm.200610208
- Juturu, V., & Wu, J. C. (2017). Production of high concentration of L-lactic acid from oil palm empty fruit bunch by thermophilic *B. coagulans* J112. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, n/a-n/a. doi:10.1002/bab.1567
- Kalle GP, N. S., Lashkari BZ. (1985). Improved glycerol production from cane molasses [using *Saccharomyces cerevisiae*] by the sulfite process with vacuum or continuous carbon dioxide sparging during fermentation. *Journal of fermentation technology*, 63, 231–237.
- Kamm, B., & Kamm, M. (2004). Principles of biorefineries. *Appl Microbiol Biotechnol*, 64(2), 137-145. doi:10.1007/s00253-003-1537-7
- Kamm, B., Kamm, M., Schmidt, M., Hirth, T., & Schulze, M. (2006). Lignocellulose-based Chemical Products and Product Family Trees. *Biorefineries-Industrial Processes and Products: Status Quo and Future Directions*, 97-149.
- Kang, L., Wang, W., & Lee, Y. Y. (2010). Bioconversion of Kraft Paper Mill Sludges to Ethanol by SSF and SSCF. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 161(1-8), 53–66.
- Kareem, S. O., Falokun, E. I., Balogun, S. A., Akinloye, O. A., & Omeike, S. O. Enzymatic biodiesel production from palm oil and palm kernel oil using free lipase. *Egyptian Journal of Petroleum*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2016.09.002>
- Kim, J.-H., Block, D. E., Shoemaker, S. P., & Mills, D. A. (2010). Conversion of rice straw

- to bio-based chemicals: an integrated process using *Lactobacillus brevis*. *Appl Microbiol Biotechnol*, 86(5), 1375-1385. doi:10.1007/s00253-009-2407-8
- Kim, J.-H., Wang, C., Jang, H.-J., Cha, M.-S., Park, J.-E., Jo, S.-Y., . . . Kim, S.-W. (2016). Isoprene production by *Escherichia coli* through the exogenous mevalonate pathway with reduced formation of fermentation byproducts. *Microbial Cell Factories*, 15, 214. doi:10.1186/s12934-016-0612-6
- Kosugi, A., Tanaka, R., Magara, K., Murata, Y., Arai, T., Sulaiman, O., . . . Mori, Y. (2010). Ethanol and lactic acid production using sap squeezed from old oil palm trunks felled for replanting. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 110(3), 322-325. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2010.03.001>
- Koutinas, A. A., Du, C., Wang, R. H., & Webb, C. (2008). Production of Chemicals from Biomass *Introduction to Chemicals from Biomass* (pp. 77-101): John Wiley & Sons, Ltd.
- Leão, A. L., Cherian, B. M., de Souza, S. F., Sain, M., Narine, S., Caldeira, M. S., & Toledo, M. A. S. (2012). Use of Primary Sludge from Pulp and Paper Mills for Nanocomposites. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 556(1), 254-263.
- Lehtikangas, P. (2001). Quality properties of pelletised sawdust, logging residues and bark. *Biomass and Bioenergy*, 20(5), 351-360. doi:[https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00092-1](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00092-1)
- Lichtenthaler, F. W. (2006). The key sugars of biomass: Availability, present non-food uses and potential future development lines. In P. R. G. a. M. K. B. Kamm (Ed.), *Biorefineries – Industrial Processes and Products*. Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- Lignocellulosic Fibers and Wood Handbook: Renewable Materials for Today's Environment*. (2016). Canada: Scrivener Publishing LLC.
- Lin, J.-Q., Lee, S.-M., & Koo, Y.-M. K. (2005). Modeling and simulation of simultaneous saccharification and fermentation of paper mill sludge to lactic acid. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 15(1), 40-47.
- Liu, Y.-P., Zheng, P., Sun, Z.-H., Ni, Y., Dong, J.-J., & Zhu, L.-L. (2008). Economical succinic acid production from cane molasses by *Actinobacillus succinogenes*. *Bioresource Technology*, 99(6), 1736-1742. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.03.044>
- Lu, H., Lin, B.-L., Campbell, D. E., Sagisaka, M., & Ren, H. (2012). Biofuel vs.

- biodiversity? Integrated energy and economic cost-benefit evaluation of rice-ethanol production in Japan. *Energy*, 46(1), 442-450.
- Luo, G., Xie, L., Zou, Z., Wang, W., & Zhou, Q. (2010). Evaluation of pretreatment methods on mixed inoculum for both batch and continuous thermophilic biohydrogen production from cassava stillage. *Bioresource Technology*, 101(3), 959-964. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.090>
- Marketsandmarkets. (2016a). Bioethanol Market by Feedstock (Starch-Based, Sugar-Based, Cellulose-Based), End-Use Industry (Transportation, Pharmaceuticals, Cosmetics, Alcoholic Beverages), Blend (E5, E10, E15 to E70, E75 to E85), and Region - Global Forecast to 2022. Retrieved from <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/bioethanol-market-131222570.html>
- Marketsandmarkets. (2016b). Succinic Acid Market by Type (Bio-based, Petro-based), Application (Polyurethane, Resins, Coatings & Pigments, Pharmaceuticals, Plasticizers, Food & Beverage, PBS/PBST, Solvents & Lubricants, De-Icer Solutions, Personal Care, and Others), and by Region - Global Forecast to 2021. Retrieved from http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/succinic-acid-market-402.html?gclid=Cj0KCOjw9afOBRDWARIsAJW4nvw5lfqDYHzKPLSvntBJCt2wrNBaheKuwGJV7qpC_YsNL38E1fOXxFOaAv0JEALw_wcB
- Marketsandmarkets. (2016c). Levulinic Acid Market by Application (Plasticizers, Pharmaceuticals & Cosmetics), Technology (Acid Hydrolysis, Biorefinery), and Region (North America, Europe, Asia-Pacific and Rest of the World) - Global Forecast to 2021. Retrieved from http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/levulinic-acid-market-143960662.html?gclid=CjwKCAjwmqHPBRBQEiwAOvbR84SWbkAqC5UnJwSHDcA-7AGMYVcBAC4488OnYa-VS7vgY7-8oRDntRoCoN0QAvD_BwE
- Marques, C., R. Tarek, M. Sara and S. K. Brar. (2016). Sorbitol production from biomass and its global market. In S. J. S. a. K. P. S. K. Brar (Ed.), *Platform Chemical Biorefinery: Future Green Chemistry* (pp. 216 – 227). Netherlands: Elsevier.
- Marques, S., Alves, L., Roseiro, J. C., & Gírio, F. M. (2008). Conversion of recycled paper sludge to ethanol by SHF and SSF using *Pichia stipitis*. *Biomass and Bioenergy*, 32(5), 400-406. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.10.011>

- Marques, S., Gírio, F. M., Santos, J. A. L., & Roseiro, J. C. (2017). Pulsed fed-batch strategy towards intensified process for lactic acid production using recycled paper sludge. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 7(2), 127-137. doi:10.1007/s13399-016-0211-0
- Marques, S., Santos, J. A. L., Gírio, F. M., & Roseiro, J. C. (2008). Lactic acid production from recycled paper sludge by simultaneous saccharification and fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, 41(3), 210-216. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bej.2008.04.018>
- Nazarpour, F., Abdullah, D. K., Abdullah, N., Motedayen, N., & Zamiri, R. (2013). Biological Pretreatment of Rubberwood with *Ceriporiopsis subvermispore* for Enzymatic Hydrolysis and Bioethanol Production. *BioMed Research International*, 2013, 268349. doi:10.1155/2013/268349
- Ni, Y., Wang, Y., & Sun, Z. (2012). Butanol Production from Cane Molasses by *Clostridium saccharobutylicum* DSM 13864: Batch and Semicontinuous Fermentation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 166(8), 1896-1907. doi:10.1007/s12010-012-9614-y
- Nitayavardhana, S., Rakshit, S. K., Grewell, D., van Leeuwen, J., & Khanal, S. K. (2008). Ultrasound pretreatment of cassava chip slurry to enhance sugar release for subsequent ethanol production. *Biotechnology and Bioengineering*, 101(3), 487-496. doi:10.1002/bit.21922
- Nitschke, M., & Pastore, G. M. (2006). Production and properties of a surfactant obtained from *Bacillus subtilis* grown on cassava wastewater. *Bioresource Technology*, 97(2), 336-341. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.02.044>
- NSTDA. (2015). การหารือระดมความคิดต่อ (ร่าง) ยุทธศาสตร์และมาตรการสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมฐานชีวภาพของประเทศไทย.
- Ojolo, S. J., Adelaja, A. O., & Sobamowo, G. M. (2011). Production of Bio-Diesel from Palm Kernel Oil and Groundnut Oil. *Advanced Materials Research*, 367, 501-506. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.367.501
- Okano, K., Zhang, Q., Shinkawa, S., Yoshida, S., Tanaka, T., Fukuda, H., & Kondo, A. (2009). Efficient production of optically pure D-lactic acid from raw corn starch by using a genetically modified L-lactate dehydrogenase gene-deficient and alpha-amylase-secreting *Lactobacillus plantarum* strain. *Appl Environ Microbiol*, 75(2), 462-467. doi:10.1128/AEM.01514-08

- Olivier Dubois, M. G. S. J. (2016). How Sustainability is addressed in official bioeconomy strategies at international, national and regional levels: An overview FAO.
- Organisation, T. E. P. S. (2011). *THE EUROPEAN BIOECONOMY IN 2030: Delivering Sustainable Growth by addressing the Grand Societal Challenges*.
- Orua O. Antia, E. J. A., Aniekan Offiong. (2011). Production of glycerol from palm kernel oil. *Nigerian Journal of Technological Development*, 8(1), 40-47.
- Pachapur, V., Sarma, S., Brar, S., & Chaabouni, E. (2016). Platform Chemicals: Significance and Need *Platform Chemical Biorefinery* (pp. 1-20): Elsevier.
- Patrick Dieckhoff, B. E.-C. a. C. P. (2015). *Bioeconomy Policy Synopsis and Analysis of Strategies in the G7*. Retrieved from
- Peng, L., & Chen, Y. (2011). Conversion of paper sludge to ethanol by separate hydrolysis and fermentation (SHF) using *Saccharomyces cerevisiae*. *Biomass and Bioenergy*, 35(4), 1600-1606. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.059>
- Pinto, F., Miranda, M., & Costa, P. (2016). Production of liquid hydrocarbons from rice crop wastes mixtures by co-pyrolysis and co-hydropyrolysis. *Fuel*, 174, 153-163. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.01.075>
- Prasetyo, J., Zhu, J., Kato, T., & Park, E. Y. (2011). Efficient production of cellulase in the culture of *Acremonium cellulolyticus* using untreated waste paper sludge. *Biocatalysts and Bioreactor Design*, 27(1), 104–110.
- Pulicharla, R., Lonappan, L., Brar, S., & Verma, M. (2017). Production of Renewable C5 Platform Chemicals and Potential Applications *Platform Chemical Biorefinery* (pp. 201-216): Elsevier.
- Quintero, J. A., Montoya, M. I., Sánchez, O. J., Giraldo, O. H., & Cardona, C. A. (2008). Fuel ethanol production from sugarcane and corn: Comparative analysis for a Colombian case. *Energy*, 33(3), 385-399. doi:10.1016/j.energy.2007.10.001
- Quintero M, J. E., Acosta C, A., Mejía G, C., RÍOs E, R., & Torres L, A. M. (2012). LACTIC ACID PRODUCTION VIA CASSAVA-FLOURHYDROLYSATE FERMENTATION. *Vitae*, 19, 287-293.
- Quispe, C. A., Coronado, C. J., & Carvalho Jr, J. A. (2013). Glycerol: production, consumption, prices, characterization and new trends in combustion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27, 475-493.

- Quispe, C. A. G., Coronado, C. J. R., & Carvalho Jr, J. A. (2013). Glycerol: Production, consumption, prices, characterization and new trends in combustion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27(Supplement C), 475-493. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.017>
- Research, G. V. (2017). Xylitol Market Analysis By Application (Chewing Gum, Confectionery, Bakery, Oral Care), By Region (North America, Europe, Asia Pacific, Latin America, MEA), And Segment Forecast, 2014 – 2025. Retrieved from <http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/xylitol-market>
- Riansa-ngawong, W., Suwansaard, M., & Prasertsan, P. (2015). Kinetic Analysis of Xylose Production from Palm Pressed Fiber by Sulfuric Acid. *KMUTNB International Journal of Applied Science and Technology*, 1-11. doi:10.14416/j.ijast.2014.12.001
- Rivas, B., Moldes, A. B., Domínguez, J. M., & Parajó, J. C. (2004). Lactic acid production from corn cobs by simultaneous saccharification and fermentation: a mathematical interpretation. *Enzyme and Microbial Technology*, 34(7), 627-634. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2004.01.011>
- Road map 2015-2025 Materials from nanocellulose. (2017). Retrieved from [https://www.ri.se/sites/default/files/files/docs/roadmap_materials_from_nano cellulose.pdf](https://www.ri.se/sites/default/files/files/docs/roadmap_materials_from_nano_cellulose.pdf)
- Roadmap 2015 - 2025 The pulp mill biorefinery. (2017). Retrieved from https://www.ri.se/sites/default/files/files/docs/roadmap_the_pulp_mill_biorefinery.pdf
- Robus, C. L. L., Gottumukkala, L. D., van Rensburg, E., & Görgens, J. F. (2016). Feasible process development and techno-economic evaluation of paper sludge to bioethanol conversion: South African paper mills scenario. *Renewable Energy*, 92(Supplement C), 333-345. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.017>
- Sara, M., Rouissi, T., Brar, S., & Blais, J. (2016). Propylene Glycol: An Industrially Important C3 Platform Chemical *Platform Chemical Biorefinery* (pp. 77-100): Elsevier.
- Shafeeq, A., Muhammad, A., Sarfaraz, S., Akram, Z., Saeed, H. M. U., & Farooq, U. (2015). Effect of Acid Concentration on the Extraction of Furfural from Corn Cobs. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 6(5), 381-384. doi:10.7763/ijcea.2015.v6.514

- Sharip, N. S., Ariffin, H., Hassan, M. A., Nishida, H., & Shirai, Y. (2016). Characterization and application of bioactive compounds in oil palm mesocarp fiber superheated steam condensate as an antifungal agent. *RSC Advances*, 6(88), 84672-84683. doi:10.1039/C6RA13292H
- Sikder, J., Chakraborty, S., Sharma, V., & Drioli, E. (2014). Kinetic of lactic acid production from sugarcane juice using *Lactobacillus plantarum* NCIM 2912. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 9(3), 374-381. doi:10.1002/apj.1806
- Sitompul, J. P., Simangunsong, R. F., Asrizal, A. A., Alisyahbana, H., Lee, H. W., & Rasrendra, C. B. (2014). Catalytic Conversion of Empty Fruit Bunch of Palm Oil for Producing Lactic Acid. *Procedia Chemistry*, 9, 88-93. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.proche.2014.05.011>
- Steinbüchel, A. (2003). Production of rubber-like polymers by microorganisms. *Current Opinion in Microbiology*, 6(3), 261-270. doi:[https://doi.org/10.1016/S1369-5274\(03\)00061-4](https://doi.org/10.1016/S1369-5274(03)00061-4)
- TEM. (2014). Sustainable Growth from the Bioeconomy—The Finnish Bioeconomy Strategy.
- Timbuntam, W., Sriroth, K., & Tokiwa, Y. (2006). Lactic acid production from sugarcane juice by a newly isolated *Lactobacillus* sp. *Biotechnology Letters*, 28(11), 811-814. doi:10.1007/s10529-006-9003-0
- Tingirikari, J. M. R., S. Ahmed and V. K. Yata. (2016). *3-Hydroxy-propionic acid* (S. J. S. a. K. P. S. K. Brar Ed.): Elsevier.
- Tittabutr, P., Payakapong, W., Teaumroong, N., & Boonkerd, N. (2005). Cassava as a Cheap Source of Carbon for Rhizobial Inoculant Production using an Amylase-producing Fungus and a Glycerol-producing Yeast. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21(6), 823-829. doi:10.1007/s11274-004-2240-2
- Tomani, P. (2010). The lignoboost process. *Cellulose Chemistry and Technology*, 44(1-3), 53-58.
- Waramit, N. (2012). Developing a Bioeconomy in Thailand. *Journal of ISSAAS*, 18(2), 34-44.
- Weastra, S. (2013). WP 8.1. Determination of market potential for selected platform chemicals: itaconic acid, succinic acid, 2, 5-furandicarboxylic acid, Report for

- BioConSepT FP7 project, 2013.
- Werpy, T., Petersen, G., Aden, A., Bozell, J., Holladay, J., White, J., . . . Jones, S. (2004). Top Value Added Chemicals From Biomass; Volume I: Results of Screening for Potential Candidates from Sugars and Synthesis Gas. *Pacific Northwest National Laboratory, National Renewable Energy Laboratory*.
- Xiaodong, W., Xuan, G., & Rakshit, S. K. (1997). Direct fermentative production of lactic acid on cassava and other starch substrates. *Biotechnology Letters*, 19(9), 841-843. doi:10.1023/A:1018321200591
- Ye, L., Hudari, M. S. B., Li, Z., & Wu, J. C. (2014). Simultaneous detoxification, saccharification and co-fermentation of oil palm empty fruit bunch hydrolysate for l-lactic acid production by *Bacillus coagulans* J12. *Biochemical Engineering Journal*, 83, 16-21. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bej.2013.12.005>
- Yokoyama, K., & Miyafuji, H. (2016). Production of Furan Compounds from Rice Straw with Ionic Liquid Treatment. *Journal of the Japan Institute of Energy*, 95(10), 902-908. doi:10.3775/jie.95.902
- Younas, R., Zhang, S., Zhang, L., Luo, G., Chen, K., Cao, L., . . . Hao, S. (2016). Lactic acid production from rice straw in alkaline hydrothermal conditions in presence of NiO nanoplates. *Catalysis Today*, 274, 40-48. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cattod.2016.03.052>
- Zarei, M., Ebrahimpour, A., Abdul-Hamid, A., Anwar, F., & Saari, N. (2012). Production of defatted palm kernel cake protein hydrolysate as a valuable source of natural antioxidants. *Int J Mol Sci*, 13(7), 8097-8111. doi:10.3390/ijms13078097
- Zhang, J., Liu, D., Xie, D., Wang, Y., & Sun, Y. (2002). Production of glycerol by fermentation using osmophilic yeast *Candida krusei* with different starchy substrates. *Enzyme and Microbial Technology*, 30(6), 758-762. doi:[https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(02\)00054-6](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(02)00054-6)
- Zhang, J., & Lynd, L. R. (2010). Ethanol production from paper sludge by simultaneous saccharification and co-fermentation using recombinant xylose-fermenting microorganisms. *Biotechnology and Bioengineering*, 107(2), 235-244.
- กนกอร เชิญวัฒนชัย. (2547). การพัฒนาแป้งฝุ่นรอยเท้าที่ยั่งยืนจากสตาร์ชข้าวเจ้าผสม กานพลูผง Retrieved from กรุงเทพฯ:

- กรกช ฮามสุโพธิ์. (2540). การทำงานของเอนไซม์ไลเปสในกากรำข้าวที่สกัดน้ำมันแล้ว. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- กรกต สุนทรกุล. (2555). การผลิตสาโทแดงจากข้าวเหนียวดำและรา *Monascus purpureus*. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- กรรณิการ์ สถาปิตานนท์. (2529). น้ำมันผสมสีจากน้ำมันเมล็ดยางพารา กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- กรรณิการ์ สถาปิตานนท์. (2541). การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา : การกำหนดสูตรน้ำยาสีสำหรับเคลือบดอกไม้ประดิษฐ์ กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- กรองจันทร์ รัตนประดิษฐ์. (2551a). การพัฒนาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวกล้องไทย [*Oryza sativa L.*] ในระดับห้องปฏิบัติการ. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กรองจันทร์ รัตนประดิษฐ์. (2551b). การสกัดและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารสกัดจากวัตถุดิบ สารมัธยันต์และผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวกล้องไทย [*Oryza sativa L.*]. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กรุณา ชัยเสถียร. (2536). การใช้รำข้าวเป็นแหล่งใยอาหารในคุกกี้แคลอรีต่ำ. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- กฤษณ์ จารุทะวีย์. (2545). การใช้เถ้าลอยเส้นใยปาล์มและเถ้าลอยขานอ้อยแทนที่ซีเมนต์บางส่วน Retrieved from กรุงเทพฯ:
- กฤษดา คงเดิม. (2552). การศึกษาการผลิตแผ่นใยไม้อัดจากเศษเหลือของปาล์มน้ำมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด. (2544). การใช้ประโยชน์จากปลายข้าวหอมมะลิเพื่อผลิตกลูโคสซีรัปและแป้งโปรตีนสูง. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กษิตีศ สุนทราภิรักษ์กุล. (2553). การออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยจุลินทรีย์ของพลาสติกชีวภาพเตรียมจากแป้งข้าวเจ้าผสมพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ก้องเกียรติ ภูเกิด. (2531). การเตรียมซิลิกอนไดออกไซด์จากแกลบข้าว. Retrieved from เชียงใหม่: กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2521). อุตสาหกรรมแป้งข้าวโพดและซอร์บิทอล (*Sorbitol*). Retrieved from กรุงเทพฯ:
- กัญติยา สดใส. (2555). การกำจัดสีย้อมในน้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้า โครงการพัฒนาโดยดองด้วยไม้ยางพาราและถ่านไม้ยางพารา. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- กัลทิมา พิชัย. (2535). การเปรียบเทียบการเจริญและการผลิตเอทานอลของ *Zymomonas mobilis* ในน้ำอ้อยในสภาวะต่างๆ. เชียงใหม่, เชียงใหม่.
- กัลยวัต พรสุรัตน์. (2546). การใช้ราย่อยกลินในการผลิตเยื่อกระดาษจากขานอ้อยใบสับปะรด และ

- ปอสา โดยวิธีทางชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กำเนิด สุภณวงษ์. (2539). การผลิตเอทานอลเชื้อเพลิงจากอ้อยโดย *Zymomonas mobilis* เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กิตติกันท์ สุขวณิชย์. (2554). การเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง ระหว่างกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดและด่าง. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- กิตติพงศ์ กาวิน. (2555). การดูดซับซัลไฟด์ในน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรีด้วยไม้อย่างพาราและถ่านไม้อย่างพารา. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- กิตติพงษ์ ลาลุน. (2554). การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากเห้งน้ำมันสำปะหลัง มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- กิตติภพ ไชยปัญญา. (2552). บล็อกซีเมนต์ประสานที่ใช้พอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ดินแดง และเถ้าจากกลบดำ กลบขาว หรือ ชานอ้อยเป็นส่วนผสม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- กิตติภพ ส้าราญ. (2542). การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันดีเซลด้วยเพอร์ฟิวรัลที่ได้จากชังข้าวโพด Retrieved from กรุงเทพฯ:
- กิตติศักดิ์ คำพะทา. (2548). ผลการใช้ไบโมันสำปะหลังแห้งเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารเปิดลูกผสม ต่อการย่อยได้ สมรรถนะการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- กิตติพงศ์ ตั้งกิจ. (2543). ความเหมาะสมของการผลิตแผ่นใยไม้อัดจากทางใบ, ลำต้นและทะลายผลเปล่าของปาล์มน้ำมัน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กฤษณิยา ครุฑกะ. (2544). การผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากนํ้านมถั่วเหลือง นํ้านมข้าวกล้องและรำข้าว. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์. (2556). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าเพื่อสุขภาพจากข้าวเจ้าเสริมสาหร่าย. Retrieved from ชลบุรี:
- กุลวดี ครอบพาณิชย์. (2552). การศึกษาการผลิต *nutrient base* จากวัสดุเหลือใช้จากผลปาล์มน้ำมัน กรุงเทพฯ: สถาบันคั่นควาและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เกศินี จันทรโสภณ. (2546). การวิจัยและพัฒนาการผลิตสาโทชั้นคุณภาพดีจากข้าวเม่า อุบลราชธานี: คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.
- ขนิษฐากรณ์ เสรีสงแสง. (2553). การผลิตสีธรรมชาติจากใบข้าวอ่อนและการใช้ประโยชน์. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- คงศักดิ์ ตั้งปนิธานดี. (2541). การผลิตกรดมะนาวจากกากมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยแล้ว โดย *Candida oleophila* UNN33-3 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- คณิต กฤษณังกูร. (2558). การผลิตเอทิลโอบีโอติลและแกมมาโอโรซานอลจากแอซิดออยล์จากน้ำมัน

- รำข้าว. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- คณิต วิจิตพันธ์. (2537). การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากแป้งมันสำปะหลัง ขอนแก่น: ขอนแก่น.
- คณิต วิจิตพันธ์. (2556). การผลิตสาโทแดงจากข้าวเหนียวดำโดยใช้ราแดง *Monascus purpureus*. Retrieved from ขอนแก่น:
- คัทลียา เงินจั่น. (2555). การดูดซับฟอर्मัลดีไฮด์ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตกระดาษ จังหวัดสมุทรสาคร ด้วยซังข้าวโพดและถ่านซังข้าวโพด. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- คำชาย พันทวงศ์. (2557). การพัฒนาบล็อกปูนซีเมนต์ขาวผสมฟางข้าวเสริมไม้ไผ่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จเร พัฒนกิจ. (2533). การเปรียบเทียบผลผลิตของเห็ดฟางโดยใช้เชื้อเลี้ยงไม้ม่างพาราที่สลายตัวระดับต่าง ๆ กันเปรียบเทียบการใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบเฉพาะ Retrieved from ม.ป.ท.:
- จักรพันธ์ ศิริธัญญลักษณ์. (2555). การเตรียมเส้นใยนาโนจากแป้งมันสำปะหลังสำหรับการใช้เป็นสารช่วยในเม็ดยา. Retrieved from เชียงใหม่:
- จันทิมา ชั่งสิริพร. (2551). การกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากอากาศเสียโดยใช้ถ่านกัมมันต์ ที่ผลิตจากเชื้อเลี้ยงไม้ม่างพาราในหอดูดซับแบบเบตนิ่ง. สงขลา: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จันทิมา หอม. (2553). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูปกลอสไชรำข้าวที่มีส่วนผสมของไลโปโซมสารสกัดมะขามป้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จารุตา วิเศษสรโรช. (2545). การใช้เอนไซม์ในการผลิตรำข้าวโปรตีนสูง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- จารุวัฒน์ นุตเดชาพันธ์. (2534). ผลการใช้กากเมล็ดธัญพืชพารากะเทาะเปลือก แห่ต่างและเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์ เป็นอาหารสุกรหย่านมาก่อนกำหนด. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จิตต์เรขา ทองมณี. (2550). การผลิตกรดแลคติก จากแป้งมันสำปะหลัง และน้ำตาลซูโครส โดยเชื้อ *Rhizopus oryzae* NRRL 395 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- จิตติ ท่าไ. (2557). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอซ์ชั่นบำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดที่มีฤทธิ์ชีวภาพและการประเมินปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจากข้าวไทย. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- จิตรา สิงห์ทอง. (2555). คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารจากรำข้าวและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร. Retrieved from อุบลราชธานี:
- จินตนา ขอบวิจักขณ์. (2543). การผลิตก๊าซไฮโดรเจนโดยแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ด้วยแป้งมันสำปะหลัง Retrieved from กรุงเทพฯ:
- จินตนา บุณาค. (2549). การศึกษาคุณค่าทางอาหารของข้าวเม่า และการแปรรูปข้าวเม่าเพื่อเพิ่มมูลค่า Retrieved from กรุงเทพฯ:
- จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์. (2529). กระบวนการหมักอาซีไตน-บิวทานอล จากมันสำปะหลัง กรุงเทพฯ:

- คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิรวรรณ อภิรักษการ. (2540). การผลิตน้ำเชื่อมกลูโคสจากการย่อยกากมันสำปะหลัง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- จิรัฐดี บรรจงศิริ. (2555). การศึกษากำลักรับแรงอัดของจีโอโพลิเมอร์จากเถาปาล์มน้ำมัน. Retrieved from นครปฐม:
- จิรากร ประเสริฐชีวะ. (2546). การพัฒนาโยเกิร์ตนมข้าวโพด Retrieved from เชียงใหม่:
- จิราพัชร คำพิเดช. (2551). การผลิตน้ำมันชีวภาพ โดยการทำให้กะลาปาล์มน้ำมันเป็นของเหลว ในเอทานอลภาวะเหนือวิกฤต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- จิราภรณ์ โล่ห์วงศ์วัฒน. (2525). การผลิตกรดซิตริกจากกากมันสำปะหลังโดยใช้เชื้อ *Aspergillus niger*. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- จุฑาทิพย์ เพชรอินทร์. (2547). การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ซีโอไลต์ที่สังเคราะห์จากเถ้าลอยถ่านหิน และจากเถ้าลอยขานอ้อย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- จุฑามาศ ถิระสาโรช. (2547). การหมักผลิตกรดแลคติกจากนมเปรี้ยว จากน้ำนมข้าวกล้องหอมมะลิ Retrieved from พิษณุโลก:
- จุฑามาศ บุษราคัมวดี. (2547). สมบัติของถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลัง โดยอ้างอิงถึงแหล่งวัตถุดิบขนาดผงและอัตราส่วนตัวประสาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จุฑามาศ รัตนศรีบัวทอง. (2548). อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างกากตะกอนน้ำทิ้งชุมชน และขานอ้อย ในการผลิตปุ๋ยหมัก. Retrieved from นนทบุรี:
- เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์. (2556). การเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์มาการองด้วยรำข้าวสังข์หยด. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- เจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์. (2556). ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแท่งเชื้อเพลิงฟางข้าวผสมชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- เจษฎา วรรณสินธุ์. (2551). การผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วย ซิลิกอนคาร์ไบด์พูนที่สังเคราะห์จากไม้ยางพารา โดยวิธีอินฟิลเทรชันด้วยความดัน สงขลา: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เจษฎาภรณ์ เรืองมะเริง. (2549). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมขัดผิว ที่มีส่วนผสมของซิลิกาจากแกลบข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ฉัตรชัย กันยาอุธ. (2552). การผลิตฉนวนไฟฟ้าแรงสูงจากวัสดุยางพารา ปทุมธานี: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ฉัตรสมร จิตรวิโรจน์. (2548). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลิปกลอส ที่มีส่วนผสมของไขรำข้าวและน้ำมันรำข้าว Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ฉันททิพ คำนวนทิพย์. (2550). แผ่นอัดจากใยมะพร้าว ขานอ้อย ฟางข้าว และแกลบ. Retrieved from ปทุมธานี:

- เฉลิมพร ทองพูน. (2553). การพัฒนาการผลิตเฟอร์พูลจากชานอ้อยโดยการไฮโดรไลซิสด้วยกรด Retrieved from พิชญโลก:
- ชญาณิชฐ์ จำปี. (2553). การขึ้นรูปวัสดุกำบังนิวตรอนที่ประกอบด้วยยางพาราธรรมชาติกับยางสังเคราะห์เอสปีอาร์และสารดูดกลืนนิวตรอน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์. (2548). การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตถ่านอัดแท่ง จากซังข้าวโพดผสม ถ่านจากกะลามะพร้าว. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- ชนิกานต์ พรหมสิงห์กุล. (2554). การฟอกสีน้ำมันปาล์มด้วยสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชยาภรณ์ สมานสรณคุณ. (2554). การผลิตกรดแลคติกจากแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยแล้ว โดยแบคทีเรียกรดแลคติก. มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.
- ชยุต ขรรค์มัย. (2557a). การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชของแป้งมันสำปะหลังที่เสริมแรงด้วยเพคตินและเส้นใยฝ้าย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชยุต ขรรค์มัย. (2557b). การสร้างสารสีและสารลดคอเลสเตอรอลบนมันสำปะหลังโดยเชื้อราโมแนสคัสตัวหนอนวิธีหมักแบบแข็ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชลดา ชื่อสัตย์. (2546). การใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังเพื่อผลิตเอทานอล Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ช่อลัดดา เทียงพุก. (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอนโทไซยานินสูงจากข้าวกล้องที่มีสีเข้ม. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ชัชฎาพร งามอาจ. (2545). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่เตรียมจากต้นมันสำปะหลัง ใบสับประรด และกากมะพร้าว. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ชัยพร สามพุ่มพวง. (2552). การพัฒนากระดาษฟางข้าวเพื่อดูดซับก๊าซเอทิลีน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชัยวุฒิ วัดจิ่ง. (2555). การเตรียมไฮโดรเจลจากยางธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลังสำหรับปลูกพืช. Retrieved from อุบลราชธานี:
- ชิตชนก คงแดง. (2554). การผลิตก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราโดยการหมักร่วมกับมูลสุกรสำหรับใช้ในครัวเรือน. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- ชิษณุพงศ์ บรรจง. (2546). การผลิตเบียร์จากข้าวหอมมะลิ เชียงใหม่: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชุติมา ศรีจิว. (2548). การผลิตเอทานอลเชื้อเพลิงจากน้ำอ้อยโดยยีสต์ที่ทนอุณหภูมิสูง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชูเกียรติ อนันต์เวทยานนท์. (2555). การออกแบบและพัฒนาวัสดุประกอบอาคาร : กรณีศึกษาวัสดุ

- ประกอบผนังอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานภายในอาคารจากยางพาราและฟางข้าว.
Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ไชยยันต์ ไชยยะ. (2554). การผลิตน้ำมันชีวภาพจากเปลือกและกากเมล็ดยางพาราด้วยกระบวนการไพโรไลซิส. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ไชยรัตน์ เฉลิมรัตนโรจน์. (2551). ต้นแบบการทำผลิตภัณฑ์จากยางพารา ที่ใช้ทางพันธุกรรมจัดฟันสงขลา: คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ไชนะ มูเล็ง. (2555). การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งทะเลลายปาล์มเปล่าและทางใบปาล์มน้ำมันเพื่อผลิตชีวมวลเห็ดแคร่ง. Retrieved from อุบลราชธานี:
- ณกัญภัทร จินดา. (2558a). การผลิตพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอทโดยการหมักกากปาล์มน้ำมันด้วยจุลินทรีย์ที่คัดเลือกได้จากดินบริเวณบ่อบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม. Retrieved from ชุมพร:
- ณกัญภัทร จินดา. (2558b). การพัฒนาพอลิเมอร์ชีวภาพผสมระหว่างพอลิแลคติก แอซิดและยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยสำหรับยัดอายุอาหารทะเลแช่แข็ง. Retrieved from ชุมพร:
- ณพงศธร ลิขิตศรีไพบูลย์. (2548). การพัฒนาถ้ำขานอ้อย เพื่อเป็นวัสดุปลูกพืชสวน Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ณรงค์ เพ็งปรีชา. (2522). การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากต้นมันสำปะหลัง. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ณัฐฐา แซ่กั. (2553). ปริมาณแคโรทีนและโทโคฟีรอลในใบปาล์มน้ำมันที่หีบแล้ว. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ณัฐกฤตา สุวรรณทิพย์. (2558). การพัฒนาแผ่นเส้นใยอิเล็กทรอนิกส์เซลลูโลสอะซิเตท ที่ประกอบด้วยสารสกัดจากน้ำยางพารา. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ณัฐบดี วิริยวัฒน์. (2557). ผลของการใช้ไมโครโนซิงค์ออกไซด์ในการเพิ่มประสิทธิภาพของสารดับเพลิง จากโปรตีนสกัดจากกากเนื้อในเมล็ดยางพารา เพื่อใช้ในการดับเพลิงประเภท Class B. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ณัฐวดี ทองจันทร์. (2555). แผ่นดูดซับเอทิลีนจากทางใบปาล์มน้ำมันผสมผงถ่านกัมมันต์สำหรับมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย (*Carica papaya* L.). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ดนุพล ตันนโยภาส. (2557). แก้วเซรามิกได้จากแก้วขวดโซดาและเถ้าปาล์มน้ำมัน. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ดุขมู กิตติวัฒน์. (2550). การทำให้บริสุทธิ์และการวิเคราะห์เอกลักษณ์ของโพลิโคซานอลจากไขรำข้าว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ดุขมู สุริยพรรณพงศ์. (2552). การสกัดและประเมินคุณลักษณะของเซลลูโลสจากขานอ้อย ผักตบชวา และรูปฤๅษี นครนายก: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ดุขมู อุดภาพ. (2557). การผลิตไฮโดรเจลจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งพุทธรักษา. Retrieved

- from กรุงเทพฯ:
- เดือนเพ็ญ อาจโรสง. (2550). การผลิตโคตินโพลิเมอร์ จากเส้นใยเชื้อราที่เจริญ โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- ศิรณันท์ เอกสมทราเมษฐ์. (2551). การใช้ประโยชน์จากเปลือกและกากมันสำปะหลัง ที่เกิดจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง เพื่อใช้ในการผลิตเอทานอล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ถาวร จันทโชติ. (2556). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องงอกจากข้าวสังข์หยดเสริมไข่ขาว. Retrieved from สงขลา:
- ถเวียน วิทยา. (2554). การเตรียมและการประยุกต์ใช้ *starch nanocrystals* เพื่อเสริมแรงในฟิล์มสตาร์ชข้าวเจ้า. Retrieved from สงขลา:
- ทศพร นามโฮง. (2543). การศึกษาการทำขนมจีน และเส้นก๋วยเตี๋ยวสำเร็จรูป จากแป้งข้าวกล้อง. พระนครศรีอยุธยา: คณะวิชาเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา.
- เทวรัตน์ ตรีอานรรค. (2558). การใช้ประโยชน์จากฟางข้าว: กรณีศึกษาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลผลิตทางการเกษตร. Retrieved from นครราชสีมา:
- เทวี คาร์ริลา. (2551). สตาร์ชผสมพรีเจล : สตาร์ชข้าวและมันสำปะหลัง. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี.
- ธัญลักษณ์ ศรีสำราญ. (2555). การพัฒนาผลิตภัณฑ์โลชั่นทำความสะอาดเครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวไรซ์เบอร์รี่. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ธัญยาภรณ์ นาวิวรรณ. (2542). การผลิตแซนแทนกัมจากกากมันสำปะหลังโดย *Xanthomonas campestris TISTR 840* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ธีรภัทร ศรีนครุต. (2547). การผลิตเอทานอลเกรดสูง จากมันสำปะหลังในระดับโรงงานต้นแบบเพื่อทดลองตลาดอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- ธีรสิทธิ์ แซ่ตั้ง. (2547). การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ธีระพงษ์ สุขสว่าง. (2550). การหมักกากมันสำปะหลัง เพื่อผลิตเอนไซม์อะไมเลส ในถังหมักแบบแพคเบด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นงพร โตวัฒน. (2541). การทำบริสุทธิ์ การศึกษาคุณสมบัติและการนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาชีวโมเลกุลที่มีปริมาณน้อยของ *Neutral cytoplasmic phosphatase* จากน้ำยารพาราสงขลา: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- นที ศรีสวัสดิ์. (2556). การผลิตเส้นใยพอลิพรอปิลีนผสมผงถ่านจากขี้ข้าวโพด. Retrieved from

- ปทุมธานี:
- นรสิงห์ เพ็ญประไพ. (2546). สารสกัดจากใบยางพาราในการควบคุมการติดเชื้อ *Aeromonas hydrophila*. ตรีง: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตรัง.
- นรินทร์ ต้นไพบูลย์. (2559). อุทสาหรรมไบโอดีเซล. Retrieved from
- นลวัฒน์ บุญญาลัย. (2555). การทำวิศวกรรมโปรตีนของเอนไซม์บีเพนอัลดีไฮโดรจีเนสจากข้าว *Oryza sativa* เพื่อความจำเพาะต่อสับเสรด. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- นวนภา อักสินธวัชร. (2546). การผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด Retrieved from กรุงเทพฯ:
- นันทภัทร บุญยะกมล. (2546). การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากกากมันสำปะหลังโดย *Schwannionycetes occidentalis* TISTR5555 และการศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงสายพันธุ์โดยวิธีการหลอมรวมโปรโตพลาสต์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- นันทรัตน์ พุกกาพิทักษ์. (2556). พอลิเมอร์เชิงประกอบของเซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของต้นปาล์ม น้ำมันกับ พอลิแลตติกแอซิด. Retrieved from สงขลา:
- น้ำทิพย์ เดชแพร่. (2555). การผลิตไฮโดรเจนทางชีวภาพแบบมีแสงจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสำปะหลัง และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิต. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- นิคม ชัยศิริ. (2513). การศึกษาเกี่ยวกับเอนไซม์ไลเปสในรำข้าว. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- นิทัศน์ ทิพย์โสตนัยนา. (2557). นาโนซิลิกาสังเคราะห์จากแกลบข้าวเพื่อเพิ่มคุณภาพการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีบนกระดาษคราฟต์ขาว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นิทัศน์ ทิพย์โสตนัยนา. (2554). การพัฒนาวัสดุบรรจุภัณฑ์จากแกลบข้าว เพื่อเป็นฉนวนกันความร้อน. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- นิพัฒน์ ลิ้มสงวน. (2552). อิทธิพลของแป้งข้าวโพดบดหยาบดัดแปรด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีในผลิตภัณฑ์อัดพอง. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- นุชจรา แซ่ตั้ง. (2545). การแปรรูปแป้งข้าวเหนียวด้วยวิธีแอซีทิลเลชันร่วมกับวิธีเชื่อมข้ามเพื่อใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- บุญญาพร เชื้อสมพงษ์. (2557). การพัฒนาตำรับมาตรฐานวาฟเฟิลโคนเสริมข้าวกล้องหอมนิล. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- บุปผา คำวัน. (2545). การเพิ่มศักยภาพของฟางข้าวและแกลบในการทำปุ๋ยหมัก มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- บุษกร กาญจนาคาร. (2555). การผลิตก๊าซไฮโดรเจนชีวภาพโดยการหมักแบบไร้แสงของน้ำเสียแป้งมันสำปะหลัง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บุษบัน ศิริธัญญาลักษณ์. (2553). การประเมินฤทธิ์ต้านการอักเสบของสารสกัดแกมมา-โอไรซานอลจากรำข้าวเก่าไทย Retrieved from เชียงใหม่:

- บุษรา สร้อยระย้า. (2551a). การพัฒนากระดาษจากใบอ้อยด้วยมือแบบไทย เพื่องานหัตถกรรมและบรรจุภัณฑ์. บุษรา สร้อยระย้า: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- บุษรา สร้อยระย้า. (2551b). โครงการการพัฒนากระดาษจากใบอ้อยด้วยมือแบบไทยเพื่องานหัตถกรรมและบรรจุภัณฑ์. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- เบญจ ทองนวลจันทร์. (2548). การเตรียมแผ่นไม้อัดแข็งจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา โดยใช้กาวน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์เป็นตัวประสาน. ปัตตานี: ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- เบญจมาภรณ์ ชำกรม. (2546). การใช้เรซินขานอ้อยบำบัดสีจากน้ำเสียย้อมผ้า Retrieved from ขอนแก่น:
- ปณต วิไลพล. (2547). การผลิตกระแสไฟฟ้าหน่วยย่อยโดยใช้เชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตจากขี้ข้าวโพด และการถ่ายทอดเทคโนโลยีนวัตกรรมการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากขี้ข้าวโพด โดยเครื่องอัดเชื้อเพลิงชีวภาพขนาดเล็ก สำหรับจังหวัดพิษณุโลก. พิษณุโลก: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ปนัดดา พวงเกษม. (2540). การเตรียมฟิล์มไบโโพลิเมอร์ได้จากแป้งมันสำปะหลังและแนวทางการใช้ประโยชน์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประกาศิต อินทรสำอางค์. (2549). การแปรสภาพ และคุณภาพของปุ๋ยหมักจากฟางข้าวขานอ้อย ขี้เลื่อย เปลือกยูคาลิปตัส และตะกอนน้ำเสียโรงงานเยื่อกระดาษ Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ประชาสันติ ไตรยสุทธิ. (2550). การผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพาราเป็นพลังงานทดแทน และการทดสอบสมรรถนะกับเครื่องยนต์ Retrieved from อุบลราชธานี:
- ประชุม คำพุฒ. (2551). การใช้ยางพาราพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อก ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ประชุมพร คงเสรี. (2552). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและการทำงานของเอนไซม์ลิพามาเรสจากมันสำปะหลัง กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประทุม วงษ์พานิช. (2537). การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา ส่วนที่ 1 : การวิจัยและพัฒนาแผ่นยางรองสระน้ำโดยใช้ยางผสม NR/EPDM, M.A. เป็น Modifier กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- ประพจน์ พรหมสมบูรณ์. (2550). การผลิตข้าวโพด สำหรับทำข้าวโพดหมัก เพื่อเป็นอาหารสัตว์ Retrieved from ชลบุรี:
- ประไพศรี สมใจ. (2535). การผลิตยีสต์ขนมปัง จากน้ำอ้อย ในระดับห้องปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- ประไพศรี สมใจ. (2536). การผลิตยีสต์ขนมปังชนิดผงจากน้ำอ้อยในระดับโรงงานต้นแบบ. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

- ปริญดา พรหมหิตาธร. (2553). การเตรียมแป้งแอซีเตดจากแป้งมันสำปะหลังและการนำมาใช้ทำแผ่นฟิล์ม. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปรีศนา อัครพงษ์สวัสดิ์. (2551). การใช้ยอดและใบมันสำปะหลังแห้งบดผสมในอาหารเลี้ยงสุกรระยะรุ่นและขุน เชียงใหม่: วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่.
- ปริญญาค์ วงศ์ปราชญ์. (2547). การปรับปรุงการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลอ้อยโดย *Saccharomyces cerevisiae* SKP1 ในการเลี้ยงเชื้อแบบเฟด-แบตช์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ปิ่นณวัฒน์ ปริยานนท์. (2557). สมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตกับเศษยางผงและยางพารา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ปานจันทร์ ศรีจรูญ. (2550). การสกัดเซลลูโลสจากขานอ้อยเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นโพลิเมอร์ชีวภาพ. Retrieved from ม.ป.ท.:
- ปาริชาติ อยู่แพทย์. (2553). การพัฒนาผลิตภัณฑ์สโคนแช่เยือกแข็งจากแป้งข้าวหอมมะลิ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปารินดา สุขสบาย. (2555). การกำจัดสีในอุตสาหกรรมผลิตกลูโคสไซรัปด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด ที่ผลิตจากเถ้าหนักขานอ้อย. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ปิยดา ดีศวัฒน์. (2540). การเพิ่มปริมาณเซลล์ยีสต์ขนมปังจากแป้งมันสำปะหลังและกากน้ำตาล. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- ปิยวรรร ฉำมิ่งขวัญ. (2549a). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งซุบทอดจากฟลาวมันสำปะหลัง ฟลาวข้าวหอมมะลิ และฟลาวเท้ายายม่อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปิยวรรร ฉำมิ่งขวัญ. (2549b). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งซุบทอดจากฟลาวมันสำปะหลัง ฟลาวข้าวหอมมะลิ และฟลาวเท้ายายม่อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บุญญานิช อินทรพัฒน์. (2555). การใช้เถ้าปาล์มน้ำมันเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- บุญยง วชิรวรรณกุล. (2546). การผลิตแซนแทนกัมในถังหมักโดยใช้ไฮโดรไลเซตจากผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ผกามาศ ชูสิทธิ์. (2557). การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติจากกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ผกามาศ ชูสิทธิ์. (2558). การใช้ประโยชน์จากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์ สำหรับเป็นแผ่นผนังไม้เทียมเพื่อป้องกันความร้อนภายในอาคาร. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- พงษ์ธร สิทธิรัตนสกุล. (2553). การเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง โดยใช้จุลินทรีย์ช่วยย่อยสลาย มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- พงษ์ศักดิ์ โอหารส. (2539). การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดโดยใช้เกลือแกงเป็นตัวกระตุ้น. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

- พรทิพย์ เดชพิชัย. (2558). การศึกษาศักยภาพของเมล็ดยางพาราเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ในเขตภาคใต้. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- พรทิพย์ นิมมานนิตย์. (2548). การพัฒนาน้ำมันรำข้าวเพื่อประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- พรนิภา แจ้งชัด. (2547). เครื่องดื่มโปรตีนจากคัพพะข้าวโพด Retrieved from กรุงเทพฯ:
- พรพิมล พันธสุนทร. (2558). การผลิตก๊าซชีวภาพจากตะกอนอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานแปรงไม้สำหรับแปรงแปรง โดยถังหมักไร้อากาศ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พรรณนิภา มลานิตย์. (2546). การหาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับกรรมวิธีการผลิตโอเอสแอล จากเศษเหลือไม้ยางพารา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พรรณนิภา แพงศรี. (2547). การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานแปรงไม้สำหรับแปรง โดยเลี้ยงเชื้อผสม *Endomycopsis fibuligera* TISTR 5097 และ *Candida utilis* TISTR 5046 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- พรรณวิไล กิ่งสุวรรณรัตน์. (2545). การผลิตเอทานอลจากเหง้ามันสำปะหลัง. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- พลกฤษณ์ คุ่มกล้า. (2557). การผลิตก๊าซชีวภาพจากฟางข้าว. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- พัทธรัดประไพ ประจำเมือง. (2546). การผลิตกลูโคสไซรัปจากการย่อยกากมันสำปะหลังด้วยเอนไซม์ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพระดับโรงงานต้นแบบ Retrieved from ขอนแก่น:
- พัชรพร ภาเรือง. (2550). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา /พัชรพร ภาเรือง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- พานิช ทินนิมิตร. (2535). การใช้กากเมล็ดยางพารา กากเมล็ดปาล์ม และฟางหมักยูเรีย ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พายัพ นามประเสริฐ. (2545). การทำผลิตภัณฑ์บล็อกยางปูพื้น และยางขวางถนนจำกัดความเร็วด้วยยางพารา. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- พิชญา ภูพนิตพันธ์. (2544). แบบจำลองจลนพลศาสตร์ของการผลิตเอนไซม์ไซโคลเดกซ์ทรินไกลโคซิลทรานสเฟอเรสจากแบคทีเรียมันสำปะหลัง โดย *Bacillus circulans* ATCC 9995 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- พิชญา ภูมิภัทร. (2549). การศึกษากระบวนการผลิตไฮโดรไลสจากกระบวนการเปิดต้นปาล์มน้ำมันด้วยไอน้ำ สำหรับการหมักไซลิทอล. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- พิญาณี แสงศรี. (2557). การผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์และฟางข้าวโดยการหมักร่วมกับมูลโค. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พิณเทพ เศรษฐโกสิน. (2553). การดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบด้วยตัวดูดซับซิลิกาที่สังเคราะห์จากเถ้าลอยขาน้อย. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- พิลาวรรณ ไวกนอมสัจย์. (2543). การผลิตน้ำตาลไซลิทอลจากน้ำตาลไซโลสของซังข้าวโพด โดย

- กระบวนการหมักด้วยยีสต์ Retrieved from กรุงเทพฯ:
- พิสิษฐ์ มณีโชติ. (2553). ศักยภาพของลำตันข้าวโพดมาเป็นเชื้อเพลิงชีว. Retrieved from พิชญโลก:
- พระพร เสงี่ยม. (2552). ผลของการใช้ต้นมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จและรูปแบบการให้อาหารต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ การให้ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำมันในโคให้นม มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. (2552). การพัฒนาแป้งเค้กเนยและแป้งมัทพินลดพลังงานสำเร็จรูปจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เพ็ญภา เพื่องอักษร. (2553). การทำปุ๋ยหมักจากใบและลำต้นมันสำปะหลัง : อิทธิพลของรูปแบบและความเข้มข้นของหัวเชื้อจุลินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์สาร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- เพ็ญพร ฉายะวานิชย์. (2551). การกำจัดโครเมียมในน้ำเสีย โดยใช้ซีโอไลต์ที่สังเคราะห์จากเถ้าลอยขานอ้อยและเถ้าลอยถ่านหิน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ไพทิพย์ ชีระเวชญาณ. (2552). การกำจัดสีจากน้ำเสียอุตสาหกรรมผลิตหมักพิมพ์ฐานน้ำ โดยใช้เถ้าลอยขานอ้อยเป็นตัวดูดซับ. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ไพทิพย์ ชีระเวชญาณ. (2553). การกำจัดสีน้ำเชื่อมโดยใช้เถ้าหนักขานอ้อย Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาลิก. (2554). โครงการ การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและทางยาของข้าวออกเพื่อเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและอาหารเพื่อสุขภาพ. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ไพศาล ศุภรัตน์กุล. (2553). ผลการใช้เถ้าแกลบจากโรงสีข้าวในจังหวัดเลยมาเป็นส่วนผสมในการผลิตซีเมนต์บล็อก. Retrieved from เลย:
- ภรณ์ ศรีเสาวลักษณ์. (2540). การผลิตโปรตีนเข้มข้นจากใบมันสำปะหลัง โดยการปรับสภาพใบด้วยความร้อน และสารเคมี. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ภรรทรท ฐรีศรี. ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบแทนนินจากใบมันสำปะหลังแห้งต่อการลดจำนวนไข่พยาธิตัวกลมกลุ่มสตรองไจลิดในอุจจาระของแกะ การเจริญเติบโต และค่าโลหิตวิทยาของแกะเนื้อลูกผสม ภรรทรท ฐรีศรี. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ภาณุ อุบลมภ์. (2544). การพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่เหลวผสมโปรตีนรำข้าว Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ภาวีกา วงศ์แก้ว. (2547). การอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้แกลบเป็นสารดูดความชื้น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ภาวณิ วงษ์ทับทิม. (2555). การผลิตเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสและแบคทีเรียที่เป็นสารเสริมชีวนะด้วยกระบวนการหมักแบบแห้งโดยใช้มันสำปะหลังเส้นเป็นวัตถุดิบ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

- กรุงเทพฯ.
- ภูมิภัทร รินทร์ศรี. (2555). การสกัดและการใช้เบตากลูแคนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันในเครื่องตีผสมสำเร็จรูปสำหรับผู้สูงอายุ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ภูวดล บางรักษ์. (2552). การโคลนและการศึกษาการทำงานของตัวยับยั้งเอนไซม์ซีเอสเตอินโปรตีนเอนจากน้ำยางพารา นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- ภูษิต สายแวว. (2555). การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากกากมันสำปะหลังในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ แบบแพคเบดชนิดหนึ่งชั้นและสองชั้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มรกต ตันติเจริญ. (2552). การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มผลผลิตอ้อย มันสำปะหลังและปาล์มน้ำมันเพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ : การใช้เทคโนโลยีและการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูก ปทุมธานี: ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ.
- มานิชญ์ สุธีรวุฒนานนท์. (2558). การเพิ่มปริมาณแป้งต้านทานการย่อยในผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวเจ้า. Retrieved from นครราชสีมา:
- เมธาวี อนุวัชกุล. (2551). การศึกษาปริมาณแกมมา-อะมิโนบิวทีริก แอซิด ในข้าวกล้องงอกมันปูออกเพื่อใช้เป็นวัสดุเติมในการผลิตอาหาร มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- ยุทธนา พิมพ์ศิริผล. (2545). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันเทศ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ยุพาพร รักสกุลพิพัฒน์. (2546). การศึกษาการใช้เถ้าดำจากแกลบเปลือกข้าวเป็นสารตัวเติมในวัสดุวิศวกรรมพอลิเมอร์ นครราชสีมา: สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ยุวเรศ เรืองพานิช. (2551). การใช้ประโยชน์ของกากมันสำปะหลัง ในการนำมาเป็นอาหารสัตว์ปีก นครปฐม: ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รัฐพงศ์ ปกแก้ว. (2545). การเปรียบเทียบกระบวนการหมักแบบ SHF และ SSF เพื่อการผลิตเอทานอลเชื้อเพลิงจากแป้งมันสำปะหลังโดยเชื้อ *Aspergillus niger* และ *Saccharomyces cerevisiae* Retrieved from เชียงใหม่:
- รัฐภูมิ ฐัฒนคุณ. (2549). การพัฒนาอิฐดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา Retrieved from กรุงเทพฯ:
- รัตนภรณ์ ลิสิงห์. (2538). การผลิตเอนไซม์เอมิเซลลูเลสจากเปลือกข้าวโพดในถังหมักโดยเชื้อ *Bacillus sp.S1* สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- รัตนา ชูหวาง. (2556). ชีวมวลปาล์มน้ำมัน: วัตถุดิบทางเลือกใหม่สำหรับผลิตไบโอเอทานอล. Retrieved from ขอนแก่น:
- รัตนา ม่วงรัตน์. (2557). การศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในน้ำต้มข้าวโพดสีม่วงและการประยุกต์ใช้ในการผลิตผงสี. Retrieved from เชียงใหม่:
- ราณี สุรกาญจน์กุล. (2544). การผลิตน้ำมันข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

- รุ่งนภา ประดิษฐ์พงษ์. (2539). การผลิตมอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโดยเอนไซม์แอลฟา-อะมิเลส เพื่อใช้รักษากลิ่นหอมของข้าวสาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เรวดี มีสัจย์. (2552). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวเสริมวิตามินและแร่ธาตุเพื่อสุขภาพ. Retrieved from ปทุมธานี:
- ฤทธิ หงษ์สาคร. (2549). แผ่นดูดซับเสียงจากยางพาราเสริมเส้นใยมะพร้าว กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสยาม.
- ฤทัยรัตน์ น้อยคนดี. (2551). สารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลังเพื่อการบำบัดคุณภาพน้ำเสีย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วชิรญาณ โฉมยงค์. (2552). การศึกษากระบวนการผลิตครีมเทียมผงจากน้ำมันรำข้าว. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- วนิดา เผอญโซค. (2547). การผลิตสตาร์ชมันสำปะหลังออกซิไดซ์-พรีเจลาติไนซ์ เพื่อเป็นสารเพิ่มการเกาะติดในแป้งชุบทอด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วนิดา พฤกษ์ธัมมโกวิท. (2545). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งฝุ่นจากแป้งข้าวเจ้าตัดแปร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วรดาณ มุลศรีแก้ว. (2551). การผลิตน้ำมันชีวภาพจากชังข้าวโพด ต้นสับดำ และกากผลไม้ขาว และปรับปรุงคุณภาพด้วยตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านกัมมันต์ ที่ผลิตจากผลิตภัณฑ์ถ่านชาร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วรรณช ครุฑโกลโคย. (2526). การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นสำหรับกระบวนการผลิตนมข้าวโพด. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- วรพจน์ พนมพรพานิช. (2547). คอนกรีตบล็อกที่เตรียมจากเถ้าลอยขานอ้อย ที่ผ่านการดูดซับตะกั่ว และโครเมียม Retrieved from วรพจน์ พนมพรพานิช:
- วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์. (2558). การใช้ชังข้าวโพดเพื่อการผลิตบิวทานอลจากเชื้อ *Clostridium acetobutyricum*. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- วรรณพร จิตจำเรียว. (2547). การใช้คัพพะข้าวโพดทดแทนหางนมผง ในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมโปรไบโอติก. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- วรรณภา นิติมงคลชัย. (2546). การลดปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียโรงงานชุบโครเมียมด้วยเรซินขานอ้อย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- วรรณรัก นพเจริญกุล. (2548). การผลิตถ่านกัมมันต์จากก้านทะลายปาล์มน้ำมัน โดยการกระตุ้นด้วยโปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์และไอน้ำ. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- วรรณ สุวรรณเวช. (2546). การผลิตกรดโคจิกโดยเชื้อ *Aspergillus oryzae* NRRL484 จากน้ำอ้อย. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- วรลักษณ์ พงษ์วิญญู. (2533). การใช้มันสำปะหลังเส้นเป็นอาหารเสริมสำหรับเพาะเห็ดนางรมนางฟ้า และเป่าฮื้อ. Retrieved from กรุงเทพฯ:

- วรวิทย์ ฤกษ์ทรัพย์. (2553). การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวอัดแท่งจากลำต้นข้าวโพด. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- วรารณณ์ ภูกิจดาว. (2555). การพัฒนากระบวนการผลิตเซลล์ulosethroughกลมที่มีรูพรุนจากซังข้าวโพดเพื่อใช้เป็นสารขัดผิวในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วรวิทย์ คุรุสง. (2545). การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำอ้อย Retrieved from กรุงเทพฯ:
- วรณศิริ จักรบุตร. (2555). การพัฒนาการเคลือบผิววัสดุคอมโพสิตธรรมชาติจากยางพาราผสมเส้นใยธรรมชาติสำหรับทำเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกยางปูพื้นภายนอกอาคาร. Retrieved from ปทุมธานี:
- วัลย์รุจิ วิเชียรทวี. (2540). การผลิตเนยแข็งเทียมจากเคซีนและโปรตีนข้าว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วสันต์ เพชรรัตน์. (2547). การใช้กากเนื้อในปาล์มน้ำมันเป็นอาหารเสริมสำหรับเพาะเห็ดเป๋าฮื้อ. Retrieved from สงขลา:
- วัชร เวียงแก้ว. (2550). การผลิตถ่านกัมมันต์จากเนื้อเมล็ดยางพารา นครนายก: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์.
- วัชรา หงษ์เวียง. (2546). การผลิตเอทานอลจากขานอ้อยและผักตบชวา. Retrieved from มหาสารคาม:
- วัชรา อินทุลักษณะ. (2527). การผลิตเอทิลแอลกอฮอล์จากต้นข้าวโพด. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วันโชค เครือหงษ์. (2555). การศึกษาโครงสร้างจุลภาคของซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- วันทนา พินัยกุล. (2539). การสกัดใยอาหารจากรำข้าว สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วันวิศาข์ งามผ่องใส. (2552). การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารโคพื้นเมืองภาคใต้ สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วิวัฒน์ อรรถพานุรักษ์. (2550). การผลิตเยื่อกระดาษจากเศษเหลือกิจกรรมเกษตรเพื่อเส้นใยสั้นจากผลปาล์มน้ำมันเปล่า. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- วิชชุดา ศิริวงศ์. (2549). การศึกษาต้นทุนในการผลิตชีวมวล เพื่อใช้เป็นพลังงานในประเทศไทย : กรณีศึกษาอ้อยและมันสำปะหลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- วิชัย หฤทัยนาสนดี. (2551). การผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษด้วยมือแบบไทยจากใบอ้อย เพื่องานหัตถกรรมและบรรจุภัณฑ์. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิจิต ไชยเวช. (2555). การใช้ประโยชน์จากตะกอนน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง เพื่อผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- วิชชุดา ปราชญ์ภักดี. (2536). การศึกษาผลการใช้กากเมล็ดยางพาราผสมอาหารสำเร็จรูปเลี้ยงไก่

- กระทรวง ภูเก็ต: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูภูเก็ต.
- วิเชียร วรพุทธพร. (2551). การผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเข้าจากข้าวเม่า. ขอนแก่น: ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วิภา สุโรจนะเมธากุล. (2548). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไมโครแคปซูล จากสตาร์ชข้าวเพื่อใช้เป็นสารกักเก็บกลิ่นรส. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิจารณ์ นิสากัย. (2554). การกำจัดโลหะหนักโดยใช้ซีโอไลต์สังเคราะห์จากเถ้าลอยขาน้อย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- วิลาสินี ศรีมุงคุณ. (2548). การใช้ประโยชน์จากขาน้อยและเถ้าขาน้อยเพื่อใช้เป็นตัวดูดซับในการกำจัดโลหะหนักจากน้ำเสีย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- วิไลลักษณ์ กล่อมพงษ์. (2555). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านจุลชีพของสารสกัดจากเกล็ดและรำข้าวสายพันธุ์พื้นบ้านจังหวัดพัทลุง. Retrieved from สงขลา:
- วิเวียนโตรและตรี อินทรารณี. (2548). โยเกิร์ตน้ำมันข้าวโพด : ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วิชุลลักษณ์ ค่ายอง. (2550). คุณสมบัติของโยเกิร์ตน้ำมันข้าวโพดเสริมแคลเซียมแลคเตตหรือแคลเซียมกลูโคเนต. Retrieved from เชียงใหม่:
- วิสุทธนา สมุทรศรี. (2549). การผลิตเนยแข็งเทียมชนิดทาจากโปรตีนรำข้าว สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- วิหาร ดีปัญญา. (2558). ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- วีระชาติ ตั้งจิรภัทร. วัสดุพอลิโพรไพลีนชนิดใหม่จากเถ้าปาล์มน้ำมัน. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- วีระศักดิ์ ละอองจันทร์. (2555). การพัฒนาคุณสมบัติเชิงกลของอิฐดินดิบแบบผสมน้ำยาพาราโดยเปรียบเทียบกับอิฐมอญและอิฐมอญมาตรฐาน. Retrieved from ปทุมธานี:
- วีระศักดิ์ เลิศศิริโยธิน. (2554). การพัฒนากรรมวิธีการผลิตวัสดุกันกระแทกย่อยสลายได้ในธรรมชาติจากแป้งมันสำปะหลัง Retrieved from นครราชสีมา:
- ศรัณย์ อนุกุลพันธ์. (2548). การศึกษาการรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกธรรมดา กับคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ศราวุธ เหมหมัด. (2558). สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดและการเก็บเกี่ยวสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน จากข้าวสังข์หยดและสมบัติทางชีวเคมี. Retrieved from สงขลา:
- ศรียุญา แก้วประดับ. (2553). การผลิตพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพชนิดพอลิ (3-ฮดรอกซีบิวทิเรต) จากน้ำอ้อยโดย *Bacillus megaterium* BA-019 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ศศิพร รัตนสุวรรณ. (2554). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันข้าวกล้องพลังงานต่ำ. Retrieved

- from กรุงเทพฯ:
- ศิริินภา พรหมมาแบน. (2556). การพัฒนาและออกแบบถ้วยน้ำดื่มกระดาษที่ผลิตจากเยื่อกระดาษชานอ้อย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ศิริพร โอโกโนกิ. (2556). การพัฒนาแผ่นฟิล์มข้าวไทยที่ผสมคลอกชาซิสีและไดโคลฟีแนคและการศึกษาประสิทธิภาพต่อการหายใจของผลถั่วฝักยาว. Retrieved from เชียงใหม่:
- ศิริลักษณ์ นิธิจรรยงค์. (ม.ป.ป.). การใช้โซออยเป็นสารหล่อลื่นในกระบวนการหลอมอัดรีดพลาสติก. Retrieved from ม.ป.ท.:
- ศิริลักษณ์ สันพา. (2544). การคัดเลือกจุลินทรีย์ทนอุณหภูมิสูงเพื่อใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์จากข้าวกล้อง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ศิริวัฒน์ มงคลกาญจน์ศิริ. (2545). การผลิตโปรตีนเข้มข้นจากรำข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศิริศักดิ์ โกศลคุณาภรณ์. (2531). ผลของการใช้กากเนื้อในเมล็ดยางพาราเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์ทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสุกรรุ่นและขุน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศิวพล ตังมโนเทียนชัย. (2557). การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันและทางใบมะพร้าวสำหรับผลิตไฟฟ้า. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- ศิวลัย สิริมังกรรัตน์. (2547). การพัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงไหมอีรี่ *Philosamia ricini* B. ที่เหมาะสมด้วยใบมันสำปะหลัง สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ขอนแก่น: ภาควิชาภูมิวิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศุภโชค ธนกุลพรรณ. (2552). ผลของความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริกและอุณหภูมิที่มีต่อการสังเคราะห์ตัวดูดซับจากเปลือกของผลยางพาราเพื่อการดูดซับเอทานอล-น้ำ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- เศรษฐวัชร ฉ่ำศาสตร์. (2553). การผลิตแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวดำ. Retrieved from ชลบุรี:
- เศรษฐวัชร ฉ่ำศาสตร์. (2557). การผลิตเอทานอลจากแป้งมันสำปะหลังดิบโดยวิธีการย่อยสลายแป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาลและการหมักในขั้นตอนเดียว. Retrieved from ชลบุรี:
- สมชาย สุริยะศิริบุตร. (2544). การผลิตอนุพันธ์ไซริลของแป้งข้าวเจ้าโดยใช้เครื่องเอ็กทราเตอร์ กรุงเทพฯ: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สมบัติ ศรีจันทร์. (2542). การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันชนิดหีบ และใช้สารเคมีสกัดเป็นอาหารโคเนื้อ นครศรีธรรมราช: คณะเกษตรศาสตร์นครศรีธรรมราช สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.
- สมหวัง ชันตยานวงศ์. (2550). การเตรียมน้ำเยื่อและการผลิตกระดาษ (*Stock Preparation and Papermaking*). กรุงเทพฯ: คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมาคมการค้าผู้ผลิตเอทานอลไทย. (2559). ข้อมูลเอทานอล. <http://www.thai-ethanol.com/en/statistical-data/ethanol.html>

- สรค์ชัย เหลือจันทร์. (2557). การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร: กากรำข้าวอินทรีย์ เป็น ตัวดูดซับสารให้ความชุ่มชื้นสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- สร้อยสุตา พรภักดิ์วัฒนา. (2546). การผลิตไวน์ข้าวจากข้าวนาปรัง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สลิลดา เศรษฐา. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวโพดจากสตาร์ชมันสำปะหลังและแคปปา-คาร์ราจีเนน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สว่าง วรรณศุภผล. (2526). การศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดตั้งโรงงานผลิตเยื่อกระดาษจากไม้ยางพารา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สอาด รียะจันทร์. (2555). การเตรียมไฮโดรเจลจากยางธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลังที่เติมปุ๋ยชีวภาพชนิด EM และตัวยาเพื่อใช้งานเกษตรกรรม ;รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ Retrieved from อบุลราชธานี:
- สันตติ วิเชียรโชติ. (2555). การผลิตไซโลโอลิโกแซคคาไรด์จากซีเลื่อยไม้ยางพารา. Retrieved from สงขลา:
- สานพลังประชารัฐ. (2559). *Bioeconomy as Execution Model for Thailand 4.0*.
- สายศิริ ศิลปวุฒิ. (2545). การผลิตแซนแทนกัมจากไฮโดรไลเซตของแป้งมันสำปะหลังโดยใช้การหมักแบบป้อนเป็นช่วง. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- สาวัน ต้น. (2557). กระบี่โมเดล "ก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานปาล์มน้ำมัน" พลังงานทดแทนทางเลือกสำหรับอนาคตที่ยั่งยืน. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- สาวิตรี จันทรานุกรักษ์. (2549). ถ่านกัมมันต์จากก้นทะลายปาล์มน้ำมันและการดูดซับเชื้อ *Escherichia coli*. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- สาวิตรี รุจิณพานิข. (2554). สังเคราะห์วัสดุดูดซับยูเรียโดยใช้แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเหนียวที่ผ่านการฉายรังสี. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2558). รายงานประจำปี 2558 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2560). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559. Retrieved from
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2560. Retrieved from
- สำเริง รักซ้อน. (2553). การพัฒนาวัสดุจีโอโพลีเมอร์จากเถ้าแกลบและเถ้าขานอ้อย. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- สิทธิศักดิ์ อุปริวงศ์. (2547). การผลิตเชื้อเพลิงแอลกอฮอล์แข็ง จากมันสำปะหลังในภาคอีสานขอนแก่น: คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สินีนารถ เจียมอนุกุลกิจ. (2539). การผลิตกรดมะนาวโดย *Candida oleophila* NN-39 จากสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการย่อยกากมันสำปะหลัง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

- สิรินันท์ วิริยะสุนทร. (2549). การเตรียมนานโนคอมพอสิตที่ย่อยสลายทางชีวภาพ จากยางธรรมชาติ/ แป้งมันสำปะหลัง/มอนสม์อริลโลไนต์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สิริลักษณ์ เกิดคล้าย. (2540). การผลิตยีสต์จากกากมันสำปะหลังโดยใช้ระบบ *Stirred Ceramic Membrane Reactor (SCMR)*. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- สิริแสงทักษิณ, อ. (2016). ทิศทางการลงทุนสู่ New S-Curve.
- สุกัญญา กล่อมจ่อ. (2545). ไวน์ข้าว Retrieved from กรุงเทพฯ:
- สุกัญญา หงษ์ทอง. (2552). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าวโดยใช้เมทานอลภาวะเหนือวิกฤต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สุขสมาน สังโยคะ. (2555). การผลิตพอลิไฮดรอกซีแอลคาโนเอต (PHA) จากน้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลัง. Retrieved from พิษณุโลก:
- สุจิมา รักษาศีล. (2540). การผลิตกรดมะนาวจากกากมันสำปะหลังโดยวิธีการหมักแบบกึ่งแข็งด้วย *mutants* ของเชื้อ *Aspergillus niger* ที่ถูกคัดเลือก กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุทธินันท์ แอเตียว. (2553). การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมถ่านหิน และผสมถ่านปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุประสาน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- สุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์. (2535). การใช้กากเมล็ดยางพาราในสูตรอาหารเสริมโคนม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุทธิดา เข้มพะกา. (2553). การใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับไก่เนื้อ. Retrieved from นครราชสีมา:
- สุธรรม นิยมवास. (2550). การสังเคราะห์ และศึกษาลักษณะถ่านพูน และซิลิกอนคาร์ไบด์พูนจาก ไม้ยางพารา Retrieved from สงขลา:
- สุนทร กาญจนทวี. (2538). ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการผลิตสารละลายอินทรีย์ในกระบวนการหมักแบบกะด้วยเชื้อ *Clostridium acetobutylicum* จากกากน้ำตาลอ้อย ขอนแก่น: คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุนทร กาญจนทวี. (2555). การศึกษาการผลิตแอซิโตน-บิวทานอล-เอทานอล (เอบีอี) จากมันสำปะหลังโดยกระบวนการหมัก. Retrieved from นครราชสีมา:
- สุนัน ปานสาคร. (2555). ศึกษากระบวนการผลิตกษิณ้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชพาสเจอร์ไรส์เพื่อทดแทนกะทิจากมะพร้าว. Retrieved from ปทุมธานี:
- สุนันทา ทองทา. (2555). การพัฒนาข้าวขึ้นรูปกึ่งสำเร็จรูปเพื่ออาหารสุขภาพ. Retrieved from นครราชสีมา:
- สุนันทา วงศ์ปิยชน. (2538). การใช้ประโยชน์จากข้าวสำหรับการผลิตไวน์ข้าวและวิสกี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- สุนีย์ โชตินิรนาท. (2539). การผลิตน้ำตาลรีคิวซ์จากกากมันสำปะหลังโดยการใช้เอนไซม์และอัลตราฟิลเตรชัน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สุพจน์ เดชผล. (2546). การศึกษาศักยภาพและประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากกากตะกอนน้ำเสียโรงงานน้ำตาลผสมกับขานอ้อย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- สุพัฒน์ชลี ทรัพย์เจริญ. (2550). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฟออบำรุงผมที่มีส่วนผสมของโปรตีนรำข้าว. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- สุพัตรา เลิศวณิชวัฒนา. (2546). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวงอก Retrieved from กรุงเทพฯ:
- สุภาวดี สวัสดิพรพลภ. (2545). การใช้ประโยชน์ขานอ้อยจากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลเพื่อการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุเมธ เตชะกุลวิโรจน์. (2546). การใช้เถ้าลอยขานอ้อยมาบำบัดน้ำเสียสีย้อมแล้วนำไปทำคอนกรีตบล็อก Retrieved from กรุงเทพฯ:
- สุรชาติ สินวรรณ. (2554a). การพัฒนาแผ่นรองกระแทกจากยางพารา Retrieved from กรุงเทพฯ:
- สุรชาติ สินวรรณ. (2554b). การพัฒนาวัสดุดูดคลองส่งน้ำด้วยดินผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ สำหรับพื้นที่ดินปนทรายแข็ง Retrieved from กรุงเทพฯ:
- สุรพล มะลียา. (2552). โลจิสติกส์และโซ่อุปทานของน้ำยางพาราสำหรับผลิตภัณฑ์ถุงมือยางในภาคตะวันออกของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สุรุจณี ลาภนิรันดร์. (2546). การผลิตโปรตีนรำข้าวเข้มข้นโดยใช้เอนไซม์โบรมิเลน และสารละลายต่างในการสกัด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุรลักษณ์ รอดทอง. (2557). มีเทนจากหัวมันและกากมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงาน. Retrieved from นครราชสีมา:
- สุวิทย์ ไพจิตรวโรดม. (2553). การศึกษาคุณสมบัติกระดาษลูกฟูก จากเยื่อทะเลลายปาล์มน้ำมันผสมเยื่อกระดาษเวียนทำใหม่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- สุวรรณ ละเอียดอินทร์. (2551). นวัตกรรมการผลิตฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวเพื่อใช้เป็นวัสดุปลูกพืชแทนการใช้ดิน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เสกสม อาตมางกูร. (2550). การใช้ประโยชน์ของกากมันสำปะหลัง ในการนำมาเป็นอาหารสุกร. Retrieved from นครปฐม:
- เสกสรร สีหพงษ์. (2549). โครงการฝึกอบรมการผลิตเห็ดในถุงพลาสติก โดยใช้ฟางข้าวหมักและมอดเครื่องอัดฟางข้าวหมักและเครื่องสับฟางข้าวขนาดเล็กให้แก่กลุ่มเกษตรกร. นครปฐม: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- เสรี จันทรโสภณ. (2531). การผลิตอาซิโตน-บิวทานอลจากแป้งมันสำปะหลังโดย *Clostridium sp.* ที่แยกได้จากดินในประเทศไทย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- เสาวนิต คูประเสริฐ. (2541). การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันแทนข้าวโพดในอาหารไก่ไข่ : 1 ไก่ไข่

- ในระยะเจริญเติบโต. Retrieved from สงขลา:
- เสาวนิต คูประเสริฐ. (2544). การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันแทนข้าวโพดในอาหารไก่ไข่ 2 ระยะให้ไข่. Retrieved from สงขลา:
- เสาวภา โชติสุวรรณ. (2555). การปรับสภาพ การแยกและวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของเส้นใยนาโนเซลลูโลสจากต้นปาล์มน้ำมัน. Retrieved from ปัตตานี:
- โสภณ เรืองสำราญ. (2541). การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากขานอ้อย ม.ป.ท.: ม.ป.พ.
- โสภา แคนสี. (2551). การศึกษาการผลิตแป้งแอมโฟเทริกจากแป้งมันสำปะหลังในระดับห้องปฏิบัติการและขยายส่วน มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- หนึ่ง เตียอำรุง. (2553). การผลิตเปียร์จากข้าวไทย. Retrieved from นครราชสีมา:
- อนุชา รักสันติ. (2558). การเตรียมและหาลักษณะเฉพาะของแผ่นไฮโดรเจลแบบเนื้อแน่นและ เนื้อพรุนที่ย่อยสลายได้จากแป้งข้าวเจ้าและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส. Retrieved from เชียงใหม่:
- อภิญา ทองทับ. (2548). การผลิตกรดโคจิกจากแป้งมันสำปะหลังโดยเชื้อรา *Aspergillus sp. BR1*. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- อภิชาติ บุญทาวัน. (2549). การศึกษาการพัฒนาการผลิตเอทานอลแบบต่อเนื่องจากกากน้ำตาลอ้อยโดยใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในถังหมักแบบใช้เยื่อ Retrieved from นครราชสีมา:
- อภิรักษ์ อนุรักษชนะพล. (2554). นวัตกรรมการผลิตจุลผลึกเซลลูโลสจากซึ่งข้าวโพดเพื่อขึ้นรูปยาเม็ดสำหรับอุตสาหกรรมยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อมรรัตน์ สีสุทอง. (2552). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพสำหรับเด็กปฐมวัยจากข้าววงอกของข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- อรรธรณ ปานศิริ. (2545). การศึกษากระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- อลิศรา เรืองแสง. (2553). การพัฒนากระบวนการผลิตไฮโดรเจนจากไฮโดรไลสของขานอ้อย โดยเชื้อ *Clostridium butyricum* ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อังคาร กานแก้ว. (2550). การปรับปรุงกระบวนการผลิตไซรับน้ำอ้อย. Retrieved from นครราชสีมา:
- อังศุมา บุญไชยสุริยา. (2554). การผลิตโพลีเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเสริมแรงด้วยเส้นใยปาล์มน้ำมัน. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, อังศุมา บุญไชยสุริยา.
- อัชชา หัตยานานนท์. (2558). การพัฒนาเส้นด้ายจากซึ่งข้าวสู่เชิงพาณิชย์. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- อาคม หมู่เก็ม. (2547). โครงการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง Retrieved from กรุงเทพฯ:

- อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์. (ม.ป.ป.). การหมักกรดซิตริกจากแป้งมันสำปะหลังโดยวิธีการแช่น้ำ. Retrieved from ม.ป.ท.:
- อาสยา ปราชญาพร. (2545). การกำจัดสีในน้ำเสียโดยใช้ควอเตอร์ไนซ์โครอสส์ลิงค์เซลลูโลสที่เตรียมจากซังข้าวโพด เปลือกถั่วเหลือง และกากทานตะวัน. Retrieved from กรุงเทพฯ:
- อุดมลักษณ์ สุขอัสตะ. (2545). การพัฒนากระดาษฟางข้าวเคลือบน้ำมันพลูเพื่อยืดอายุการเก็บทุเรียนกวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อุษา ย้อนโคกสูง. (2551). การศึกษาลักษณะและการทำให้บริสุทธิ์ของเอนไซม์ลินามาเรส ที่ได้จากน้ำยางมันสำปะหลัง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.