

คู่มือ



กระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ไร้น้ำ จากห้องปฏิบัติการสู่โรงงานต้นแบบ พัฒนาเป็นศูนย์เรียนรู้เอทานอลครบวงจร



โดย

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการทำวิจัย
โครงการการพัฒนาต้นแบบนิเวศน์เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตจากต้นแบบ
โรงกลั่นแอลกอฮอล์ตามแนวพระราชดำริแห่งแรกของไทย
จาก สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2566

ได้รับการสนับสนุน

จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)



กลุ่มผู้ใช้ประโยชน์คู่มือ

อาจารย์ และนักศึกษา
องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
องค์การบริหารส่วนตำบล
บุคคลทั่วไป



หน่วยงานรับผิดชอบ



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมพลังงานสะอาดและสิ่งแวดล้อม (ศนพ.)

35 หมู่ 3 เทคโนโลยี ต.คลองห้า
อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
โทร 02-577-9000 ต่อ 9510
www.tistr.or.th



คู่มือองค์ความรู้

กระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ไร้น้ำ จากห้องปฏิบัติการสู่โรงงานต้นแบบ
พัฒนาเป็นศูนย์เรียนรู้เอทานอลครบวงจร

จัดทำโดย

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

พิมพ์ครั้งที่ 1

มีถุนายน 2567

ISBN 978-974-9534-65-6

คณะผู้จัดทำ

ศ.(วิจัย) ดร.ชุตินา เอี่ยมโชติชวลิต (ที่ปรึกษาโครงการ)

ดร.กรรณิการ์ เจิน (ที่ปรึกษาโครงการ)

ดร.อาภากร สุปัญญา

ดร.ศิริพร ลาภเกียรติถาวร

ดร.ปิยะ ปานผู้มีทรัพย์

นายวิษณุ ปิ่นพันธุ์

ดร.ฐิติรัตน์ ดิษฐ์แก้ว

นางสาวปัทมา ลีวเลิศมงคล

นางสาวนิสสา วัฒนวงศ์

ดร.ปารวีร์ ภูมิวงศ์พิทักษ์

นางสาวมนัสนันท์ ไทยกมล



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) และคณะ
ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

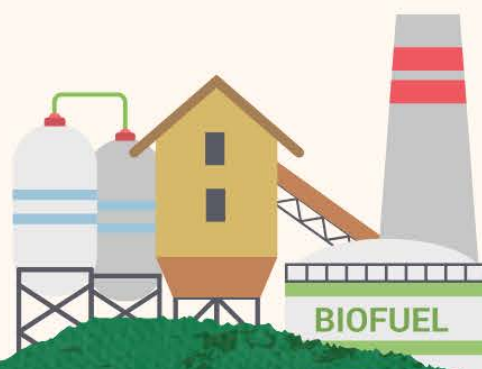
สถานที่ติดต่อ

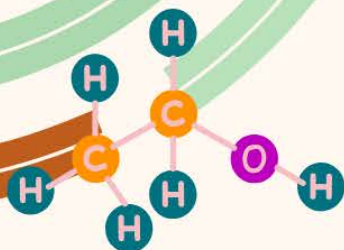
35 หมู่ 3 เทคโนโลยี ต.คลองห้า

อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

โทร. 02-577-9000 ต่อ 9510

www.tistr.or.th





คำนำ

ตามแนวพระราชดำริของในหลวงรัชกาลที่ 9 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ดำเนินการวิจัยและพัฒนาในงานด้านแอลกอฮอล์ (เอทานอล) มากกว่า 40 ปี อีกทั้งยังมีโรงงานต้นแบบผลิตแอลกอฮอล์ไร้น้ำแห่งแรกของประเทศไทยโดยความร่วมมือกันระหว่างรัฐบาลไทยและญี่ปุ่น เมื่อปี พ.ศ. 2524 โรงงานต้นแบบดังกล่าวนี้ ถือเป็นแหล่งเรียนรู้และผลิตบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์หรือเอทานอล เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนเป็นหลัก นอกจากนี้แอลกอฮอล์ที่ได้ก็นำมาใช้ในการนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อาหาร เครื่องสำอางและยา เป็นต้น

องค์ความรู้ที่ถ่ายทอดผ่านคู่มือนี้ เป็นภาพรวมของกรรมวิธีการผลิตแอลกอฮอล์จากวัตถุดิบรุ่นแรก คือ วัตถุดิบประเภทแป้งและน้ำตาล เช่น มันสำปะหลังและกากน้ำตาล เป็นต้น และวัตถุดิบรุ่นที่ 2 ซึ่งก็คือ วัตถุดิบประเภทเส้นใย หรือลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose) เช่น กากชานอ้อย กากมันสำปะหลัง ชังข้าวโพด ยอดและใบอ้อย สำหรับการเลือกใช้วัตถุดิบประเภทเส้นใยนั้น จะเป็นการนำของเสียหมักเวียนกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ตามโมเดลเศรษฐกิจ BCG ซึ่งเป็นแนวทางที่ใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพ ในการพัฒนากระบวนการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

คณะผู้จัดทำ
มิถุนายน 2567

สารบัญ



เรื่อง

หน้า

บทนำ

1

● ประวัติความเป็นมา

2

● ขั้นตอนการผลิตเอทานอล

3

● โรงงานต้นแบบเอทานอลไร้น้ำของ วว.

4

— จากโรงงานต้นแบบขยายขนาด
สู่โรงงานสาธิต

5

● เปลี่ยนผ่านสู่เชื้อเพลิงชีวมวลยุคที่ 2

7

● เชลลูโลสเอทานอล

8

— ขั้นตอนการผลิตเชลลูโลสเอทานอล

9

— ปัญหาที่เกิดจากการผลิต และข้อดีของ
เชลลูโลสเอทานอล

10



บทนำ

ข้อมูลด้านพลังงาน



พลังงานทดแทน
พลังงานที่ใช้ทดแทนน้ำมัน
เชื้อเพลิง เช่น
พลังงานจากชีวมวล
พลังงานลม
พลังงานแสงอาทิตย์



เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวภาพ

เชื้อเพลิงที่ได้จากสารอินทรีย์ ได้แก่

1. ของแข็ง (ซังอ้อย เศษไม้ มูลสัตว์)
2. ของเหลว (แอลกอฮอล์ ไบโอดีเซล)
3. ก๊าซ (ก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารหรือมูลสัตว์)



ยุคสมัยเชื้อเพลิงชีวมวล

ชีวมวลรุ่นที่ 1 (1st Generation)

มาจากอาหารคนหรือสัตว์จำพวกแป้ง น้ำตาล ไขมัน

ชีวมวลรุ่นที่ 2 (2nd Generation)

วัตถุดิบประเภทเส้นใย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส
ลิกนิน จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร



ประวัติความเป็นมา



2522

โครงการในพระราชดำริของ ร.9
วิจัยผลิตเอทานอลจากมัน
สำปะหลังในระดับห้องปฏิบัติการ
เนื่องจากมันสำปะหลังล้นตลาด



2528-29

- วว. ร่วมมือกับเอกชน ทดลองเผยแพร่
น้ำมันเบนซินผสมแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิง
เรียกว่าน้ำมันเบนซินผสมพิเศษ หรือเบนโซฮอล
- วว. ทดลองและศึกษาต้นทุนในการผลิต
แอลกอฮอล์จากวัตถุดิบอื่นๆ เช่น อ้อย ข้าวโพด
ไฮเทสต์โมลาส กากน้ำตาล

2528-30

วว. ได้ทดลองผลิตเอทานอลไร้น้ำ
จากมันสำปะหลัง เส้นแบ่งมัน
สำปะหลัง ในโรงงานต้นแบบผลิต
แอลกอฮอล์ของ วว.

2531-32

- วว. ได้ก่อสร้างโรงงานต้นแบบบำบัดน้ำทิ้ง
ที่มาจากโรงงานต้นแบบผลิตแอลกอฮอล์
ได้ก๊าซชีวภาพ ทดแทนน้ำมันเตาที่ใช้กับ
หม้อไอน้ำได้ถึง 30%
- วว. ทดลองผลิตเอทานอลไร้น้ำแบบต่อเนื่อง

2532-34

วว. ได้ให้บริการวิจัยในโครงการ “ศึกษาความเป็น
ไปได้ของการตั้งโรงงานผลิตแอลกอฮอล์
จากมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคอีสาน” ให้แก่ภาครัฐ
และเอกชนจำนวน 2 ราย ทดลองข้าวฟ่างหวานใน
ระดับโรงงานต้นแบบ

2539-43

- วว. ให้บริการกลั่นแอลกอฮอล์ไร้น้ำให้กับ ปตท.
เพื่อนำไปใช้ทดลองเป็นเชื้อเพลิงในโครงการส่วน
พระองค์สวนจิตรลดา
- วว. ให้บริการศึกษาความเหมาะสมการเปลี่ยน
วัตถุดิบในการผลิตเอทานอล ให้แก่หน่วยงาน
ภาครัฐ

2544-45

วว. ให้บริการวิจัยและพัฒนาแก่หน่วยงาน ภายนอก
4 รายได้แก่ โครงการทดลองผลิตและศึกษาต้นทุน
เชื้อเพลิงเอทานอลไร้น้ำ (99.5% v/v)
จากวัสดุการเกษตร มันสำปะหลังหรืออื่นๆ
ปรับปรุงเป็นโรงงานต้นแบบ ใช้เป็นพลังงานทดแทน

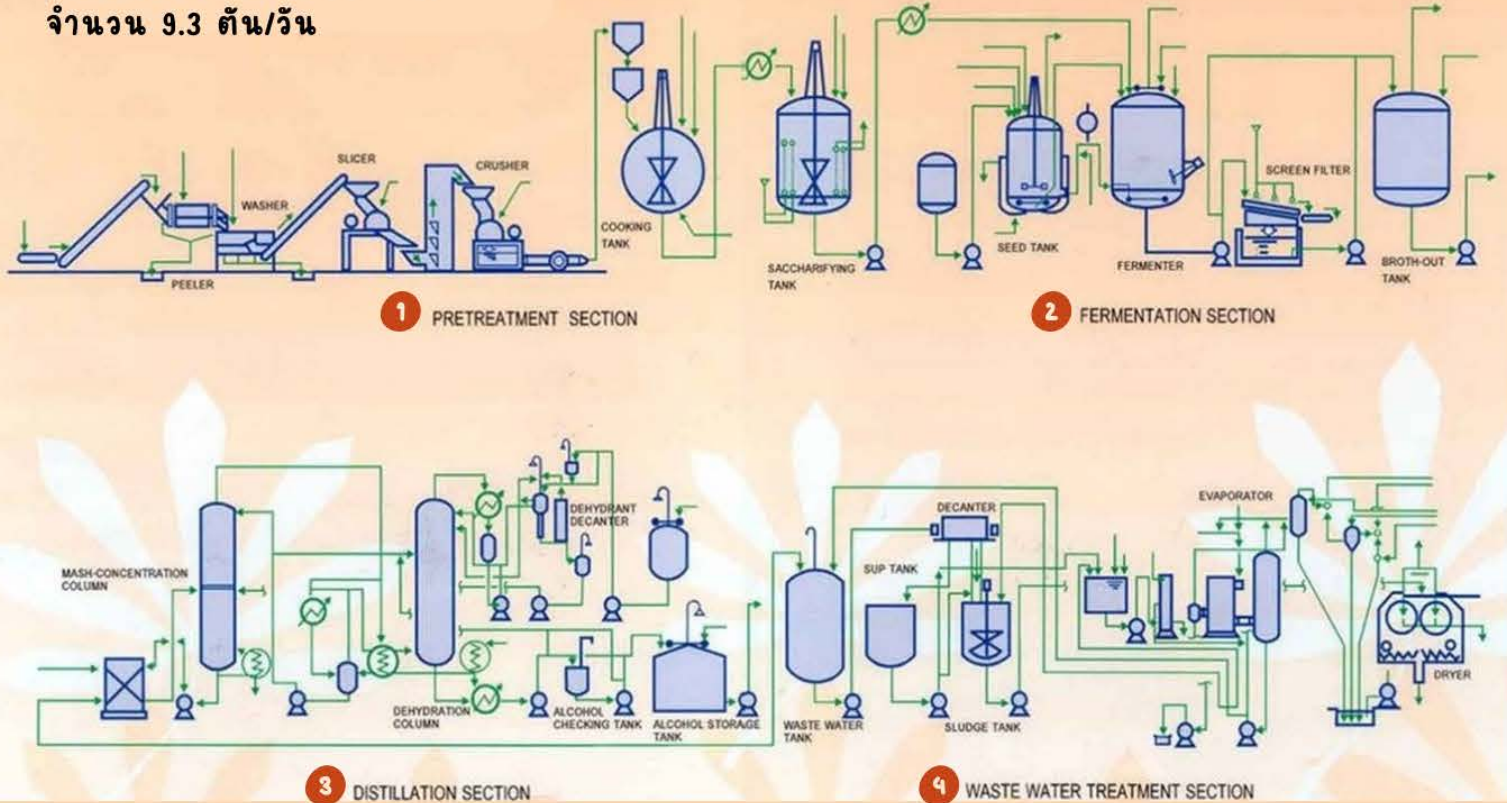


โรงงานต้นแบบผลิตแอลกอฮอล์ไร้น้ำจากมันสำปะหลัง
1,500 ลิตร/วัน (ถ่ายเมื่อปี พ.ศ. 2546)

ขั้นตอนการผลิตเอทานอล

ด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลรุ่นที่ 1

หัวมันสำปะหลังมีแป้ง 28%
จำนวน 9.3 ตัน/วัน



1

การเตรียมวัตถุดิบ

- หัวมันสำปะหลังถูกนำมาปอกเปลือก
- ล้าง บด สับ ผสมกับน้ำ
- ทำให้เป็นของเหลวด้วยเอนไซม์
ย่อยแป้งและความร้อนจากหม้อต้ม
- ย่อยอีกครั้งด้วยเอนไซม์เพื่อเปลี่ยน
แป้งเป็นน้ำตาล

2

การหมัก

- ควบคุมอุณหภูมิ $\sim 30^{\circ}\text{C}$
- เติมน้ำเชื้อยีสต์ด้วยกากน้ำตาล น้ำ
และสารอาหาร
- หมักแบบไม่ใช้อากาศประมาณ
3 วัน จากนั้นกรองกากส่า

3

การกลั่นแอลกอฮอล์

- ทำบริสุทธิ์ด้วยการแยกของผสมหรือ
สารละลายโดยอาศัยจุดเดือดที่ต่างกัน
ประกอบด้วยหอกลั่น 2 ชุด
- กลั่นน้ำส่าและเพิ่มความเข้มข้นจาก
8-12 เป็น 95.6% โดยปริมาตร
- กลั่นแอลกอฮอล์ด้วยเบนซีน
ได้ผลผลิตแอลกอฮอล์

4

การบำบัดน้ำเสีย

- แยกกากและน้ำออกจากกัน
- ระเหยน้ำ
- นำกากที่แยกได้ไปผสม
ของเหลวเข้าเครื่องทำแห้งได้
อาหารสัตว์ (โปรตีน 25%)

โรงงานต้นแบบ เอทานอลไร้น้ำของ วว.

- โรงงานแห่งแรกในประเทศไทย (พ.ศ. 2524)
- ผลิตเอทานอลไร้น้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่า 99.5%
- กำลังการผลิต 1,500 ลิตร/วัน
- ใช้หัวมันสำปะหลัง 10 ตัน/วัน



บริเวณด้านหน้าโรงงานต้นแบบ



เครื่องต้นแบบเครื่องแรกของไทย



จุดป้อนวัตถุดิบ



ถังหมัก



หอกลั่นแอลกอฮอล์



ถังจัดเก็บน้ำเสีย



จากโรงงานต้นแบบขยายขนาด สู่โรงงานสาริต

กระบวนการผลิตเอทานอลจาก มันสำปะหลังแบบครบวงจร



ผลิตภัณฑ์



แนวทางการดำเนินงาน ของศูนย์เรียนรู้



ประโยชน์/ผลลัพธ์



พันธมิตรหลัก





หน่วยเตรียมวัตถุดิบ

โรงงานสาริต ณ จังหวัดกำแพงเพชร

- โรงงานนำร่องผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังระดับชุมชนกำลังการผลิตไม่เกิน 5,000 ลิตร/วัน
- ใช้หัวมันสำปะหลังประมาณ 30 ตัน/วัน
- จัดตั้งศูนย์เรียนรู้ ถ่ายทอดเทคโนโลยีและบริหารจัดการธุรกิจเอทานอลจากมันสำปะหลังระดับชุมชนแบบครบวงจร



หน่วยย่อยแปรงและน้ำตาล



หน่วยการหมัก



หน่วยการกลั่น



ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ



เครื่องจักรผลิตสารปรับปรุงดิน

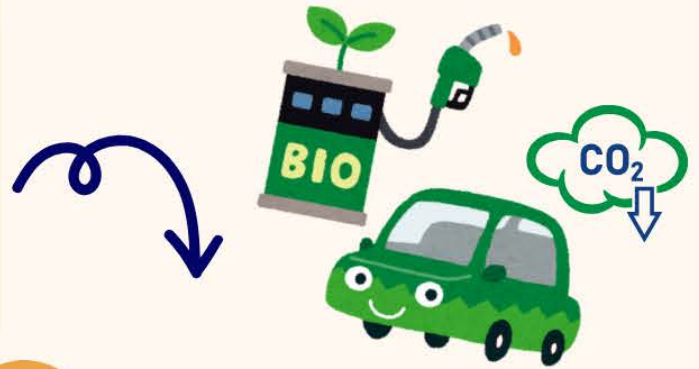


อบแห้ง/ผลิตอาหารสัตว์

เปลี่ยนผ่านสู่ เชื้อเพลิงชีวมวลรุ่นที่ 2

1 ปัญหา

- ราคาพลังงานแพงขึ้นและกำลังการผลิตเอทานอลยังต่ำกว่าเป้าหมาย
- วัตถุดิบหลักที่ใช้ทำเอทานอลเป็นพืชอาหาร (เชื้อเพลิงชีวมวลรุ่นที่ 1) อาจไม่เพียงพอ → ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น



ZERO WASTE

2

เกิดงานวิจัยและพัฒนา

- เทคโนโลยีการผลิตเอทานอลจากเซลลูโลส หรือเซลลูโลสิกเอทานอล (Cellulosic Ethanol, 2nd Generation) ด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลรุ่นที่ 2

3 เชื้อเพลิงชีวมวลรุ่นที่ 2

- วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประเภทเส้นใยหรือเซลลูโลส เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย ชังข้าวโพด หญ้าเนเปียร์ใบยาวพาราเซทไม์ ขี้เลื่อย เป็นต้น
- ต้องเป็นวัตถุดิบราคาถูก หาได้ง่าย และปริมาณมาก



4

วัตถุดิบเซลลูโลส

- มีสารประกอบอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบของเซลล์พืช เกิดจากน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว
- เรียกว่าโพลีเมอร์ จึงใช้แทนวัตถุดิบรุ่นที่ 1 ได้



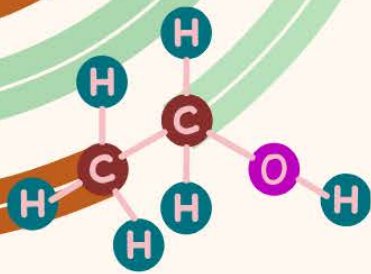
ลักษณะวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
ประเภทเส้นใย (เซลลูโลส)



วิจัยกรชีวิตของวัตถุติบเซลลูลไอสีก



ขั้นตอนการผลิต เซลล์โลสิกเอทานอล



ปรับสภาพ
วัตถุดิบ
เพื่อกำจัดลิกนิน

ย่อยเซลล์โลส
และ
เฮมิเซลล์โลส
ด้วยเอนไซม์ให้
ได้น้ำตาล



ทำให้บริสุทธิ์
ด้วยการกลั่น
และแยกน้ำ



หมักให้เป็น
เอทานอล

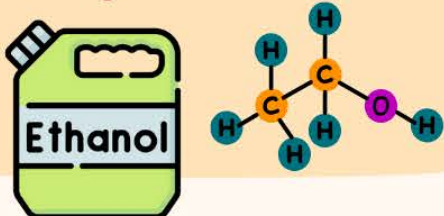


แยกส่วนน้ำตาล

กาก



เซลล์โลสิกเอทานอล



เชื้อเพลิงอัดแท่ง
ผลิตกระแสไฟฟ้า





อุปสรรคในการผลิต เซลลูโลสเอทานอล

- ขั้นตอนการปรับสภาพมีการใช้สารเคมีจำนวนมาก ทำให้เกิดน้ำเสียปริมาณมาก
- เอนไซม์ที่ใช้ในขั้นตอนการย่อยเซลลูโลสมีราคาสูง
- ขั้นตอนการหมักเกิดปัญหาการหน่วงปฏิกิริยาของผลิตภัณฑ์ ทำให้ไม่สามารถเพิ่มความเข้มข้นสารผลิตภัณฑ์ได้
- อุปกรณ์ที่มีอยู่เดิมไม่เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละขั้นตอนการผลิต



ข้อดีของเซลลูโลสเอทานอล



- เพิ่มมูลค่าของเสียให้เกิดประโยชน์สูงขึ้น
- ลดปัญหามลพิษจากการเผาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ทำให้ฝุ่นละออง (PM 2.5) ลดลงตามมา
- ส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลภายใต้แผน AEDP 2018 ของประเทศ
- ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ (เอทานอล ผสมกับน้ำมันเบนซิน (Gasoline)) กับน้ำมันเบนซิน*
- ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในผลิตภัณฑ์ (เช่น ยา อาหาร เครื่องสำอางค์) ที่ใช้เซลลูโลสเอทานอลไปเป็นวัตถุดิบตั้งต้น ➡ ชื้อ-ขาย **คาร์บอนเครดิต** ได้





“คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือฉบับนี้
จะทำให้ประชาชนมีส่วนรับรู้และเข้าใจ
การสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน
ช่วยลดปัญหาโลกร้อน ด้วยการใช้
พลังงานทางเลือกอื่น แทนเชื้อเพลิง
จากฟอสซิล ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า
ตามโมเดลเศรษฐกิจแบบองค์รวม หรือ
Bio-Circular-Green Economy (BCG)
สู่สังคมคาร์บอนต่ำ”



ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการทำวิจัย
โครงการการพัฒนาต้นแบบนิเวศน์เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตจากต้นแบบ
โรงงานแอลกอฮอล์ตามแนวพระราชดำริแห่งแรกของไทย
จาก สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2566