REVIEW ARTICLE

An Overview of Green Fuels and Renewable Energies; Sources, Applications, Advantages and Limitations

Samaneh Dehghan[1],
Faranak Keyhani[2],
Fatemeh Mortezazadeh[3],
Hanieh Badakhshanian-fard[4],
Mohammad Roshani-Sefidkouhi[5]

[1] Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[2] BSc in Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[3] PhD Student in Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[4] MSc Student in Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[5] MSc Student in Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received February 3, 2024; Accepted August 4, 2024)

Abstract

One of the most important energy sources is non-renewable sources, including fossil fuels, the release of which causes many harmful consequences, including respiratory diseases, growth disorders, etc. On the other hand, renewable energies, including water, wind, sun, etc., are sustainable energy sources and compared to traditional fossil fuels, they have less adverse environmental effects due to the minimal emission of greenhouse gases. Due to the need to use renewable energy to reduce greenhouse gas emissions and combat climate change, the widespread use of these resources will bring about sustainable development. Therefore, creating the necessary infrastructure to use renewable energy as an important solution plays a key role in preserving natural resources. The purpose of this study is to review green and renewable fuels; Their sources, applications, advantages, and limitations**.** In this narrative review study, review articles, research articles, and cross-sectional descriptions were published until the beginning of February 2023 in English and Persian related to green and renewable fuels; Sources, applications, advantages, and limitations were investigated. These articles were searched in ScienceDirect, PubMed, Google Scholar, Web of Science, Scopus, and SID databases, using keywords such as renewable energy, fossil fuel, green fuel, and non-renewable energy with the aim of better understanding green fuels; Their sources, application, advantages, and limitations were obtained. After searching the databases with the mentioned keywords, 78 articles were included in the study. After removing duplicate articles, studying the abstract, and finally the full text of the articles, 35 related articles were included in the study. Endnote X7 resource management software was also used to organize, study titles and abstracts, and identify duplicate articles. Gren fuel is a non-toxic fuel that is essentially free of sulfur and aromatic compounds and is produced through various technologies such as biological and thermochemical processes. All the reviewed articles in the direction of producing green fuels such as biodiesel, natural gas, and hydrogen have pointed to the reduction of greenhouse gas emissions, improvement of air quality, stability of combustion in engines with dual fuel performance, and reduction of the negative effects of air pollution on health. Green fuel production is promising, but it faces limitations and challenges such as the need for land, water, and other resources, which can lead to changes in land use patterns, deforestation, and biodiversity loss. Also, the costs of producing biofuels depend on important factors such as raw materials, land, agricultural inputs, subsidies, and production technology. Biofuels are usually more expensive than fossil fuels and their production requires initial investment and maintenance costs. Considering the limitations and challenges of producing or using green fuel, using these renewable energy sources requires environmental planning and policy. Green fuels and renewable energy sources have emerged as promising solutions to deal with the environmental challenges caused by traditional fossil fuels. In general, green fuels offer a glimpse of a more sustainable future. However, their environmental effects need to be carefully investigated. Hence, a comprehensive understanding of diverse green fuel production methods and renewable energy technologies, along with their potential ecological impacts, is necessary to ensure the alignment of these alternative energy sources to achieve sustainable development.

Keywords: fuel, renewable energy, fossil fuel, green fuel, non-renewable energy

J Mazandaran Univ Med Sci 2024; 34 (235): 127-144 (Persian).

Corresponding Author: Mohammad Roshani-Sefidkouhi - Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran. (E-mail: mohammadroshani323@gmail.com)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

مـــروری

مجـلـــه دانـشـــگاه عـــلـــوم پـزشـــکـــی مـــازنـــدران
دوره سی و چهارم شماره ۲۳۵ مرداد سال ۱۴۰۳ (۱۲۷-۱۴۴)

مروری بر سوخت‌های سبز و انرژی‌های تجدیدپذیر، منابع، کاربرد، مزایا و محدودیت‌ها

سمانه دهقان[۱]
فرانک کیهانی[۲]
فاطمه مرتضی زاده[۳]
هانیه بدخشانیان فرد[۴]
محمد روشنی سفیدکوهی[۵]

چکیده

یکی از منابع مهم انرژی، منابع تجدیدناپذیر شامل سوخت‌های فسیلی هستند که انتشار آن‌ها پیامدهای زیان‌آور زیادی شامل بیماری‌های تنفسی، اختلال در رشد و ... ایجاد می‌کنند. از طرفی انرژی‌های تجدیدپذیر شامل آب، باد، خورشید و ...، منابع انرژی پایداری هستند و در مقایسه با سوخت‌های فسیلی سنتی به دلیل حداقل انتشار گازهای گلخانه‌ای، اثرات نامطلوب زیست محیطی کم‌تری دارند. با توجه به لزوم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مقابله با تغییر اقلیم، استفاده گسترده از این منابع باعث تحقق توسعه پایدار می‌شود. از این رو، ایجاد زیر ساخت‌های لازم جهت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان یک راهکار مهم، نقش کلیدی در حفظ منابع طبیعی دارد. هدف از این مطالعه، مروری بر سوخت‌های سبز و تجدیدپذیر، منابع، کاربرد، مزایا و محدودیت‌های آن‌ها است. در این مطالعه مروری روایتی، مقالات مروری، مقالات پژوهشی و توصیفی مقطعی چاپ شده تا ابتدای فوریه ۲۰۲۳ میلادی به زبان انگلیسی و فارسی در ارتباط با سوخت‌های سبز و تجدید پذیر، منابع، کاربرد، مزایا و محدودیت‌ها مورد بررسی‌قرارگرفتند. این مقالات با جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی ScienceDirect، PubMed، Google scholar، Web of Science, Scopus، SID، با استفاده از کلید واژه‌هایی نظیر انرژی تجدیدپذیر، سوخت فسیلی، سوخت سبز، انرژی تجدیدناپذیر و کلید واژه‌های انگلیسی Renewable Energy، Fossil fuel، Greenfuel، Non-renewable energy با هدف شناخت بهتر سوخت‌های سبز، منابع، کاربرد، مزایا و محدودیت آن‌ها، به دست آمدند. پس از جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی با کلید واژه‌های مذکور، ۷۸ مقاله وارد مطالعه گردید. پس از حذف مقالات تکراری، مطالعه چکیده و در نهایت متن کامل مقالات، ۳۵ مقاله مرتبط وارد مطالعه شد. هم‌چنین از نرم‌افزار مدیریت منابع Endnote X7 جهت سازماندهی، مطالعه عناوین و چکیده‌ها و همچنین شناسایی مقالات تکراری استفاده گردید. سوخت سبز سوختی غیر سمی و اساسا عاری از گوگرد و ترکیبات آروماتیک است و از طریق فناوری‌های مختلف مانند فرآیندهای زیستی و ترموشیمی تولید می‌شود. تمامی مقالات بررسی شده در جهت تولید سوخت‌های سبز مانند بیودیزل، گاز طبیعی و هیدروژن به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای، بهبود کیفیت هوا، پایداری احتراق در موتورها با عملکرد سوخت دوگانه و کاهش اثرات منفی آلودگی‌هوا بر سلامت اشاره کرده‌اند. تولید سوخت سبز نوید بخش است، اما با محدودیت‌ها و چالش‌هایی مانند نیاز به زمین، آب و منابع دیگر مواجه است که می‌تواند منجر به تغییر در الگوهای کاربری زمین، جنگل زدایی و کاهش تنوع زیستی شود. هم‌چنین هزینه‌های تولید سوخت‌های زیستی به عوامل مهمی چون هزینه مواد اولیه، زمین، نهاده‌های کشاورزی، یارانه‌ها و تکنولوژی تولید وابسته است. سوخت‌های زیستی معمولاً گران‌تر از سوخت‌های فسیلی بوده و تولید آن‌ها نیازمند سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های نگهداری است. با توجه به محدودیت و چالش‌های تولید و یا استفاده از سوخت سبز استفاده از این منابع انرژی تجدید پذیر، نیازمند به برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری زیست محیطی است. سوخت‌های سبز و منابع انرژی تجدید پذیر به عنوان راه‌حل‌های امیدوارکننده‌ای برای مقابله با چالش‌های زیست محیطی ناشی از سوخت‌های فسیلی سنتی پدیدار شده‌اند. به‌طور کلی، سوخت‌های سبز نگاهی اجمالی به آینده‌ای پایدارتر ارائه می‌دهند. با این حال، اثرات زیست محیطی آن‌ها نیاز به بررسی دقیق دارد. از این رو، درک جامع از روش‌های متنوع تولید سوخت سبز و فناوری‌های انرژی تجدید پذیر، همراه با اثرات بالقوه اکولوژیکی آن‌ها، برای اطمینان از همسویی این منابع انرژی جایگزین به منظور دستیابی به توسعه پایدار ضروری است.

واژه های کلیدی: سوخت، انرژی تجدیدپذیر، سوخت فسیلی، سوخت سبز، انرژی تجدیدناپذیر

مولف مسئول: محمد روشنی‌سفیدکوهی- ساری: کیلومتر۱۷ جاده فرح‌آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشکده بهداشت E-mail: mohammadroshani323@gmail.com
۱. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۳. دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۵. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
تاریخ دریافت : ۱۴۰۲/۱۱/۱۴ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۴۰۲/۱۲/۲۲ تاریخ تصویب : ۱۴۰۳/۵/۶

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

مقدمه

انسان برای حفظ بقا و تامین نیازهای خود، به انرژی نیاز دارد و در صورت کمبود انرژی، تهدیدهای زیست زیست‌محیطی افزایش می‌یابد(۱). یکی از منابع مهم انرژی، منابع تجدیدناپذیر شامل سوخت‌های فسیلی از قبیل بنزین، نفت و گازوییل هستند که تولید آن‌ها به مدت طولانی امکان‌پذیر نیست و برای تولید انرژی به‌خصوص در مناطق شهری به‌کار می‌روند(۲). از سوی دیگر، احتراق سوخت‌های فسیلی باعث انتشار آلاینده‌هایی مانند هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک، نیتروژن دی‌اکسید و کربن دی‌اکسید می‌شود که پیامدهای زیان‌آور زیادی شامل بیماری‌های تنفسی، اختلال در رشد و ... ایجاد می‌کنند(۴،۳). در حال حاضر، بیش از ۸۱ درصد کل انرژی مصرفی جهان و بیش از ۹۵ درصد انرژی مصرفی در ایران را سوخت‌های فسیلی تامین می‌کند. مصرف این نوع از سوخت‌ها باعث تولید گازهای سمی و آلوده‌کننده هوا، بارش باران‌های اسیدی،آلودگی رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی و در نهایت باعث بالا رفتن میزان گازکربنیک موجود در اتمسفر زمین شده است(۵). کاهش ذخایر سوخت‌های فسیلی و افزایش آلاینده‌ها و تغییرات اقلیمی ناشی از آن در جو زمین، تولید و به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر که آلایندگی کم‌تری دارند را تبدیل به یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر در عصر حاضر می‌نماید(۶). یکی ازمنابع مهمِ انرژی‌های تجدیدپذیر آب، باد، خورشید و... هستند که انرژی تولید شده از آن‌ها برای پیشرفت توسعه بشری و حفاظت از محیط‌زیست ضروری است(۸،۷). این منابع انرژی، پایدار هستند و در مقایسه با سوخت‌های فسیلی سنتی اثرات نامطلوب زیست‌محیطی کم‌تری دارند، زیرا حداقل انتشار گازهای گلخانه‌ای را در فرایند تولید برق به همراه دارند(۱۰،۹). از انواع دیگر انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان به سوخت‌های سبز اشاره کرد که به هیدروکربن‌های سبز، سوخت‌های زیستی و سوخت تولید شده از منابع زیست توده از طریق انواع فرآیندهای زیستی اطلاق می‌شوند(۱۱). سوخت‌های سبز اغلب از منابع تجدیدپذیر مانند محصولات زراعی، روغن‌های زائد، یا از طریق فرآیندهایی که با انرژی پاک تامین می‌شوند، به‌دست می‌آیند(۱۲). مطالعات در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و سوخت سبز نتایج مختلفی را به‌همراه داشته است. مطالعه Khan و همکاران (۲۰۱۸) بر روی استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، مانند نیروی باد و انرژی خورشیدی، به‌عنوان یک جایگزین بسیار قابل قبول از نظر زیست‌محیطی برای سوخت‌های فسیلی متمرکز بوده است. این مطالعه نشان داد که انرژی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با سوخت‌های فسیلی از نظر اکولوژیکی بسیار مناسب‌ترند و همچنین می‌توانند به رفع بحران انرژی کمک‌کنند(۱۳).

براساس نتایج مطالعه Hota و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از انرژی خورشید می‌توان هیدروژن فوتوکاتالیستی تولید کرد که بسیارکم هزینه‌تر از روش تولید هیدروژن به‌وسیله برق است(۱۴). به‌طوری که انرژی الکتریسیته که هم از سوخت‌های فسیلی و هم از سوخت سبز امکان تولید دارد، در قالب فرایندهای مختلف برای حذف ترکیبات آلاینده از آب و فاضلاب مورد استفاده قرارگرفته است. یکی از این فرایندها، فرایندهای الکتروشیمیایی هستند که در آن‌ها عامل اصلی تصفیه، انتقال الکترون بوده و با عبور جریان الکتریکی، واکنش‌های اکسیداسیون و احیا در داخل سلول‌های الکتروشیمیایی صورت می‌گیرد و متعاقبا در حذف آلاینده‌ها نقش دارند. در همین راستا درمطالعه دهقان و همکاران(۱۳۹۱)، و هم‌چنین در دو مطالعه ربانی و همکاران (۱۳۹۱) و (۱۴۰۲) از فرایند الکتروشیمیایی در حضور الکترودهای فولادی برای حذف ترکیبات فسفر از فاضلاب سنتتیک استفاده نمودند(۱۷-۱۵). از این‌رو، با توجه به لزوم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مقابله با تغییر اقلیم، استفاده گسترده از این منابع باعث تحقق توسعه پایدار می‌شود.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

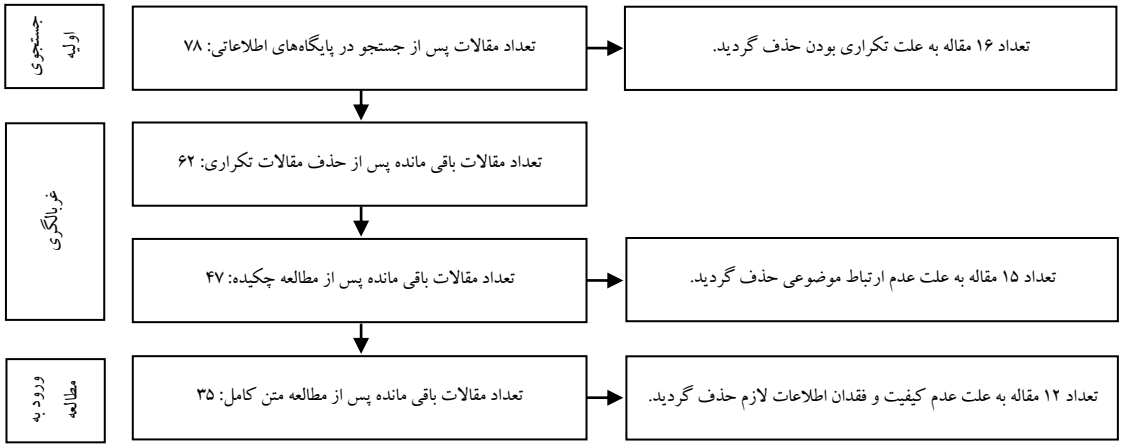
از این‌رو، تحول به سمت انرژی تجدیدپذیر به‌عنوان یک راهکار مهم، نقش کلیدی در جهت حفظ منابع طبیعی دارد و به‌طور خلاصه، این مطالعه با هدف شناخت سوخت‌های سبز و تجدیدپذیر، منابع، کاربرد، مزایا و محدودیت‌های آن ها انجام شده است.

بحث

در این مطالعه مروری روایتی، مقالات مروری، مقالات پژوهشی و توصیفی مقطعی چاپ‌شده تا ابتدای فوریه ۲۰۲۳ میلادی به زبان انگلیسی و فارسی در ارتباط با سوخت‌های سبز و تجدید پذیر، منابع، کاربرد، مزایا و محدودیت‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. این مقالات با جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی ScienceDirect، PubMed، Google scholar، Web of Science، Scopus و SID با استفاده از کلید واژه‌هایی نظیر انرژی تجدیدپذیر، سوخت فسیلی، سوخت سبز، انرژی تجدید ناپذیر، و کلید واژه‌های انگلیسی Renewable Energy، Fossil fuel، Green fuel و Non-renewableenergy با هدف شناخت بهتر سوخت‌های سبز، منابع، کاربرد، مزایا و محدودیت آن‌ها، حاصل شدند. هم‌چنین از نرم‌افزار مدیریت منابع Endnote X7 جهت سازماندهی، مطالعه عناوین و چکیده‌ها و هم‌چنین شناسایی مقالات تکراری استفاده گردید. مطالب ابتدا خلاصه‌برداری و سپس جمع‌بندی گردید و در نهایت به‌صورت موضوعی ارائه شد. پس از جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی ScienceDirect، PubMed، Google scholar، Web of Science, Scopus، SID با کلید واژه‌های مذکور، ۷۸ مقاله وارد مطالعه گردید. تصویر شماره ۱، تعداد مقالات در ۳ مرحله جستجوی اولیه، غربالگری و ورود به مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در تصویر شماره ۱ مشاهده می‌شود، پس از حذف مقالات تکراری، مطالعه چکیده و در نهایت متن کامل مقالات، ۳۵ مقاله مرتبط وارد مطالعه شد.

تاریخچه و سابقه مصرف سوخت‌های سبز و انرژی‌های تجدیدپذیر

به‌طور کلی سوخت‌های زیستی را می‌توان با توجه به نوع ماده اولیه، فرآیند تبدیل، مشخصات فنی سوخت و استفاده از آن به سوخت‌های زیستی نسل اول، دوم، سوم و چهارم طبقه‌بندی کرد(۱۸،۱۹). سوخت‌های نسل اول یا سوخت‌های زیستی متداول، سوخت‌های تولید شده از محصولات غذایی و زراعی می‌باشند. نسل اول سوخت‌های زیستی از قند، نشاسته، روغن و چربی حیوانی و گیاهی به‌دست می‌آیند که با استفاده از فرایندها یا



تصویر شماره ۱: مراحل انتخاب و ورود مقالات به مطالعه

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

فناوری‌هایی که در حال حاضر شناخته شده، تولید می‌شوند. این سوخت‌ها شامل دیزل زیستی (بیودیزل)، الکل زیستی، اتانول و گازهای زیستی مانند متان می‌باشند(۱۹). مواد اولیه برای تولید نسل اول این سوخت‌ها، ذرت، گندم، نیشکر، سویا، کلزا و تخم آفتابگردان می‌باشد(۲۰). نسل دوم سوخت‌های زیستی از ضایعات زیست تخریب‌پذیر و منابع لیگنوسلولزی همانند چوب، برگ، ضایعات کشاورزی، صنوبر و انواع علف تهیه می‌شوند(۲۱). سوخت‌های زیست نسل سوم که منابع آن از میکروجلبک‌ها و ماکروجلبک‌ها (علف‌های دریایی) و سیانوباکتری تامین می‌شود؛ دارای بازده بالای تولید زیست توده بدون نیاز به زمین‌های زراعی بوده و توانایی رشد در آب‌های شور و فاضلاب را دارد(۲۱). در نهایت نسل چهارم سوخت‌های زیستی از گیاهان مهندسی شده یا زیست‌توده تشکیل شده است که نه تنها در جهت تولید انرژی پایدار است بلکه روشی برای جذب کربن دی‌اکسید نیز می‌باشد(۱۹). تاریخچه استفاده از سوخت سبز از طریق انتقال انرژی‌های مختلف در طول قرن‌ها بازمی‌گردد(۲۲). در ابتدا، انسان به منابع انرژی اولیه مانند متابولیسم غذا و نیروی حیوانی متکی بود. با صنعتی شدن، چوب و زغال سنگ بیش‌تر مطرح شدند و به دنبال آن نفت خام و انرژی هسته‌ای قرار گرفتند. با گذار به سمت پایداری، سوخت‌های سبز مانند دیزل سبز پدید آمدند که از روغن‌های گیاهی غیر خوراکی یا ضایعاتی از طریق فرآیندهای پیشرفته تولید شدند(۲۴،۲۳). سوخت‌های سبز و به‌طور کلی انرژی‌های تجدیدپذیر کاربردهای متعددی دارند و می‌توانند برق تولید کنند بدون این که آلاینده‌های مضر یا گازهای گلخانه‌ای منتشر کنند. به‌طوری‌که تا سال ۲۰۲۱ میلادی، بیش از یک چهارم برق از انرژی‌های تجدید پذیر تولید می‌شد و حتی می‌توانند برق مناطق دور افتاده که به شبکه توزیع دسترسی ندارند را تامین نمایند(۲۵). از سوی دیگر، طی ده سال اخیر تولید سوخت زیستی به شکل قابل توجه‌ای افزایش یافته، به‌طوری که بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۵ تولید اتانول از ۲۸/۵ به ۹۸/۳ میلیارد لیتر و دیزل زیستی از ۲/۴ به ۳۰/۱ میلیارد لیتر افزایش یافته است(۲۶). هم‌چنین، منابع انرژی تجدید پذیر از قبیل زمین گرمایی، زیست توده، حرارت خورشیدی می‌توانند گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها و فرآیندهای صنعتی را فراهم کنند و نیاز به سوخت‌های فسیلی را کاهش دهند و بهره‌وری انرژی را بهبود بخشند(۲۷). به‌طورکلی، سوخت‌های سبز و منابع انرژی تجدیدپذیر به کاهش تولید کربن، تنوع انرژی و کاهش اثرات زیست محیطی کمک می‌کنند(۲۸). مطالعات فراوانی در این زمینه صورت گرفته است. به‌طوری‌که نتایج مطالعه Ellebban و همکاران (۲۰۱۴) توانایی انرژی تجدیدپذیر برای تامین بیش از ۳۰۰۰ برابر نیازهای انرژی جهانی و فناوری‌های ایجاد شده جدیدتر مانند باد و نورولتایی خورشیدی را نشان داد(۲۹). از سوی دیگر Ushahzad (۲۰۱۵) در بررسی خود مزایای استفاده از سیستم‌های حرارتی خورشیدی را در گرمایش آب، برق رسانی به خانه‌های روستایی و پمپ‌های آب بیان کرد(۳۰). Khandaker و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه خود استفاده از سلول‌های سوختی میکروبی (Microbial fuel cells) به عنوان روش دوستدار محیط زیست برای تصفیه فاضلاب و هم‌چنین تولید برق از تصفیه خانه فاضلاب ذکر نمودند(۳۱). یکی دیگر از انواع سوخت‌ها، هیدروژن سوختی با پتانسیل بسیار زیاد برای تامین نیاز منابع انرژی سازگار با محیط زیست است. هیدروژن قبلاً به عنوان یک گاز ارزشمند در پالایش نفت و تولید کود شیمیایی در نظر گرفته شده بود. این سوخت می‌تواند به عنوان سوخت مخصوص برای خودروهای الکتریکی استفاده شود(۳۳،۳۲).

منابع تولید سوخت‌های سبز و انرژی‌های تجدیدپذیر

افزایش تقاضا برای انرژی و گرم شدن کره زمین دو مشکل مهمی است که جامعه مدرن با آن مواجه

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

است، به همین دلیل در سال‌های اخیر انرژی حاصل از منابع تجدیدپذیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است و محققان بر روی توسعه منابع انرژی جایگزین مانند خورشید، باد، آب و سوخت‌های زیستی تمرکز کرده‌اند(۳۴). منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق مختلف، عملکرد متفاوتی دارد. به‌طوری که مناطقی که نور خورشید بیش‌تری را دریافت می‌کنند، بیش‌تر می‌توانند از انرژی خورشیدی بهره ببرند. به‌طور مشابه، انرژی‌های جزر و مدی، برق آبی، زمین گرمایی و حرارتی اقیانوس‌ها نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند(۳۵). جدول شماره ۱ و۲ به ترتیب منابع تولید و نوع سوخت سبز را در مطالعات انجام شده در جهان و ایران نشان می‌دهد.

اثرات سوخت سبز بر محیط زیست

سوخت سبز سوختی غیر سمی و اساسا عاری ازگوگرد و ترکیبات آروماتیک است و از طریق فناوری‌های مختلف مانند فرآیندهای زیستی و ترموشیمی تولید می‌شود(۳۶). سوخت‌های سبز مانند بیودیزل، گاز طبیعی و هیدروژن، مزایای متعددی نسبت به سوخت‌های فسیلی سنتی دارند و به بهبود کیفیت هوا و کاهش اثرات منفی آلودگی هوا بر سلامت کمک می‌کنند(۳۸،۳۷). استفاده از این منابع انرژی کم کربن، می‌تواند انتشار خالص گازهای گلخانه‌ای را در مقایسه با سوخت‌های فسیلی کاهش دهد(۳۹). سوخت‌های جایگزین مانند بیودیزل و اتانول، که تجدیدپذیر و سازگار با محیط زیست هستند، می‌توانند به کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کنند(۴۰). بیواتانول نیز به عنوان سوخت برای موتورهای اشتعال جرقه‌ای مزایای زیادی از جمله خواص ضد کوبش کم‌تر و کاهش انتشار هیدروکربن نسوخته، در مقایسه با بنزین دارد(۴۱). به‌طورکلی، سوخت‌های سبز نگاهی اجمالی به آینده‌ای پایدارتر ارائه می‌دهند. با این حال، اثرات زیست محیطی آن ها نیاز به بررسی دقیق دارد. در مطالعات متعددی به مزایای استفاده از سوخت سبز اشاره شده است. جدول شماره ۳، مطالعات انجام شده در ارتباط با اثرات سوخت سبز بر محیط زیست را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۱: منابع تولید و نوع سوخت سبز در مطالعات صورت گرفته در جهان

نویسنده/ سال/ رفرنس	هدف مطالعه	نوع سوخت سبز	منبع تولید سوخت سبز	نتیجه
Arun و همکاران/ ۲۰۲۱/(۴۲)	کشت ریزجلبک‌ها در فاضلاب با جداسازی کربن دی‌اکسید و تبدیل زیست توده به سوخت‌های زیستی	سوخت زیستی مبتنی بر کربن	زیست توده جلبک	جلبک ذخیره کننده انرژی برای تولید سوخت سبز می‌باشد.
Conclaves / ۲۰۱۳/(۴۳)	فرآیندهای تولید بیودیزل از ریزجلبک‌ها، از جمله کشت سلولی، استخراج روغن و سنتز بیودیزل	استخراج روغن و سنتز بیودیزل	ریزجلبک‌ها	استخراج با حلال آلی کارآمدترین روش برای استخراج روغن ریزجلبکی است.
Saraee و همکاران/ ۲۰۱۷/(۴۴)	بررسی تولید بیودیزل از دانه‌های پسته کلخونگ و استفاده از آن به عنوان سوخت جایگزین در موتوردیزل	تولید سوخت بیودیزل	پسته کوهی یا کلخونگ	بیودیزل روغن کلخونگ و ترکیات آن می‌تواند به عنوان سوخت جایگزین بدون تغییر موتور استفاده شود.
Ahmed و همکاران/ ۲۰۱۰/(۴۵)	تولید بیودیزل از ماکروجلبک‌ها به عنوان منبع سوخت پایدار برای موتورهای دیزل	سوخت سبز برای موتور دیزل	ماکروجلبک	روغن‌جلبک حاصل از ماکروجلبک‌ها می‌تواند یک خوراک پایدار برای تولید بیودیزل باشد. همچنین با ترکیات بیودیزل جلبکی عملکرد موتور بهبود یافته و انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش یافته است.
Khamee / ۲۰۲۱/(۴۶)	استفاده از مواد زائد گل یاسمن برای تبدیل بیواتانول با هیدرولیز آنزیمی	تبدیل اتانول زیستی با هیدرولیز آنزیمی	گل یاسمن	مواد زائد گل یاسمن بستر مناسبی برای تولید بیواتانول است. همچنین از روش مخمر بی‌حرکت می‌توان برای تولید بیواتانول از مواد زائد گل یاسمن استفاده کرد.
Panchal / ۲۰۲۱/(۴۷)	تولید سوخت سبز کاتالیزوری از گریس زرد	تولید بیودیزل	استریفیکاسیون گریس زرد	تولید سوخت سبز بازدهی بالایی داشت و استانداردهای ASTM (انجمن آمریکایی آزمایش و مواد) را برآورده کرد.
Samanta و همکاران / ۲۰۲۱/(۴۸)	استفاده از روغن پخت‌ویز زائد برای تولید بیودیزل به عنوان یک سوخت سبز جایگزین	تولید بیودیزل	روغن پخت‌ویز زائد	روغن پخت‌ویز زائد می‌تواند به عنوان منبعی مقرون به صرفه برای تولید بیودیزل استفاده شود که بیودیزل تهیه شده راندمان سوخت و روانکاری بالایی نشان داد.
Nguyen و همکاران / ۲۰۱۳/(۴۹)	تبدیل زیست توده لیگنوسلولزی به سوخت سبز با استفاده از کاتالیزورهای مبتنی بر سدیم	زیست توده لیگنوسلولزی	روغن زیستی	ارتقاء کاتالیزور ($Na2CO3/\gamma\text{-}Al2O3$) منجر به اکسیژن زدایی انتخابی و افزایش در چگالی انرژی روغن زیستی می‌شود.
Jeguirim و همکاران / ۲۰۲۰/(۵۰)	تولید و شناسایی روغن زیستی از پساب کارخانه زیتون از طریق تجزیه در اثر حرارت	تولید کود زیستی	پساب کارخانه زیتون	آغشته‌کردن پساب کارخانه زیتون به تفاله زیتون و تجزیه در اثر حرارت، روشی امیدوار کننده برای تولید روغن زیستی است.
Lim و همکاران / ۲۰۱۲/(۵۱)	استفاده از زیست توده از صنعت برنج به عنوان منبع انرژی تجدیدپذیر	تولید زیست توده	کاه و ساقه برنج	کاه برنج و پوسته برنج پتانسیل بالایی به عنوان منابع انرژی تجدید پذیر دارند.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

جدول شماره ۲: منابع تولید و نوع سوخت سبز در مطالعات صورت گرفته در ایران

نویسنده/ سال/ رفرنس	هدف مطالعه	نوع سوخت سبز	منبع تولید سوخت سبز	نتیجه
جعفری نصر و همکاران/ ۱۳۸۸/ (۵۲)	استفاده از گاز طبیعی برای خوراک سنتز دی‌متیل‌اتر	تولید دی‌متیل‌اتر	زیست‌توده، کربن دی‌اکسید	دی‌متیل‌اتر را افزون بر گاز طبیعی می‌توان از منابع تجدید پذیر مانند کربن‌دی‌اکسید و زیست توده هم تهیه کرد.
عتابی و همکاران/ ۱۳۸۹ / (۵۳)	بررسی انواع روش‌های تولید بیودیزل بر پایه محصولات کشاورزی	تولید سوخت بیودیزل	سویا، ترانس استریفیکاسیون	از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌ها، جایگزینی سوخت‌های فسیلی با سوخت بیودیزل بر پایه استفاده از محصولات کشاورزی می‌باشد.
قوامی و همکاران/ ۱۳۹۹ / (۵۴)	تولید سوخت سبز بیودیزل از روغن آفتابگردان با استفاده از نانو ذرات K_2Oتثبیت شده بر روی بنتونیت	تولید سوخت بیودیزل	روغن آفتابگردان مایع	مشخصات سوخت به‌دست آمده از روغن آفتابگردان با مشخصات استاندارد ASTM مطابقت داشت.
درویشی و همکاران/ ۱۳۹۸ / (۵۵)	تولید چربی میکرویی توسط مخمر یاررووپا لیپولیتیکا CBS6303از گلوکز	تولید اسیدهای چرب با قابلیت سوخت زیستی	مخمر یاررووپا لیپولیتیکا	بر اساس تجزیه و تحلیل اسیدهای چرب تولید شده، اسیدهای چربی با کاربرد در مصارف سوخت زیستی توسط مخمر یاررووپا لیپولیتیکا سویه CBS6303 (Yarrowia lipolytica CBS6303) در محیط حاوی گلوکز تولید شدند.
محسنی و همکاران/ ۱۳۹۷ / (۵۶)	ارائه مدل‌های مدیریت زنجیره تأمین به منظور توسعه تولید سوخت سبز از جلبک ها	تولید سوخت سبز	جلبک‌ها	با کاهش ذخایر سوخت‌های فسیلی در آینده و به تبع آن افزایش قیمت سوخت، می‌توان جلبک‌ها را به عنوان یکی از مناسب‌ترین جایگزین‌ها برای مصرف سوخت‌های فسیلی در کشور به حساب آورد.
محسنی و همکاران/ ۱۳۹۷ / (۵۷)	طراحی زنجیره تامین تولید سوخت سبز از پسماندهای فاضلاب شهری در کشور ایران	تولید سوخت سبز	پسماندهای فاضلاب شهری	سوخت حاصل از فاضلاب‌های شهری در حال حاضر اقتصادی نمی‌باشد اما با افزایش نرخ سوخت‌های فسیلی در آینده و بهبود نرخ تبدیل فاضلاب به سوخت، این سوخت قابلیت رقابت با سوخت‌های‌فسیلی را دارد.
صالحی و همکاران/ ۱۳۹۷ / (۵۸)	مقایسه فنی و اولویت‌بندی چهار فناوری تبدیل پسماند شهری به سوخت زیستی برای انتخاب بهترین کاربری آن در شرایط کشور ایران	تولید سوخت زیستی	پسماند شهری	از بین چهار فناوری هضم بی‌هوازی، تولید الکل، گازی کردن و پیرولیز روش هضم بی‌هوازی رتبه اول برای تبدیل پسماند شهری به سوخت زیستی در کشور را کسب نمود.
خاوری‌نژاد و همکاران/ ۱۳۹۸ / (۵۹)	بررسی پتانسیل چهار گونه جلبک سبز به عنوان مواد خام تولید کننده چربی برای سنتز بیودیزل	تولید سوخت بیودیزل	جلبک‌های سبز	جلبک سندسموس به دلیل تولید بالاترین و بهترین محتوای لیپیدی می‌تواند به عنوان یک کاندید مناسب برای سوخت بیودیزل معرفی گردد. به غیر از بیودیزل، جلبک‌های سبز می‌توانند به عنوان یک منبع با ارزش برای تولید انواع مختلف از سوخت‌های زیستی تجدیدپذیر مانند اتانول زیستی، متان و بیوهیدروژن به کار گرفته شوند.
معظمی و همکاران/ ۱۳۹۷ / (۶)	مروری بر مراحل تولید سوخت زیستی از ریزجلبک‌ها	تولید سوخت زیستی	ریزجلبک‌ها	تولید سوخت زیستی جلبکی به دلیل هزینه‌های زیاد هنوز قابل رقابت با سوخت‌های فسیلی نیست.
کدیری و همکاران/ ۱۳۹۱ / (۶۰)	اثرات بالقوه آبی-محیطی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر جزر و مدی با تمرکز بر کیفیت‌آب	استخراج جریان انرژی جنبشی و تبدیل آن به الکتریسیته	انرژی جزر و مد	سیستم‌های انرژی تجدید پذیر جزر و مدی اثرات آبی-زیست محیطی قابل توجهی بر مصب رودخانه‌ها دارند.

جدول شماره ۳: مطالعات صورت گرفته در ارتباط با مزایای سوخت سبز

نویسنده/ سال/ رفرنس	هدف مطالعه	مزایای سوخت سبز
Dager و همکاران/ ۲۰۲۲ / (۶۱)	بررسی اثرات زمان بندی نرخ جریان گاز طبیعی بر عملکرد موتور احتراق	-کاهش فرسودگی موتور -ارزان بودن سوخت‌های تجدید پذیر مانند بیودیزل
Attfield و همکاران/ ۲۰۲۳ / (۶۲)	بررسی تولید مشترک خوراک و سوخت در پالایشگاه‌های زیستی	-کاهش انتشار گازهای گلخانه ای -جایگزین مناسب برای سوخت‌های حمل و نقل مبتنی بر نفت
Hamid و همکاران/ ۲۰۲۲ / (۶۳)	استفاده از برنج سیاه چسبنده برای تولید بیواتانول به عنوان مخلوط سوخت بنزین برای موتورسیکلت	قدرت و گشتاوری بیش تر سوخت بیواتانول در مقایسه با بنزین
Abdul Hamid و همکاران/ ۲۰۲۳ / (۶۴)	تبدیل زیست توده لیگنوسلولزی به سوخت سبز	استفاده از زیست توده لیگنوسلولزی (سوخت زیستی نسل دوم) مشتق شده از ضایعات چوب به عنوان منبع جایگزین امیدوار کننده برای تولید بیواتانول
da Costa و همکاران/ ۲۰۲۲ / (۶۵)	ارزیابی تجربی سوخت‌های دیزل تجدید پذیر و بیواتانول در حالت دوگانه‌سوز	کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بهبود پایداری احتراق در صورت عملکرد سوخت دوگانه (بیواتانول و سوخت‌های دیزل تجدید پذیر)
Mwangi و همکاران / ۲۰۱۵ / (۶۶)	صرفه جویی در انرژی و کاهش آلودگی با استفاده از ترکیب سوخت سبز در موتورهای دیزلی	استفاده از سوخت سبز در موتورهای دیزلی باعث کاهش انتشار ذرات، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) و ترکیبات آلی پایدار (POPs) می‌شود.
Dey و همکاران/ ۲۰۲۱ / (۶۷)	کارایی بیودیزل روغن نخل به عنوان یک سوخت تجدید پذیر	کاهش مصرف آب در سوخت PTL(هیدروکربن مایع) ۴۰۰ تا ۱۵۰۰ برابر سوخت فسیلی
Alsultan و همکاران/ ۲۰۲۰ / (۶۸)	عملکرد احتراق و انتشار CO/NOx/SOx برای مخلوط‌های دیزل سبز در مشعل چرخشی	کاهش انتشار کربن دی‌اکسید و گوگرد دی‌اکسید کم تر گازوئیل سبز نسبت به گازوئیل نفتی
Soukup / ۲۰۲۰ / (۶۹)	فناوری‌های الکتریکی پیل سوختی و اثرات آن بر کیفیت هوا، گازهای گلخانه‌ای و سلامت انسان	کاهش غلظت ازن و ذرات ریز و بهبود بالقوه کیفیت هوا در صورت استفاده از فن‌آوری‌های الکتریکی پیل سوختی
Neary و همکاران/ ۲۰۱۸ / (۷۰)	اثرات سوخت‌های تولید انرژی مبتنی بر زیست بر منابع آب و خاک	استفاده از فناوری‌های انرژی خورشیدی برای تولید برق و نمک‌زدایی آب دریا
Gasparatos و همکاران/ ۲۰۱۷ / (۷۱)	انرژی‌های تجدید پذیر و تنوع زیستی: پیامدهای انتقال به اقتصاد سبز	کاهش فرسایش خاک با افزایش پوشش زمین و ایجاد سدی در برابر باد و آب
McHenry و همکاران/ ۲۰۰۹ / (۷۲)	تولید زغال زیستی کشاورزی، تولید انرژی تجدید پذیر و ترسیب‌کربن در خاک در غرب استرالیا	بهبود ساختار خاک با افزودن مواد آلی
Dale و همکاران/ ۲۰۱۰ / (۷۳)	اثرات سوخت سبز در زمین و تنوع زیستی موجودات	افزایش تنوع زیستی خاک با ایجاد زیستگاه برای انواع موجودات
Bonin و همکاران/ ۲۰۱۲ / (۷۴)	خواص فیزیکی و هیدرولوژیکی خاک تحت محصولات سوخت زیستی در اوهایو	بهبود کیفیت خاک و آب در کوتاه مدت با افزایش محتوای موادآلی خاک سطحی و کاهش فرسایش و تلفات مواد مغذی در رواناب سطحی
Stalin و همکاران/ ۲۰۲۱ / (۷۵)	گرمایش خاک با استفاده از انرژی تجدید پذیر خورشیدی	گرمایش خاک در دمای پایین، افزایش نفوذ پذیری در خاک‌های با نفوذ پذیری کم، افزایش فرار آلاینده‌ها، انتشار، دفع و فعالیت میکروبیولوژیکی در صورت استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

محدودیت‌های تولید سوخت سبز

در حالی که تولید سوخت سبز نوید بخش است، محدودیت‌ها و چالش‌های متعددی وجود دارد که مانع پذیرش گسترده و اجرای عملی آن می‌شود(۷۶). به عنوان مثال، بسیاری از مواد اولیه سوخت زیستی به زمین، آب و منابع دیگر نیاز دارند که می‌تواند منجر به تغییر در الگوهای کاربری زمین، جنگل‌زدایی و از بین رفتن تنوع‌زیستی شود(۷۳). به‌علاوه، بسته به مواد اولیه و فرآیند تولید، سوخت‌های زیستی می‌توانند گازهای گلخانه‌ای و سایر آلاینده‌ها را منتشر کنند. به‌عنوان مثال، استفاده از کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد) در تولید محصولات سوخت زیستی می‌تواند به محیط اطراف آسیب برساند(۷۷). هم‌چنین محدودیت‌های سوخت‌های زیستی پیچیده هستند و بسته به نوع سوخت زیستی، مواد اولیه مصرفی و فرآیندهای تولید، به‌طور قابل توجهی متفاوت هستند. به‌عنوان مثال، سوخت‌های زیستی نسل اول، که ازمحصولات غذایی به‌دست می‌آیند، ممکن است سیاست کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را بدون تغییر کاربری زمین اجرا کنند(۷۸). به‌عنوان مثال، نگرانی‌هایی وجود دارد که استفاده بیش از حد از مزارع گندم برای محصولات سوختی می‌تواند بر هزینه‌های تولید مواد غذایی تأثیر بگذارد و به‌طور بالقوه منجر به کمبود مواد غذایی شود(۷۹). در حالی‌که سوخت‌های زیستی نسل دوم، مشتق شده از زیست توده غیر غذایی، عموماً پتانسیل بیش‌تری برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند، مشروط بر این‌که تغییر کاربری زمین وجود نداشته باشد(۸۰). از سوی دیگر، سوخت‌های زیستی نسل سوم، که شامل سوخت‌های مبتنی بر جلبک است، در حال حاضر انتشار گازهای گلخانه‌ای بالاتری نسبت به سوخت‌های فسیلی دارند. تولید سوخت‌های زیستی می‌تواند منجر به اثرات زیست محیطی دیگر، مانند افزایش میزان آب مصرفی، اسیدی شدن و اتروفیکاسیون (پرمغذی‌شدن) در منابع آبی شود(۸۱). به‌طوری‌که، استفاده از کودهای حاوی یون‌های آمونیوم یا اوره در کشت مواد اولیه سوخت زیستی می‌تواند منجر به اسیدی شدن خاک شود(۸۲). به‌علاوه، استفاده از این کودها در کشاورزی، در زمان بارندگی، باعث ایجاد رواناب‌های کشاورزی می‌گردد که وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شوند و پدیده اتروفیکاسیون را در پی دارند(۸۳).

Hein و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی تولید سوخت زیستی از هفت نوع نهاده(مواد اولیه) پرداخته و دریافتند که سوخت‌های زیستی در حال حاضر حدود دو درصد از تولید جهانی کود معدنی فسفر را شامل می‌شوند(۸۴). به‌علاوه، کشت مواد اولیه سوخت زیستی مانند ذرت، نیشکر و سویا به مقدار قابل توجهی آب برای آبیاری نیاز دارد، به‌ویژه در مناطقی که بارندگی برای رفع نیاز آبی محصول کافی نیست. انتخاب روش‌های زراعی و کشاورزی، ازجمله روش‌های آبیاری، می‌تواند بر مقدار آب مصرفی موردنیاز سوخت‌های زیستی تاثیر بگذارد(۸۵). از سوی دیگر، نسل فعلی سوخت‌های زیستی متکی بر زمین، آب، انرژی است که می‌تواند فشارهای زیست‌محیطی را تشدید کند، به‌ویژه در مناطقی با منابع آبی محدود یا جایی‌که نهاده‌های کشاورزی منجر به آلودگی می‌شود(۸۶). هم‌چنین، افزایش کشت زمین برای توسعه سوخت زیستی می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر تنوع زیستی تأثیر منفی بگذارد. به‌خصوص از آن‌جایی‌که برخی از فراورده‌های سوخت زیستی در نقاط حساس تنوع زیستی (مانند برزیل یا غرب آفریقا) بهترین رشد را دارند(۸۷).

ارزیابی اقتصادی هزینه تولید سوخت سبز

از عوامل مهم و تأثیرگذار بر ارزیابی اقتصادی هر پروژه‌ای هزینه‌های تولید است و هزینه‌های تولید سوخت زیستی به‌طور نسبی در برزیل از سایر کشورهای جهان کم‌تر است. مهم‌ترین عوامل در هزینه تولید سوخت زیستی، هزینه مواد اولیه، زمین، نهاده‌های کشاورزی، یارانه‌ها، حمایت‌های دولتی و تکنولوژی تولید می‌باشد(۸۸). در ارزیابی مزایای اقتصادی سوخت‌های

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

زیستی، انرژی موردنیاز برای تولید آن‌ها باید در نظر گرفته شود. به‌عنوان مثال، فرآیند کشت ذرت برای تولید اتانول، منجر به مصرف سوخت‌های فسیلی در تجهیزات کشاورزی، تولید کود، حمل و نقل ذرت و تقطیر اتانول می‌شود. از این نظر، اتانول ساخته شده از ذرت نشان دهنده افزایش انرژی نسبتاً کمی است. انرژی حاصل از نیشکر بیش‌تر است و انرژی حاصل از اتانول سلولزی یا بیودیزل ناشی از جلبک می‌تواند حتی بیش‌تر باشد(۸۹). به‌طور کلی، پروژه‌های مربوط به انرژی‌های تجدید پذیر اغلب به هزینه‌های اولیه بالا و سرمایه‌گذاری‌های بلند مدت نیاز دارند و حتی سوخت‌های زیستی اغلب به یارانه و سایر مداخلات در بازار برای رقابت با سوخت‌های معمولی نیاز دارند که می‌تواند پرهزینه باشد(۹۱،۹۰). دسترسی به مواد اولیه‌ای که برای تولید سوخت سبز به کار می‌روند، می‌تواند در شرایط خشکسالی، حضور آفات کشاورزی و نوسانات قیمت نیز محدود شود(۹۲). محدودیت دیگر رقابت‌پذیری اقتصادی سوخت‌های زیستی در مقایسه با سوخت‌های معمولی است. به‌طوری که رقابت اقتصادی سوخت‌های زیستی به عوامل متعددی از جمله هزینه و در دسترس بودن مواد اولیه، کارایی و فرآیندهای تولید، قیمت و تقاضای سوخت‌های فسیلی و سیاست‌های موجود در کشور و دنیا که بر بازار سوخت‌های زیستی تأثیر می‌گذارد، بستگی دارد(۹۳). با این حال، هزینه تولید سوخت‌های زیستی ممکن است در طول زمان تغییر کند، زیرا نوآوری فناوری‌ها، نگرانی‌های زیست محیطی و عوامل جغرافیایی بر هزینه‌ها و مزایای نسبی سوخت‌های زیستی و سوخت‌های فسیلی تأثیر می‌گذارد. سوخت‌های زیستی معمولاً گران‌تر از سوخت‌های فسیلی هستند، به‌ویژه زمانی‌که هزینه‌های خارجی (اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی) را در نظر می‌گیرند(۹۴). جنبه‌های اجتماعی-اقتصادی سوخت‌های زیستی، به‌ویژه در کشورهایی مانند استرالیا، نشان می‌دهد که سوخت‌های زیستی نسل دوم می‌توانند مزایای اقتصادی و زیست محیطی قابل توجهی داشته باشند که آن‌ها را به‌عنوان جایگزین‌های پایدار برای سوخت‌های نفتی در بخش حمل و نقل قرار دهد(۹۵). علاوه بر این، کاهش اخیر در قیمت سوخت‌های فسیلی و توسعه منابع جدید، تاثیر منفی بر پیشرفت در تولید و بازاریابی سوخت‌های زیستی داشته‌است(۹۶). از سوی دیگر یکی از محدودیت‌های تولید سوخت سبز، در دسترس نبودن یک روش کارآمد مقرون به صرفه برای تبدیل مواد اولیه به سوخت است(۹۷). هم‌چنین تولید سوخت زیستی اتانول بر پایه ذرت، می‌تواند قیمت مواد غذایی را افزایش دهد. به‌طوری‌که در مطالعه Condon و همکاران (۲۰۱۵ میلادی) افزایش ۲ تا ۳ درصدی قیمت ذرت به ازای هر میلیارد گالن اتانول اشاره شده است(۹۸). ازسوی دیگر، راه‌اندازی پالایشگاه‌های زیستی مستلزم هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه بالا است. هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری نیز برای تجهیزات، نیروی کار و آب و برق به این هزینه‌ها اضافه می‌شود(۹۹).

هم‌چنین مطالعه Kumar و همکاران (۲۰۲۱) اشاره کرده است که همه مواد شیمیایی با پایه سوخت زیستی می‌توانند به‌عنوان محصولات بالقوه یک پالایشگاه زیستی با ارزش افزوده بسیار بالا در نظر گرفته شوند. این محصولات انتخابی یا رشد سهم بازار بسیار بالایی دارند یا این‌که سرمایه‌گذاری عمده صنعتی در طرح‌های توسعه خواهند داشت(۱۰۰).

Matsumoto (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای به بررسی نوآوری‌های سوخت زیستی در ژاپن پرداخت. نتایج مطالعه وی نشان داد که در بلندمدت پتانسیل سوخت‌های زیستی در اهداف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نه تنها بستگی به میزان توسعه تکنولوژیکی سوخت زیستی نسل دوم، بلکه به توسعه وسایل‌نقلیه نیز بستگی دارد(۱۰۱). حتی اگر سوخت‌های زیستی پاک‌تر بسوزانند، تولید آن‌ها اغلب به سوخت‌های فسیلی برای تامین انرژی ماشین آلات، حمل و نقل و تأسیسات پردازش متکی است. این امر یک هزینه پنهان ایجاد می‌کند، زیرا

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

سوخت زیستی کاملاً جایگزین وابستگی به سوخت‌های فسیلی نمی‌شود(۱۰۲). به‌طور کلی، ملاحظات اقتصادی سوخت‌های زیستی نیاز به ارزیابی دقیق دارد و تحقیقات در مورد سوخت‌های زیستی و سیاست‌های حمایتی برای پذیرش گسترده آن‌ها بسیار مهم است.

دلایل عدم استقبال کشورهای کم‌تر توسعه یافته به استفاده از سوخت سبز

محدودیت‌ها، چالش‌های موجود در دستیابی به پذیرش گسترده تولید سوخت سبز و نیاز به تحقیق و توسعه مداوم برای غلبه بر این موانع را برجسته می‌کند. ازسوی دیگر، توسعه نیافتگی و عدم استقبال از فرآیندهای سوخت سبز و انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای توسعه نیافته را می‌توان به عوامل مختلفی نسبت داد. این کشورها با چالش‌هایی مانند کمبود شدید سوخت تجاری، هزینه‌های بالای تکنولوژی، چارچوب‌های سیاست ضعیف و عدم دسترسی به فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر پایدار مواجه هستند(۱۰۳،۱۰۴). بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که اکثر کشورها دارای پتانسیل عظیمی برای تولید انرژی‌های تجدیدپذیر هستند. با این حال، به دلایلی، کاربرد فعلی انرژی‌های تجدیدپذیر در این کشورها در مقایسه با پتانسیل تولید و استفاده از آن‌ها ناچیز است(۱۰۵). موانع سیاسی و نظارتی از محدودیت‌های اصلی مرتبط با توسعه انرژی‌های تجدیدپذیرند. به‌طوری که دولت‌ها در بسیاری از کشورها، بیش‌تر بر بخش انرژی سنتی تا انرژی‌های تجدیدپذیر تمرکز می‌کنند(۱۰۶). از سوی دیگر، با توجه به ماهیت ساختارهای انرژی‌های تجدیدپذیر، بازار آن‌ها نیازمند سیاست‌ها و رویه‌های قانونی شفاف برای افزایش علاقه سرمایه‌گذاران است. به این خاطر که سیاست‌های توانمند، محیط‌های سرمایه‌گذاری پایدار و قابل پیش‌بینی ایجاد می‌کنند و به غلبه بر موانع کمک می‌کنند(۱۰۵). در مقابل، پروژه‌های تجدیدپذیر با موانع وچالش‌های فنی و زیرساختی مواجه هستند(۱۰۶). بسیاری از فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر پرهزینه و نسبتاً پیچیده بوده و در مقایسه با عرضه انرژی سنتی، نیازمند هزینه سرمایه‌ای بالاتر برای عرضه انبوه انرژی در مناطق شهری یا صنایع عمده می‌باشند(۱۰۷). از سوی دیگر، کشورهای در حال توسعه اغلب در اتخاذ روش‌های پیشرفته بیوتکنولوژیکی برای تولید سوخت زیستی به دلیل کمبود دانش و تخصص در این زمینه با چالش‌هایی روبرو هستند. این امر مانع استفاده کارآمد از مواد اولیه سوخت‌زیستی بالقوه می‌شود(۱۰۸). هم‌چنین محدودیت‌های اقتصادی و فقر در کشورهای توسعه نیافته دسترسی به بودجه برای تحقیق و توسعه در فناوری‌های سوخت زیستی را محدود می‌کند(۱۰۹). به‌علاوه استفاده از زمین‌های زراعی در کشورهای در حال توسعه، برای مواد اولیه سوخت‌زیستی می‌تواند منجر به نگرانی در مورد امنیت غذایی و در دسترس بودن زمین شود، به‌ویژه در مناطقی که دچار کمبود منابع کشاورزی هستند(۱۱۰). از سوی دیگر، فناوری‌های پیشرفته و تخصص فنی در فرآیندهای تولید سوخت زیستی یک مانع بزرگ است. کشورهای در حال توسعه اغلب بر روش‌های سنتی و کم بازده تکیه می‌کنند که توانایی آن‌ها را برای تولید سوخت‌های زیستی در مقیاس رقابتی محدود می‌کند(۱۱۱). هم‌چنین موانع اجتماعی-فرهنگی از قبیل عدم تمایل خانوارها به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به دلیل ترس از غیر قابل اعتماد بودن، یکی از پایه‌های عدم پذیرش فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر در برخی کشورها را تشکیل می‌دهد(۱۱۲). کشور ایران نیز از ظرفیت‌های مناسبی در بخش منابع تجدیدپذیر برخوردار است، اما به‌علت فقدان بسترسازی لازم، اقدامات صورت گرفته برای توسعه و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر تاکنون نتایج قابل توجهی نداشته است(۱۱۳). از مهم‌ترین موانع توسعه و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان به ارزان بودن سوخت‌های فسیلی، فقدان برنامه جامع و مدون ملی، کمبود اعتبارات مالی مورد نیاز جهت اجرای طرح‌ها و پروژه‌ها، و فقدان دانش کافی در این زمینه به علت تحریم‌های مختلف جهانی در کشور،

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

وجود مشکلات ساختاری مبنی بر حضور چند نهاد دولتی در موضوع انرژی‌های تجدید پذیر (وزارت جهاد کشاورزی، سازمان انرژی اتمی و وزارت نیرو) که موجب پراکندگی و موازی‌کاری و در نتیجه انجام هزینه اعتبارات به صورت غیر متمرکز و کم اثر و ناقص آن‌ها می‌شود، اشاره‌کرد(۱۱۵،۱۱۴). نتایج مطالعه حاضر مبین آن است که وابستگی فزاینده به سوخت‌های فسیلی منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی هوا و تخریب محیط زیست شده است. در مقابل سوخت‌های سبز و منابع انرژی تجدید پذیر به عنوان راه حل‌های امیدوارکننده‌ای برای مقابله با چالش‌های زیست محیطی ناشی از سوخت‌های فسیلی سنتی پدیدار شده‌اند. تشدید نگرانی‌های زیست محیطی مرتبط با سوخت‌های فسیلی سنتی باعث تغییر رویکرد جهانی به سمت استفاده از سوخت‌های زیستی و منابع انرژی تجدید پذیر شده است. از سوی دیگر، تولید سوخت‌های زیستی با موانع اقتصادی و زیست محیطی مواجه است؛ اما انتظار می‌رود طی دو دهه آینده، تولید آن‌ها به دلیل بهبود در فناوری تولید، ایجاد بسترها و زیرساخت‌های لازم برای توزیع آن و هم‌چنین سیاست‌های امنیت انرژی و توسعه پایدار کشورهای صنعتی به رشد خود ادامه دهد. از این رو، درک جامع از روش‌های متنوع تولید سوخت سبز و فناوری‌های انرژی تجدید پذیر، همراه با اثرات بالقوه اکولوژیکی آن‌ها، برای اطمینان از همسویی این منابع انرژی جایگزین به منظور دستیابی به توسعه پایدار ضروری است.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی "مروری بر سوخت‌های سبز و انرژی‌های تجدید پذیر"، مصوب کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی مازندران در سال ۱۴۰۲ با کد اخلاق IR.MAZUMS.REC.1402.503 می‌باشد که با حمایت معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران به انجام رسیده است.

References

1. Ali S, Yan Q, Dilanchiev A, Irfan M, Fahad S. Modeling the economic viability and performance of solar home systems: a roadmap towards clean energy for environmental sustainability. ESPR 2023; 30(11): 1-20.
2. Zhang Y, Li L, Sadiq M, Chien F. The impact of non-renewable energy production and energy usage on carbon emissions: evidence from China. ESEE 2023; 35(4): 0958305X2211504.
3. Demeneix BA. How fossil fuel-derived pesticides and plastics harm health, biodiversity, and the climate. Lancet Diabetes Endocrinol 2020; 8(6): 462-464.
4. Karnauskas KB, Miller SL, Schapiro AC. Fossil fuel combustion is driving indoor CO2 toward levels harmful to human cognition. Geohealth 2020; 4(5): e2019GH000237.
5. Saedi AH, Ahmadi A. Life cycle assessment of Iran energy portfolio: Renewable energy replacement approach. Eng Sci Engin 2023; 11(5): 1798-1817 (Persian).
6. Moazami N, Boshagh F, Rostai K. Biofuel production from microalgae. Biotech 2019; 10(1): 109-23 (Persian).
7. Fechete I, Vedrine JC. Nanoporous Materials as New Engineered Catalysts for the Synthesis of Green Fuels. Molecules 2015; 20(4): 5638-5666.
8. khanahmadi a, ghaffarpour r. Optimal Design and Practical Implementation of Hybrid Renewable Energy Systems in Remote

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

Areas: Case Study. JIAEEE 2021; 18(2): 139-151 (Persian).

9. Tabassum M, Kashem SBA, Siddique MBM. Feasibility of using Photovoltaic(PV) technology to generate solar energy in Sarawak. 2017 International Conference on Computer and Drone Applications (IConDA); 2017: IEEE.
10. Kalmikov A. Wind power fundamentals. Wind energy engineering. 1st ed, Massachusetts: Academic Press; 2017. 17-24.
11. Othman MF, Adam A, Najafi G, Mamat R. Green fuel as alternative fuel for diesel engine: A review. Renew Sustain Energy Rev 2017; 80: 694-709.
12. Stančin H, Mikulčić H, Wang X, Duić N. A review on alternative fuels in future energy system. Renew Sustain Energy Rev 2020; 128: 109927.
13. Khan K, Manir SM, Islam MS, Jahan S, Hassan L, Ali MH. Studies on nonconventional energy sources for electricity generation. Int J Adv Res Innov Ideas Educ 2018; 4(4): 229-244.
14. Hota P, Das A, Maiti DK. A short review on generation of green fuel hydrogen through water splitting. Int J Hydro Energy 2023; 48(2): 523-541.
15. Dehqan S, Miranzadeh MB, Rabbani D. Electrochemical process efficiency for the removal of organic phosphorus from synthetic wastewater. Feyz Med Sci J 2012; 16(1): 79-85 (Persian).
16. Rabbani MBMD, Dehqan S. Electrocoagulation process for removal of adenosine-5'-monophosphate and sodium hexamethaphosphate from the synthetic wastewater. Int J Phys Sci 2012; 7(10): 1571-1577.
17. Rabbani D, Dehghan S, Gholipour S, Ghadami F, Bagher Miranzadeh M. Phosphorus removal from wastewater: energy demand in electrochemical process. Desalin Water Treat 2023; 298: 136-140.
18. Safari M, Safari Gh. Economic, social and environmental aspects of using biofuels. Appl chem envir 2023; 14(54): 1-11 (Persian).
19. Safari Gh, Safari M, Mousakhani N. An overview of production sources, advantages and disadvantages of biofuels as a renewable energy source. Enviro sci stud 2024; 9(1): 8054-8071 (Persian).
20. Moghadam H, Ghanimi Fard H, Moghadam MR. Review of Biofuel Industry: Challenges and Obstacles. QEER 2016; 12(50): 53-84 (Persian).
21. Carriquiry MA, Du X, Timilsina GR. Second generation biofuels: Economics and policies. Energy Policy 2011; 39(7): 4222-4234.
22. Tirumareddy P, Esmi F, Masoumi S, Borugadda VB, Dalai AK. Introduction to Green Diesel. In Green Diesel: An Alternative to Biodiesel and Petrodiesel. New York: Springer; 2022. p. 1-40.
23. Penna AN. A History of Energy Flows: from human labor to renewable power. 1st ed. Oxfordshire: Routledge; 2019.
24. Ansari KB. Policies, Techno-economic Analysis and Future Perspective of Green Diesel. In Green Diesel: An Alternative to Biodiesel and Petrodiesel. Ansari KB, Hassan SZ, Farooqui SA, Hasib R, Khan P, Rahman AS, et al. New York: Springer; 2022. p. 351-375.
25. Perez M, Perez R. Update 2022–A fundamental look at supply side energy reserves for the planet. Solar Energy Advances 2022; 2(D12): 100014.
26. Pimentel D, Patzek TW. Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. Natural Resources Research 2005; 14: 65-76.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

27. Inayat A, Raza M. District cooling system via renewable energy sources: A review. Renew Sustain Energy Rev 2019; 107(5): 360-373.
28. Huckman ME, Stevenson S, Ward AM, Abbott T, Lawson KF, Schroer JW, et al. Use of renewable energy in ammonia synthesis. WO2020150245A1 (Patent) 2020.
29. Ellabban O, Abu-Rub H, Blaabjerg F. Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. Renew Sustain Energy Rev 2014; 39: 748-764.
30. Shahzad U. The importance of renewable energy sources in Pakistan. Renewable energy 2015; 1(3): 4.
31. Khandaker S, Das S, Hossain MT, Islam A, Miah MR, Awual MR. Sustainable approach for wastewater treatment using microbial fuel cells and green energy generation–A comprehensive review. J Mol Liq 2021; 344: 117795.
32. Almutairi K, Dehshiri SSH, Dehshiri SJH, Mostafaeipour A, Jahangiri M, Techato K. Technical, economic, carbon footprint assessment, and prioritizing stations for hydrogen production using wind energy: A case study. Enrg Strgy Rev 2021; 36: 100684.
33. Hassan Q, Abdulateef AM, Hafedh SA, Al-samari A, Abdulateef J, Sameen AZ, et al. Renewable energy-to-green hydrogen: A review of main resources routes, processes and evaluation. Int J Hydrogen Energy 2023; 48(46): 17383-17408.
34. Khavarinejad R, Malekahmadi F, Soltani N, Najafi F, Nejadsattari T. Analysis of physiologic characteristics of green algae for biodiesel production. J Plant Envir Physio 2019; 14(53): 30-46 (Persian).
35. Singh A. Importance of life cycle assessment of renewable energy sources. In: Life cycle assessment of renewable energy sources. Singh A, Olsen SI, Pant D. 1st ed. NewYork: Springer; 2013. p. 1-11.
36. Naqvi SR, Khoja AH, Ali I, Naqvi M, Noor T, Ahmad A, et al. Recent progress in catalytic deoxygenation of biomass pyrolysis oil using microporous zeolites for green fuels production. Fuel 2023; 333(2): 126268.
37. Sofia D, Gioiella F, Lotrecchiano N, Giuliano A. Mitigation strategies for reducing air pollution. Environ Sci Pollut Res Int 2020; 27(16): 19226-19235.
38. Sua LS. Analysis of plant oil-based fuel characteristics for green supply chains. In: Climate Change Science. Sua LS, Balo F. 1st ed, Amsterdam: Elsevier; 2021. p. 107-123.
39. Bessou C. Biofuels, greenhouse gases and climate change. In: Sustainable Agriculture. Bessou C, Ferchaud F, Gabrielle B, Mary B.V 2. 1st ed, NewYork: Springer; 2011: p. 365-468.
40. Prabhakaran D, Thiagarajan S, Senthilkumaran M, Selvarasu S, Thirumavalavan S, Cheralathan S. Performance and Emission Characteristics of Jatropha and Dimethoxy-Methane Fuel Blends with EGR in Single Cylinder Water Cooled CI Engine. Int J Vhcl Struc Sys (IJVSS) 2022; 14(3): 356.
41. Mohanty P, Pant KK, Naik SN, Parikh J, Hornung A, Sahu JN. Synthesis of green fuels from biogenic waste through thermochemical route-The role of heterogeneous catalyst: A review. Renew Sustain Energy Rev 2014; 38(C): 131-153.
42. Arun J, Gopinath KP, Sivaramakrishnan R, SundarRajan P, Malolan R, Pugazhendhi A. Technical insights into the production of green fuel from CO2 sequestered algal biomass: A conceptual review on green energy. Sci Total Environ 2021; 755(Pt 2): 142636.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

43. Gonçalves AL, Pires JCM, Simões M. Green fuel production: processes applied to microalgae. Enviro Chem Ltr 2013; 11(4): 315-324.
44. Soukht Saraee H, Jafarmadar S, Sayadi M, Parikhani A, Kheyrollahi J, Pourvosoughi N. Green fuel production from Pistacia Khinjuk and its engine test analysis as a promising alternative. J Cleanr Prod 2017; 156: 106-113.
45. Ahmed AS, Khan S, Hamdan S, Rahman R, Kalam A, Masjuki HH, et al. Biodiesel Production from Macro Algae as a Green Fuel for Diesel Engine. J Energy Environ 2010; 2(1): 1-5.
46. Khammee P, Unpaprom Y, Chaichompoo C, Khonkaen P, Ramaraj R. Appropriateness of waste jasmine flower for bioethanol conversion with enzymatic hydrolysis: sustainable development on green fuel production. 3 Biotech. 2021; 11(5): 216.
47. Panchal B, Bian K, Chang T, Zhu Z, Wang J, Qin S, et al. Synthesis of Generation-2 polyamidoamine based ionic liquid: Efficient dendrimer based catalytic green fuel production from yellow grease. Energy 2021; 219: 119637.
48. Samanta S, Sahoo RR. Waste Cooking (Palm) Oil as an Economical Source of Biodiesel Production for Alternative Green Fuel and Efficient Lubricant. BioEnergy Res 2021; 14(1): 163-174.
49. Nguyen TS, Zabeti M, Lefferts L, Brem G, Seshan K. Conversion of lignocellulosic biomass to green fuel oil over sodium based catalysts. Bioresour Technol 2013; 142: 353-360.
50. Jeguirim M, Goddard M-L, Tamosiunas A, Berrich-Betouche E, Azzaz AA, Praspaliauskas M, et al. Olive mill wastewater: From a pollutant to green fuels, agricultural water source and bio-fertilizer. Part 2: Water Recovery. Water 2019; 11(4): 768.
51. Lim JS, Abdul Manan Z, Wan Alwi SR, Hashim H. A review on utilisation of biomass from rice industry as a source of renewable energy. Renew Sustain Energy Rev 2012; 16(5): 3084-3094.
52. Jafarinasr MR, Sahebdelfar S, Moghimpour Bizhani P, Yaripour F. Dimethyl ether: renewable green fuel. Presented at: Carbon market conference and clean development mechanism in petrochemical and related industries; 2009. (Persian).
53. Atabi F, Azhdarzadeh M. Using biodiesel as a green fuel. Presented at: Iran National Bioenergy Conference; 2010. (Persian).
54. Ghavami K, Rahmani F, Akhlaghian F. Production of green fuel biodiesel from sunflower oil using K2O nanoparticles sonochemically immobilized over bentonite. Fuel and Combustion 2020; 13(2): 89-101 (Persian).
55. Darvishi F, Salmani N. The production of fatty acids with biofuel potential by Yarrowia lipolytica from glucose. J Apld Biol 2019; 32(2): 50-61 (Persian).
56. Mohseni S, Pishvaee MS. Supply chain management models for the development of green fuel production from microalgae in Iran. Environ sci tech 2019; 21(2): 189-210 (Persian).
57. Mohseni S, Pishvaee S. A hybrid Metaheuristic Algorithm for Design and Optimization of Wastewater to Biodiesel Supply Chain in Iran. QJ Enrgy Policy Plan Res 2018; 4(3): 113-145 (Persian).
58. Aminsalehi F, Norouz A, Rezapour K. Municipal Solid Wastes Conversion into Biomass Energy: Ordering of Technologies for the Case of Iran. Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research 2019; 4(4): 123-159 (Persian).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

59. Khvarinezhad R, Malekahmadi F, Soltani N, Najafi F, Nejad Satari T. Analysis of physiologic characteristics of green algae for biodiesel production. J Plant environ physio 2019; 14(53): 30-46 (Persian).
60. Kadiri M, Ahmadian R, Bockelmann-Evans B, Rauen W, Falconer R. A review of the potential water quality impacts of tidal renewable energy systems. Renew Sustain Energy Rev 2012; 16(1): 329-341 (Persian).
61. Dager B, Kumar A, Singh Sharma R. Exploring the effects of pilot injection timing and natural gas flow rates on the performance of twin-cylinder compression ignition engine. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. 2022; 44(2): 2730-2747.
62. Attfield PV, Bell PJ, Grobler AS. Reducing Carbon Intensity of Food and Fuel Production Whilst Lowering Land-Use Impacts of Biofuels. Fermentation 2023; 9(7): 633.
63. Hamid A, Fatah M, Priambodo TH, Wijaya SD. Utilization of Black Sticky Rice for Bioethanol Production as Gasoline Fuel Blends for Motorcycles. Rekayasa Mesin 2022; 13(2): 619-627.
64. Abdul Hamid ZA, Abdull Razis AF. Wood Waste as a Renewable Energy Source: Effect of Pretreatment Technology for Sustainable Bioethanol Production. Wood Waste Manag Prod 2023; 45-58.
65. da Costa RBR, Roque L, de Souza T, Coronado C, Pinto G, Cintra A, et al. Experimental assessment of renewable diesel fuels (HVO/Farnesane) and bioethanol on dual-fuel mode. Enrgy Conv Manag 2022; 258: 115554.
66. Mwangi JK, Lee W-J, Chang Y-C, Chen C-Y, Wang L-C. An overview: Energy saving and pollution reduction by using green fuel blends in diesel engines. Apld Enrgy 2015; 159(C): 214-236.
67. Dey S, Reang NM, Das PK, Deb M. A comprehensive study on prospects of economy, environment, and efficiency of palm oil biodiesel as a renewable fuel. J Clner Prod 2020; 286: 124981.
68. Alsultan AG, Asikin Mijan N, Mansir N, Razali SZ, Yunus R, Taufiq-Yap YH. Combustion and emission performance of CO/NOx/SOx for green diesel blends in a swirl burner. ACS omega 2020; 6(1): 408-415.
69. Soukup JV. Air Quality, GHG, and Human Health Impacts Associated with Fuel Cell Electric Technologies in Port Applications. UC Irvine 2019.
70. Neary DG. Impacts of Bio-Based Energy Generation Fuels on Water and Soil Resources. Enrgy Sys Environ 2018.
71. Gasparatos A, Doll CN, Esteban M, Ahmed A, Olang TA. Renewable energy and biodiversity: Implications for transitioning to a Green Economy. Renew Sustain Energy Rev 2017; 70: 161-184.
72. McHenry MP. Agricultural bio-char production, renewable energy generation and farm carbon sequestration in Western Australia: Certainty, uncertainty and risk. Agri Ecosys Environ 2009; 129(1): 1-7.
73. Dale VH, Kline KL, Wiens J, Fargione J. Biofuels: implications for land use and biodiversity. Biofuels Sustain Rep: ESA 2010.
74. Bonin C, Lal R, Schmitz M, Wullschleger S. Soil physical and hydrological properties under three biofuel crops in Ohio. Acta Agriculturae Scandinavica 2012; 62(7): 595-603.
75. Stalin V, Raja Rajan K, Chandru S, Hemakumar J, editors. Studies on Soil Heating Using Renewable Solar Energy. Proceedings of the

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

Indian Geotechnical Conference;2019. Springer; 2021.

76. Mohideen MM, Subramanian B, Sun J, Ge J, Guo H, Radhamani AV, et al. Techno-economic analysis of different shades of renewable and non-renewable energy-based hydrogen for fuel cell electric vehicles. Renew Sustain Energy Rev 2023; 174: 113153.
77. Hussain F, Shah SZ, Ahmad H, Abubshait SA, Abubshait HA, Laref A, et al. Microalgae an ecofriendly and sustainable wastewater treatment option: Biomass application in biofuel and bio-fertilizer production. Renew Sustain Energy Rev 2021; 137: 110603.
78. Hennecke AM, Faist M, Reinhardt J, Junquera V, Neeft J, Fehrenbach H. Biofuel greenhouse gas calculations under the European Renewable Energy Directive–A comparison of the BioGrace tool vs. the tool of the Roundtable on Sustainable Biofuels. Apld Enrgy 2013; 102: 55-62.
79. Spiertz J, Ewert F. Crop production and resource use to meet the growing demand for food, feed and fuel: opportunities and constraints. NJAS: Wageningen J Life Sci 2009; 56(4): 281-300.
80. Bamière L, Bellassen V. Review of the impacts on greenhouse gas emissions of land-use changes induced by non-food biomass production. Sustain Agri Rev 2018: 149-181.
81. Jeswani HK, Chilvers A, Azapagic A. Environmental sustainability of biofuels: a review. Proc Math Phys Eng Sci 2020; 476(2243): 20200351.
82. Rowell D, Wild A. Causes of soil acidification: a summary. Soil Use Manag 2007; 1(1): 32-33.
83. Ansari AA. Eutrophication: threat to aquatic ecosystems. Eutrophication: causes, consequences and control. Ansari AA, Gill SS, Khan FA. NewYork: Springer; 2010. p. 143-70.
84. Hein L, Leemans R. The impact of first-generation biofuels on the depletion of the global phosphorus reserve. Ambio 2012; 41: 341-349.
85. Liu X, Kwon H, Northrup D, Wang M. Shifting agricultural practices to produce sustainable, low carbon intensity feedstocks for biofuel production. Environ Res Lttrs 2020; 15(8): 084014.
86. Rajagopal D, Zilberman D. Environmental, economic and policy aspects of biofuels. Found Trnds Microeco 2008; 4(5): 353-468.
87. Koh LP, Ghazoul J. Biofuels, biodiversity, and people: understanding the conflicts and finding opportunities. Biolog conserv 2008; 141(10): 2450-2460.
88. Nass LL, Pereira PAA, Ellis D. Biofuels in Brazil: an overview. Crop sci 2007; 47(6): 2228-2237.
89. Castineiras-Filho SLP, Pradelle F. Modeling of microalgal biodiesel production integrated to a sugarcane ethanol plant: Energy and exergy efficiencies and environmental impacts due to trade-offs in the usage of bagasse in the Brazilian context. J Clner Prod 2023; 395(3): 136461.
90. Hu J, Harmsen R, Crijns-Graus W, Worrell E. Barriers to investment in utility-scale variable renewable electricity (VRE) generation projects. Renew Energy 2018; 121: 730-44.
91. Schlag N, Zuzarte F. Market barriers to clean cooking fuels in sub-Saharan Africa: a review of literature 2008.
92. Tirado M, Cohen M, Aberman N, Meerman J, Thompson B. Addressing the challenges of climate change and biofuel production for food and nutrition security. Food Res Int 2010; 43(7): 1729-1744.
93. Lee D-H. Algal biodiesel economy and competition among bio-fuels. Bioresour

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

Technol 2011; 102(1): 43-49.

94. Gheewala SH, Damen B, Shi X. Biofuels: economic, environmental and social benefits and costs for developing countries in Asia. Wiley Interdisc Rev: Climate Change 2013; 4(6): 497-511.
95. Azad AK, Rasul MG, Khan MMK, Sharma SC, Bhuiya MMK, Mofijur M. A review on socio-economic aspects of sustainable biofuels. Int J Global Warming 2016; 10(1-3): 32-54.
96. Gonçalves AL, Pires JC, Simoes M. Green fuel production:processes applied to microalgae. Environ chem letters 2013; 11(4): 315-324.
97. Clauser NM, González G, Mendieta CM, Kruyeniski J, Area MC, Vallejos ME. Biomass waste as sustainable raw material for energy and fuels. Sustainability 2021; 13(2): 794.
98. Condon N, Klemick H, Wolverton A. Impacts of ethanol policy on corn prices: A review and meta-analysis of recent evidence. Food Policy 2013; 51: 63-73.
99. Valdivia M, Galan JL, Laffarga J, Ramos JL. Biofuels 2020: Biorefineries based on lignocellulosic materials. Microbial biotechnol 2016; 9(5): 585-594.
100. Kumar B, Verma P. Biomass-based biorefineries: An important architype towards a circular economy. Fuel 2020; 288: 119622.
101. Matsumoto N, Sano D, Elder M. Biofuel initiatives in Japan: strategies, policies, and future potential. Apld Energy 2009; 86: S69-S76.
102. Ayres RU, Ayres EH. Crossing the energy divide: moving from fossil fuel dependence to a clean-energy future. New Jersey: Pearson Prentice Hall; 2009.
103. George GE, Gicheru EN. Analysis of Green Energy Adoption on Household Development in Kenya: Case of Kibera Slums. J Energy Technol Polic 2016; 6(9): 33-44.
104. González AM, Sandoval H, Acosta P, Henao F. On the acceptance and sustainability of renewable energy projects—A systems thinking perspective. Sustainability 2016; 8(11): 1171.
105. Kariuki D. Barriers to renewable energy technologies development. Keele University 2018.
106. Safwat Kabel T, Bassim M. Reasons for shifting and barriers to renewable energy: A literature review. Int J Energy Econom Policy 2020; 10(2): 89-94.
107. Manzour D, Niakan L. Renewable Energy Development in Iran: Barriers and Strategies. Iran J Energy 2012; 15(3): 1-15. (Persian).
108. Adewuyi A. Production of biodiesel from underutilized algae oil: prospects and current challenges encountered in developing countries. Biology 2022; 11(10): 1418.
109. Renzaho AM, Kamara JK, Toole M. Biofuel production and its impact on food security in low and middle income countries: Implications for the post-2015 sustainable development goals. Renew Sustain Energy Rev 2017; 78: 503-516.
110. Zentou H, Rosli NS, Wen CH, Abdul Azeez K, Gomes C. The viability of biofuels in developing countries: Successes, failures, and challenges. Iran J Chemist Chemic Engin 2019; 38(4): 173-182.
111. Kiptoo D, Waswa S, Kagendo NM. Factors Influencing Biofuel Production in Western Kenya. Int J Life Sci Agri Res 2023; 2(7): 181-192.
112. Hsiao R-L. Technology fears: distrust and cultural persistence in electronic marketplace adoption. J Strateg Info Sys 2003; 12(3): 169-199.
113. Pourkiaei M, Pourfayaz F, Shirmohamadi R,

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]

Moosavi S, Khalilpoor N. Potential, current status, and applications of renewable energy in energy sector of Iran: A review. Renew Energy Res Applic 2021; 2(1): 25-49.

114. Norouzi M, Yeganeh M, Yusaf T. Landscape framework for the exploitation of renewable energy resources and potentials in urban scale (case study: Iran). Renew energy 2021; 163: 300-319.

115. Ghobadian B, Najafi G, Rahimi H, Yusaf T. Future of renewable energies in Iran. Renew sustain energy rev 2009; 13(3): 689-695.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2025-07-28]