

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## تعه‌دنامه‌ی اصالت اثر و رعایت حقوق دانشگاه

تمامی حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج، ابتکارات، اختراعات و نوآوری‌های ناشی از انجام این پژوهش، متعلق به **دانشگاه محقق اردبیلی** می‌باشد. نقل مطلب از این اثر، با رعایت مقررات مربوطه و با ذکر نام دانشگاه محقق اردبیلی، نام استاد راهنما و دانشجو بلامانع است.

اینجانب پروانه مختارپور خانقاه‌دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی گرایش دانشکده‌ی فناوری کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به شماره‌ی دانشجویی ۹۰۳۳۴۱۳۱۲۷ که در تاریخ ۱۳۹۲/۰۶/۰۵ از پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود تحت عنوان تعیین برخی خواص فیزیکی و مکانیکی ذرت دانه‌ای دفاع نموده‌ام متعهد می‌شوم که:

- این پایان‌نامه را قبلاً برای دریافت هیچ‌گونه مدرک تحصیلی یا به‌عنوان هرگونه فعالیت پژوهشی در سایر دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی داخل و خارج از کشور ارائه ننموده‌ام.
- مسئولیت صحت و سقم تمامی مندرجات پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود را بر عهده می‌گیرم.
- این پایان‌نامه، حاصل پژوهش انجام شده توسط اینجانب می‌باشد.
- در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران استفاده نموده‌ام، مطابق ضوابط و مقررات مربوطه و با رعایت اصل امانتداری علمی، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در متن و فهرست منابع و مآخذ ذکر نموده‌ام.
- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده یا هرگونه بهره‌برداری اعم از نشر کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان‌نامه را داشته باشم، از حوزه‌ی معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه محقق اردبیلی، مجوزهای لازم را اخذ نمایم.
- در صورت ارائه‌ی مقاله‌ی مستخرج از این پایان‌نامه در همایش‌ها، کنفرانس‌ها، سمینارها، گردهمایی‌ها، و انواع مجلات، نام دانشگاه محقق اردبیلی را در کنار نام نویسندگان (دانشجو و اساتید راهنما و مشاور) ذکر نمایم.
- چنانچه در هر مقطع زمانی، خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن (منجمله ابطال مدرک تحصیلی، طرح شکایت توسط دانشگاه و...) را می‌پذیرم و دانشگاه محقق اردبیلی را مجاز می‌دانم با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات مربوطه رفتار نماید.

نام و نام خانوادگی دانشجو: پروانه مختارپور خانقاه

امضا:

تاریخ: ۱۳۹۲/۰۶/۰۵



دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی

گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی کشاورزی گرایش مکانیک ماشین‌های کشاورزی

## عنوان:

تعیین برخی خواص فیزیکی و مکانیکی ذرت دانه‌ای

## استاد راهنما:

دکتر منصور راسخ

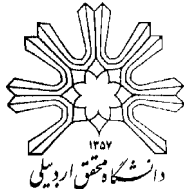
## استاد مشاور:

عزت اله عسکری اصلی ارده

## پژوهشگر:

پروانه مختارپور خانقاه

شهریور- ۱۳۹۲



دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی

گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی کشاورزی گرایش مکانیک ماشین‌های کشاورزی

### عنوان:

تعیین برخی خواص فیزیکی و مکانیکی ذرت دانه‌ای

### پژوهشگر:

پروانه مختارپور خانقاه

ارزیابی و تصویب شده‌ی توسط کمیته پایان‌نامه با درجه:.....

امضاء	سمت	مرتبه‌ی علمی	نام و نام خانوادگی
	استاد راهنما و رئیس کمیته داوران	دانشیار	دکتر منصور راسخ
	استاد مشاور	دانشیار	ر. عزت‌اله عسکری اصلی ارده
	داور	دانشیار	دکتر امیر حسین افکاری سیاح

شهریور ماه - ۱۳۹۲

## تقدیر و تشکر

سپاس و حمد خداوند متعال را که یاد و نام او همیشه و همه جا راهنمایم بوده و با تکیه بر الطاف بی کرانش، موفق به اتمام این پایان نامه شدم.

در ابتدا از پدر و مادر عزیزم و خانواده‌ام که همواره مشوقم بودند نهایت تشکر را می‌نمایم، و همواره سعادت و سلامت ایشان را از خداوند منان خواستارم.

از استاد راهنمای محترم و ارجمندم، جناب دکتر منصور راسخ که زحمات فراوانی را متحمل شدند، سپاسگزاری می‌کنم.

از استاد مشاورم جناب آقای دکتر عزت‌اله عسکری ارده که در طول انجام این پایان‌نامه به بنده کمک نمودند نهایت تشکر را می‌نمایم.

از همه‌ی اساتید گرامی، دکتر شاهقلی، دکتر گل‌محمدی، دکتر نجفی، دکتر عباسپور و دکتر مصری صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

از مسئول محترم آزمایشگاه بیوفیزیک دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی جناب آقای فیضی به خاطر کمک و همکاری در طی انجام آزمایش نهایت تشکر را می‌نمایم.

نام خانوادگی دانشجو: مختاریپور خانقاه	نام: پروانه
عنوان پایان نامه: تعیین برخی خواص فیزیکی و مکانیکی ذرت دانه‌ای	
استاد راهنما: دکتر منصور راسخ استاد مشاور: دکتر عزت‌الله عسکری اصلی ارده	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: ماشین‌های کشاورزی گرایش: مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه: محقق اردبیلی دانشکده: فناوری کشاورزی و منابع طبیعی تاریخ دفاع: ۱۳۹۲/۰۶/۰۵ تعداد صفحات: ۷۵	
<p>چکیده:</p> <p>در این تحقیق، برخی خواص فیزیکی و مکانیکی ذرت دانه‌ای به صورت تابعی از رطوبت بررسی شد. نتایج نشان داد که رطوبت بر خواص فیزیکی ذرت دانه‌ای شامل طول و سطح تصویر شده در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی دار دارد و بر عرض، قطر متوسط هندسی، حجم، وزن دانه، ضخامت و کرویت اثر معنی دار ندارد. به طوری که با افزایش رطوبت از ۴/۵ به ۱۳/۵ درصد بر پایه وزن خشک طول و سطح تصویر شده افزایش می‌یابد. افزایش رطوبت بر چگالی توده و زاویه استقرار در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار است. اثر اصلی رطوبت و اثر اصلی نوع سطح اصطکاکی و اثر متقابل رطوبت و نوع سطوح اصطکاکی بر ضریب اصطکاک استاتیکی بر روی چهار نوع سطح ( آلومینیوم، آهن، استیل، آهن گالوانیزه ) در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شده است. بیشترین مقدار ضریب اصطکاک برای سطح استیل در سطح رطوبت ۷/۵ درصد و کمترین آن برای آلومینیوم در سطح رطوبت ۱۰/۵ درصد بوده است. همچنین در این تحقیق برخی خواص مکانیکی ذرت دانه ای شامل تغییر شکل در نقطه گسیختگی، نیروی گسیختگی و انرژی گسیختگی در آزمایش فاکتوریل در طرح پایه کاملاً تصادفی با ۳ عامل، شامل ۴ محتوای رطوبتی (۴/۵، ۷/۵، ۱۰/۵ و ۱۳/۵ درصد بر پایه وزن تر)، ۴ سرعت بارگذاری (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه) و ۳ اندازه دانه (کوچک، متوسط و بزرگ) تعیین شد. نتایج نشان داد با افزایش رطوبت، انرژی گسیختگی، چغرمگی و نیروی گسیختگی کاهش ولی تغییر شکل در نقطه گسیختگی افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش سرعت بارگذاری تغییر شکل در نقطه گسیختگی، انرژی گسیختگی، چغرمگی و نیروی گسیختگی کاهش می‌یابد و با افزایش اندازه دانه تغییر شکل در نقطه گسیختگی، نیروی گسیختگی، چغرمگی و انرژی گسیختگی افزایش می‌یابد. علاوه بر این اثر متقابل ۳ تایی رطوبت، سرعت بارگذاری و اندازه دانه برای هیچکدام از خواص مکانیکی معنی دار نشده است.</p>	
کلید واژه: ذرت دانه، خواص فیزیکی و مکانیکی، تغییر شکل در نقطه گسیختگی، انرژی گسیختگی، چغرمگی و نیروی گسیختگی	

فصل اول: مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- ضرورت و اهداف تحقیق.....	۲
۳-۱- اهداف تحقیق.....	۳
۴-۱- کلیات و تعاریف.....	۳
۴-۱-۱- خواص فیزیکی محصولات کشاورزی .....	۴
۴-۱-۱-۱- ابعاد و شکل .....	۵
۴-۱-۱-۲- حجم.....	۶
۴-۱-۱-۳- چگالی.....	۷
۴-۱-۱-۴- زاویه استقرار.....	۸
۴-۱-۱-۵- ضریب اصطکاک استاتیکی .....	۸
۴-۱-۱-۶- وزن هزار دانه.....	۸
۴-۱-۲- خواص مکانیکی.....	۹
۴-۱-۲-۱- عوامل موثر بر خواص مکانیکی.....	۱۰
۴-۱-۲-۲- آزمون‌های مکانیکی.....	۱۱
۴-۱-۲-۳- بارگذاری فشاری تک‌محوری (شبه استاتیک).....	۱۲
۴-۱-۵- پارامترهای استخراج شده از منحنی نیرو- تغییر شکل.....	۱۳
۶-۱- معرفی محصول ذرت.....	۱۸
۶-۱-۱- موارد استفاده ذرت در صنعت.....	۱۹
۶-۱-۲- سطح زیر کشت دانه ذرت.....	۱۹
۷-۱- پیشینه تحقیق.....	۲۰

## فصل دوم: مبانی نظری پژوهش

- ۲-۱- آزمایش‌ها..... ۲۶
- ۲-۲- تهیه و آماده‌سازی نمونه‌های مورد آزمایش..... ۲۶
- ۲-۳- تعیین رطوبت اولیه ذرت دانه..... ۲۷
- ۲-۴- تهیه نمونه‌ها با ۴ سطح رطوبتی..... ۲۸
- ۲-۵- وسایل مورد استفاده در آزمایش‌ها..... ۲۹
- ۲-۶- تعیین خواص فیزیکی دانه ذرت..... ۲۹
- ۲-۶-۱- ابعاد..... ۲۹
- ۲-۶-۲- قطر متوسط هندسی، کرویت، سطح تصویر شده..... ۳۰
- ۲-۶-۳- تعیین چگالی توده، چگالی حقیقی..... ۳۱
- ۲-۶-۴- تعیین وزن هزار دانه..... ۳۳
- ۲-۷- تعیین خواص اصطکاکی..... ۳۳
- ۲-۷-۱- اندازه‌گیری زاویه استقرار استاتیکی..... ۳۴
- ۲-۷-۲- اندازه‌گیری ضریب اصطکاک استاتیکی..... ۳۵
- ۲-۸- تعیین برخی خواص مکانیکی ذرت دانه..... ۳۶
- ۲-۹- شرایط تیماری..... ۳۸
- ۲-۱۰- دسته‌بندی اطلاعات و تجزیه و تحلیل آماری..... ۳۹

## فصل سوم: نتایج و یافته‌های پژوهش

- ۳-۱- مقدمه..... ۴۱
- ۳-۲- نتایج آزمون‌های فیزیکی..... ۴۱
- ۳-۳- مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن..... ۴۴
- ۳-۴- خواص مکانیکی دانه ذرت تحت بارگذاری فشاری..... ۴۹
- ۳-۵- نتایج آزمون مکانیکی دانه ذرت..... ۴۹
- ۳-۵-۱- مشاهده‌های عینی..... ۵۰



۳-۵-۲- نتایج آماری برای خواص مکانیکی دانه ذرت تحت آزمون فشاری.....۵۰

### فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۴-۱- نتیجه‌گیری.....۶۱

۴-۱-۱- نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص فیزیکی.....۶۱

۴-۱-۲- نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص مکانیکی.....۶۱

۴-۲- پیشنهادات.....۶۲

پیوست‌ها.....۶۴

منابع.....۶۸

## فهرست جداول

عنوان..... صفحه

جدول ۱-۳- نتایج تجزیه واریانس ضریب اصطکاک استاتیکی دانه ذرت..... ۴۴

جدول ۲-۳- نتایج تجزیه واریانس خواص فیزیکی دانه ذرت (به جز ضریب اصطکاک استاتیکی)

در سطوح مختلف رطوبتی..... ۴۳

جدول ۳-۳- نتایج تجزیه واریانس خواص مکانیکی دانه ذرت..... ۵۱

## فهرست اشکال

عنوان.....	صفحه.....
شکل ۱-۱- شرایط بارگذاری مختلف در محصولات کشاورزی.....	۱۲.....
شکل ۱-۲- نمایی کلی از قرارگیری دانه و بارگذاری روی آن در هر دو آزمایش فشاری محوری و تنش‌آسایی.....	۱۳.....
شکل ۱-۳- نقطه مورد نظر (بین مبدأ و نقطه تسلیم) در منحنی نیرو- تغییر شکل برای محاسبه ضریب کشسانی ظاهری.....	۱۵.....
شکل ۱-۴- نقاط مورد نیاز از نمودار نیرو- تغییر شکل، تحت بارگذاری فشاری.....	۱۷.....
شکل ۱-۲- نمونه ذرت‌دانه.....	۲۷.....
شکل ۲-۲- اجاق آزمایشگاهی و ترازوی دیجیتالی.....	۲۸.....
شکل ۳-۲- استوانه اندازه‌گیری حجم ذرت‌دانه.....	۳۲.....
شکل ۴-۲- استوانه اندازه‌گیری چگالی توده ذرت‌دانه.....	۳۳.....
شکل ۵-۲- حالت طبیعی توده ریخته شده از استوانه.....	۳۴.....
شکل ۶-۲- شیب‌سنج مورد استفاده برای تعیین زاویه اصطکاک ذرت‌دانه.....	۳۵.....
شکل ۷-۲- دستگاه کشش-فشار سنتام برای تعیین خواص مکانیکی ذرت‌دانه.....	۳۶.....
شکل ۸-۲- حالت قرارگیری بذر مابین دو فک دستگاه سنتام.....	۳۷.....
شکل ۱-۳- نتایج مقایسه میانگین طول ذرت‌دانه در سطوح مختلف رطوبتی.....	۴۴.....
شکل ۲-۳- نتایج مقایسه میانگین سطح تصویر شده.....	۴۵.....
شکل ۳-۳- نتایج مقایسه میانگین چگالی توده ذرت‌دانه در سطوح مختلف رطوبتی.....	۴۶.....
شکل ۴-۳- نتایج مقایسه میانگین زاویه استقرار دانه ذرت در سطوح مختلف رطوبتی.....	۴۷.....
شکل ۵-۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رطوبت و نوع سطح اصطکاکی بر ضریب اصطکاک استاتیکی.....	۴۸.....
شکل ۶-۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سرعت بارگذاری و رطوبت دانه بر نیروی گسیختگی.....	۵۲.....
شکل ۷-۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رطوبت و اندازه دانه بر نیروی گسیختگی.....	۵۳.....
شکل ۸-۳- نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی رطوبت بر تغییر شکل در نیروی گسیختگی.....	۵۴.....
شکل ۹-۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ۲ تایی اندازه دانه و سرعت بارگذاری بر	

- تغییر شکل در نقطه گسیختگی..... ۵۵
- شکل ۳-۱۰- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سرعت بارگذاری و رطوبت دانه بر انرژی گسیختگی..... ۵۶
- شکل ۳-۱۱- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رطوبت و اندازه دانه بر انرژی گسیختگی..... ۵۷
- شکل ۳-۱۲- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سرعت بارگذاری و رطوبت دانه بر چگرمگی..... ۵۸
- شکل ۳-۱۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رطوبت و اندازه دانه بر چگرمگی..... ۵۹

## فهرست علائم

نماد	کمیت	واحد
E	ضریب کشسانی ظاهری نمونه بارگذاری شده.....	پاسکال
F	نصف نیروی لازم برای گسیختگی نمونه بارگذاری شده در محدوده کشسان.....	نیوتن
D	تغییر شکل متناظر با نصف نیروی لازم برای گسیختگی نمونه بارگذاری شده.....	میلی متر
$d$	قطر میله بارگذاری کروی.....	میلی متر
$\mu$	ضریب پواسون نمونه بارگذاری شده.....	-
$K$ و $K'$	ضرایب ثابت.....	-
$h$	متوسط اندازه ضخامت و عرض ذرت دانه.....	میلی متر
$L_2$	طول محصول.....	میلی متر
$W_i$	وزن اولیه نمونه.....	گرم
$W_j$	وزن خشک نمونه.....	گرم
$M_{db}$	رطوبت اولیه ذرت دانه بر پایه خشک.....	درصد
$Q$	میزان آبی که برای رساندن ذرت دانه به رطوبت مورد نظر لازم است.....	گرم
$W_i$	وزن نمونه ذرت دانه ای که می خواهیم به آن آب اضافه می شود.....	گرم
$M_f$	رطوبت ثانویه ذرت دانه.....	درصد
$M_i$	رطوبت اولیه ذرت دانه.....	درصد
$D_g$	قطر متوسط هندسی ذرت دانه.....	میلی متر
$L$	طول ذرت دانه (بزرگترین قطر پنبه دانه).....	میلی متر
$W$	عرض ذرت دانه.....	میلی متر
$T$	ضخامت ذرت دانه (اندازه بعد عمود بر عرض است).....	میلی متر
$\varphi$	ضریب کرویت ذرت دانه.....	درصد
$A$	سطح تصویر شده ذرت دانه.....	میلی متر مربع
$L_1$	متوسط طول و عرض ذرت دانه.....	میلی متر
$\rho_t$	چگالی حقیقی ذرت دانه در رطوبت مورد نظر.....	کیلوگرم بر متر مکعب
$M$	وزن ذرت دانه در رطوبت مورد نظر.....	گرم

$V$	حجم نمونه ذرت دانه.....	میلی متر مکعب
$\rho_b$	چگالی توده ذرت دانه.....	کیلو گرم بر متر مکعب
$\varepsilon$	تخلخل محصول.....	درصد
$\theta$	زاویه استقرار ذرت دانه.....	درجه
$H$	ارتفاع توده ذرت دانه.....	میلی متر
$X$	قطر توده ذرت دانه.....	میلی متر
$\nu$	ضریب اصطکاک استاتیکی.....	-
$\alpha$	زاویه نشان داده شده توسط شیب سنج.....	درجه
$T_n$	چغرمگی ذرت دانه.....	میلی ژول بر میلی متر
$E_b$	انرژی لازم برای گسیختگی ذرت دانه.....	میلی ژول
$h$	متوسط اندازه ضخامت و عرض محصول.....	میلی متر
$\sigma_{max}$	تنش بیشینه.....	پاسکال
$n$ و $m$	ضرایب ثابت.....	-
$K_1$ و $K_2$	ضرایب ثابت.....	-
$\mu$	ضریب پواسون محصول.....	-
$S$	سرعت بارگذاری.....	میلی متر بر دقیقه
$\mu_i$	ضریب اصطکاک استاتیکی ذرت دانه بر روی سطح آهن.....	-
$\mu_{AL}$	ضریب اصطکاک استاتیکی ذرت دانه بر روی سطح آلومینیوم.....	-
$\mu_{GI}$	ضریب اصطکاک استاتیکی ذرت دانه بر روی سطح آهن گالوانیزه.....	-
$\mu_s$	ضریب اصطکاک استاتیکی ذرت دانه بر روی سطح استیل.....	-
$W_h$	وزن هزار دانه.....	گرم

# فصل اول

## کلیات پژوهش

## ۱-۱- مقدمه

اطلاع از خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی اغلب برای توسعه ماشین‌های پس از برداشت لازم است. خواص فیزیکی و مکانیکی دانه‌های روغنی در طراحی و ساخت تجهیزات ویژه و تجهیزاتی برای جابجایی، انتقال، فرآوری، ذخیره کردن و همچنین برای ارزیابی کیفیت محصول اهمیت دارند. به منظور طراحی تجهیزات برای جابجایی، هوادهی، ذخیره‌سازی و فرآوری ذرت‌دانه<sup>۱</sup> لازم است برخی خواص فیزیکی ذرت‌دانه (مانند ابعاد هندسی<sup>۲</sup>، چگالی توده<sup>۳</sup>، چگالی حقیقی<sup>۴</sup>، ضریب کرویت<sup>۵</sup>، وزن هزار دانه<sup>۶</sup>، تخلخل<sup>۷</sup>، زاویه استقرار<sup>۸</sup> و ضریب اصطکاک استاتیکی<sup>۹</sup>) به صورت تابعی از میزان رطوبت بررسی شوند (اوزارسلان<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۲). همچنین لازم است برخی خواص مکانیکی ذرت‌دانه (مانند تغییر شکل در نقطه گسیختگی، نیروی گسیختگی، انرژی گسیختگی و چقرمگی<sup>۱۱</sup>) به صورت تابعی از میزان رطوبت، جهت بارگذاری و سرعت بارگذاری ارزیابی گردند.

## ۱-۲- ضرورت و اهداف تحقیق

با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی در خصوص خواص فیزیکی و مکانیکی دانه ذرت لازم است مطالعه کاملی از نظر خواص فیزیکی و مکانیکی بر روی ذرت انجام شود. در فرآیند استخراج روغن از ذرت اطلاع از برخی خواص مکانیکی مانند نیروی گسیختگی، تغییر شکل در نقطه گسیختگی و انرژی گسیختگی دانه از اهمیت خاصی برخوردار است.

- 
- |                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1- Corn seed                       | 2 - Dimensional geometric |
| 3 - bulk density                   | 4- true density           |
| 5 - Sphericity coefficient         | 6 - Thousand seed mass    |
| 7 - Porosity                       | 8 - Angle of repos        |
| 9 - Static coefficient of friction | 10 - ? zarслан            |
| 11- Toughness                      |                           |



با شناخت خواص فیزیکی دانه ذرت از قبیل مشخصات ابعادی دانه، چگالی توده، چگالی حقیقی، ضریب اصطکاک استاتیکی‌دانه روی سطوح مختلف، می‌توان با دقت لازم نسبت به طراحی و ساخت دستگاه‌های جداکننده‌ی ناخالصی از دانه ذرت و سیستم‌های انتقال دانه اقدام نمود. از نتایج این تحقیق می‌توان برای کاهش هزینه‌های ناشی از ضایعات مکانیکی که در مراحل جابجایی، ذخیره‌سازی و فرآوری محصول رخ می‌دهد، استفاده کرد (صادقی<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۳۹۱).

### ۱-۳- اهداف تحقیق

۱. اندازه‌گیری برخی خواص ابعادی ذرت دانه‌ای (ابعاد، کرویت).
۲. اندازه‌گیری برخی خواص ثقلی ذرت دانه‌ای (وزن هزار دانه، چگالی توده و چگالی حقیقی)
۳. اندازه‌گیری خواص اصطکاکی دانه ذرت (زاویه استقرار و ضریب اصطکاک استاتیکی) در سطوح رطوبتی مختلف
۴. اندازه‌گیری برخی خواص مکانیکی ذرت دانه‌ای (نیروی گسیختگی، چغرمگی، انرژی گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی).
۵. بررسی نحوه تأثیر رطوبت، سرعت بارگذاری و اندازه‌ی دانه بر برخی خواص مکانیکی ذرت دانه‌ای و تعیین اثر متقابل بین متغیرهای مستقل (رطوبت، سرعت بارگذاری و اندازه‌ی دانه).

### ۱-۴- کلیات و تعاریف

#### خواص محصولات کشاورزی

اهمیت اطلاع از خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات در طراحی و بهینه سازی سیستم های مرتبط با تولید، فرآوری و بسته بندی این محصولات بر کسی پوشیده نیست. در بیانی عام، اکثر مواد کشاورزی جزء مواد ویسکوالاستیک طبقه بندی می شوند. اگر چه وابستگی رفتار مواد ویسکوالاستیک به سرعت بارگذاری، از ویژگی های این دسته از مواد است لکن نحوه‌ی تاثیر سرعت بارگذاری بر خواص مکانیکی

محصولات کشاورزی منوط به بررسی دقیق و موردی این محصولات است. از سوی دیگر، وابستگی خواص مکانیکی به اندازه دانه به عنوان خاصیتی فیزیکی، برای بسیاری از دانه‌ها شناخته شده نیست.

ویژگی‌های منحصر به فرد محصولات کشاورزی از جمله شکل نامنظم، ناهمگن و بیولوژیک بودن آن‌ها، سبب تمایز آن‌ها از مواد مهندسی شده‌اند (استروشاین و هامان<sup>۱</sup>، ۱۹۹۴).

باربوسا جانوواس<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۰) خواص محصولات کشاورزی را به صورت زیر تقسیم‌بندی نموده‌اند:

- ۱- خواص گرمایی مانند گرمای ویژه، رسانایی گرمایی، انتشار گرما، نقطه جوش و انجماد.
- ۲- خواص نوری مانند رنگ، هم‌چنین شفاف و نیمه شفاف.
- ۳- خواص الکتریکی (مانند رسانایی).
- ۴- بافت و خواص هندسی مانند چگالی، ابعاد ذره، شکل، تخلخل، زبری سطح و ساختار سلولی ماده.
- ۵- خواص مکانیکی (مانند مقاومت، فشارپذیری و تغییر شکل) و خواص رئولوژیکی (مانند ویسکوالاستیسیته).

۶- خواص دیگری، شامل خواص مربوط به انتقال جرم (نفوذ و نفوذپذیری)، کشش سطحی، پایداری توده، قابلیت چسبندگی و جذب تشعشع.

#### ۱-۴-۱- خواص فیزیکی محصولات کشاورزی

خواص فیزیکی محصولات کشاورزی را می‌توان به سه گروه دسته‌بندی کرد:

۱- خواص هندسی شامل ابعاد، ضریب کرویت، قطر متوسط هندسی، قطر متوسط حسابی و سطح تصویر شده.

۲- خواص ثقلی شامل جرم تک دانه، حجم واقعی، وزن هزار دانه، چگالی توده، چگالی حقیقی و تخلخل.

۳- خواص اصطکاکی شامل زاویه استقرار و ضریب اصطکاک استاتیکی (داویس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹).

اطلاع از خواص فیزیکی محصولات کشاورزی اصولاً برای روش ذخیره‌سازی مطلوب و برای طراحی، تعیین اندازه، ساخت و به کاراندازی تجهیزات مختلف در فرآیند پس از برداشت اهمیت دارند. هم‌چنین به منظور طراحی تجهیزات برای استفاده در کشت و زرع، برداشت، حمل و نقل، ذخیره‌سازی و فرآوری محصولات کشاورزی اطلاع از خواص فیزیکی به صورت تابعی از میزان رطوبت ضروری است (کیبار<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۰).

برخی از خواص فیزیکی وابسته به رطوبت مواد کشاورزی عبارتند از شکل، ابعاد، جرم، چگالی توده، چگالی حقیقی، تخلخل، و ضریب اصطکاک روی سطوح مختلف می‌باشد (محسنین<sup>۳</sup>، ۱۹۸۶).

#### ۱-۱-۴-۱- ابعاد و شکل

شکل معمولاً برای توصیف محصول فرآوری نشده استفاده می‌شود (استروشاین و هامان، ۱۹۹۴). ابعاد و شکل در طراحی ماشین‌های بوجاری و درجه‌بندی محصولات اهمیت دارند (اکبرپور<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۹، مانووا و محمد<sup>۵</sup>، ۲۰۱۰). شکل و اندازه دو عامل جدا نشدنی در هر جسم فیزیکی بوده که لازم و ملزوم یکدیگر هستند. برای تعیین شکل یک جسم باید بعضی از ابعاد آن اندازه‌گیری شود (سیتکی<sup>۶</sup>، ۱۹۸۶). هم‌چنین ابعاد و شکل در جداسازی ذرات بوسیله نیروی گریز از مرکز تأثیر دارند (زودو و سولومون<sup>۷</sup>، ۲۰۰۸). اندازه‌گیری‌های عملی نشان می‌دهد که اشکال مختلف را می‌توان با استفاده از محورهای عمود بر هم مشخص کرد، ابعاد را می‌توان با اندازه‌گیری ابعاد سطح تصویر شده محصول و با تعریف سه بعد کوچک، متوسط و بزرگ اندازه‌گیری کرد (محسنین، ۱۹۸۶). ابعاد را می‌توان بوسیله کولیس، میکرومتر، تصویربرداری و بزرگ‌نمایی محاسبه نمود. در اندازه‌گیری ابعاد بوسیله کولیس و میکرومتر بایستی دقت نمود به محصول فشار بیش از حد وارد نشود و لبه کولیس یا میکرومتر بر محصول مماس شود.

1 - Davies

2 - Kibar

3 - Mohsenin

4 - Akbarpo

5 - Manuwa and Muhammad

6 - Sitkei

7 - Zewdu and Solomon

همچنین تعداد نمونه‌ها را زیاد و متوسط اندازه نمونه‌ها را به عنوان ابعاد شاخص محصول مورد اندازه‌گیری در نظر گرفت (استروشاین و هامان، ۱۹۹۴). اطلاع از پارامتر ابعاد سه‌گانه، در طراحی الک‌ها و سیستم‌های درجه‌بندی محصولات کشاورزی اهمیت دارد (ال‌آیه<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰).

#### ۱-۴-۱-۲-حجم

حجم مواد غذایی و محصولات کشاورزی اهمیت زیادی در فرآیندهای مختلف و در ارزیابی کیفیت محصولات از جمله خشک کردن و نگهداری، طراحی سیلوها و مخازن نگهداری، جدا کردن مواد ناخالصی، درجه‌بندی و ارزیابی از لحاظ رسیدگی میوه‌جات دارد. حجم محصول را می‌توان توسط جابجایی مایع و یا گاز و یا نیروی شناوری وارد بر محصول هنگام غوطه‌ور شدن در مایع و یا از روش‌های هندسی محاسبه نمود که بسته به ابعاد محصول می‌توان از ابزارهای متفاوتی مانند بورت، پیکنومتر و استوانه مدرج استفاده نمود (استروشاین و هامان، ۱۹۹۴). همچنین حجم خاصیت فیزیکی مهم برای بسیاری از مواد غذایی در حمل و نقل و فرآوری است (باربوساجانوواس و همکاران، ۲۰۱۰).

در حالت کلی مشکلات مختلفی برای اندازه‌گیری حجم محصولات کشاورزی به روش‌های معمول وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از :

۱) شکل بی‌قاعده محصولات کشاورزی

۲) اندازه‌ی کوچک بسیاری از محصولات همانند دانه‌ها و بذرها

۳) طبیعت متخلخل بعضی از محصولات کشاورزی

۴) وقت‌گیر بودن این روش

۵) دقت ناکافی

برای محاسبه سطح تصویر شده می‌توان از روش‌های هندسی، پوشش سطح محصول و روش جابجایی مایع استفاده نمود (استروشاین و هامان، ۱۹۹۴).