



دانشگاه کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد  
مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

عنوان:

طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه روغن‌کشی کرچک به منظور  
تولید بیودیزل

نگارش:

محمد صفی‌الدین اردبیلی

استاد راهنما:

دکتر برات قبادیان

استاد مشاور:

دکتر تیمور توکلی هاشجین






این پایان نامه با حمایت مالی شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران اجرا شده است.

تابستان ۱۳۸۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## تایید اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیأت داوران نسخه نهائی پایان نامه خانم / آقای محمد صفی الدین اردبیلی تحت عنوان « طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه روغنکشی کرچک به منظور تولید بیودیزل» را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد پیشنهاد می کنند.

امضاء	رتبه ی علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیأت داوران
	دانشیار	دکتر برات قبادیان	۱- استاد راهنما
	استاد	دکتر تیمور توکلی هشجین	۲- استاد مشاور
	دانشیار	دکتر سعید مینائی	۳- نماینده تحصیلات تکمیلی
	استاد	دکتر غلامحسین نجفی	۴- اساتید ناظر: ۱- داخلی
	دانشیار	دکتر علی جعفری	۲- خارجی

بسمه تعالی

## آیین نامه چاپ پایان نامه (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 می شوند:

ماده ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به « دفتر نشر آثار علمی» 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 کشاورزی- مکانیک ماشینهای کشاورزی است که در سال ۱۳۸۹ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی آقای دکتر برات قبادیان و مشاوره آقای دکتر تیمور توکلی هاشجین از آن دفاع شده است.»

ماده ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

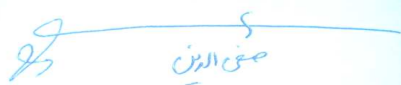
ماده ۴ در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

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

ماده ۶ اینجانب محمد صفی الدین اردبیلی دانشجوی رشته مهندسی کشاورزی- مکانیک ماشین های کشاورزی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: محمد صفی الدین اردبیلی

تاریخ و امضا: ۱۳۸۹/۶/۳۰



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

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری 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 هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آن‌ها متعلق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدیدآورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می‌باشد.

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

ماده ۳- انتشار کتاب و یا نرم‌افزار و یا آثار ویژه حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

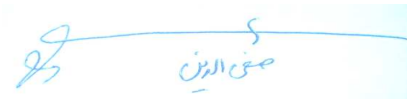
ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳

در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

اینجانب **محمد صفی الدین اردبیلی** دانشجوی رشته مکانیک ماشین‌های کشاورزی ورودی سال ۱۳۸۶ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان‌نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق‌الذکر به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هرگونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهی نمود و بدینوسیله حق هرگونه اعتراضی را از خود صلب نمودم.

امضا:



تاریخ: ۱۳۸۹/۶/۳۰

تقدیم به

پدر بزرگوارم

که صداقت و سادگی زیستی را از او آموختم

مادر عزیزم

که در سایه محبتش آسوده زیتتم

خواهرانم

که مشوق من در این راه بوده اند.

## مشکر و قدردانی

در ابتدا از پروردگار متعال که تمام دست آوردهایم را در طی دوران تحصیل حاصل لطف و کرم او می دانم، مشکر و عاجزانه خواستار استمرار محبت بی پایان آن خالق یکتا می باشم. اکنون که در میان دوره کارشناسی ارشد می باشم، بر خود لازم می دانم که از جناب آقای دکتر برات قبادیان استاد راهنمای ارجمندم که علاوه بر راهنمایی این پایان نامه همچون پدری دلسوز مراقب و نمودن کمال مشکر را داشته و از جناب آقای دکتر تیمور توکلی، بهنجین استاد مشاورم که زحمات اصلاح و مشاوره پایان نامه را بر عهده داشتند، مشکر و قدردانی می کنم. از جناب آقایان دکتر غلامحسن نجفی و دکتر علی جعفری به عنوان اساتید ممتحن، زحمات مطالعه پایان نامه اینجانب را بر خود به شمار کردند و بهنجین از اساتید گروه جناب آقای دکتر محمد هادی خوش تافتنا و دکتر سعید مینایی، کمال مشکر را دارم.

از جناب آقایان مهندس رضایی کیا کارشناس محترم گروه، جناب آقای مهندس احمد عباس زاده، محمد کاظمی، جمشید ملکی، علی زینوزی، محمد هادی موصدرزاد، مهدی فیض ال نژاد و محمد قلباز بدلیل همکاری و کمک ایشان در انجام تحقیق حاضر مراتب قدردانی خود را اعلام می کنم.

در ضمن از تمام اساتید خود در دانشگاه ایلام (جناب آقایان دکتر علی فدوی، دکتر عادل حسین پور، دکتر احمد کوچک زاده، مهندس محسن آزادبخت و مهندس نواب کاظمی) مراتب قدردانی خود را اعلام می دارم.

مراتب مشکر خود را از دوستان گرامی خود (جناب آقایان عباسیان، خزباوی، مصطفائی، رستمی) که به شماره مرا مورد لطف و عنایت بی دریغ خود قرار دادند و برای من همانند برادری دلسوز بودند، سپاسگزاری کنم.

”و من الله التوفیق“



## چکیده

در این تحقیق یک دستگاه روغن‌کشی به روش اکستروژن سرد برای استحصال روغن از کرچک طراحی و ساخته شد. دستگاه پس از ساخت، راه‌اندازی شده و آزمایش‌های مختلفی بر اساس پارامترهای قابل تغییر در روغن‌کشی انجام شد. طراحی دستگاه شامل قسمت‌های مختلف از قبیل: طراحی سیلندر، ماریچ و و طول بهینه ماریچ و سایر قطعه‌ها بود. برای طراحی دستگاه‌هایی نظیر پوست‌گیر و فرآوری دانه کرچک اطلاعاتی در زمینه خواص فیزیکی و مکانیکی دانه مورد نیاز بود. در این تحقیق خواص فیزیکی، مکانیکی پنج رقم کرچک شامل ایزه، باغملک، دزفول، ارومیه و شوشتر مورد مطالعه قرار گرفت. دستگاه ساخته شده در ۴ سطح سرعت ماریچ (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ rpm) و چهار سطح دای (۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ mm) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که حداکثر راندمان دستگاه ۷۴ درصد بوده که در دور ماریچ ۸۰ rpm و قطر دای ۱۲ میلیمتر بدست آمد. نتایج حاصله نشان داد که افزایش قطر دای و افزایش دور تا ۸۰ rpm باعث افزایش درصد روغن استحصال می‌شود. با تغییر قطر دای و تغییر دور دستگاه می‌توان دستگاه روغن‌کشی را برای سایر دانه‌های روغنی نظیر سویا، کلزا و جاتروفا نیز به کار برد. از مزایای این دستگاه می‌توان به هزینه ساخت پایین و قابل استفاده بودن در مزارع و کارگاه‌های کوچک اشاره نمود. در این تحقیق سوخت بیودیزل ابتدا به روش ترانس استریفیکاسیون تولید شده سپس خصوصیات مهم آن با استاندارد ASTM-D-6751 مطابقت داده شد.

**کلمات کلیدی:** پرس پیچی، دای، دانه کرچک، خواص فیزیکی و مکانیکی، بیودیزل.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه و هدف .....
۱	۱-۱ مقدمه .....
۲	۲-۱ تعریف مساله .....
۴	۳-۱ اهداف تحقیق .....
۴	۴-۱ مراحل تحقیق .....
۵	فصل دوم: پیشینه پژوهش .....
۵	۱-۲ اهمیت اقتصادی روغن در ایران .....
۶	۲-۲ دانه روغنی کرچک .....
۶	۱-۲-۲ تاریخچه پیدایش دانه روغنی کرچک .....
۷	۲-۲-۲ میزان تولید و مصرف کرچک در جهان .....
۹	۳-۲-۲ گیاه‌شناسی کرچک .....
۱۰	۴-۲-۲ ترکیبات روغن کرچک .....
۱۰	۵-۲-۲ کنجاله کرچک .....
۱۱	۶-۲-۲ موارد استفاده روغن کرچک در صنعت .....
۱۲	۳-۲ روغن‌کشی از دانه‌های روغنی و روش‌های موجود .....
۱۷	۱-۳-۲ پرس کردن یا فشردن .....
۱۸	۲-۳-۲ پرس ناپیوسته .....
۲۰	۳-۳-۲ پرس پیوسته .....
۲۲	۴-۳-۲ استخراج روغن با استفاده از حلال .....
۲۵	۵-۳-۲ روغن‌کشی از کرچک .....
۲۶	۴-۲ بیودیزل .....
۲۹	۱-۴-۲ پیرولیز .....
۳۰	۲-۴-۲ میکروامولوسیون .....
۳۰	۳-۴-۲ ترانس استریفیکاسیون .....
۳۱	۱-۳-۴-۲ الکل .....

۳۲	۲-۳-۴-۲ واکنشگر
۳۲	۳-۳-۴-۲ روغن گیاهی
۳۳	۴-۳-۴-۲ واکنش ترانس استریفیکاسیون
۳۳	۵-۳-۴-۲ واکنش های جانبی
۳۴	۶-۳-۴-۲ گلیسرین
۳۴	۴-۴-۲ مزایای زیست محیطی بیودیزل
۳۷	۵-۲ جمع بندی
۳۸	فصل سوم: مواد و روش ها
۳۸	۱-۳ مقدمه
۳۸	۲-۳ مواد و روش ها
۳۸	۱-۲-۳ نمونه برداری
۳۹	۲-۲-۳ تجهیزات آزمایش
۴۰	۳-۲-۳ اندازه گیری ویژگی های فیزیکی دانه کرچک
۴۲	۴-۲-۳ اندازه گیری ویژگی های مکانیکی
۴۴	۵-۲-۳ روش اندازه گیری درصد روغن
۴۴	۶-۲-۳ استخراج و تجزیه و تحلیل ویژگی ها
۴۵	۳-۳ طراحی
۴۵	۱-۳-۳ شماتیک دستگاه روغن کشی
۴۶	۲-۳-۳ طراحی مارپیچ دستگاه روغن کشی
۵۱	۳-۳-۳ طراحی پوسته
۵۱	۴-۳-۳ محاسبات توان موتور
۵۲	۵-۳-۳ طراحی گرم کن
۵۶	۶-۳-۳ فشار دستگاه
۵۷	۷-۳-۳ تحلیل هلیس با استفاده از نرم افزار Abaqus
۵۷	۱-۷-۳-۳ روش اجزای محدود (FEM)
۵۷	۲-۷-۳-۳ مش بندی
۵۹	۳-۷-۳-۳ بارگذاری و تحلیل اجزای محدود

۶۰	..... ۴-۳ محاسبات
۶۰	..... ۱-۴-۳ محاسبات مربوط به طراحی ماریپچ دستگاه روغن کشی
۶۱	..... ۲-۴-۳ محاسبات طراحی پوسته
۶۱	..... ۳-۴-۳ محاسبات توان موتور
۶۲	..... ۴-۴-۳ محاسبات گرم کن
۶۳	..... ۵-۴-۳ محاسبات فشار دستگاه
۶۴	..... ۵-۳ ساخت دستگاه
۶۴	..... ۱-۵-۳ ساخت هلیس
۶۵	..... ۲-۵-۳ ساخت درپوش
۶۶	..... ۳-۵-۳ ساخت دای
۶۷	..... ۴-۵-۳ پوسته
۶۸	..... ۵-۵-۳ شاسی دستگاه
۶۸	..... ۶-۵-۳ اتصالات برقی
۷۰	..... ۷-۵-۳ نصب اجزاء بر روی شاسی
۷۱	..... ۶-۳ روش آزمون و ارزیابی
۷۲	..... ۷-۳ روش های تولید بیودیزل
۷۳	..... ۱-۷-۳ تولید بیودیزل به روش ترانس استریفیکاسیون
۷۵	..... فصل چهارم: نتایج و بحث
۷۵	..... ۱-۴ مقدمه
۷۵	..... ۲-۴ بررسی ویژگی های فیزیکی دانه کرچک
۸۴	..... ۳-۴ ویژگی های مکانیکی دانه کرچک
۸۴	..... ۱-۳-۴ نیروی شکست دانه کرچک
۸۵	..... ۲-۳-۴ تغییر شکل در نقطه شکست دانه کرچک
۸۶	..... ۳-۳-۴ انرژی شکست دانه کرچک
۸۶	..... ۴-۳-۴ چقرمگی دانه کرچک
۸۷	..... ۵-۳-۴ ضریب الاستیسیته ظاهری دانه کرچک
۸۸	..... ۴-۴ میزان روغن

۸۹.....	۵-۴ ارزیابی دستگاه روغن کشی
۹۴.....	۶-۴ نتایج طراحی و ساخت دستگاه روغن کشی
۹۵.....	۷-۴ نتایج تحلیل تنش هلیس
۹۶.....	۸-۴ نتایج آنالیز مودال هلیس
۹۷.....	۹-۴ ارزیابی کیفیت سوخت بیودیزل تولیدی
۱۰۰.....	<b>فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات</b>
۱۰۰.....	۱-۵ نتیجه گیری
۱۰۲.....	۲- ۵ پیشنهادها
۱۰۳.....	فهرست مراجع
۱۰۹.....	پیوست ها

فهرست نمادها

واحد	شرح	نماد
m	مساحت سطح مقطع	A
mm	عرض پوسته	B
kJ/kg.°C	گرمای ویژه	C <sub>p</sub>
mm	تغییر شکل دانه	D
mm	قطر متوسط هندسی	d <sub>a</sub>
m	قطر بیرونی مارپیچ	D <sub>b</sub>
mm	میانگین هندسی قطر	d <sub>g</sub>
MPa	مدول الاستیسیته	E
N	نیرو	F
N/m <sup>2</sup>	مدول صلابت	G
w/m <sup>2</sup> .k	ضریب انتقال حرارت جابجایی	h
m <sup>4</sup>	ممان اینرسی	J
mm	قطر بزرگ	L
degree	تانژانت زاویه پیچش	m
g	جرم نمونه	m <sub>t</sub>
g	جرم توده	m <sub>b</sub>
g/cm <sup>3</sup>	چگالی جامد دانه	P <sub>t</sub>
g/cm <sup>3</sup>	چگالی توده	P <sub>b</sub>
kg/day	نرخ تغذیه	Q <sub>s</sub>
mm	قطر متوسط	W
N.m	گشتاور	T
kW	توان	P
mm	شعاع	R
m	طول مارپیچ	S
cm <sup>3</sup>	حجم مایع جابجا شده	V <sub>t</sub>

$\text{cm}^3$	حجم توده	$V_b$
$\text{mm/s}$	سرعت خطی مواد در داخل سیلندر	$V_{pl}$
$\text{m}^3$	نرخ حجمی جریان	$V \cdot$
$\text{m}$	عمق دندان مارپیچ	$H$
$\text{mm}$	ضخامت دندان	$e$
$w$	توان المنت	$q$
-	ضریب کرویت	$\emptyset_p$
-	ضریب پواسن	$\mu$
%	تخلخل	$\varepsilon$
$\text{kg/m}^3$	دانسیته مواد	$\rho$
degree	زاویه مارپیچ	$\alpha$
$\text{Pa}$	تنش برشی	$\tau$
$\text{m}$	شعاع مخزن	$r$
$\text{Pa}$	تنش	$\sigma$
degree	تغییر شکل زاویه‌ای	$\beta$
$w/m^2 \cdot k^4$	ضریب استفان بولتزمن	$\sigma$
rpm	سرعت مارپیچ	$n$
-	ضریب اطمینان	F.S.
-	ضریب جذب بدنه	$\varepsilon$
$\frac{NS}{m^2}$	ویسکوزیته دینامیکی	$\eta$
رادیان	زاویه پیچش شفت	$\Theta$
$\text{Pa}$	تنش تسلیم	$\tau_{yp}$

## فهرست جدول‌ها

صفحه	جدول
۲۴.....	جدول ۱-۲ حلال‌های مورد استفاده در استحصال روغن ازدانه‌های روغنی
۳۵.....	جدول ۲-۲ نتایج بررسی آلاینده‌های حاصل از مخلوط بیودیزل و دیزل
۳۶.....	جدول ۳-۲ مقایسه انتشارات آگروز در هنگام استفاده از ترکیبات بیودیزل و سوخت دیزل
۵۵.....	جدول ۱-۳ ترکیب‌های دانه روغنی جاتروفا
۵۸.....	جدول ۲-۳ تعداد و نوع المان‌ها و تعداد نودها در هریک از اجزای مجموعه
۷۴.....	جدول ۳-۳ خصوصیات بیودیزل تولیدی مطابق استاندارد ASTM D6751
۷۵.....	جدول ۱-۴ تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی پنج رقم کرچک
۷۶.....	جدول ۲-۴ تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی پنج رقم کرچک
۸۴.....	جدول ۳-۴ تجزیه واریانس ویژگی‌های مکانیکی پنج رقم کرچک
۸۹.....	جدول ۴-۴ تجزیه واریانس ارزیابی دستگاه روغن‌کشی
۹۲.....	جدول ۵-۴ تجزیه واریانس ارزیابی دستگاه روغن‌کشی در سطوح دمایی مختلف
۹۴.....	جدول ۶-۴ مشخصات اجزاء دستگاه روغن‌کشی
۹۶.....	جدول ۷-۴ مودها و فرکانس‌های طبیعی هلیس
۱۰۴.....	جدول ۸-۴ خصوصیات بیودیزل تولیدی از روغن کرچک
۱۰۴.....	جدول ۹-۴ خصوصیات بیودیزل تولیدی از روغن کلزا و روغن پسماند



## فهرست شکل‌ها

شکل	صفحه
شکل ۱-۲	تولید جهانی دانه روغنی کرچک ..... ۷
شکل ۲-۲	سهم کشورهای عمده تولید کننده دانه کرچک ..... ۸
شکل ۳-۲	سهم کشورهای مختلف در مصرف کرچک ..... ۸
شکل ۴-۲	گیاه کرچک ..... ۹
شکل ۵-۲	میوه کرچک ..... ۹
شکل ۶-۲	پرس گوه‌ای ..... ۱۲
شکل ۷-۲	قانی یک گاو ..... ۱۳
شکل ۸-۲	قانی با موتور الکتریکی ..... ۱۴
شکل ۹-۲	آسیاب برمه‌ای موسوم به هسی‌زن ..... ۱۵
شکل ۱۰-۲	دستگاه پرس کنجد ..... ۱۵
شکل ۱۱-۲	پرس هیدرولیکی ..... ۱۶
شکل ۱۲-۲	شمای خارجی دیگ پخت ..... ۱۸
شکل ۱۳-۲	شمای یک پرس عمودی صفحه‌ای آنکلو- امریکن ..... ۱۹
شکل ۱۴-۲	پرس حلزونی پله‌ای ..... ۲۰
شکل ۱۵-۲	پرس حلزونی با تنظیم کننده فشار ..... ۲۱
شکل ۱۶-۲	پرس دو مرحله ای آندرسون ..... ۲۲
شکل ۱۷-۲	اکسترکتور ..... ۲۳
شکل ۱۸-۲	مراحل تهیه بیودیزل از دانه‌های روغنی ..... ۲۹
شکل ۱۹-۲	واکنش ترانس استریفیکاسیون ..... ۳۱
شکل ۲۰-۲	تری گلیسیرید ..... ۳۲
شکل ۲۱-۲	واکنش تشکیل گلیسرین از نمک گلیسیرید ..... ۳۳
شکل ۱-۳	دانه کرچک ..... ۳۸
شکل ۲-۳	تصویر ماشین آزمون مواد مدل H500K-S ..... ۳۹
شکل ۳-۳	اندازه‌گیری حجم ..... ۴۰

- شکل ۳-۴ سطح شیب دار مدرج جهت اندازه گیری ضریب استکاک استاتیکی ..... ۴۲
- شکل ۳-۵ شماتیک دستگاه روغن کشی ..... ۴۵
- شکل ۳-۶ نیروی وارد بر دندان آخر مارپیچ روغن کشی ..... ۵۰
- شکل ۳-۷ مدل حرارتی دستگاه و گرم کن ..... ۵۳
- شکل ۳-۸ نمای هندسه المان چهار وجهی ..... ۵۸
- شکل ۳-۹ مش بندی هلیس دستگاه روغن کشی ..... ۵۸
- شکل ۳-۱۰ هلیس دستگاه روغن کشی ..... ۶۴
- شکل ۳-۱۱ درپوش دستگاه روغن کشی ..... ۶۵
- شکل ۳-۱۲ دای دستگاه روغن کشی ..... ۶۶
- شکل ۳-۱۳ پوسته دستگاه روغن کشی ..... ۶۷
- شکل ۳-۱۴ شاسی دستگاه روغن کشی ..... ۶۸
- شکل ۳-۱۵ اینورتور ..... ۶۹
- شکل ۳-۱۶ سنسور دما Type K ..... ۶۹
- شکل ۳-۱۷ حسگر و گرم کن دستگاه روغن کشی ..... ۶۹
- شکل ۳-۱۸ دستگاه کامل روغن کشی ..... ۷۰
- شکل ۳-۱۹ دانه پوست کنده شده کرچک ..... ۷۱
- شکل ۳-۲۰ شکل شماتیک تولید روغن و کنجاله از دانه روغنی کرچک ..... ۷۲
- شکل ۴-۱ مقایسه میانگین طول ارقام مختلف دانه کرچک ..... ۷۷
- شکل ۴-۲ اثر رقم بر میانگین عرض دانه کرچک ..... ۷۷
- شکل ۴-۳ مقایسه میانگین ضخامت ارقام مختلف دانه کرچک ..... ۷۸
- شکل ۴-۴ اثر رقم بر قطر میانگین هندسی دانه کرچک ..... ۷۸
- شکل ۴-۵ قطر میانگین حسابی دانه کرچک ..... ۸۹
- شکل ۴-۶ مقایسه میانگین جرم نمونه دانه ارقام کرچک ..... ۷۹
- شکل ۴-۷ اثر رقم بر حجم دانه کرچک ..... ۸۰
- شکل ۴-۸ اثر رقم بر چگالی توده دانه کرچک ..... ۸۱
- شکل ۴-۹ چگالی جامد دانه کرچک ارقام مختلف ..... ۸۱
- شکل ۴-۱۰ تخلخل ارقام مختلف کرچک ..... ۸۲

- شکل ۴-۱۱ میانگین ضریب کرویت ارقام مختلف دانه کرچک ..... ۸۲
- شکل ۴-۱۲ مساحت سطح دانه کرچک ارقام مختلف ..... ۸۳
- شکل ۴-۱۳ مقایسه میانگین‌های ضریب اصطکاک دانه کرچک ..... ۸۳
- شکل ۴-۱۴ اثر رقم و سرعت بارگذاری بر نیروی شکست دانه کرچک ..... ۸۵
- شکل ۴-۱۵ اثر رقم بر تغییر شکل دانه کرچک ..... ۸۵
- شکل ۴-۱۶ اثر متقابل رقم  $\times$  سرعت بارگذاری بر انرژی شکست دانه کرچک ..... ۸۶
- شکل ۴-۱۷ اثر رقم بر چقرمگی دانه کرچک ..... ۸۷
- شکل ۴-۱۸ اثر متقابل رقم در سرعت بر مدول الاستیسیته ظاهری کرچک ..... ۸۸
- شکل ۴-۱۹ اثر معنی‌دار رقم بر درصد روغن دانه کرچک ..... ۸۹
- شکل ۴-۲۰ اثر متقابل سرعت دورانی هلیس  $\times$  قطر دای بر میزان روغن استحصال‌شده ..... ۹۲
- شکل ۴-۲۱ اثر دما بر میزان روغن استحصال‌شده از دانه کرچک ..... ۹۳
- شکل ۴-۲۲ نمایش گرافیکی معیار وان‌میسز در هلیس دستگاه روغن‌کشی ..... ۹۵
- شکل ۴-۲۳ نتایج تحلیل مودال برای مود هفتم ..... ۹۷

## ۱-۱ مقدمه

در فرآوری دانه‌های روغنی، دو محصول با ارزش یعنی روغن و کنجاله بدست می‌آیند. روغن‌های گیاهی از جمله روغن کرچک علاوه بر مصارف داروئی می‌توانند به عنوان سوخت در موتور دیزل استفاده شوند. در سال‌های اخیر بواسطه‌ی کاهش منابع سوخت‌های فسیلی، افزایش قیمت محصولات نفتی، واردات سوخت و وابستگی به کشورهای صادر کننده، مسائل زیست محیطی و آلاینده‌ی ناشی از کاربرد این سوخت‌ها، تحقیقات وسیعی برای یافتن سوخت‌های جایگزین مناسب انجام گرفته است ( Ghobadian et.al. 2007).

روغن‌ها و چربی‌ها ترکیباتی غیر محلول در آب با منشاء نباتی و حیوانی هستند که بطور عمده شامل استرهای گلیسرید اسیدهای چرب یا تری گلیسرید هستند (هاشمی تنکابنی، ۱۳۶۴). بزرگترین منبع روغن-های نباتی گیاهان یکساله نظیر سویا، ذرت، پنبه، بادام زمینی و غیره و منابع دیگر گیاهان ماندگار نظیر درخت نخل روغنی، زیتون و نارگیل هستند. دانه‌های روغنی مهمترین محصولات حاوی روغن‌های نباتی هستند که در کشاورزی جایگاه خاصی داشته و اراضی وسیعی در سرتاسر جهان به کشت این محصولات با ارزش اختصاص دارد. ارزش و اهمیت دانه‌های روغنی نه فقط به خاطر روغن موجود در آنها، بلکه به دلیل ماده پروتئینی با ارزشی است که پس از روغن‌کشی در تغذیه انسان و حیوان به مصرف می‌رسد. دانه‌های روغنی از محصولات باارزش در تجارت جهانی بوده و سومین محصول مهم کشاورزی پس از گوشت و غلات به حساب می‌آیند (مالک، ۱۳۷۹).

امروزه منابع جدیدی به عنوان سوخت جایگزین سوخت‌های فسیلی در موتورهای درونسوز معرفی شده‌اند. بسیاری از این سوخت‌های جایگزین جدید منبع آلی دارند که عمده ترین آنها الکل‌ها، روغن‌های گیاهی و بیوگاز می‌باشند. یکی از این سوخت‌ها بیودیزل است که می‌توان آن را از روغن‌های گیاهی یا چربی‌های حیوانی بدست آورد. نیل به خودکفایی در تولید محصولات کشاورزی هدف نهایی تمام برنامه ریزان در بخش کشاورزی است. نباید نقش بسیار مهم تولیدات کشاورزی را در تأمین امنیت ملی و ثبات