DầuKhí
KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO PETROVIETNAM

https://doi.org/10.47800/PVSI.2026.02-08

ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN NHIÊN LIỆU HÀNG KHÔNG BỀN VỮNG CỦA TỔNG CÔNG TY LỌC HÓA DẦU VIỆT NAM

Bùi Ngọc Dương, Nguyễn Việt Thắng, Mai Tuấn Đạt, Trần Hải Ninh, Đinh Văn Nhân, Nguyễn Thị Thanh Yên

Tổng công ty Lọc hóa dầu Việt Nam (BSR), Tỉnh Quảng Ngãi, 53114, Việt Nam

TỪ KHÓA

Nhiên liệu hàng không bền vững, tuyến công nghệ SAF, ASTM D7566, Nhà máy Lọc dầu Dung Quất.

TÓM TẮT

Nhiên liệu hàng không bền vững (sustainable aviation fuel - SAF) đóng vai trò quan trọng trong lộ trình giảm phát thải của ngành hàng không nhờ khả năng tương thích với động cơ và hạ tầng hiện có mà không đòi hỏi thay đổi lớn về công nghệ. Trên cơ sở phân tích bối cảnh thị trường và chính sách phát triển SAF, đánh giá mức độ trưởng thành của các công nghệ sản xuất SAF hiện nay, cũng như tiềm năng nguồn nguyên liệu tại Việt Nam, nghiên cứu này định hướng lộ trình phát triển SAF của Tổng công ty Lọc hóa dầu Việt Nam (BSR) trong giai đoạn trước và sau 2035.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, công nghệ HEFA (hydroprocessed esters and fatty acids) là lựa chọn khả thi để triển khai tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất trong ngắn hạn và trung hạn nhờ lợi thế về chi phí đầu tư thấp, mức độ thương mại hóa cao, và có khả năng tận dụng nguyên liệu sẵn có trong nước như dầu ăn đã qua sử dụng và mỡ cá. Về dài hạn, khi các rào cản kỹ thuật và chi phí được cải thiện, nghiên cứu đề xuất tiếp tục theo dõi và đánh giá khả năng ứng dụng các công nghệ tiềm năng khác như ATJ (alcohol-to-jet), FT (Fischer-Tropsch) và PtL (power-to-liquid). Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng việc hoàn thiện khung chính sách, xây dựng cơ chế tài chính và đảm bảo ổn định nguồn nguyên liệu đầu vào là yếu tố then chốt đảm bảo tính khả thi của các dự án SAF, góp phần thực hiện mục tiêu phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050 của Việt Nam.

1. Giới thiệu

Theo thống kê của Hội đồng Sân bay Quốc tế (ACI), lưu lượng hành khách toàn cầu năm 2025 đạt 9,8 tỷ lượt, tăng 3,6% so với năm trước và dự báo sẽ đạt 10,2 tỷ lượt vào năm 2026, tương ứng mức tăng 3,9% [1]. Về dài hạn, giai đoạn 2024 - 2054, lưu lượng hành khách toàn cầu được dự báo tăng trưởng với tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) khoảng 3%, đạt mức tăng gấp đôi vào giữa những năm 2040 và gấp khoảng 2,5 lần năm 2024 vào năm 2054. Châu Á - Thái Bình Dương tiếp tục là động lực tăng trưởng chính với lưu lượng dự kiến đạt 10 tỷ hành khách vào năm 2054 (CAGR 3,6%). Thị trường vận tải hàng hóa hàng không toàn cầu năm 2025 đạt khoảng 129 triệu tấn (tăng 2,9%) và dự báo đạt 262 triệu tấn vào năm 2054, CAGR 2,5% trong giai đoạn 2024 - 2054 [1].

Vận tải hàng không chiếm khoảng 2,05% tổng phát thải CO_2 toàn cầu, tương đương 882 triệu tấn CO_2 trong tổng số 43 tỷ tấn CO_2 phát thải toàn cầu năm 2023 [2]. Sự tăng trưởng nhanh của vận tải hàng không tiếp tục đặt ra áp lực ngày càng lớn đối với mục tiêu giảm phát thải CO_2. Do đó, nhiên liệu hàng không bền vững (SAF) được xác định là giải pháp giảm phát thải quan trọng nhất trong ngắn và trung hạn nhờ: (i) khả năng "drop-in", cho phép pha trộn và sử dụng trực tiếp trong hệ thống động cơ, trong hạ tầng tồn chứa và phân phối nhiên liệu hiện có mà không đòi hỏi thay đổi lớn về công nghệ; (ii) hệ thống tiêu chuẩn - thử nghiệm - chứng nhận đã được thiết lập thống nhất trên phạm vi toàn cầu (ASTM D7566, DEFSTAN, EI/JIG).

Ngành vận tải hàng không sẽ cần khoảng 500 triệu tấn SAF

Email: yenntt@bsr.com.vn
Ngày nhận bài: 20/2/2026; Ngày sửa chữa sau phản biện: 20/2 - 9/3/2026; Ngày duyệt đăng: 9/3/2026
Copyright © 2026. Đây là bài báo truy cập mở theo Giấy phép CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

vào năm 2050 để đạt mục tiêu phát thải ròng CO_2 bằng "0". Sau khi đánh giá nguồn cung nguyên liệu thô toàn cầu, mức độ sẵn sàng của công nghệ và tính phù hợp theo khu vực, Hiệp hội Vận tải Hàng không Quốc tế (IATA) và Worley Consulting ước tính rằng sản lượng SAF toàn cầu có thể đạt 400 triệu tấn vào năm 2050. Việc đạt được con số này là một thách thức lớn và đòi hỏi gia tăng quy mô sản xuất SAF [3]. Tuy nhiên, tốc độ mở rộng sản lượng SAF trên thực tế đang diễn ra chậm hơn đáng kể so với các dự báo và mục tiêu đã đặt ra trước đây. Theo số liệu thống kê của IATA [4], sản lượng SAF toàn cầu chỉ đạt khoảng 1,9 triệu tấn trong năm 2025, tương đương 0,6% tổng tiêu thụ nhiên liệu phản lực và dự kiến chỉ đạt khoảng 2,4 triệu tấn trong năm 2026, tương đương 0,8% tổng tiêu thụ nhiên liệu phản lực. Nguyên nhân chính là do các cơ chế pha trộn bắt buộc (mandate) tại châu Âu và Vương quốc Anh chưa đi kèm chính sách hỗ trợ đủ mạnh để khai thác hết công suất sản xuất đã lắp đặt, khiến chi phí SAF cao gấp 2 - 5 lần nhiên liệu truyền thống. Khoảng cách giữa mục tiêu, dự báo và năng lực thực tế cho thấy việc mở rộng quy mô sản xuất SAF phụ thuộc vào hiệu quả của khung chính sách và cơ chế tài chính hỗ trợ.

Tại Việt Nam, định hướng phát triển SAF đã được thể chế hóa thông qua Chương trình hành động về chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí carbon và khí methane của ngành giao thông vận tải [5]. Việt Nam chính thức tham gia Cơ chế bù trừ và giảm thiểu carbon cho hàng không quốc tế (CORSIA) của ICAO từ ngày 1/1/2026. Từ năm 2027, CORSIA sẽ chuyển sang giai đoạn bắt buộc đối với phần lớn các quốc gia thành viên. Luật Hàng không dân dụng Việt Nam 2025 đã bổ sung một số điều khoản ưu đãi đối với hoạt động đầu tư xây dựng và vận hành hạ tầng SAF [6]. Điều này tạo ra hành lang pháp lý, góp phần thúc đẩy nhu cầu thị trường trong nước đối với SAF và mở ra cơ hội tham gia vào chuỗi cung ứng cho các cơ sở lọc dầu quốc gia.

Nhà máy Lọc dầu Dung Quất do BSR quản lý vận hành có vai trò đặc biệt quan trọng và tiềm năng lớn trong phát triển SAF. Đây là tổ hợp lọc - hóa dầu hiện đại, đồng bộ, có năng lực vận hành ổn định và kinh nghiệm kiểm soát chất lượng nhiên liệu hàng không Jet A-1 theo tiêu chuẩn quốc tế. Nhà máy sở hữu hạ tầng pha trộn, bồn chứa, tuyến sản phẩm và hệ thống xuất - nhập đạt chuẩn EI/JIG, cho phép tích hợp trực tiếp các thành phần pha trộn tổng hợp (synthetic blend component - SBC) để sản xuất SAF. Nhà máy Lọc dầu Dung Quất đã trực tiếp sản xuất thử nghiệm và cung cấp nhiên liệu SAF 5,5% cho 6 chuyến bay nội địa tại Đà Nẵng vào ngày 4/6/2025, đánh dấu lần đầu tiên Việt Nam chủ động phối trộn, kiểm định, cung ứng SAF thương mại ngay trong hệ thống lọc dầu trong nước.

Nghiên cứu này tập trung vào các nội dung: (i) phân tích mức độ trưởng thành công nghệ và khả năng áp dụng của các công nghệ sản xuất SAF được chứng nhận theo tiêu chuẩn ASTM D7566 trong điều kiện thực tế của Việt Nam, (ii) đánh giá sơ bộ nguồn nguyên liệu tiềm năng trong nước và (iii) đề xuất lộ trình phát triển và triển khai SAF khả thi, làm cơ sở để BSR từng bước trở thành nhà sản xuất và phối trộn SAF chủ lực tại Việt Nam, sẵn sàng tham gia chuỗi cung ứng khu vực và quốc tế, đóng góp thiết thực vào lộ trình đạt mục tiêu phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050 của Việt Nam.

2. Nghiên cứu lựa chọn công nghệ sản xuất SAF trong điều kiện thực tế tại Việt Nam

Các đặc tính hóa lý của nhiên liệu hàng không ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất, độ an toàn và tác động môi trường của nhiên liệu. Khả năng tương thích giữa cấu trúc phân tử của nhiên liệu và hệ thống động cơ - hạ tầng nhiên liệu máy bay là yếu tố then chốt để đảm bảo quá trình cháy diễn ra ổn định, giải phóng năng lượng hiệu quả và vận hành máy bay an toàn. Do đó, công nghệ sản xuất cần tạo ra SAF có thành phần phân tử tương tự nhiên liệu truyền thống, cho phép tăng hiệu quả sử dụng nhiên liệu và giảm lượng khí thải carbon so với nhiên liệu hóa thạch. Hiện nay, các tuyến công nghệ sản xuất SAF được phê duyệt bởi tiêu chuẩn quốc tế ASTM D7566 gồm các công nghệ như Fisher-Tropsch (FT), hydroprocessed esters and fatty acids (HEFA), synthesized iso-paraffinic (SIP), alcohol-to-jet (ATJ) và catalytic hydrothermolysis jet (CHJ), với tỷ lệ pha trộn tối đa từ 10 - 50% tùy theo tuyến công nghệ [7]. Trong số các công nghệ sản xuất SAF (Bảng 1), công nghệ HEFA có mức độ trưởng thành công nghệ cao nhất, chiếm hơn 90% sản lượng SAF hiện có trên thế giới, tiếp theo là công nghệ ATJ và FT đang ở giai đoạn đầu triển khai quy mô thương mại.

Để tiết kiệm chi phí đầu tư và thúc đẩy nhanh quá trình chuyển đổi năng lượng xanh, một số nhà máy lọc dầu đã thực hiện cải tiến/nâng cấp hệ thống công nghệ để đồng xử lý (co-processing) nguồn nguyên liệu tái tạo và dầu mỏ. Sản phẩm cuối cùng chứa một phần hydrocarbon có nguồn gốc từ các nguyên liệu bền vững và được công nhận là nhiên liệu thay thế theo tiêu chuẩn ASTM D1655 hoặc DEFSTAN 91-091 [10, 11].

Tiêu chuẩn ASTM D1655 quy định 3 loại đồng xử lý như sau:

- Đồng xử lý 5% thể tích mono-, di- và triglyceride, acid béo tự do và ester của acid béo.

- Đồng xử lý 5% thể tích hydrocarbon có nguồn gốc từ khí tổng hợp (syngas) thông qua quy trình Fischer-Tropsch sử dụng chất xúc tác sắt hoặc cobalt.

Bảng 1. *Các công nghệ sản xuất SAF được chứng nhận ASTM D7566 [8 ,9]*

TT	Tên công nghệ	Tỷ lệ phối trộn tối đa (%)	Nguyên liệu	Mức độ trưởng thành của công nghệ (TRL)[1]	Nhà sản xuất
1	HEFA				
	HEFA-SPK: Annex 2 (2011)	50	Dầu thực vật, dầu thải công nghiệp thực phẩm, dầu tảo, mỡ động vật	8 - 9	HoneyWell UOP, SG Biofuels, AltAir Fuels, Agrisoma Biosciences, Neste Oil, Petrochina, Sapphire Energy, Syntroleum/Tyson Food, PEMEX, ASA
	HC-HEFA-SPK: Annex 7 (2020)	10	Tảo (*botryococcus braunii*)	5	Applied Research Association
2	ATJ				
	ATJ-SPK: Annex 5 (2016)	50	Ethanol, isobutanol và isobutene từ sinh khối	7 - 8	Gevo, Cobalt, Honeywell UOP, Lanzatech, Swedish Biofuels, Byogy, Lummus
	ATJ-SKA: Annex 8 (2024)	50	Cồn C_2 - C_5 từ sinh khối	6 - 8	KBR
3	FT				
	FT-SPK: Annex 1 (2009)	50	Than, khí tự nhiên, sinh khối	7 - 8	Syntroleum, SynFuels International, Rentech, Shell, Solena, Coskata, INEOS, Bio/Lanza Tech, Swedish Biofuels, Fulcrum BioEnergy
	FT-SPK/A: Annex 4 (2015)	50	Than, khí tự nhiên, sinh khối	6 - 7	Shell, Sasol
4	SIP: Annex 3 (2014)	10	Sinh khối dùng cho sản xuất đường	7 - 8 hoặc 5[2]	Amyris, Total, Solazyme, LS9
5	CHJ: Annex 6 (2020)	10	Dầu thực vật, dầu thải công nghiệp thực phẩm, mỡ động vật	6	Applied Research Association, Aemetis, Chevron Lummus Global

Ghi chú:
[1]Mức độ sẵn sàng công nghệ (TRL): Thang đo TRL dao động từ 1 (tuân thủ các nguyên tắc cơ bản) đến 9 (sản xuất cạnh tranh).
[2]TRL 7 - 8 đối với nguyên liệu đường thô thông thường, TRL 5 đối với nguyên liệu đường thô lignocellulose.

- Đồng xử lý (bao gồm đồng phân tách) hydrocarbon có nguồn gốc từ mono, di-triglyceride, acid béo tự do và ester acid béo đã được xử lý bằng hydrogen (hydrocarbon nguồn gốc tái tạo chiếm tối đa 24% thể tích nguồn nguyên liệu và 10% thể tích của sản phẩm).

Trên thế giới, công nghệ đồng xử lý đã được tích hợp vào một số nhà máy có các phân xưởng xử lý kerosene bằng hydrogen (hydrotreating) hoặc phân xưởng cracking bằng hydrogen (hydrocracking). Pertamina (Indonesia) đồng xử lý 2,4% dầu cọ tinh chế và kerosene tại Phân xưởng hydrogen hóa (Treated Distillate Hydrogen Treating Unit) để sản xuất SAF có tên thương mại là Bioavtur J2.4 [12]. SK Energy (Hàn Quốc) đồng xử lý nguyên liệu hóa thạch với dầu ăn đã qua sử dụng (UCO) và mỡ động vật theo tỷ lệ 95:5 tại Phân xưởng hydrocracking của Nhà máy Lọc dầu Ulsan để sản xuất SAF [13]. Tuy nhiên, công nghệ đồng xử lý giới hạn về tỷ lệ nguồn nguyên liệu tái tạo đầu vào nên sẽ không đáp ứng được yêu cầu tăng tỷ lệ pha trộn SAF trong tương lai (dự kiến sử dụng tối thiểu 10% nhiên liệu bền vững vào năm 2035 theo Quyết định số 876/QĐ-TTg ngày 22/7/2022).

Với cấu hình công nghệ hiện có và sau khi nâng cấp mở rộng, Nhà máy Lọc dầu Dung Quất sản xuất nhiên liệu hàng không Jet A-1 bằng cách chuyển hóa lưu huỳnh mercaptan tồn tại trong phân đoạn kerosene thành disulfide (theo công nghệ bản quyền của Merichem), thay vì xử lý bằng hydrogen như các nhà máy khác trên thế giới. Các phân xưởng hydrogen hóa khác như: phân xưởng xử lý naphtha bằng hydrogen - NHT, phân xưởng xử lý dầu nhẹ bằng hydrogen - LCO-HDT (hiện có) và phân xưởng xử lý xăng bằng hydrogen - GHDT, phân xưởng xử lý diesel bằng hydrogen - DHDT (sau nâng cấp mở rộng), được thiết kế để xử lý chuyên biệt cho các phân đoạn xăng và diesel nên không thể ứng dụng trực tiếp để đồng xử lý phân đoạn kerosene và nguồn nguyên liệu tái tạo. Với các lý do trên, phương án xây dựng phân xưởng sản xuất SAF độc lập được xem xét áp dụng.

Bảng 2. *So sánh hiệu quả của các công nghệ sản xuất SAF [14]*

TT	Các chỉ số	Tỷ trọng (%)	HEFA	ATJ	FT
1	**Chỉ số tài chính**	**33**			
	Chi phí đầu tư (CAPEX)	11	3	2	1
	Chi phí vận hành (OPEX)	11	2	3	1
	Giá SAF	11	3	2	1
2	**Chỉ số môi trường**	**30**			
	Mức sử dụng năng lượng đầu vào	10	3	2	1
	Ảnh hưởng về thay đổi trong sử dụng đất	10	2	3	1
	Tỷ lệ giảm phát thải khí nhà kính	10	2	2	3
3	**Chỉ số kỹ thuật**	**27**			
	Mức độ trưởng thành công nghệ	3,4	3	2	2
	Giới hạn pha trộn SAF với Jet	3,4	3	3	3
	Sự tương đồng với nhiên liệu hóa thạch	3,4	3	2	3
	Hiệu suất của SAF	3,4	3	2	2
	Khả năng mở rộng	3,4	3	3	2
	Khả năng áp dụng mô hình trung tâm - vệ tinh so với mô hình chỉ sử dụng cơ sở tập trung	3,4	3	3	1
	Khả năng bán hàng và sản phẩm trung gian	3,4	3	2	1
	Mức độ sẵn có của nguyên liệu	3,4	1	2	3
4	**Chỉ số kinh nghiệm**	**10**			
	Số lượng các nhà máy trên toàn cầu	3,3	3	2	1
	Số lượng nhà máy dự kiến xây dựng	3,3	3	3	2
	Số lượng các nhà bản quyền công nghệ	3,3	3	2	2
5	**Tổng**	**100**	87	78	52

Ghi chú:
Công thức tính điểm xếp hạng của các công nghệ = ∑điểm số/3 × tỷ trọng (trong đó, điểm số 1 - kém, 2 - trung bình, 3 - tốt nhất).

Để lựa chọn công nghệ sản xuất SAF, nhóm tác giả đã tham khảo báo cáo nghiên cứu của tổ chức GHD tại Hội thảo "Thúc đẩy sản xuất nhiên liệu hàng không bền vững từ chất thải nông nghiệp trong khu vực Đông Nam Á", thuộc Chương trình Hỗ trợ Thương mại và Đầu tư Phát triển của Canada (CTIF) do Chính phủ Canada tài trợ. GHD so sánh tính hiệu quả của một số tuyến công nghệ sản xuất SAF đang được triển khai ở quy mô thương mại trên thế giới như HEFA, ATJ và FT. Trong đó, sử dụng phương pháp đánh giá đa tiêu chí, xem xét đồng thời các nhóm chỉ số tài chính, môi trường, kỹ thuật và kinh nghiệm triển khai, với các trọng số được phân bổ theo mức độ ảnh hưởng đến tính khả thi của dự án SAF (Bảng 2) [14].

Kết quả phân tích (Bảng 2) cho thấy công nghệ HEFA là lựa chọn tối ưu với tổng điểm cao nhất (87%). Ưu thế của HEFA đến từ mức độ trưởng thành về công nghệ (điểm 3) và tính kinh tế vượt trội thể hiện ở chi phí đầu tư (CAPEX) vì quy trình kỹ thuật khá tương đồng với các tháp hydrocracking trong nhà máy lọc dầu truyền thống. Nhà máy lọc dầu cũ có thể cải tạo sang HEFA với chi phí thấp hơn nhiều so với việc xây mới hoàn toàn. Ngược lại, công nghệ FT dù đạt điểm thấp nhất về tổng thể (52%) do "rào cản" tài chính và quy trình vận hành phức tạp, nhưng lại có khả năng giảm phát thải khí nhà kính cao nhất (điểm 3) và nguồn nguyên liệu đầu vào vô tận từ rác thải hoặc sinh khối (điểm 3). Trong khi đó, công nghệ ATJ đóng vai trò là giải pháp trung hòa (78%) với khả năng mở rộng tốt nhưng vẫn xếp sau HEFA về hiệu quả kinh tế và mức độ sẵn sàng của các nhà bản quyền công nghệ.

Báo cáo "Đánh giá nguồn nguyên liệu toàn cầu cho sản xuất SAF: Triển vọng đến năm 2050" của IATA năm 2025 cũng đưa ra các nhận định tương tự. Đến năm 2030, các nhà máy sản xuất SAF theo tuyến công nghệ HEFA bao gồm cả nhà máy độc lập và đồng xử lý có khả năng vẫn chiếm ưu thế trên thị trường, chiếm khoảng 95% tổng sản lượng SAF. Trong số các công nghệ còn lại, công nghệ ATJ ước tính đóng góp khoảng 2% và công nghệ FT chỉ 1%. Bên cạnh đó, IATA dự báo công nghệ PtL sẽ chiếm khoảng 2%, góp phần cung cấp e-SAF theo quy định tại chính sách RefuelEU của EU. Việc sản xuất nhiên liệu e-SAF phụ thuộc vào sự kết hợp giữa CO_2 được thu giữ và H_2 xanh theo phản ứng Fisher-Tropsch (tương tự như tuyến công nghệ FT), trong đó H_2 thường được sản xuất

thông qua quá trình điện phân nước có sử dụng năng lượng tái tạo [3]. PtL được xem là công nghệ tiên tiến, giúp giảm phát thải khí nhà kính đến 90% và nguồn nguyên liệu không bị giới hạn. Kinh nghiệm tại các quốc gia phát triển ở châu Âu cho thấy công nghệ PtL đang ở giai đoạn trình diễn và chưa cạnh tranh được về chi phí, khiến giá e-SAF cao gấp hơn 10 lần nhiên liệu hàng không thông thường [15].

Kết quả nghiên cứu trên cho thấy công nghệ HEFA là lựa chọn đầu tư phù hợp nhất trong giai đoạn ngắn và trung hạn. Trong dài hạn, công nghệ ATJ/FT là lựa chọn tiềm năng khi nguồn nguyên liệu dầu mỡ thải phục vụ mở rộng công suất HEFA dần chạm ngưỡng giới hạn, chuyển sang khai thác các nguồn sinh khối hoặc cần quy mô lớn để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng. Ngoài ra, PtL cũng là một tuyến công nghệ có tiềm năng triển khai trong dài hạn, khi cơ sở hạ tầng thu giữ carbon hoàn thiện và giá thành sản xuất H_2 trở nên hấp dẫn hơn.

3. Đánh giá nguồn nguyên liệu tiềm năng tại Việt Nam

Khả năng cung ứng nguyên liệu là một trong những yếu tố quyết định quy mô, công nghệ và hiệu quả kinh tế của dự án SAF. Do mỗi tuyến công nghệ sử dụng nhóm nguyên liệu khác nhau, việc đánh giá nguồn nguyên liệu tại Việt Nam cần xem xét đồng thời quy mô tiềm năng, khả năng thu gom thực tế, mức độ cạnh tranh với các mục đích sử dụng khác và khả năng đáp ứng các tiêu chí bền vững. Trên cơ sở các tuyến công nghệ được đánh giá ở phần trước, hai nhóm nguyên liệu có tiềm năng đáng chú ý tại Việt Nam gồm: (i) dầu và mỡ có nguồn gốc sinh học cho công nghệ HEFA; và (ii) phụ phẩm nông nghiệp và nguyên liệu sinh khối cho các tuyến ATJ và FT.

3.1. Nguồn nguyên liệu lipid cho công nghệ HEFA

Đối với công nghệ HEFA, các nguồn nguyên liệu trong nước đáng quan tâm gồm dầu ăn đã qua sử dụng (UCO) và mỡ cá, đặc biệt là mỡ phát sinh từ hoạt động chế biến cá tra và cá basa. Đây là các nguyên liệu lipid có nguồn gốc sinh học và có ưu điểm là không cạnh tranh trực tiếp với nguồn thực phẩm khi được thu hồi từ dòng chất thải hoặc phụ phẩm.

UCO hiện được thu gom từ các nhà hàng, cơ sở chế biến thực phẩm, dịch vụ ăn uống và hộ gia đình. Theo số liệu khảo sát, lượng UCO hiện được thu gom thông qua các doanh nghiệp lớn vào khoảng 100 - 110 nghìn tấn/năm. Đến năm 2030, tổng lượng UCO phát sinh có thể đạt khoảng 670 nghìn tấn/năm; với giả định tỷ lệ thu gom được cải thiện lên 30 - 40%, lượng UCO có khả năng thu hồi có thể đạt khoảng 200 - 270 nghìn tấn/năm.

Bên cạnh UCO, ngành chế biến thủy sản tại Đồng bằng sông Cửu Long tạo ra nguồn mỡ cá đáng kể. Với sản lượng cá da trơn khoảng 1,5 - 1,7 triệu tấn/năm, lượng mỡ cá tiềm năng được ước tính khoảng 150 - 200 nghìn tấn/năm. Xét theo hiệu suất chuyển hóa HEFA khoảng 650 - 750 kg SAF trên một tấn nguyên liệu ở chế độ tối ưu hóa sản phẩm Jet, 2 nguồn UCO và mỡ cá có thể tạo cơ sở nguyên liệu cho một dự án SAF quy mô đáng kể tại Việt Nam.

Tuy nhiên, nguồn cung khả dụng còn phụ thuộc vào hiệu quả của hệ thống thu gom, chất lượng và mức độ đồng nhất của nguyên liệu, nhu cầu của các ngành sử dụng cạnh tranh, chi phí logistics cũng như khả năng đáp ứng yêu cầu về truy xuất nguồn gốc và chứng nhận bền vững. Do đó, quy mô khoảng 150 - 200 nghìn tấn SAF/năm nên được xem là mức tiềm năng kỹ thuật sơ bộ, cần được xác nhận bằng nghiên cứu chi tiết về chuỗi cung ứng trước khi xác định công suất đầu tư.

Từ góc độ triển khai dự án, UCO và mỡ cá có lợi thế tương đối trong ngắn và trung hạn do phù hợp trực tiếp với công nghệ HEFA - tuyến công nghệ có mức độ thương mại hóa cao nhất hiện nay. Đây là cơ sở quan trọng để BSR ưu tiên đánh giá HEFA trong giai đoạn đầu của lộ trình phát triển SAF.

3.2. Nguồn phụ phẩm nông nghiệp cho ATJ và FT

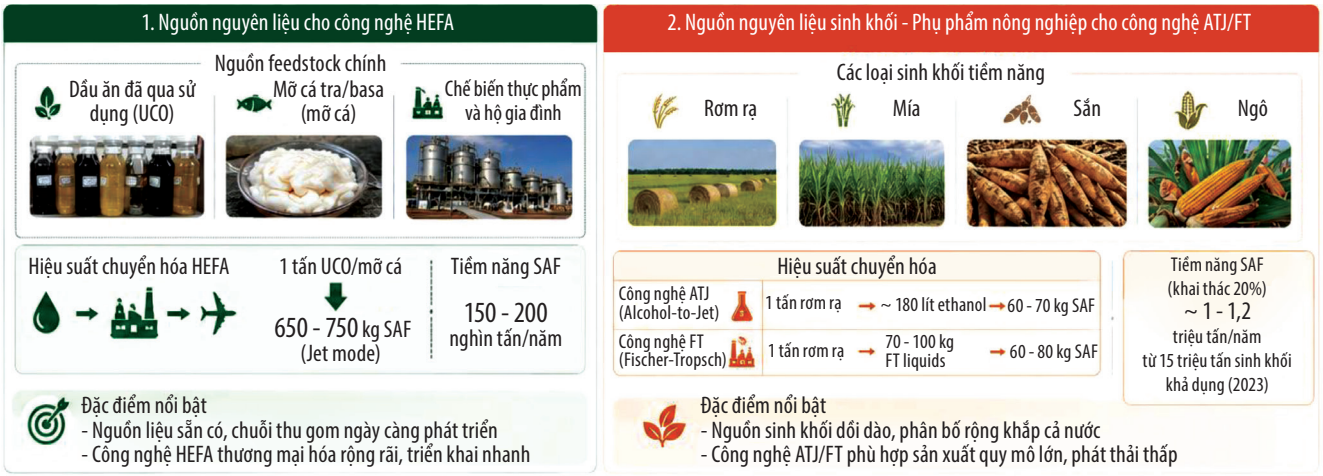
Trong trung và dài hạn, việc mở rộng sản lượng SAF chỉ dựa trên các nguồn dầu và mỡ thải có thể gặp giới hạn về quy mô nguồn cung. Vì vậy, các nguồn sinh khối và phụ phẩm nông nghiệp cần được xem xét như nguồn nguyên liệu bổ sung cho các tuyến công nghệ ATJ và FT.

Việt Nam có lợi thế đáng kể về sản xuất nông nghiệp. Theo dữ liệu năm 2023 của Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp của Liên hợp quốc (FAO), tổng sản lượng bốn nhóm cây trồng chính của Việt Nam gồm lúa, mía, sắn và ngô khoảng 80,1 triệu tấn/năm. Ước tính quá trình thu hoạch có thể tạo ra tổng cộng khoảng 77,1 triệu tấn phụ phẩm nông nghiệp mỗi năm, trong đó phụ phẩm từ lúa chiếm tỷ trọng lớn nhất (Bảng 3). Các dòng nguyên liệu này gồm rơm, trấu, thân cây, bã mía... có thể được chuyển hóa thành nhiên liệu trung gian hoặc khí tổng hợp để sản xuất SAF thông qua ATJ hoặc FT.

Với giả định chỉ khoảng 20% lượng phụ phẩm nói trên có thể được huy động cho mục đích sản xuất nhiên liệu và áp dụng các hiệu suất chuyển hóa sơ bộ là 1 tấn phụ phẩm thu được 60 - 80 kg SAF, tiềm năng sản xuất SAF có thể đạt khoảng 1,0 - 1,2 triệu tấn/năm (Hình 1). Con số này cho thấy nguồn sinh khối trong nước có tiềm năng lớn hơn đáng kể so với nhóm nguyên liệu lipid và có thể đóng vai trò quan trọng nếu nhu cầu SAF tại Việt Nam tăng mạnh trong dài hạn.

Bảng 3. *Sản lượng các loại cây trồng chính của Việt Nam năm 2023 và ước tính phụ phẩm nông nghiệp [16]*

TT	Loại cây trồng	Sản lượng thu hoạch từ nông nghiệp (hạt, củ, quả), triệu tấn/năm	Phụ phẩm nông nghiệp (rơm, trấu, thân cây, bã mía…), triệu tấn/năm
1	Lúa	43,5	56,0
2	Mía	11,8	4,7
3	Sắn	10,4	4,4
4	Ngô	4,4	12,0
	Tổng	**80,1**	**77,1**



Hình 1. *Nguồn nguyên liệu tiềm năng cho phát triển SAF tại Việt Nam.*

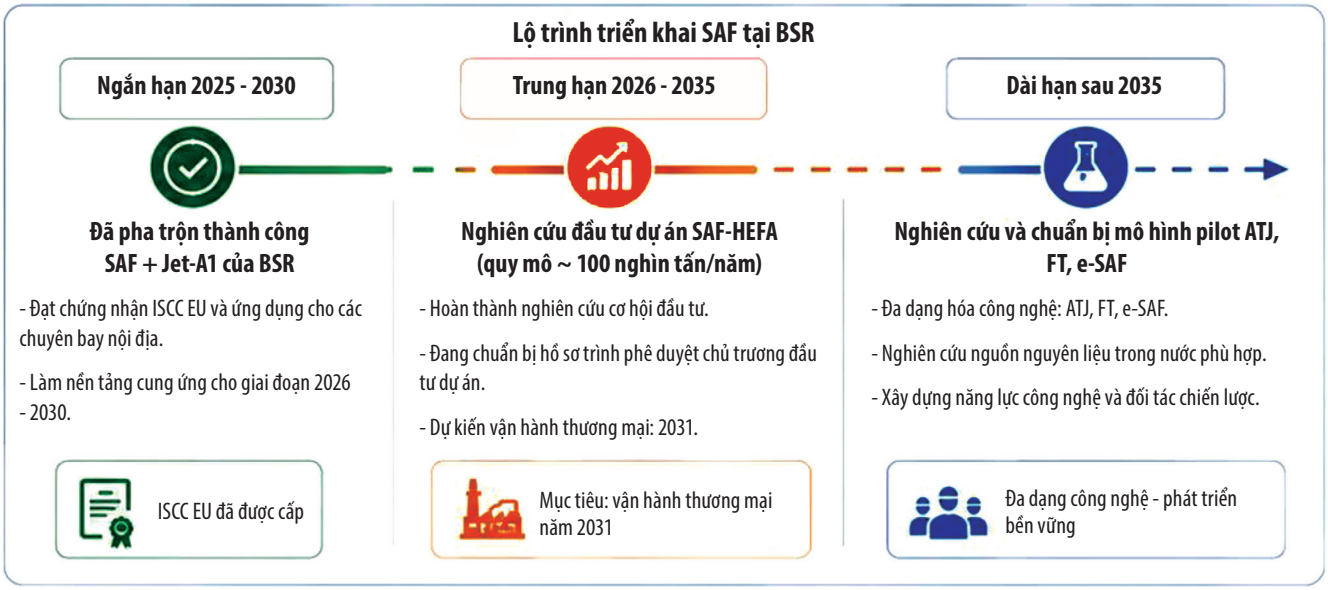
Tuy nhiên, phụ phẩm nông nghiệp tại Việt Nam phân bố phân tán theo vùng và mùa vụ, làm gia tăng chi phí thu gom, bảo quản và vận chuyển. Đồng thời, một phần đáng kể phụ phẩm hiện đã được sử dụng cho thức ăn chăn nuôi, phân bón, đốt sinh khối, vật liệu hoặc các mục đích kinh tế khác. Việc khai thác cho SAF cần phải xem xét cạnh tranh nguồn nguyên liệu và tác động đến các chuỗi giá trị hiện hữu.

Ngoài ra, ATJ và FT có chuỗi công nghệ phức tạp hơn HEFA và hiện chưa đạt mức độ thương mại hóa tương đương. Vì vậy, lợi thế về quy mô nguồn sinh khối chưa đủ để khẳng định tính khả thi kinh tế của dự án. Trong giai đoạn hiện tại, nguồn phụ phẩm nông nghiệp nên được xem là nguồn nguyên liệu chiến lược cho dài hạn, đồng thời cần tiếp tục nghiên cứu về khả năng thu gom theo vùng, công nghệ tiền xử lý, chi phí logistics, hiệu suất chuyển hóa và khả năng đáp ứng các tiêu chí phát triển bền vững.

4. Đề xuất lộ trình triển khai SAF của Tổng công ty Lọc hóa dầu Việt Nam

Từ năm 2025, BSR đã sản xuất và xuất bán thử nghiệm thành công SAF đạt chứng nhận ISCC EU và ISCC CORSIA cho các chuyến bay nội địa của Vietnam Airlines. Điều này cho thấy Nhà máy Lọc dầu Dung Quất sẵn sàng đáp ứng các yêu cầu về mặt kỹ thuật và pháp lý trong việc phối trộn thành phần pha trộn SAF (sustainable aviation fuel blend component - SBC) nhập khẩu với Jet A-1 để cung ứng cho thị trường trong nước ở giai đoạn 2026 - 2030. Trong giai đoạn 2026 - 2035, BSR tập trung nghiên cứu đầu tư dự án SAF theo công nghệ HEFA, mục tiêu đưa vào vận hành thương mại từ năm 2031. Dự án này có thể tích hợp với cơ sở hạ tầng hiện có của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất, như các nguồn phụ trợ (điện, nước, hơi trung áp, khí nhiên liệu…), nguồn H_2, hệ thống nhập - xuất nguồn nguyên liệu và sản phẩm. Theo tính toán sơ bộ, việc tích hợp giúp giảm chi phí đầu tư (CAPEX) khoảng 15 - 20%, từ đó nâng cao tính cạnh tranh và hiệu quả cho dự án.

Về tầm nhìn dài hạn (sau năm 2035), BSR tiếp tục định kỳ đánh giá tiềm năng nguồn cung sinh khối tại Việt Nam gồm phụ phẩm nông lâm nghiệp, chất thải đô thị và các loại sinh khối mới có thể khai thác. Việc lựa chọn công nghệ sản xuất SAF trong dài hạn không chỉ dựa vào mức độ trưởng thành của công nghệ hay xu hướng thị trường quốc tế, mà còn phải cân nhắc các yếu tố như: (i) Khả năng khai thác và thu gom sinh khối thực tế, xét đến tính cạnh tranh nguồn nguyên liệu với các ngành khác như vật liệu tiên tiến, thức ăn chăn nuôi, phân bón hữu cơ…; (ii) Tính bền vững trong chuỗi cung ứng, bao gồm chi phí logistics, công nghệ tiền xử lý và hiệu quả thu hồi nguyên liệu; (iii) Khả năng đáp ứng các tiêu chuẩn



Hình 2. *Định hướng lộ trình triển khai SAF tại BSR.*

môi trường, chính sách quốc tế và quy định nội địa. Trên nền tảng đó, các công nghệ ATJ và FT được ưu tiên nghiên cứu, thử nghiệm và đầu tư khi tận dụng hiệu quả được nguồn sinh khối trong nước.

Bên cạnh đó, việc phát triển công nghệ PtL cần được định hướng cho giai đoạn dài hạn, đặc biệt sau năm 2040, khi chi phí năng lượng tái tạo dự kiến giảm đáng kể, qua đó góp phần hạ giá thành sản xuất hydrogen xanh - yếu tố đầu vào then chốt của quá trình tổng hợp nhiên liệu e-SAF. Nghiên cứu chỉ ra rằng chi phí sản xuất hydrogen từ điện phân có xu hướng giảm mạnh trong dài hạn, ví dụ giá trung bình của hydrogen xanh tại châu Âu có thể giảm từ 6 - 7 EUR/kg hiện nay xuống còn khoảng 2 - 3 EUR/kg vào năm 2050 nhờ tiến bộ công nghệ và giá điện tái tạo ngày càng cạnh tranh [17, 18]. Trong bối cảnh đó, công nghệ PtL sẽ có điều kiện thuận lợi hơn để đáp ứng đồng thời các yêu cầu về hiệu quả kinh tế, hiệu quả giảm phát thải carbon và khả năng triển khai ở quy mô công nghiệp.

Lộ trình triển khai SAF (Hình 2) vừa giúp BSR đa dạng hóa nguồn cung SAF, vừa đảm bảo hiệu quả tổng thể về kinh tế - kỹ thuật, môi trường và năng lực cạnh tranh trên bản đồ nhiên liệu hàng không bền vững ở khu vực và quốc tế. Để đảm bảo phát triển hiệu quả các dự án SAF tại Việt Nam cần có các chính sách hỗ trợ từ Nhà nước, cụ thể như:

- Về lộ trình sử dụng SAF: Cần có quy định bắt buộc sử dụng SAF cho ngành hàng không tại Việt Nam (áp dụng cho các chuyến bay trong nước và các chuyến bay quốc tế khởi hành từ Việt Nam) nhằm thực hiện cam kết giảm phát thải và thúc đẩy nhu cầu thị trường nhiên liệu xanh.

- Về nguồn nguyên liệu: Cần ban hành các cơ chế ưu tiên cho doanh nghiệp trong nước thu mua nguyên liệu thay vì xuất khẩu hoặc miễn/giảm thuế cho nguyên liệu nhập khẩu khi nguồn cung trong nước thiếu hụt.

- Về ưu đãi tài chính:

+ Áp dụng ưu đãi thuế thu nhập cho các doanh nghiệp khi đầu tư vào dự án SAF, đồng thời hỗ trợ tín dụng lãi suất thấp và huy động vốn từ ODA, FDI hoặc quỹ năng lượng xanh;

+ Kiến nghị Bộ Tài chính/Ngân hàng Nhà nước cho dự án SAF vay thương mại thời gian dài hơn 12 năm.

5. Kết luận

Nghiên cứu đánh giá khả năng phát triển SAF trên 3 khía cạnh chính gồm mức độ trưởng thành của công nghệ, tiềm năng nguồn nguyên liệu tại Việt Nam và khả năng tích hợp với cơ sở hạ tầng lọc dầu hiện hữu của BSR. Kết quả cho thấy việc lựa chọn công nghệ cần được thực hiện theo từng giai đoạn thay vì áp dụng một giải pháp duy nhất cho toàn bộ lộ trình phát triển SAF.

Trong giai đoạn ngắn và trung hạn, HEFA được đánh giá là công nghệ phù hợp nhất đối với BSR nhờ mức độ trưởng thành và thương mại hóa cao, khả năng sử dụng các nguyên liệu lipid sẵn có trong nước như UCO và mỡ cá, đồng thời có khả năng tận dụng một phần hạ tầng, tiện ích và kinh nghiệm vận hành hiện hữu của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất. Kết quả đánh giá nguồn nguyên liệu cho thấy Việt Nam có tiềm năng hỗ trợ dự án HEFA quy mô ban đầu khoảng 100 nghìn tấn SAF/năm; tuy nhiên, quy mô đầu tư

cuối cùng cần được xác định trên cơ sở đánh giá chi tiết khả năng thu gom, tính ổn định của nguồn cung, cạnh tranh nguyên liệu, logistics và yêu cầu chứng nhận bền vững.

Trong dài hạn, giới hạn về nguồn dầu và mỡ thải có thể trở thành yếu tố hạn chế khả năng mở rộng HEFA. Với khoảng 77,1 triệu tấn phụ phẩm từ các cây trồng chính được ước tính trong nghiên cứu, Việt Nam có tiềm năng phát triển các tuyến sử dụng sinh khối như ATJ và FT. Tuy nhiên, khả năng thương mại hóa các tuyến này phụ thuộc vào sự cải thiện về hiệu suất công nghệ, chi phí đầu tư và khả năng hình thành chuỗi cung ứng sinh khối quy mô lớn. PtL nên được xem là định hướng dài hạn hơn, khi nguồn điện tái tạo, hydrogen xanh và hạ tầng carbon phát triển đến mức đủ khả năng cạnh tranh.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất BSR triển khai SAF theo lộ trình 3 giai đoạn: tiếp tục phát triển năng lực phối trộn và cung ứng SAF trong ngắn hạn (2025 - 2030); nghiên cứu đầu tư dự án HEFA và hướng tới mục tiêu vận hành thương mại từ năm 2031 (2026 - 2035); đồng thời từng bước xây dựng cơ sở dữ liệu nguyên liệu, năng lực công nghệ và quan hệ đối tác để chuẩn bị cho ATJ, FT và PtL trong dài hạn (sau 2035).

Kết quả nghiên cứu cho thấy tính khả thi của phát triển SAF tại Việt Nam không chỉ phụ thuộc vào lựa chọn công nghệ. Chuỗi cung ứng nguyên liệu có khả năng truy xuất và đáp ứng tiêu chí bền vững, cơ chế tạo nhu cầu SAF đủ rõ ràng, cùng các chính sách hỗ trợ về đầu tư, tín dụng và thị trường là điều kiện cần thiết để giảm rủi ro đầu tư và thúc đẩy thương mại hóa SAF. Việc kết hợp lợi thế hạ tầng của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất với nguồn nguyên liệu trong nước và lộ trình công nghệ phù hợp theo từng giai đoạn là cơ sở để BSR tham gia hiệu quả vào quá trình hình thành chuỗi giá trị SAF tại Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

[1] ACI, "ACI world airport traffic forecasts 2025 - 2054". [Online]. Available: https://store.aci.aero/wp-content/uploads/2026/01/WATF-2025-2054-Executive-Summary.pdf.

[2] Air Transport Action Group (ATAG), "Aviation and climate change". [Online]. Available: https://atag.org/media/gw5cgzzh/fact-sheet_2_aviation-and-climate-change.pdf.

[3] Worley Consulting, and IATA Sustainability & Economics, "Global feedstock assessment for SAF production: Outlook to 2050". [Online]. Available: https://www.iata.org/globalassets/iata/publications/sustainability/global-feedstock-assessment-for-saf-production-outlook-to-2050.pdf.

[4] IATA, "SAF production growth rate is slowing down, essential to correct course ahead of e-SAF mandates", 9/12/2025. [Online]. Available: https://www.iata.org/en/pressroom/2025-releases/2025-12-09-04/.

[5] Thủ tướng Chính phủ, *Chương trình hành động về chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí carbon và khí methane của ngành giao thông vận tải*, Quyết định số 876/QĐ-TTg ngày 22/7/2022.

[6] Quốc hội, *Luật Hàng không dân dụng Việt Nam*, Luật số 130/2025/QH15 ngày 10/12/2025.

[7] ASTM D7566-22, "Standard specification for aviation turbine fuel containing synthesized hydrocarbons", 4/11/2022. [Online]. Available: https://store.astm.org/d7566-22.html.

[8] Morenike Ajike Peters, Carine Tondo Alves, and Jude Azubuike Onwudili, "A review of current and emerging production technologies for biomass-derived sustainable aviation fuels", *Energies*, Volume 16, 2023. DOI: 10.3390/en16166100.

[9] Environment Agency Austria, What is SAF and how is it produced? Technology and production pathways, 2025.

[10] ASTM D1655-21c, "Standard specification for aviation turbine fuels", 26/7/2022. [Online]. Available: https://store.astm.org/d1655-21c.html.

[11] Ministry of Defence, "Defence standard 91-091", *DefStan 91-091*, Issue 18, 2024.

[12] Bioenergy International, "Pertamina trials Bioavtur J2.4 - Indonesia's first home-grown SAF", 9/9/2021. [Online]. Available: https://bioenergyinternational.com/pertamina-trials-bioavtur-j2-4-indonesias-first-home-grown-saf/.

[13] Argus, "South Korea's SK Energy supplies SAF to Cathay Pacific", 11/3/2025. [Online]. Available: https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2666301-south-korea-s-sk-energy-supplies-saf-to-cathay-pacific.

[14] GHD, "Module 7: SAF technology pathway financial assessment", *CTIF SAF Conference "Promoting the production of sustainable aviation fuels from agricultural waste in the ASEAN region", Jakarta, Indonesia, 10 - 11 April 2025*.

[15] Wood Mackenzie, "Fuel for flight: Aviation's path to 2050", 12/9/2025. [Online]. Available: https://www.woodmac.com/reports/refining-and-oil-products-fuel-for-flight-aviations-path-to-2050-150404491.

[16] FAO, "Crops and livestock products". [Online]. Available: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL.

[17] Florian Frieden and Jens Leker, "Future costs of hydrogen: A quantitative review", *Sustainable Energy Fuels*, Volume 8, Issue 9, pp. 1806 - 1822, 2024. DOI: 10.1039/d4se00137k.

[18] European Hydrogen Observatory, "Cost of hydrogen production". [Online]. Available: https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/index.php/hydrogen-landscape/production-trade-and-cost/cost-hydrogen-production.

DEVELOPMENT ORIENTATION FOR SUSTAINABLE AVIATION FUEL OF THE PETROVIETNAM REFINING AND PETROCHEMICAL CORPORATION

Bui Ngoc Duong, Nguyen Viet Thang, Mai Tuan Dat, Tran Hai Ninh, Dinh Van Nhan, Nguyen Thi Thanh Yen

Petrovietnam Refining and Petrochemical Corporation (BSR), Quang Ngai Province, 53114, Vietnam

KEY WORDS

Sustainable aviation fuel, SAF pathways, ASTM D7566, Dung Quat refinery.

ABSTRACT

Sustainable aviation fuel (SAF) plays an important role in the aviation sector's decarbonization pathway due to its compatibility with existing aircraft engines and fuel infrastructure, requiring minimal technological modifications. Based on an analysis of the SAF market and policy landscape, an assessment of the maturity of current SAF production technologies, and an evaluation of the potential availability of feedstocks in Vietnam, this study proposes a SAF development roadmap for Petrovietnam Refining and Petrochemical Corporation (BSR) for the periods before and after 2035.

The results indicate that the HEFA (hydroprocessed esters and fatty acids) pathway represents the most feasible option for short- and medium-term deployment at the Dung Quat Refinery, owing to its relatively low investment cost, high level of commercialization, and ability to utilize locally available feedstocks such as used cooking oil and fish oil. In the long-term, as technological and economic barriers continue to decline, the study recommends ongoing monitoring and evaluation of other promising pathways, including alcohol-to-jet (ATJ), Fischer-Tropsch (FT) and power-to-liquid (PtL).

The study also highlights that a comprehensive policy framework, effective financial mechanisms, and a stable feedstock supply chain are critical prerequisites for the successful implementation of SAF projects. These factors will play an important role in supporting Vietnam's commitment to achieving net-zero greenhouse gas emissions by 2050.

Corresponding author: Email: yenntt@bsr.com.vn
Received: 20/2/2026; Revised: 20/2 - 9/3/2026; Accepted date: 9/3/2026
This is an Open Access article under the CC BY-NC-ND license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)