١٣٨٧٨٤

دانشگاه ارومیه

تعیین برخی از خواص مکانیکی دو رقم برنج مازندران (طارم محلی و فجر) و رابطه آن با درصد شکستگی برنج در فرآیند سفیدکنی

قربانعلی یعقوبی

دانشکده کشاورزی

گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی

زمستان ۱۳۸۸

۱۳۸۹/۴/۸
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
شعبه مرکزی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

اساتید راهنما :

دکتر علاءالدین رحمانی‌دیدار

مهندس عاصفه لطیفی

حق طبع و نشر محتوای پایان نامه برای دانشگاه ارومیه محفوظ است

۱۳۸۷۸۴

پایان نامه آقای قربانعلی یعقوبی به تاریخ ۸۸/۱۱/۱۰ به شماره ۱۱۳-۲ک مورد پذیرش هیات محترم داوران با رتبه عالی ونمره ۱۸/- قرار گرفت.

۱-استاد راهنمای اول و رئیس هیئت داوران :

۲-استاد راهنمای دوم:

۳-استاد مشاور :

٤-داور خارجی :

٥-داور داخلی :

٦- نماینده تحصیلات تکمیلی :

حق طبع و نشر این رساله متعلق به دانشگاه ارومیه است.

تقدیم

به همه آنهایی

که دوستشان دارم

تقدیر و تشکر

ضمن سپاس و ستایش خداوند بزرگ، بر خود لازم می‌دانم که از کلیه کسانی که به نحوی در انجام این پایان‌نامه به اینجانب کمک نموده‌اند تشکر نمایم.

از اساتید راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر علاء الدین رحمانی و سرکار خانم مهندس عاصفه لطیفی که قبول زحمت نموده‌اند و اینجانب را در تمامی مراحل تحقیق و تدوین پایان نامه یاری و راهنمایی نموده اند تشکر و سپاسگذاری می‌کنم. از اساتید بزرگوار دانشگاه ارومیه ، آقایان دکتر سید کاظم شهیدی(داور داخلی)، دکتر اسعد مدرس مطلق(داور خارجی) و دکتر سید محمد حسن کماریزاده (مدیر گروه محترم) و همچنین دکتر ایرج برنوسی (نماینده محترم تحصیلات تکمیلی) که قبول زحمت فرموده و پایان نامه اینجانب را مطالعه و ارزیابی نموده اند تشکر و قدردانی می نمایم.

از آقای سهیل میرزاده، آقای جلیلی و مهندس حمید آقاگلزاده کارکنان مرکز توسعه منابع انسانی هراز (کاپیک) و همچنین از آقای مهندس اسدی معاونت مؤسسه تحقیقات برنج- معاونت مازندران تشکر می‌نمایم

از دوستان عزیزم جناب آقای مصطفی رحیمی، محمود سلطانی، علی‌رضا بیننده، مقداد نصیری، عباس تقی زاده، حسین نبی زاده، علی لطیفی، حسین جعفری، مهران نورمحمدپور و سامان اورنگیان که اینجانب را مورد لطف و محبت خود قرار دادند صمیمانه سپاسگذارم. از همکلاسی های عزیزم جناب آقای یداله احمدی، مهدی خدایی، یاسر نوربخش، فرشاد وصالی، رسول مولودپور، محمد لاریجانی، اسمائیل خلیفه، کورش احمدی، آرمان عارفی و محمد عسکری و سایر دوستانم که در دوران تحصیل بنده را از کمک‌های بی دریغ خود برخوردار نموده‌اند کمال تشکر را دارم.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب	I
فهرست شکل‌ها	V
فهرست جداول	VIII
فهرست علائم اختصاری	IX
چکیده	X
۱- مقدمه	۱
۱-۱ اهمیت محصول برنج	۱
۱-۲ پروسه فرآوری برنج (تبدیل)	۱
۱-۳ خواص مکانیکی	۲
۱-۴ ضرورت و اهداف تحقیق	۳
۱-۴ الگوی تحقیق	۳
۲- بررسی منابع	۴
۲-۱ خواص فیزیکی محصولات کشاورزی دانه‌ای	۴
۲-۱-۱ تعیین اندازه و شکل	۴
۲-۱-۲ خواص اصطکاکی	۷
۲-۲ خواص مکانیکی محصولات کشاورزی	۹
۲-۲-۱ برخی از کاربردهای خواص مکانیکی محصولات کشاورزی	۹
۲-۲-۲ تعریف برخی از واژه‌های مربوط به خواص مکانیکی	۱۰
۲-۲-۳ خواص مکانیکی محصولات دانه‌ای	۱۱
۲-۲-۳-۱ رفتار نیرو- تغییر شکل محصولات کشاورزی	۱۱
۲-۲-۳-۲ روش‌های ارزیابی بافت محصولات کشاورزی	۱۳
۲-۲-۳-۲-۱ آزمایش‌های مخرب	۱۳

۲-۲-۳-۲-۲ آزمایش‌های غیر مخرب ۱۴
۲-۲-۳-۳ آزمون‌های اندازه‌گیری بافت محصولات کشاورزی ۱۴
۲-۲-۳-۳-۱ آزمون فشاری تک محوری ۱۴
۲-۲-۳-۳-۲ آزمون خمش سه نقطه‌ای ۲۳
۲-۲-۴ شاخص عملکرد برنج سالم (HRY) و ارتباط آن با خواص مکانیکی ۲۵
۲-۳ مراحل فرآوری برنج ۲۷
۲-۳-۱ خشک کردن ۲۷
۲-۳-۲ پوست کنی برنج ۲۹
۲-۳-۳ سفید کردن برنج ۳۰
۲-۳-۴ عوامل موثر بر شکستگی برنج در پروسه تبدیل ۳۴
۲-۳-۴-۱ رطوبت ۳۴
۲-۳-۴-۱-۱تاثیر رطوبت محصول در زمان برداشت ۳۴
۲-۳-۴-۱-۲ تاثیر رطوبت نهایی محصول در زمان تبدیل ۳۵
۲-۳-۴-۲ شرایط خشک کردن ۳۶
۲-۳-۴-۲-۱ دما ۳۶
۲-۳-۴-۲-۲ خشک‌کردن توام با استراحت ۳۶
۲-۳-۴-۲-۳ ارتفاع مناسب شلتوک در خشک کن ۳۷
۲-۳-۴-۲-۴ تاثیر سرعت هوای خشک‌کن ۳۸
۲-۳-۴-۲-۵ تاریخ خشکاندن شلتوک ۳۸
۲-۴ پارامترهای مهم در ارزیابی فرآیند تبدیل ۳۸
۲-۵ عوامل موثر در بهینه سازی ماشینهای مورد استفاده در واحد شالیکوبی ۴۲
۲-۶ جمع‌بندی و اهداف ۴۳
۳- مواد و روشها ۴۴
۳-۱ تهیه، نگهداری و آماده سازی نمونه‌ها ۴۴
۳-۲ آزمایش‌های تبدیل برنج ۴۴

۳-۲-۱ خشک کردن نمونه‌ها ۴۴
۳-۲-۲ عملیات پوست‌کنی ۴۷
۳-۲-۳ سفید کردن ۴۸
۳-۲-۳-۱ سفیدکن سایشی ۴۹
۳-۲-۳-۲ سفید کن اصطکاکی ۵۰
۳-۲-۴ تعیین درصد شکستگی برنج ۵۱
۳-۲-۵ تعیین درجه سفیدی ۵۲
۳-۳ آزمایشهای تعیین خواص فیزیکی ۵۳
۳-۳-۱ تعیین ابعاد سه‌گانه ۵۳
۳-۴ آزمایشهای تعیین خواص مکانیکی ۵۳
۳-۵ روش تجزیه تحلیل آماری ۵۶
٤- نتایج و بحث ۵۷
۴-۱ درصد شکستگی برنج (FRY) ۵۷
۴-۲ درجه سفیدی(DOM) و درجه سفیدی جرمی (DOM_M) ۶۱
۴-۲-۱ درجه سفیدی (DOM) ۶۱
۴-۲-۲ درجه سفیدی جرمی (DOM_M) ۶۵
٤-۲-۳ رابطه بین درجه سفیدی (DOM) و درجه سفیدی جرمی (DOM_M) ۶۹
۴-۳ خواص فیزیکی ۷۱
۴-۴-۱ مشخصه‌های ابعادی برنج طی فرآیند تبدیل ۷۱
۴-۴ تعیین خواص مکانیکی شلتوک ۷۶
۴-۵ بررسی رابطه بین درصد شکستگی برنج و درجه سفیدی (DOM) ۸۱
۴-۶رابطه بین خواص مکانیکی و درصد شکستگی برنج در فرآیند سفیدکنی ۸۳
۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸۸
۵-۱ درصد شکستگی ۸۸

۵-۲ درجه سفیدی ۸۸
۵-۳ درجه سفیدی جرمی ۸۹
۵-۴ خواص فیزیکی ۸۹
۵-۵ خواص مکانیکی ۸۹
۵-۶ رابطه بین درصد شکستگی و درجه سفیدی ۹۹
۵-۷ رابطه بین درصد شکستگی و خواص مکانیکی ۹۹
۵-۸ نتیجه‌گیری کلی ۹۰
۵-۹ پیشنهادات ۹۱
منابع ۹۲

فهرست اشکال

شکل ۱-۲ قسمت‌های مهم شلتوک و برنج پوست شده ۱

شکل ۱-۱ چارت مراحل فرایند تبدیل شلتوک به برنج سفید ۲

شکل ۲-۱ ابعاد سه گانه دانه برنج (حسینیان، ۱۳۸۶) ۶

شکل ۲-۲ رابطه بین نیروی شکست در بارگذاری شبه استاتیک و سه بعد اصلی (سیبنمورجن و کوئین، ۲۰۰۵).. ۷

شکل ۲-۳ نیروهای وارده برجسم برروی سطح شیبدار و مسطح ۸

شکل ۲-۴ تفاوت در منحنی نیرو- تغییر شکل مواد بیولوژیک و پلیمری(هنری و همکاران، ۲۰۰۰) ۱۲

شکل۲-۵ فشردن دانه در بین دو صفحه موازی(آشتیانی عراقی، ۸۵) ۱۵

شکل ۲-۶ منحنی نیرو تغییر شکل برای مواد دارای تسلیم و بدون تسلیم(آشتیانی عراقی، ۸۵) ۱۵

شکل ۲-۷ برآورد شعاع انحنای بزرگ و کوچک دانه بر مبنای ابعاد دانه(آشتیانی عراقی، ۸۵) ۱۸

شکل ۲-۸ نمونه‌ای از نمودار نیرو- تغییر شکل(آشتیانی عراقی، ۸۵) ۱۹

شکل ۲-۹ فشردن میله‌ای با سر کروی روی دانه (شلف و محسنین، ۱۹۶۷) ۲۰

شکل ۲-۱۰ فشردن میله استوانه‌ای بر روی دانه (شلف و محسنین، ۱۹۶۷) ۲۱

شکل۲-۱۱ اجزای آزمون خمش سه نقطه‌ای (آشتیانی عراقی، ۱۳۸۵) ۲۲

شکل ۲-۱۲نمودار نیرو- تغییر شکل دانه برنج در آزمون خمش سه نقطه‌ای (توکلی هشتجین، ۱۳۸۲) ۲۳

شکل ۲-۱۳ رابطه بین استحکام خمشی دانه برنج و محتوای رطوبتی برنج (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۵) ۲۵

شکل ۲-۱۴ رابطه بین درصد دانه‌های مقاوم به شکست عملکرد برنج سالم(سیبنمورجن و کوئین، ۲۰۰۵) ۲۷

شکل ۲-۱۵ انواع خشک‌کن‌های متداول مورد استفاده در خشک کردن ۲۸

شکل ۲-۱۶ شماتیکی از نحو کار پوست کن غلتکی لاستیکی (هدایتی‌پور، ۱۳۸۵) ۳۰

شکل ۲-۱۷ یک سفیدکن سایشی مخروطی عمودی صنعتی با ظرفیت ۱۲ تن در ساعت ۳۱

شکل ۲-۱۸ سفیدکن اصطکاکی صنعتی ۳۲

شکل ۲-۱۹ سفیدکن تیغه‌ای رایج و قسمت‌های مختلف آن (حیدری سلطان‌آبادی، ۱۳۸۴) ۳۲

شکل ۲-۲۰ طرحواره‌ای از سیستم مرسوم تبدیل در شالیکوبی‌های شمال کشور ۳۳

شکل ۲-۲۱ گسترش ترک دانه برنج را نشان می‌دهد(کانسن و همکاران، ۲۰۰۲) ۳۶

شکل ۲-۲۲ توپی اصلاح شده و توپی قدیمی(حیدری سلطان آبادی و همت، ۱۳۸۶) ۴۱
شکل۳-۱ خشک کن الکتریکی بستر ثابت ایستاده ۴۵
شکل ۳-۲ محفظه‌های خشک کن مورد استفاده در پروژه ۴۶
شکل۳-۳ رطوبت سنج تجاری مدل sp-1d ساخت شرکت کت ۴۶
شکل۳-۴ پوست کن غلتکی لاستیکی آزمایشگاهی ساخت شرکت ساتاک کشور ژاپن ۴۷
شکل ۳-۵ ترازوی دیجیتال مورد استفاده در آزمایش‌ها با دقت ۰/۰۱ گرم ۴۸
شکل ۳-۶ دستگاه سفیدکن سایشی ساخت شرکت ساتاک، محصول کشور ژاپن ۴۹
شکل ۳-۷ دستگاه سفیدکن اصطکاکی ساخت شرکت مک گیل مدل NO-3 محصول کشور ۵۰
شکل ۳-۸ طرحواره دستگاه سفیدکن اصطکاکی ۵۱
شکل۳-۹ دستگاه سفیدی سنج ۵۲
شکل ۳-۱۰ دستگاه اینستران ۵۴
شکل ۳-۱۱ پایه و پروب طراحی شده برای انام آزمون خمش سه نقطه‌ای ۵۵
شکل ۳-۱۲ نمودار نیرو تغییر شکل رقم طارم محلی در رطوبت ۱۲٪ ۵۶
شکل ۴-۱ اثر متقابل رطوبت دستگاه بر درصد شکستگی برنج ۵۹
شکل ۴-۲ مقایسه سفیدکن سایشی و اصطکاکی از نظر عملکرد درصد شکستگی برای رقم طارم محلی ۶۰
شکل ۴-۳ مقایسه سفیدکن سایشی و اصطکاکی از نظر درصد شکستگی برای رقم فجر ۶۰
شکل ۴-۴ مقایسه سفیدکن سایشی و اصطکاکی از نظر درجه سفیدی از نظر درجه سفیدی برای هر دو رقم ۶۳
شکل ۴-۵ مقایسه سفیدکن سایشی و اصطکاکی از نظر درجه سفیدی برای رقم طارم ۶۴
شکل ۴-۶ مقایسه سفیدکن سایشی و اصطکاکی از نظر درجه سفیدی برای رقم فجر ۶۴
شکل ۴-۷ مقایسه سفیدکن سایشی و اصطکاکی از نظر درجه سفیدی جرمی برای هر دو رقم ۶۷
شکل ۴-۸ مقایسه سفیدکن سایشی و اصطکاکی از نظر درجه سفیدی جرمی برای رقم طارم ۶۸
شکل ۴-۹ مقایسه سفیدکن سایشی و اصطکاکی از نظر درجه سفیدی جرمی برای رقم فجر ۶۸
شکل ۴-۱۰ رابطه بین درجه سفیدی و درجه سفیدی جرمی برای هر دو نوع سفیدکن ۶۹
شکل ۴-۱۱ رابطه بین درجه سفیدی و درجه سفیدی جرمی برای رقم فجر ۷۰

شکل ۴-۱۲ رابطه بین درجه سفیدی و درجه سفیدی جرمی برای رقم طارم محلی ۷۰
شکل ۴-۱۳ اثر متقابل رقم سطح تبدیل بر طول دانه برنج ۷۴
شکل ۴-۱۴ اثر متقابل رقم سطح تبدیل بر عرض دانه برنج ۷۵
شکل ۴-۱۵ اثر متقابل رقم سطح تبدیل بر درجه کرویت دانه برنج ۷۵
شکل ۴-۱۶ اثر متقابل رقم سطح تبدیل بر سطح دانه برنج ۷۶
شکل ۴-۱۷ اثر متقابل رقم رطوبت بر نیروی شکست دانه در آزمون خمش سه نقطه برنج ۷۹
شکل ۴-۱۸ اثر متقابل رقم رطوبت بر انرژی شکست دانه در آزمون خمش سه نقطه برنج ۸۰
شکل ۴-۱۹ اثر متقابل رقم رطوبت بر انرژی ویژه شکست دانه در آزمون خمش سه نقطه برنج ۸۰
شکل ۴-۲۰ اثر متقابل رقم رطوبت بر نیروی شکست دانه در آزمون خمش سه نقطه برنج ۸۱
شکل ۴-۲۱ رابطه بین درصد شکستگی برنج و درجه سفیدی برنج برای هر دو رقم ۸۲
شکل ۴-۲۲ رابطه بین درصد شکستگی برنج و درجه سفیدی برنج برای رقم طارم محلی ۸۲
شکل ۴-۲۳ رابطه بین درصد شکستگی برنج و درجه سفیدی برنج برای رقم فجر ۸۳
شکل ۴-۲۴ رابطه بین درصد شکستگی و نیروی شکست برای رقم طارم محلی ۸۴
شکل ۴-۲۵ رابطه بین درصد شکستگی و نیروی شکست برای رقم فجر ۸۴
شکل ۴-۲۶ رابطه بین درصد شکستگی وانرژی شکست برای رقم طارم محلی ۸۵
شکل ۴-۲۷ رابطه بین درصد شکستگی وانرژی شکست برای رقم فجر ۸۵
شکل ۴-۲۸رابطه بین درصد شکستگی وانرژی ویژه شکست برای رقم طارم محلی ۸۶
شکل ۴-۲۹ رابطه بین درصد شکستگی وانرژی ویژه شکست برای رقم فجر ۸۶
شکل ۴-۳۰ رابطه بین درصد شکستگی وتنش خمشی برای رقم طارم محلی ۸۷
شکل ۴-۳۱ رابطه بین درصد شکستگی و تنش خمشی برای رقم فجر ۸۷

فهرست جداول

جدول ۴-۱ تجزیه واریانس عوامل آزمایشی بر درصد شکستگی برنج ۵۷

جدول ۴-۲ تاثیر عوامل آزمایشی بر درصد شکستگی برنج ۵۸

جدول ۴-۳ اثرمتقابل دستگاه رطوبت بر درصدشکستگی برنج ۵۸

جدول ۴-۴ تجزیه واریانس عوامل آزمایشی بر درجه سفیدی برنج DOM ۶۱

جدول ۴-۵ تاثیر عوامل آزمایشی بر درجه سفیدی برنج DOM ۶۲

جدول ۴-۶ تجزیه واریانس عوامل آزمایشی بر درجه سفیدی جرمی برنج DOM_M ۶۵

جدول ۴-۷ تاثیر عوامل آزمایشی بر درجه سفیدی و درجه سفیدی جرمی برنج DOM_M ۶۶

جدول ۴-۸ تجزیه واریانس عوامل آزمایشی بر مشخصه‌های ابعادی ۷۱

جدول ۴-۹ تجزیه واریانس عوامل آزمایشی بر مشخصه‌های ابعادی ۷۲

جدول ۴-۱۰ نتایج مقایسه میانگین‌های عوامل آزمایشی بر شکل و اندازه دانه شلتوک ۷۲

جدول ۴-۱۱ نتایج مقایسه میانگین‌های عوامل آزمایشی بر شکل و اندازه دانه شلتوک ۷۳

جدول۴-۱۲ تجزیه واریانس عوامل آزمایشی بر خواص مکانیکی دانه برنج تحت آزمون خمش سه نقطه‌ای ۷۷

جدول ۴-۱۳ نتایج مقایسه میانگین‌های عوامل آزمایشی بر خواص مکانیکی دانه شلتوک ۷۷

جدول ۴-۱۴ اثر متقابل رقم رطوبت بر نیروی شکست دانه ۷۸

جدول ۴-۱۵ اثر متقابل رقم رطوبت برانرژی شکست دانه ۷۸

جدول ۴-۱۶ اثر متقابل رقم رطوبت برانرژی ویژه شکست دانه ۷۸

جدول ۴-۱۷ اثر متقابل رقم رطوبت بربیشینه تنش خمشی ۷۹

فهرست علائم اختصاری

C فاصله محور خنثی از لایه خارجی دانه برنج برحسب متر

R_1^0 و R_1 شعاعهای بزرگ وکوچک دانه در آزمون فشاری

μ ضریب اصطکاک

ν نسبت پواسن دانه

IP نقطه عطف منحنی

E ضریب الاسیسیته ظاهری

D تغییر شکل

HRY شاخص عملکرد برنج سالم

δ مقدار نفوذ استوانه در داخل دانه بر حسب میلیمتر

G انرژی شکست برحسب ژول بر متر مربع.

$\int Fd\delta$ سطح زیر نمودار نیرو- تغییر شکل بر حسب ژول

σ تنش خمشی برحسب پاسگال

F بیشینه نیروی خمشی برحسب نیوتن

L فاصله بین دو تکیه‌گاه بر حسب متر

C فاصله محور خنثی از لایه خارجی دانه برنج برحسب متر

I ممان اینرسی بر حسب توان چهارم متر می‌باشد

w_b وزن هزار دانه برنج قهوه‌ای بر حسب گرم

W_f وزن برنج سفید شکسته بر حسب گرم می‌باشند

w_w وزن شلتوک اولیه قبل از قرار دادن در آون

w_d وزن شلتوک بعد از قرار دادن در آون

CF ضریب تبدیل

FRY عملکرد برنج خرد

MC درصد محتوی رطوبتی

W_s وزن برنج سفید سالم بر حسب گرم

W_r وزن شلتوک اولیه بر حسب گرم

DOM درجه سفیدی

DOM_M درجه سفیدشدگی برحسب جرم سبوس برداشته شده،

a قطر بزرگ (طول) برحسب میلی‌متر

b قطر متوسط (عرض) برحسب میلی‌متر

c قطر کوچک (ضخامت) برحسب میلی‌متر

Q ضریب کرویت

V حجم برحسب میلی‌متر مکعب

D_P قطرمعادل برحسب میلی‌متر

S سطح دانه

R_a نسبت دید

N نیروی عمود بر سطح تماس

چکیده

در میان غلات برنج تنها محصولی است که شکل ظاهری و درصد شکستگی در کیفیت آن نقش مهمی را ایفا می‌کند. عمده ضایعات برنج (برنج شکسته شده) در مرحله تبدیل بوجود می‌آید. طی فرآیند تبدیل شلتوک نیروهای مختلفی به دانه برنج وارد می‌شوند که می‌توانند موجب شکستگی آن گردند. با استفاده از خواص مکانیکی شلتوک می‌توان میزان این شکستگی را پیش‌بینی کرد. در این تحقیق رابطه میزان شکستگی دو رقم برنج رایج مازندران (طارم محلی و فجر) در دو نوع سفیدکن سایشی و اصطکاکی آزمایشگاهی و در سه سطح رطوبتی (۱۰، ۱۲ و ۱۴٪) با خواص مکانیکی (نیروی شکست، تنش بیشینه خمشی، انرژی شکست و انرژی ویژه شکست) شلتوک طی بارگذاری خمش سه نقطه‌ای بررسی گردید. آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند. نتایج نشان دادند که رابطه معنی‌داری بین درصد شکستگی برنج و تمامی خواص مکانیکی وجود داشت به طوری که با افزایش مقاومت خمشی درصد شکستگی برنج کاهش می‌یافت. البته این رابطه به نوع سفیدکن نیز بستگی داشت به نحوی که رابطه مذکور در سفیدکن اصطکاکی نسبت به سفیدکن سایشی دارای ضریب تعیین بالاتری بود. دلیل آن را می‌توان چنین بیان کرد که در سفیدکن سایشی نیروهای وارده در حدی نیستند که بر مقاومت دانه ای سالم غلبه کنند و در نتیجه برای هر رقم، تغییرات مقاومت خمشی تأثیر چندانی بر درصد شکستگی برنج در سفیدکن سایشی ندارند. همچنین در این تحقیق درجه سفیدی برنج برای این دو رقم مورد تعیین و بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که با افزایش رطوبت درجه سفیدی افزایش پیدا می‌کند و دلیلش این است که در رطوبت‌های بالاتر بافت برنج نرم‌تر است و در نتیجه سریعتر و آسانتر لایه سطحی آن برداشته می‌شود. همچنین روند افزایشی درجه سفیدی در سفیدکن اصطکاکی بیشتر به چشم می‌خورد. در هر دو رقم، سفیدکن سایشی دارای درجه سفیدی بیشتری نسبت به سفیدکن اصطکاکی است. در بررسی رابطه درصد شکستگی و درجه سفیدی نتایج نشان دادند که رابطه معنی‌داری بین درجه سفیدی و درصد شکستگی وجود داشت به طوری که با افزایش درجه سفیدی درصد شکستگی برنج نیز افزایش می‌یافت.

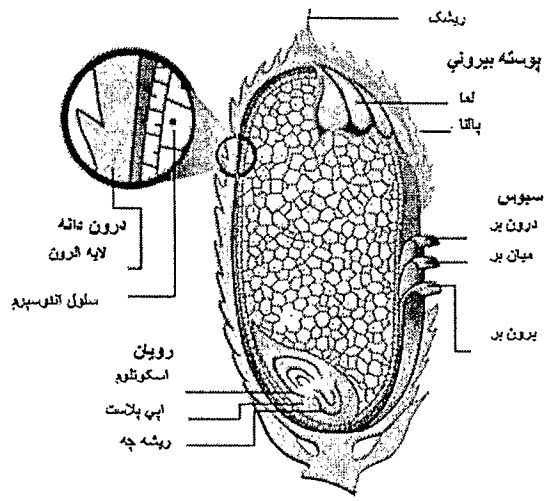
کلمات کلیدی: شلتوک، درصد شکستگی، درجه سفیدی، خواص مکانیکی، سفیدکن سایشی، سفیدکن اصطکاکی، بارگذاری خمش سه نقطه‌ای.

فصل اول

مقدمه

۱-۱ اهمیت محصول برنج

برنج گیاهی است از تیره غلات، جنس oriza که گونه آن sativa است. دانه برنج آن برای تامین غذای اصلی بیش از نصف مردم جهان بکار می رود و در سطح بسیار وسیعی از زمین‌های زراعی کشورهای جنوب شرق آسیا کشت می‌گردد. میزان کالری حاصل از برنج، مشابه گندم و مقدار پروتئین آن کمتر از گندم می‌باشد. برنج تامین کننده بیش از ۸۰ درصد کالری و ۷۵ درصد پروتئین مصرفی مردم می‌باشد. محصولی که از گیاه برنج به شکل دانه برداشت می‌گردد، شلتوک نامیده می‌شود. شلتوک شامل پوسته بیرونی (لما و پالئا)، پوشش درونی (سبوس)، رویان و درون دانهٔ نشاسته‌ای است. این بخش نشاسته‌ای، همان دانه سفیدی است که به عنوان برنج مصرف می‌شود(شکل ۱-۱).

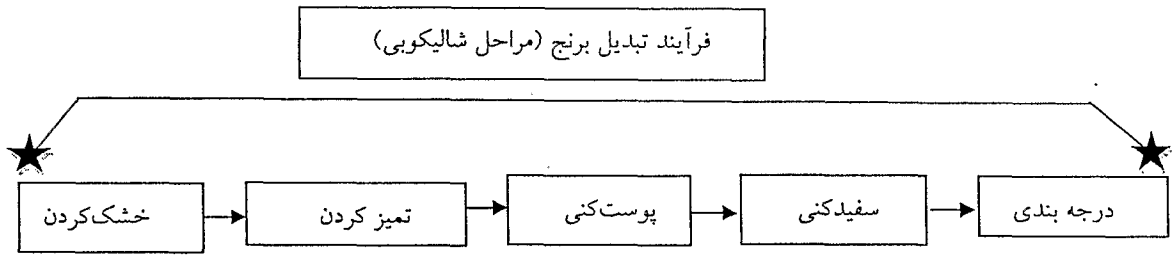


شکل ۱-۱ قسمت‌های مهم شلتوک و برنج پوست شده

۱-۲ پروسه فرآوری برنج (تبدیل)

به عملیات تبدیل شلتوک به برنج سفید، فرآیند تبدیل برنج گفته می‌شود که شامل خشک کردن، تمیز کردن، پوست کنی، سفید کردن و درجه بندی می‌باشد(شکل ۱-۲). در میان غلات برنج تنها محصولی است که شکل ظاهری و درصد شکستگی در کیفیت آن عوامل مهمی به شمار می‌آیند. مطالعات نشان می‌دهد که در بازارهای جهانی درصورت وجود

خرده برنج در محصول عرضه شده، قیمت آن با توجه به شرایط، تا یک دهم قیمت برنج مرغوب کاهش می‌یابد. عمده ضایعات برنج (برنج شکسته شده) در مرحله تبدیل بوجود می‌آید. شکسته شدن برنج تابع عوامل زیادی نظیر نوع رقم، مدیریت زراعی، رطوبت هنگام برداشت و تبدیل، روش خشک کردن و وسایل بکار گرفته شده در سیستم تبدیل است.



شکل ۱-۲ چارت مراحل فرآیند تبدیل شلتوک به برنج سفید

۱-۳ خواص مکانیکی

از جمله عوامل مؤثر در میزان صدمات وارده به دانه طی عملیات فرآوری (تبدیل)، خواص فیزیکی و مکانیکی دانه برنج است. خواص مکانیکی ویژگی‌هایی هستند که بر رفتار ماده‌ای که تحت نیرویی قرار گرفته است، تاثیر می‌گذارند، مانند میزان تغییر شکل محصول و یا سرعت برگشت بافت کوبیده شده به حالت اولیه آن. برنج به عنوان یکی از مهمترین دانه‌های خانواده غلات در طی فرآیند پس از برداشت و در طول عملیات شالیکوبی، پوست کنی و سفید کنی در معرض نیروهای مختلفی قرار می‌گیرد. این نیروها شامل، نیروهای فشاری، خمشی، برشی، اصطکاکی و ضربه‌ای می‌باشند. از آنجا که دانه برنج در داخل دستگاه‌های فرآوری تحت تأثیر نیروهای مختلفی قرار می‌گیرد، بنابراین بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی دانه‌های برنج به منظور تحلیل شکستگی در طی فرآیند تبدیل لازم به نظر می‌رسد.

خواص مکانیکی اصلی دانه برنج که مورد بررسی قرار گرفته و گزارش شده‌اند شامل استحکام کششی ، استحکام فشاری و استحکام خمشی می‌باشند که در این زمینه تلاش‌هایی به منظور مربوط ساختن خواص مکانیکی و کیفیت تبدیل برنج، بخصوص عملکرد برنج سالم (HRY[1]) صورت پذیرفته است. طبق تحقیقات انجام شده، استحکام فشاری معیاری مناسب برای پیش‌بینی عملکرد برنج سالم نمی‌باشد، در حالی که استحکام کششی و استحکام خمشی درصد شکستگی را بهتر پیش‌بینی می‌کنند. از سوی دیگر بدلیل مشکل بودن انجام آزمون مقاومت به کشش برای دانه برنج، بهترین گزینه برای انجام آزمایش‌ها آزمون خمشی است. لو و سیبنمورجن (۱۹۹۵) طی تحقیقی، رابطه معنی‌داری بین میزان شکستگی برنج در فرآیند تبدیل و خواص مکانیکی شلتوک برنج در آزمون خمش سه نقطه‌ای گزارش کردند. بر همین اساس برای تعیین خواص مکانیکی شلتوک و بررسی آن با درصد شکستگی از آزمون خمش سه نقطه‌ای استفاده گردید.

[1] Head Rice Yield

۱-٤ ضرورت و اهداف تحقیق

بنا بر آمار زراعی سازمان جهاد کشاورزی سال ۸۴-۱۳۸۳، در سطح ۶۲۸ هزار هکتار، ۲/۷۴ میلیون تن انواع واریته های مختلف شلتوک، تولید شده است. که استان مازندران ۳۷/۱۷ درصد آن را تولید کرده است. ارقام رایج برنج استان علیرغم داشتن عطر، طعم ودرجه پخت مناسب دارای میزان شکستگی بالایی هستند که بیشتر این شکستگی در مرحله تبدیل بوجود می‌آید، در این میان پوست‌کن و مخصوصاً سفیدکن نقش بیشتری دارند، چون به دانه برنج نیروی مکانیکی بیشتری وارد می‌کنند. شکستگی برنج تابع عوامل متعددی از قبیل میزان مقاومت آن در برابر بارهای مکانیکی و تنش‌های دمایی و رطوبتی می‌باشد. بنابراین درصد شکستگی برنج می‌تواند بوسیله خواص مکانیکی آن پیش‌بینی شود. این تحقیق در راستای تعیین رطوبت مناسب تبدیل دو رقم برنج متداول مازندران در سیستم سایشی و اصطکاکی انجام می‌گیرد که بررسی اثر متقابل رقم و رطوبت در دو سفیدکن سایشی و اصطکاکی بر میزان شکستگی و سفیدشدگی برنج می‌پردازد. همچنین در این تحقیق خواص مکانیکی شلتوک این دو رقم شامل نیروی خمشی، انرژی شکست، انرژی ویژه شکست و بیشینه تنش خمشی مورد تعیین و رابطه آن با درصد شکستگی برنج مورد بررسی قرار می‌گیرد. از آنجا که محصولات دانه‌ای از جمله شلتوک دارای دانه‌های ریزی هستند، تعیین خواص مکانیکی آنها مشکل است، لیکن بدست آوردن این خواص برای طراحی مکانیزم‌های مرتبط با فرآوری محصول و وارد آمدن کمترین صدمات ممکن لازم و ضروری است.

با توجه به مطالب ذکر شده مهمترین اهداف از انجام این تحقیق را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱- اندازه‌گیری برخی خواص مکانیکی دو رقم برنج غالب مازندران (طارم محلی و فجر) شامل نیروی شکست، تنش بیشینه خمشی، انرژی شکست و انرژی شکست ویژه.

۲- تعیین رطوبت مناسب تبدیل برای دو رقم متداول برنج مازندران در سفیدکن‌های اصطکاکی و سایشی در مقیاس آزمایشگاهی بر اساس حداقل بودن درصد شکستگی و درجه سفیدی.

۳- بررسی رابطه بین مقاومت به فشار و درصد شکستگی برنج و در نتیجه پیش بینی میزان شکستگی از روی آن.

۴- مقایسه سفیدکن اصطکاکی و سفیدکن سایشی از نظر حداقل بودن شکستگی این دو رقم.

۵- تعیین برخی ازخواص فیزیکی برنج در پروسه تبدیل.

۱-٤ الگوی تحقیق

در این تحقیق ابتدا عملیات تبدیل برای دو رقم مورد مطالعه (طارم محلی و فجر) در سه سطح رطوبتی ۱۰، ۱۲ و ۱۴٪ انجام می‌شود و پارامترهای کیفی برنج سفید که شامل درصد شکستگی و درجه سفیدی است مورد محاسبه قرار می‌گیرد. در ادامه خواص فیزیکی دانه برنج در پروسه تبدیل (شلتوک، برنج قهوه‌ای و برنج سفید) و همچنین خواص مکانیکی دانه شلتوک اندازه‌گیری می‌شود و در انتها رابطه بین درصد شکستگی با درجه سفیدی و خواص مکانیکی دانه شلتوک مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

فصل دوم

بررسی منابع

در این فصل ابتدا مقدمه‌ای بر بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی مواد دانه‌ای با توجه به مطالعات انجام گرفته در این زمینه پرداخته می‌شود. در ادامه نیز مراحل فرآوری دانه برنج و تحقیقات صورت گرفته در زمینه فرآیند تبدیل این محصول و فراسنجه‌های کیفی برنج تبدیل شده با تأکید بر عملیات و دستگاه‌های سفید کردن مورد بررسی قرار می‌گیرد و در انتها جمع‌بندی و اهداف انجام این تحقیق ذکر می‌گردد.

۲-۱ خواص فیزیکی محصولات کشاورزی دانه‌ای

خواص فیزیکی محصولات کشاورزی دانه‌ای از جمله غلات شامل ابعاد (قطرهای بزرگ، متوسط، کوچک، قطر هندسی و ضریب کرویت)، وزن، شکل و اندازه، سطح تصویر شده، حجم، چگالی حقیقی و ظاهری، خواص اصطکاکی و سرعت حد می‌باشند(آشتیانی عراقی، ۱۳۸۵). بدست آوردن خواص فیزیکی از آنجا حائز اهمیت است که این خصوصیات در طراحی ماشین‌های کشاورزی مرتبط با این محصولات کاربردهای فراوانی دارند و همچنین ممکن است بین برخی از این خواص و عملکرد دستگاه‌های فرآوری محصول رابطه‌ای برقرار باشد. محققین تلاشهای زیادی در زمینه تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی انجام داده‌اند که منتج به استخراج پارامترهای مؤثر و عملی در طراحی و ساخت ماشین‌های مربوطه و مهندسی کنترل آنها شده است. برخی از خواص فیزیکی بنیادی نه تنها در مهندسی ساخت بلکه در علوم و صنایع غذایی، اصلاح نباتات و سایر علوم کاربرد دارند(نگوئن[1] و کانز[2]، ۱۹۸۴).

ابعاد و شکل برای طراحی ماشین‌های که عمل تمیز کردن، درجه بندی و جداسازی را برحسب اندازه انجام می‌دهند، به کار می‌روند. چگالی ظاهری، حقیقی و تخلخل، خواصی مهم و اساسی برای طراحی خشک‌کن‌ها و سیستم‌های تهویه در انبارداری به شمار می‌آیند. زاویه پایداری و خواص اصطکاکی نیز در طراحی تجهیزات مرتبط باجریان مواد دانه‌ای و دستگاههای فرآوری که از این خواص استفاده می‌کنند، کاربرد دارند(آشتیانی عراقی، ۱۳۸۵).

۲-۱-۱ تعیین اندازه و شکل

اندازه دانه‌ها معمولا با سه قطر بزرگ (طول)، متوسط (عرض) و کوچک (ضخامت) بیان می‌شود. اندازه دانه‌ها به دو روش تصویر کردن و استفاده از ریزسنج یا کولیس با چند تکرار اندازه‌گیری می‌شود که روش دوم رایج‌تر است. در

---

[1] Nguyen

[2] Kunze

روش تصویر کردن، بزرگترین و کوچکترین سطح تصویر شده از جسم را مشخص می‌کنند. بزرگترین بعد اندازه‌گیری شده از بزرگترین سطح، معرف قطر بزرگ و کوچکترین بعد از سطح تصویر شده بزرگ معرف قطر متوسط و کوچکترین قطر از سطح تصویر شده کوچک معرف قطر کوچک می‌باشند. در روش دستی این سه بعد را بوسیله ریز سنج یا کولیس با فشار اندکی اندازه‌گیری می‌کنند (استروشن[1]، ۱۹۹۸).

در ادامه به برخی از مشخصه‌های فیزیکی محصولات کشاورزی دانه‌ای که با استفاده از سه بعد اصلی دانه مورد اندازه-گیری قرار می‌گیرند اشاره می‌شود.

ضریب کرویت یکی از شاخص‌های تعیین شکل جسم است و نشان دهنده میزان شباهت شکل یک جسم به کره می-باشد. که برای محاسبه ضریب کرویت اجسام بیضوی کشیده از فرمول محسنین استفاده می‌شود.

$$Q = (\frac{abc}{a})^{1/3}$$ (۲-۱) ضریب کرویت

که در این رابطه a قطر بزرگ(طول)، b قطر متوسط(عرض) و c قطر کوچک(ضخامت) می‌باشند.

$$V = .25\left[\left(\frac{\pi}{6}\right)a(b+c)^2\right]$$ (۲-۲) حجم

$$S = \frac{\pi BL^2}{\left(2a - \sqrt{ab}\right)}$$ (۲-۳) سطح دانه

$$D_P = \left(a\frac{(b+c)^2}{4}\right)^{1/3}$$ (۲-۴) قطرمعادل

$$R_a = \frac{b}{a}$$ (۲-۵) نسبت ابعاد

که از این مشخصه برای طبقه بندی گونه‌های برنج استفاده می‌شود.

از آنجا که مقدار رطوبت محصولات کشاورزی و مواد غذایی طی مراحل مختلف برداشت، حمل و نقل، فرآوری، نگهداری و مصرف تغییر می‌کنند، بنابراین مطالعه تاثیر تغییرات رطوبت بر خواص بیوفیزیکی از جمله ابعاد و مشخصه‌های آن حائز اهمیت است(توکلی هشتجینی، ۸۲).

1 Stroshine