بسم الله الرحمن الرحیم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای **سعید سحرخیز** پایان نامه ٦ واحدی خود را با عنوان **بررسی تولید اتانول با استفاده از سوبسترای جدید با روش های تخمیر حالت جامد و غوطه ور** در تاریخ ۱۳۹۰/٦/۲۷ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - بیوتکنولوژی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر سید عباس شجاع السادات	استاد	
استاد مشاور	دکتر ابراهیم واشقانی فراهانی	استاد	
استاد ناظر	دکتر سید محمد موسوی بفرویی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر پریسا حجازی	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر سید محمد موسوی بفرویی	استادیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما:

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی

سعید سحرخیز

امضاء

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی است که در سال ۱۳۹۰ در دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی دکتر سید عباس شجاع السادااتی و مشاوره جناب آقای دکتر ابراهیم واشقانی فراهانی از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند، به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب سعید سحرخیز دانشجوی رشته مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:
سعید سحرخیز
تاریخ و امضا:
۹۰/۷/۱۷

دانشکده مهندسی شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی

بررسی تولید اتانول با استفاده از سوبسترای جدید با روش تخمیر حالت جامد و غوطه‌ور

نگارنده:

سعید سحرخیز

استاد راهنما:

دکتر سید عباس شجاع الساداتی

استاد مشاور:

دکتر ابراهیم واشقانی فراهانی

شهریور ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر و مادرم که بدون حمایت آن‌ها نوشتن این اثر ممکن نبود و هرگز نخواهم توانست زحمات بیدریغشان را جبران کنم.

همسر گرامیم و خانواده محترم او که با صبر و بردباری و فرهنگی علم‌جو و صفایی بی‌وصف، مرا در راه رسیدن به مرتبه‌ای از زندگیم دلگرمی و یاری دادند.

تشکر و سپاس

حمد و سپاس خدای را که اول آموزگار جهانیان است و پس از خود این ودیعه الهی را در صدف جان آدمی به امانت قرار داد و او را به کنکاش و جستجو در آفرینش واداشت. خدایی که در زندگی مرا به خود رها نکرد و صراط علم را پیش پایم گشود، سلامتی جانم داد تا قدرتی باشد برای تحصیل علم و روانی سالم عطا فرمود تا نشانه‌های قدرت او را دریابم و راهنمائیم نمود تا راه راست را از بیراهه تشخیص دهم.

بسیار شایسته است تا در همین آغازین صفحات، تشکر و قدردانی خالصانه خود را از همه اساتید و معلمانم که از ابتدای تحصیل تاکنون خوشه‌چین خرمن دانش آنها بوده‌ام، ابراز دارم. خصوصا لازم است از استاد ارجمند جناب آقای دکتر سید عباس شجاع‌الساداتی که زحمت راهنمایی این پایان‌نامه را تقبل فرمودند و راهنمائی‌های دقیق و انتقادهای صحیح خود را صرف هدایت عالمانه پژوهش حاضر نمودند سپاسگزاری نمایم.

از استاد محترم جناب آقای دکتر ابراهیم واشقانی فراهانی که زحمت مشاوره این پایان‌نامه را بر عهده داشتند کمال تشکر را دارم. همچنین از اساتید محترم جناب آقای دکتر سید محمد موسوی و سرکار خانم سمیره هاشمی نجف‌آبادی که در این دوره از تحصیل همواره راهنمائی‌ها و تشویق‌هایشان را از ما دریغ نکردند کمال تشکر و سپاس را داریم.

همچنین از تمامی دوستان خوبم در آزمایشگاه بیوتکنولوژی به ویژه آقای داوود مظاهری به سبب کمک‌های بی‌دریغشان تشکر می‌نمایم.

چکیده

هدف اصلی این پژوهش تولید اتانول از میوه گیاه کروب، به عنوان یک سوخت زیست محیطی و پاک است. کروب گیاهی است مقاوم به خشکی و کم آبی، و میوه آن به دلیل درصد بالای قند (۴۸-۵۶)،گزینه مناسبی برای تولید اتانول است. سنتز زیستی اتانول توسط باکتری *زیموموناس موبیلیس* و مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* به دو روش تخمیر حالت جامد و تخمیر غوطه‌ور با استفاده از میوه گیاه کروب به عنوان گوهرمایه انجام شد. در هر دو روش تخمیر دمای محیط ۳۰°C و با pH ۵-۵.۵ انجام شد. به منظور بهینه‌سازی تولید اتانول در روش تخمیر حالت جامد، غربال‌گری متغیرها به روش پلاکت برمن انجام شد. پس از مشخص شدن متغیرهای مناسب به دلیل تکرار ناپذیری نتایج آزمایش‌ها، بهینه سازی به نتیجه مطلوب نرسید.

در روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد تاثیر چهار متغیر وزن خشک کروب مورد استفاده، دور همزن، میزان مایه تلقیح و زمان بر میزان اتانول تولیدی توسط باکتری و مخمر مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله اول، تخمیر توسط باکتری *زیموموناس موبیلیس* انجام شد و شرایط بهینه بدین صورت به دست آمد: میزان تلقیح ۵% حجم محیط کشت، مقدار کروب ۹ گرم، دور همزن صفر و زمان ۴۰ ساعت. در این شرایط مقدار ۰/۴۲ گرم اتانول از هر گرم قند موجود در گوهرمایه بدست آمد.

در مرحله دوم، تخمیر توسط مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* انجام شد و مقدار ۰/۴ گرم اتانول از هر گرم قند موجود در گوهرمایه در شرایط بهینه بدست آمد. شرایط بهینه عبارت بود از: میزان تلقیح ۲/۹% حجم محیط کشت، مقدار کروب ۹ گرم (در ۵۰mL محیط کشت)، دور همزن ۹۵ دور بر دقیقه و زمان ۴۲ ساعت.

با افزایش میزان گوهرمایه تا ۱۸گرم برای باکتری و ۲۲ گرم (در ۵۰mL محیط کشت) برای مخمر افزایش تولید اتانول مشاهده شد و مقاومت مخمر به افزایش قند نسبت به باکتری بیشتر بود. با افزایش میزان تلقیح تا ۳-۵% بازدهی افزایش و در ادامه ثابت ماند. با افزایش دور همزن شاهد کاهش بازدهی بوده که ناشی از افزایش سطح تماس با هوا و تغییر مسیر باکتری از تولید اتانول به تولید سلول بیشتر (مسیر هوازی) بود. زمان بهینه برای مخمر نسبت به باکتری مقداری بیشتر است که به دلیل تفاوت ساختاری ریزسازواره‌ها است. نتایج نشان می‌دهد که باکتری *زیموموناس موبیلیس* می‌تواند به عنوان یک ریزسازاره قابل رقابت با مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* باشد. میوه گیاه کروب نیز در تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد، بدون نیاز به مرحله استخراج قند، از بازدهی بالایی برای تولید اتانول برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: اتانول، تخمیر حالت جامد، تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد، *زیموموناس موبیلیس*، *ساکارومایسس سرویزیه*

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱ مقدمه ۱

۱-۱. پیش‌گفتار ۲

۱-۲. منابع تولید اتانول ۴

۱-۳. کاربردهای اتانول ۴

۱-۴. روش‌های تولید اتانول ۵

۱-۴-۱. تولید اتانول به روش سنتزی ۵

۱-۴-۲. تولید اتانول به روش تخمیر ۶

۱-۴-۲-۱. تولید اتانول از مواد قندی ۷

۱-۴-۲-۲. تولید اتانول از مواد نشاسته‌ای ۷

۱-۴-۲-۲-۱. هیدرولیز نشاسته ۷

۱-۴-۲-۲-۲. کاساوا ۸

۱-۴-۲-۳. مواد لیگنوسلولزی ۹

۱-۴-۲-۳-۱. پیش تیمار مواد خام لیگنوسلولزی ۱۰

۱-۴-۲-۳-۱-۱. روش‌های فیزیکی ۱۱

۱-۴-۲-۳-۱-۲. روش‌های فیزیکوشیمیایی ۱۱

۱-۴-۲-۳-۱-۳. روش‌های شیمیایی ۱۱

۱-۴-۲-۳-۱-۴. روش‌های زیستی ۱۱

۱-۴-۲-۳-۱-۵. هیدرولیز سلولز ۱۲

۱-۵. کاربرد فرایند SSF در تولید اتانول ۱۲

۱-۶. بررسی تولید اتانول در ایران ۱۴

۱-۷. کروب ۱۵
۱-۸. فرایند تخمیر الکلی ۱۷
۱-۹. *زیموموناس موبیلیس* ۱۸
۱-۱۰. تخمیر حالت جامد ۱۹
۱-۱۰-۱. تاریخچه ۲۱
۱-۱۰-۲. انواع فرآیندهای تخمیر ۲۴
۱-۱۰-۳. مقایسه فرآیند SSF با سایر فرآیندهای تخمیر ۲۴
۱-۱۰-۴. ویژگی‌های تخمیر حالت جامد ۲۶
۱-۱۰-۵. مزایای SSF ۲۶
۱-۱۰-۶. معایب فرآیند SSF ۲۷
۱-۱۰-۷. مراحل سامانه SSF ۲۸
۱-۱۰-۸. کاربردهای تخمیر حالت جامد ۲۹
۱-۱۰-۸-۱. تولید اسیدهای آلی به روش SSF ۲۹
۱-۱۰-۸-۲. تولید آنزیم‌های صنعتی به روش SSF ۲۹
۱-۱۰-۸-۳. متابولیت‌های ثانویه ۲۹
۱-۱۰-۸-۴. سوخت‌های زیستی ۲۹
۱-۱۰-۸-۵. کاربرد SSF در زیست پاکسازی و محیط زیست ۳۰
۱-۱۰-۹. گوهرمایه‌های مورد استفاده در SSF ۳۱
۱-۱۰-۹-۱. لیگنوسلولز ۳۳
۱-۱۰-۹-۲. نشاسته ۳۴
۱-۱۰-۱۰. عوامل محیطی در SSF ۳۴
۱-۱۰-۱۰-۱. روش‌های کنترل رطوبت ۳۵

۱-۱۰-۱۰-۲. روش‌های کنترل دما در SSF ۳۵
۱-۱۰-۱۰-۳. هوادهی و هم‌زدن ۳۶
۱-۱۰-۱۱. بیوراکتورهای صنعتی مورد استفاده در SSF ۳۶
۱-۱۱. طراحی آزمایش ۳۷
۱-۱۱-۱. روش پلاکت-برمن ۳۹
۱-۱۱-۲. روش سطح پاسخ ۳۹
۱-۱۲. ضرورت اجرای تحقیق ۴۰
فصل ۲مواد و روش‌ها ۴۱
۲-۱. مواد ۴۲
۲-۲. دستگاه‌های مورد استفاده ۴۳
۲-۳. روش‌ها ۴۳
۲-۳-۱. روش آماده‌سازی گوهر مایه ۴۳
۲-۳-۲. تهیه مایه تلقیح ۴۳
۲-۳-۲-۱. نگهداری و کشت باکتری ۴۳
۲-۳-۲-۲. محیط کشت مخمر ۴۴
۲-۳-۳. طراحی آزمایش به روش پلاکت برمن ۴۴
۲-۳-۴. بررسی نسبت پودر کروب به سبوس ۴۶
۲-۳-۵. روش آماده سازی محیط کشت برای تولید اتانول به روش تخمیر حالت جامد توسط باکتری *زیمومونا‌س موبیلیس* ۴۶
۲-۳-۶. طراحی آزمایش به کمک روش سطح پاسخ ۴۷
۲-۳-۶-۱. تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد با باکتری *زیمومونا‌س موبیلیس* ۴۷
۲-۳-۶-۲. تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد با مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* ۴۹

۲-۳-۷. اندازه‌گیری الکل ۵۱
۲-۳-۸. اندازه‌گیری قند ۵۲
۲-۳-۹. شمارش سلولی برای کنترل حجم تلقیح ۵۴
فصل ۳ نتایج و بحث ۵۵
۳-۱. منحنی رشد *زیموموناس موبیلیس* ۵۶
۳-۲. تولید اتانول به روش تخمیر حالت جامد ۵۶
۳-۳. تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد توسط باکتری *زیموموناس موبیلیس* .. ۵۸
۳-۳-۱. اثر مقدار کروب بر تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۱
۳-۳-۲. اثر مقدار مایه تلقیح بر تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۲
۳-۳-۳. اثر زمان کشت بر تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۲
۳-۳-۴. اثر هم‌زدن بر تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۳
۳-۳-۵. بهینه‌سازی تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۴
۳-۳-۶. بهره‌دهی تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۴
۳-۴. نتایج طراحی آزمایش به کمک روش سطح پاسخ برای تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۴
۳-۴-۱. اثر مقدار کروب بر تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۸
۳-۴-۲. اثر مقدار مایه تلقیح بر تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۹
۳-۴-۳. اثر زمان کشت بر تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۹
۳-۴-۴. اثر هم‌زدن بر تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۹
۳-۴-۵. بهینه‌سازی تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۷۰
۳-۴-۶. بهره‌دهی تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۷۱
۳-۵. مقایسه‌ای بین نتایج به دست آمده ۷۲

۴-۱. نتیجه‌گیری ۷۲
۴-۲. پیشنهادها برای پژوهش‌های آتی ۷۲
پیوست ۷۳
مراجع ۷۳
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۸۰
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۸۱

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱برنامه‌های برخی کشورها در استفاده از اتانول به عنوان افزودنی به بنزین ۳
جدول ۱-۲ برخی از فرایندهای تولید اتانول از ملاس نیشکر ۷
جدول ۱-۳ مقایسه بین افزایش عدد اکتان با افزودن MTBE و اتانول ۱۵
جدول ۱-۴ ترکیبات قندی میوه کروب ۱۶
جدول ۱-۵ بهره‌وری اتانول از مواد اولیه مختلف ۱۶
جدول ۱-۶ تاریخچه فرآیند SSF ۲۲
جدول ۱-۷ مقایسه فرآیندهای SSF وSmF ۲۵
جدول ۲-۱ مواد به کار رفته در آزمایش‌ها ۴۲
جدول ۲-۲ مواد شیمیایی محیط کشت *زیموموناس موبیلیس* ۴۴
جدول ۲-۳ مواد شیمیایی محیط کشت *ساکارومایسس سرویزیه* ۴۴
جدول ۲-۴ طراحی آزمایش به کمک پلاکت برمن برای تولید اتانول به روش تخمیر حالت جامد توسط باکتری *زیموموناس موبیلیس* ۴۵
جدول ۲-۵ عوامل مورد بررسی و سطوح آن‌ها در طراحی CCD آزمایش های تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد توسط باکتری *زیموموناس* ۴۷
جدول ۲-۶ جدول طراحی آزمایش‌ها برای بررسی اثر عوامل موثر بر تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد توسط باکتری *زیموموناس موبیلیس* ۴۸
جدول ۲-۷ عوامل مورد بررسی و سطوح آن ها در طراحی CCD آزمایش‌های تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد توسط مخمر *ساکارومایسس* ۴۹
جدول ۲-۸ جدول طراحی آزمایش‌ها برای بررسی اثر عوامل موثر بر تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد توسط مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* ۵۰
جدول ۲-۹ مواد شیمیایی جهت سنجش اتانول ۵۱
جدول ۲-۱۰ مواد شیمیایی جهت سنجش قند ۵۳
جدول ۳-۱ نتایج طراحی آزمایش پلاکت- برمن ۵۷
جدول ۳-۲ نتایج تحلیل واریانس طراحی پلاکت برمن ۵۸
جدول ۳-۳ نتایج به دست آمده از آزمایش‌های مربوط به طراحی RSM برای تولید اتانول توسط باکتری *زیموموناس موبیلیس* به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه ۵۹
جدول ۳-۴ نتایج به دست آمده از آزمایش‌های مربوط به طراحی RSM برای تولید اتانول توسط باکتری *زیموموناس موبیلیس* به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۱

جدول ۳-۵ شرایط بهینه برای تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد توسط باکتری *زیمومونَاس موبیلیس* ۶۴
جدول ۳-۶ نتایج طراحی آزمایش برای تولید اتانول توسط مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۵
جدول ۳-۷ نتایج تحلیل واریانس برای تولید اتانول توسط مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۷
جدول ۳-۸ شرایط بهینه برای تولید اتانول به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد توسط مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* ۷۰
جدول ۳-۸ نتایج به دست آمده از میوه کروب ۷۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ روند تولید جهانی اتیل الکل (میلیون لیتر) ۳
شکل ۱-۲ مسیر تولید اتانول ۱۸
شکل ۲-۱ منحنی استاندارد اندازه‌گیری غلظت اتانول ۵۲
شکل ۲-۲ منحنی کالیبراسیون قندهای قابل احیا ۵۳
شکل ۳-۱ منحنی رشد *زیموموناس موبیلیس* ۵۶
شکل ۳-۲ نمودار مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده برای برای تولید اتانول توسط باکتری *زیموموناس* به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۰
شکل ۳-۳ تاثیر درصد مایه تلقیح و مقدار کروب بر اتانول تولیدی به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد توسط باکتری *زیموموناس موبیلیس*، **C**: دور = (rpm) ۵۰، **D**: زمان = (h) ۴۵. ۶۲
شکل ۳-۴ تاثیر دور همزن و مدت زمان بر اتانول تولیدی به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد توسط باکتری *زیموموناس موبیلیس*، **A**: مایه تلقیح = (%) ۵، **B**: مقدار کروب = (g) ۱۵/۴. ۶۳
شکل ۳-۵ نمودار مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده برای برای تولید اتانول توسط مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد ۶۶
شکل ۳-۶ تاثیر درصد مایه تلقیح و مقدار کروب بر اتانول تولیدی به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد توسط مخمر *ساکارومایسس سرویزیه*، **C**: دور = (rpm) ۵۰، **D**: زمان = (h) ۴۵. ۶۸
شکل ۳-۴ تاثیر دور همزن و مدت زمان بر اتانول تولیدی به روش تخمیر غوطه‌ور گوهرمایه جامد توسط مخمر *ساکارومایسس سرویزیه*، **A**: مایه تلقیح = (%) ۴، **B**: مقدار کروب = (g) ۱۵/۵. ۶۹

فصل ۱

مقدمه

۱-۱. پیش‌گفتار

امروزه جهان با کمبود منابع انرژی روبرو است. در حال حاضر سوخت‌های فسیلی تجدیدناپذیر به عنوان مهمترین منبع انرژی جهان در حال کاهش اند. از سوی دیگر با رشد صنعتی کشورها، مصرف انرژی رو به افزایش است. بطوریکه قیمت نفت در جهان تحت تاثیر مسایل مختلفی از جمله مسایل سیاسی در حال نوسان است و باعث بی‌ثباتی اقتصاد جهانی می‌شود. علاوه بر آن مصرف سوخت‌های فسیلی منجر به آلودگی هوا و محیط زیست نیز می‌شود [۲,۱].

در چند دهه اخیر مطالعات زیادی پیرامون سوخت‌های تجدید پذیر و غیر آلاینده از جمله اتانول صورت گرفته است. کشورهای آمریکا، برزیل و اتحادیه اروپا در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای را انجام می‌دهند. اتانول که به آن سوخت سبز نیز گفته می‌شود به دلیل بالا بودن عدد اکتان می‌تواند هم به تنهایی و هم در ترکیب با دیگر سوخت‌ها در وسایط نقلیه بکار رود [۳].

با توجه به کاهش منابع سوخت فسیلی، نیاز به منابع انرژی که تجدیدپذیر، موثر، دارای قیمت مناسب و بدون آلودگی باشند احساس می‌شود. تبدیل توده زیستی به سوخت‌های زیستی یکی از گزینه‌های تولید انرژی و کاهش آلودگی گازها، به ویژه دی‌اکسیدکربن است. سوخت‌های زیستی از موادی مثل محصولات کشاورزی و ضایعات لیگنوسلولزی تولید می‌شوند و مصرف آنها در اتومبیل منجر به تولید گازهای آلوده کننده تولید نمی‌شود[۲,۱].

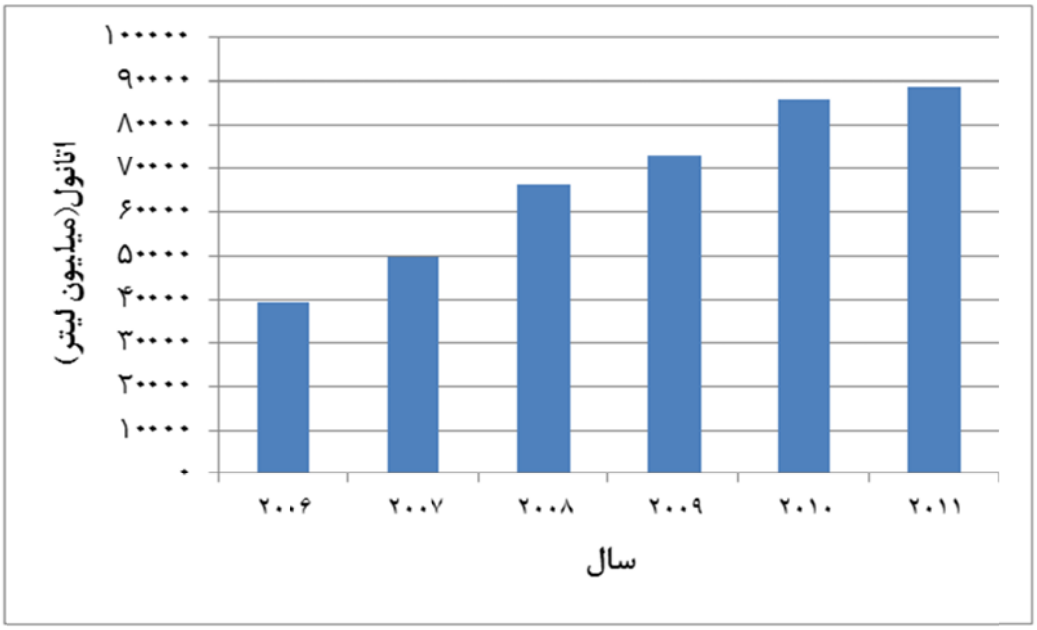
اتانول به عنوان یکی از مهم‌ترین سوخت‌های زیستی به عنوان سوخت و افزودنی به بنزین قابل استفاده است. اتانول مقدار اکسیژن زیادی دارد در نتیجه میزان افزودنی مورد نیاز کاهش می‌یابد. مقدار بیشتر اکسیژن باعث اکسیداسیون بهتر سوخت‌های هیدروکربنی و در نتیجه CO کمتری تولید می‌شود. به عنوان ماده افزودنی در مقایسه با MTBE[1]، اتانول عدد اکتان بالاتری دارد، سمی نیست و منابع آبی را آلوده نمی‌کند، ولی تولید اتانول گران‌تر از MTBE است [۴].

تعدادی از کشورها در حال حاضر از اتانول به عنوان افزودنی به بنزین استفاده می‌کنند (جدول۱-۱). کشورها برای کاهش واردات نفت و بهبود اقتصاد مناطق روستایی و کاهش آلودگی هوا به دنبال تولید اتانول هستند. در سال ۲۰۱۱ تولید جهانی اتانول ۸۸۷۱۹ میلیون لیتر بوده (شکل ۱-۱). بطور متوسط ۷۳ درصد اتانول تولیدی جهان به عنوان سوخت، ۱۰ درصد برای مصارف صنعتی و ۱۷ درصد برای سایر مصارف استفاده می‌شود [۵].

[1] Methyl Tertiary Butyl Ether

جدول ۱-۱- برنامه برخی کشورها در استفاده از اتانول به عنوان افزودنی به بنزین [۵]

کشور	گوهرمایه[1]	درصد اتانول مخلوط با بنزین (v/v)
برزیل	نیشکر	۲۴
آمریکا	ذرت	۱۰
کانادا	ذرت،گندم	۱۰-۷/۵
کلمبیا	نیشکر	۱۰
سوئد	گندم	۵
هند	نیشکر	۵
تایلند	کاساوا[2]، نیشکر، برنج	۷



شکل۱-۱- روند تولید جهانی اتیل الکل (میلیون لیتر) [۶]

کاربرد اتانول زیستی در مقیاس وسیع به عنوان یک سوخت در وسایط نقلیه باعث کاهش میزان انتشار CO_2 و سایر آلاینده‌ها نظیر SO_x و NO_x می‌شود. در چند دهه گذشته، تولید اتانول با استفاده از فرایند زیستی مورد

[1] Substrate
[2] Cassava

توجه قرار گرفته است. ریزسازواره‌های مختلف شامل: مخمرهای شناخته شده از قبیل *ساکارومایسس سرویزیه*[1]، *باکتری زیموموناس موبیلیس*[2] *وکلستریدیوم*[3]، کاندیدای مناسبی برای تولید اتانول هستند [۷].

۱-۲. منابع تولید اتانول

بیش از ۹۳ درصد از اتانول تولیدی جهان، با استفاده از روش تخمیر حاصل می‌شود. مواد اولیه مورد استفاده از منابع مختلفی نظیر: مواد نشاسته‌ای، قندی، کشاورزی، پساب‌های صنعتی و منابع لیگنوسلولزی به دست می‌آید. هزینه تولید اتانول، به قیمت مواد اولیه، قیمت تحویل آن به بخش فرایند و همچنین ترکیب مواد اولیه بستگی دارد. بنابراین، موفقیت در تولید اتانول و رقابت آن با بنزین به موقعیت جغرافیایی منطقه، نوع آب و هوا، روش تولید، خواص محصولات کشاورزی و نوع ضایعات آنها بستگی دارد.

در حقیقت، سامانه‌ای که بر اساس هزینه پایین مواد اولیه، دسترسی آسان به مواد اولیه و استفاده از محصولات جانبی تأسیس شده باشد، توجیه اقتصادی خواهد داشت [۸].

۱-۳. کاربردهای اتانول

افزایش جمعیت و توسعه استانداردهای زندگی، رابطه‌ای مستقیم با مصرف انرژی و سوخت در منازل و خودروها دارد. انسان‌ها همواره به آب و هوای پاک، سوخت تمیز و مواد قابل بازیافت و تجزیه شونده نیاز دارند. به همین علت، بشر ناخواسته به سوی استفاده از سوخت پاک هدایت می‌شود. در این میان، اتانول به عنوان منبع انرژی تمیز و قابل اطمینان برای حفظ محیط زیست است [۱۰].

اتانول با توجه به خواص شیمیایی و فیزیکی خود، موارد استفاده متعددی دارد که از جمله آنها می‌توان استفاده به عنوان حلال، سوخت و ماده اولیه تولید ETBE به عنوان جایگزین MTBE در بنزین را نام برد. همچنین در حال حاضر MTBE سرطانزا بوده و مصرف آن رفته رفته متوقف می‌شود [۹].

در حال حاضر، سه راه برای استفاده از اتانول به عنوان سوخت وجود دارد:

۱. اتانول به صورت مخلوط با بنزین به صورت (E-10)، (E-85)؛
۲. تولید ETBE به عنوان افزایش دهنده عدد اکتان؛
۳. اتانول به صورت خالص به عنوان سوخت.

---

[1] *Cerevisiae Saccharomyce*
[2] *Zymomonas Mobilis*
[3] *Clostridium*