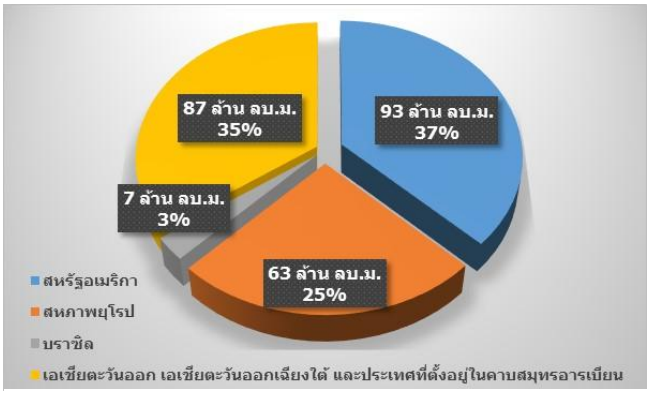
เทคโนโลยีการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพ (Biojet Fuels)

น้ำมันเชื้อเพลิงฟอสซิลถูกใช้ในอากาศยานทั่วโลกประมาณ 200 ล้านตันต่อปี (250 ล้านลูกบาศก์เมตร) (Elhaj, 2014) อยู่ในรูปของน้ำมันเคโรซีน (Kerosene) ผลิตจากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 6 ของน้ำมันดิบที่ใช้กันทั่วโลก ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลทั่วโลกในปี พ.ศ. 2555 แสดงในภาพที่ 1 โดยมีการคาดการณ์ว่าจะมีแนวโน้มการใช้น้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 5 ต่อปี ส่งผลให้อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก หรือ Greenhouse Gas (GHG) เพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน การเก็บภาษีคาร์บอน (Carbon Tax) เพื่อชดเชยการปล่อย GHG สู่สภาวะแวดล้อม และราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ทั้งหมดนี้เป็นตัวผลักดันให้อุตสาหกรรมการบินทั่วโลกเกิดความตระหนักถึงการหันมาใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพ (Biojet Fuels) ซึ่งผลิตจากน้ำมันจากพืช หรือชีวมวล แทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล GHG ที่ถูกปล่อยออกจากอากาศยานที่บินอยู่บนท้องฟ้าคิดเป็นร้อยละ 2-3 ของที่เกิดขึ้นทั้งหมด แต่เป็นการปล่อยสู่บรรยากาศชั้นสูงโดยตรง ซึ่งมีผลกระทบมากกว่าการปล่อย GHG ที่ระดับพื้นโลกในปริมาณที่เท่ากัน เนื่องจากในระดับพื้นโลก CO_2 บางส่วนจะผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photo Synthesis) เปลี่ยน CO_2 ให้เป็น O_2 ตามธรรมชาติ



ภาพที่ 1 ปริมาณการใช้น้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลทั่วโลกในปี พ.ศ. 2555

ตั้งแต่ พ.ศ. 2555 เป็นต้นมา สหภาพยุโรปเริ่มใช้ระบบการซื้อขายใบอนุญาตปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ Emission Trading Scheme (ETS)[1] และออกร่างกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานทดแทน (Renewable Energy Directive) ให้มีสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนในภาคการขนส่งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 สมาคมขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ หรือ International Air Transport Association (IATA)[2] ออกมาให้คำมั่นว่าจะปรับปรุงน้ำมันเชื้อเพลิงให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.5 และส่งเสริมให้อุตสาหกรรมการบินชดเชยการปล่อยคาร์บอน (Carbon Neutral) ภายในปี พ.ศ. 2563 และจะลดการปล่อย CO_2 ลงให้ได้ร้อยละ 50 ภายในปี พ.ศ. 2593 โดยเทียบจากปี พ.ศ. 2548

เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต BIOJET FUELS

ATJ	Alcohol-To-Jet
CH	Catalytic Hydrothermolysis
FT	Fischer-Tropsch
FT-SPK	Fischer-Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene
FT-SKA	Fischer-Tropsch Synthetic Kerosene with Aromatics
HDCJ	Hydrotreated Depolymerized Cellulosic Jet
HDO-SK	Hydro-Deoxygenated Synthesized Kerosene
HDO-SAK	Hydro-Deoxygenated Synthesized Aromatic Kerosene
HEFA	Hydrotreated Esters of Fatty Acids

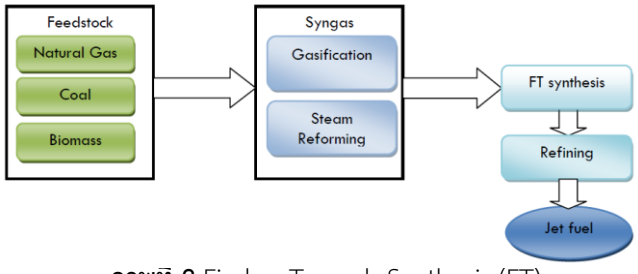
จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมการบินทั่วโลกได้เห็นความสำคัญของปัญหาภาวะโลกร้อน ซึ่งการใช้ Biojet Fuels เป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยลดการปล่อย GHG จากภาคขนส่งทางอากาศ Biojet Fuels ได้จากการนำน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ มาผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงฟอสซิลในอัตราส่วนไม่เกินร้อยละ 50 โดยยังคงคุณสมบัติด้านสมรรถนะเทียบเท่าน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานเดิม หรือดีกว่า และยังต้องมีคุณสมบัติอื่น ๆ เช่นเดียวกับน้ำมันเชื้อเพลิงทุกประการ แต่อุปสรรคในการผลิต Biojet Fuels คือ ต้องใช้วัตถุดิบในปริมาณมาก และมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงฟอสซิลถึง 3 – 15 เท่า ต่อปริมาตร ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต Biojet Fuels ในปัจจุบันมีหลายเทคโนโลยี แต่มีอยู่เพียง 3 เทคโนโลยีที่สมาคม American Society for Testing and Materials (ASTM) ออกมาให้การรับรอง ได้แก่

1. **Fischer-Tropsch Synthesis (FT)** หรือบางครั้งอาจเรียกว่า BTL (Biomass to Liquid) ได้รับการรับรองเมื่อปี พ.ศ. 2552 หลักการคือใช้วัตถุดิบตั้งต้นเป็น*ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน หรือชีวมวล* เผาที่อุณหภูมิประมาณ

[1] Emission Trading Scheme (ETS) เป็นเครื่องมือที่ใช้จัดการกับปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ส่งเสริมให้ผู้ประกอบการรายใหญ่ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศโลก

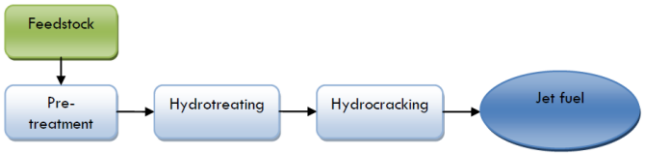
[2] International Air Transport Association (IATA) เป็นองค์การระหว่
การบิน ปัจจุบันมีสมาชิก 261 สายการบิน ข้อมูลจาก www.iata.org ณ



ภาพที่ 2 Fischer-Tropsch Synthesis (FT)

400 องศาเซลเซียส ความดัน 4,100 บาร์ จะได้ก๊าซสังเคราะห์ที่เรียกว่า Synthesis Gas ซึ่งเป็นส่วนผสมของไฮโดรเจน (H) และคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) ต่อมาใส่ Alkalized Iron หรือ Cobalt ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ทำให้ Synthesis Gas มีโมเลกุลที่ยาวขึ้นเปลี่ยนจากสภาวะก๊าซเป็นของเหลว นำไปผ่านกระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมก็จะได้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ เช่น Naphtha น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน (C 9-15 ตัว) และน้ำมันดีเซล เป็นต้น

2. **Hydrogenated Esters and Fatty Acids (HEFA)** ได้รับการรับรองเมื่อเดือนกันยายน พ.ศ. 2554 หลักการคือใช้วัตถุดิบขั้นต้นเป็น*น้ำมันหรือไขมันจากพืช* มีองค์ประกอบเป็น Triglycerides (C 14-20 ตัว) ซึ่งจะมีออกซิเจน (O_2) รวมอยู่ด้วย ไปผ่านกระบวนการกำจัด O2 ที่เรียกว่า Deoxygenation ออกไปในรูปของน้ำ (H_2O) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อมาไปผ่านปฏิกิริยาแตกตัวด้วยไฮโดรเจน (Cracks) และปรับโครงสร้าง (Isomerizes) จะได้น้ำมันเชื้อเพลิงสังเคราะห์ นำไปผ่านกระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมก็จะได้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ เช่น น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน (C 9-15 ตัว) น้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซล เป็นต้น



ภาพที่ 3 Hydrogenated Esters and Fatty Acids

3. **Synthesized Iso-Paraffins (SIP)** ได้รับการรับรองเมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 หลักการคือใช้วัตถุดิบเป็น*พืชให้น้ำตาล* (Plant Sugar) ผ่านกระบวนการหมักโดยยีสต์ ได้สาร Farnesene (C 15 ตัว) มีองค์ประกอบของ C และ H ซึ่งมีความหนาแน่นเทียบเท่ากับ Petroleum Hydrocarbons ที่ใช้ในน้ำมันดีเซลและน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของเทคโนโลยีการผลิต Biojet Fuels (Radich, 2015)

เทคโนโลยี	การรับรองจาก ASTM	วัตถุดิบที่ใช้	ผู้พัฒนาเทคโนโลยี
FT-SPK	รับรองปี พ.ศ. 2552 ผสมได้สูงสุดร้อยละ 50	ถ่าน ก๊าซธรรมชาติ ชีวมวล	Sasol, Shell, Syntroleum
HEFA	รับรองปี พ.ศ. 2554 ผสมได้สูงสุดร้อยละ 50	น้ำมันจากพืช น้ำมันเหลือใช้ ไขมันสัตว์	Honeywell UOP, Neste Oil, Dynamic Fuels, EERC
SIP	รับรองปี พ.ศ. 2557 ผสมได้สูงสุดร้อยละ 10	น้ำตาล	Amyris, Total
FT-SKA	ยังไม่ได้รับรอง	ถ่าน ก๊าซธรรมชาติ ชีวมวล	Sasol

ATJ	ยังไม่ได้รับรอง	แป้ง น้ำตาล พืชเส้นใย	Gevo, Cobalt, Honeywell UOP, Lanzatech, Swedish Biofuels, Byogy
HDO-SK	ยังไม่ได้รับรอง	แป้ง น้ำตาล พืชเส้นใย	Virent
HDO-SAK	ยังไม่ได้รับรอง	แป้ง น้ำตาล พืชเส้นใย	Virent
HDCJ	ยังไม่ได้รับรอง	พืชเส้นใย	Honeywell UOP, Licella, KiOR
CH	ยังไม่ได้รับรอง	พืชน้ำมัน ไขมันสัตว์ น้ำมันเหลือใช้	Chevron Lummus Global, Applied Research Associates, Blue Sun Energy

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำมัน Jet A-1 และน้ำมัน Biojet ชนิดต่าง ๆ

คุณลักษณะ	Jet A-1	FT-SPK และ HEFA-SPK	SIP
Acid no. mg, KOH/g	0.1 (สูงสุด)	0.015 (สูงสุด)	0.015 (สูงสุด)
Flash Point ˚C	38 นาที	100 นาที	100 นาที
Freezing Point ˚C	-47 (สูงสุด)	-40 (สูงสุด)	-60 (สูงสุด)
Density @ 15˚C, kg/m^3	775 - 840	730 - 770	765 – 780
Net Heat of Combustion, MJ/kg	42.8 (นาที)	42.8 (นาที)	43.5 (นาที)
Additive-Antioxidants, (mg/L)	24.0 สูงสุด	17 (ต่ำสุด) 24 (สูงสุด)	17 (ต่ำสุด) 24 (สูงสุด)
Aromatics, Vol %	25 (สูงสุด)	0.5 (สูงสุด)	0.5 (สูงสุด)
Sulphur Content, ppm	0.30 (สูงสุด)	15 (สูงสุด)	2 (สูงสุด)

ในอนาคตจะมีการวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ตามเทคโนโลยีที่ก้าวหน้ามากขึ้น ในทุก ๆ กระบวนการตั้งแต่กระบวนการผลิต การจัดการ และการขนส่ง ซึ่งอาจทำให้ราคาต่อหน่วยของ Biojet Fuels มีแนวโน้มลดลง เข้าสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์

ภาพที่ 4 การบินไทยขึ้นบินด้วยเชื้อเพลิง Biojet Fuels เป็นเที่ยวแรก เมื่อ 21 ธ.ค. 54

โรงงานผลิตเพิ่มจำนวนมากขึ้น ขณะที่ปริมาณน้ำมัน และราคาน้ำมันจะคาดการณ์ได้ยากขึ้น จะมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้กับ Biomass ในหลากหลายรูปแบบมากขึ้น

หน่วยงานในประเทศไทยให้ความสำคัญกับการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพเช่นกัน กองทัพอากาศมีความร่วมมือในงานวิจัยด้านเชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (มจพ.) และมหาวิทยาลัยขอนแก่น (มข.) เพื่อสนับสนุนเป้าหมายของการบินไทยในการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพ ส่วนการบินไทยเองได้กำหนดเป็นแผนความร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ เช่น บริษัทผู้ผลิตน้ำมัน สถาบันวิจัยสถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐและเอกชน และบริษัทผู้ผลิตเครื่องบินในต่างประเทศให้มีส่วนร่วมในการพัฒนาเชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพภายใต้ “โครงการพัฒนาเชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพในการบินอย่างยั่งยืน” สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (สทป.) บรรจุแผนแม่บทเทคโนโลยีพลังงานสำหรับกิจการป้องกันประเทศเป็น 1 ใน 8 แผนยุทธศาสตร์ สทป. พ.ศ.2553 – 2567 โดยมีเทคโนโลยีด้านเชื้อเพลิงชีวภาพ เพื่อเตรียมความพร้อมให้กับกองทัพด้วย