



دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

اندازه‌گیری تنش‌های نرمال و برشی مقاوم وارد بر دانه در ارقام متداول برنج

استاد راهنما
دکتر عزت‌اله عسکری اصلی‌ارده

استاد مشاور
دکتر یوسف عباسپور گیلانده

توسط
وحید کهریزی

دانشگاه محقق اردبیلی

زمستان ۱۳۸۹

سپاسگزاری

حمد و سپاس بی‌پایان خداوند متعال را که همواره در سایه عنایتش بوده‌ام و هر زمان که او را خواندم آرام یافتم. خدایی که با الطاف بیکران خود توفیق به انجام رساندن تحقیق پایان‌نامه حاضر را با تمامی مشکلات به بنده حقیر مرحمت فرمودند. در اینجا لازم می‌دانم به مثابه "من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق" یادی از کسانی که مرا در گردآوری این اثر یاری و یآوری نمودند، بنمایم.

از زحمات، محبت‌ها و فداکاری‌های خانواده عزیزم که همراهی‌های ایشان پشتوانه من در راه رسیدن به اهدافم بوده و همواره مدیون آنان هستم، از صمیم قلب سپاسگزارم.

از استاد راهنمای ارجمندم، جناب آقای دکتر عزت الهه عسکری اصلی ارده که با راهنمایی‌های ارزشمند علمی و عملی، پشتکار و تلاش‌های بی‌شائبه و تحمل زحمات در فراهم نمودن لوازم و امکانات مورد نیاز، تا به ثمر رسیدن این پایان‌نامه مرا همراهی و یاری نموده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از استاد گرامی، جناب آقای دکتر یوسف عباسپور گیلانده که با همکاری بی‌دریغ و صمیمانه خود مرا مورد لطف خویش قرار داده و مشاوره این پایان‌نامه را به عهده داشته‌اند کمال تشکر دارم.

از اساتید محترم هیات داوران جناب آقای دکتر میرحسین پیمان و جناب آقای دکتر غلامحسین شاهقلی که زحمت بازخوانی و داوری پایان‌نامه را بر عهده گرفتند و در طول تحصیل نیز از محضر ایشان کسب علم و فیض نموده‌ام نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

از همراهی و همدلی دوستان خوبم آقایان مهندس حمید جلیل نژاد، مهندس ابراهیم بخشی زاده و مهندس علی اشتری و همه همکلاسی‌های بزرگووارم که هر یک به نحوی در طول دوران تحصیل و طی مراحل اجرای پایان‌نامه مرا یاری نموده‌اند صمیمانه سپاسگزاری می‌کنم.

به امید آنکه این مختصر چراغی باشد فرا راه پویندگان علم و معرفت

نام خانوادگی دانشجو: کهریزی	نام: وحید
عنوان پایان نامه: اندازه گیری تنش های نرمال و برشی مقاوم وارد بر دانه در ارقام متداول برنج	
استاد راهنما: دکتر عزت اله عسکری اصلی ارده استاد مشاور: دکتر یوسف عباسپورگیلانده	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی
دانشگاه: محقق اردبیلی	دانشکده: کشاورزی
تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۸۹/۱۰/۱	تعداد صفحه: ۶۷
کلید واژه: برنج، استحکام فشاری دانه، تنش نرمال بیشینه، تنش برشی بیشینه، محتوی رطوبت دانه	
چکیده:	
<p>برنج یکی از قدیمی ترین غلات است و بعد از گندم، غذای اصلی اکثر مردم کشور ما را تشکیل می دهد. این محصول نیز همچون سایر محصولات کشاورزی در مراحل مختلف برداشت، حمل و نقل و فرآوری تحت تأثیر نیروهای استاتیک و دینامیک متعددی قرار می گیرد. خواص مکانیکی دانه در فرآیند تبدیل آن تأثیر زیادی دارند. محتوی رطوبت دانه یکی از عوامل تأثیر گذار بر خواص مکانیکی دانه به شمار می آید. در فرآیند خشک کردن دانه، افزایش استحکام دانه باعث کاهش ضایعات دانه می شود. در این تحقیق، استحکام فشاری دانه، تنش های نرمال و برشی دو رقم متداول شلتوک برنج (هاشمی و علی کاظمی)، در شرایط شبه استاتیک با سرعت بارگذاری ۲ mm/min در دو سطح محتوی رطوبتی دانه (۸ و ۱۲ w.b. / %)، تحت زوایای مختلف بین نیروی وارده و امتداد سطح قرارگیری دانه (۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه) در دو موقعیت قرارگیری دانه بر روی سطح (در امتداد سطح شیب دار و در امتداد عمود بر آن) مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثرات رقم، محتوی رطوبتی دانه و زاویه بین نیروی اعمالی و امتداد سطح قرارگیری دانه و نیز اثرات متقابل مربوطه بر مقدار تنش های نرمال و برشی دانه معنی دار است. اثر موقعیت قرارگیری دانه روی سطح شیب دار بر میانگین تنش های نرمال و برشی دانه معنی دار نیست. با کاهش محتوی رطوبتی دانه از ۱۲ به ۸ w.b. / %، میانگین تنش نرمال دانه از ۸/۴۷۱ به ۱۴/۰۵ N/mm² و میانگین تنش برشی دانه بطور معنی دار از ۱۴/۹۸۹ به ۲۳/۷۶۳ افزایش معنی داری داشته اند. با افزایش زاویه بین امتداد نیروی وارده و تمایل سطح قرارگیری دانه از ۱۵ درجه الی ۹۰ درجه، تنش برشی دانه بطور خطی افزایش یافته و تنش نرمال دانه به ازای زاویه ۴۵ درجه بیشینه شده است.</p>	

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول - مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته
۲	۱-۱- مقدمه.....
۳	۲-۱- اهداف تحقیق.....
۴	۳-۱- کلیات و تعاریف.....
۴	۱-۳-۱- غلات.....
۴	۱-۳-۱-۱- برنج، تاریخچه و منشأ پیدایش.....
۵	۱-۳-۱-۲- ساختمان برنج.....
۹	۱-۳-۱-۳-۱- مناطق کشت برنج در ایران.....
۹	۱-۳-۱-۳-۲- سطح زیر کشت، عملکرد و میزان تولید برنج در ایران و جهان.....
۹	۱-۳-۱-۳-۳- تقسیم‌بندی ارقام شلتوک.....
۱۰	۱-۳-۱-۳-۱- طبقه‌بندی برنج‌های ایران.....
۱۰	۱-۳-۱-۴- روشهای کاشت برنج.....
۱۱	۱-۳-۱-۴-۱- روشهای برداشت برنج.....
۱۱	۱-۳-۱-۴-۲- تکنولوژی پس از برداشت برنج.....
۱۳	۱-۳-۱-۴-۳- ضایعات برنج در مراحل تولید.....
۱۴	۱-۳-۱-۶- ترک‌خوردگی شلتوک.....
۱۴	۱-۳-۱-۷- آسیب‌های مکانیکی.....
۱۵	۱-۳-۱-۷-۱- علل و شکل‌های ایجاد آسیب.....
۱۶	۱-۳-۱-۷-۲- شدت آسیب.....
۱۶	۱-۳-۱-۷-۳- طبقه‌بندی آسیب‌های مکانیکی.....
۱۷	۱-۳-۱-۷-۴- روشهای کاهش آسیب‌های مکانیکی.....
۱۷	۱-۳-۱-۸- تعاریف.....
۱۸	۱-۳-۱-۸-۱- مفهوم تنش.....
۱۹	۱-۳-۱-۸-۲- تنش وارد شده بر روی صفحه‌های مایل تحت بار محوری.....
۲۲	۱-۳-۱-۹- خواص مکانیکی.....
۲۲	۱-۳-۱-۹-۱- خواص مکانیکی شلتوک.....
۲۳	۱-۳-۱-۹-۱- آزمونهای مکانیکی.....

۲۳	..... بارگذاری شبه‌استاتیک..... ۱۰-۳-۱
۲۳	..... مفاهیم اساسی..... ۱-۱۰-۳-۱
۲۴	..... نقطه تسلیم بیولوژیک..... ۲-۱۰-۳-۱
۲۵	..... حد الاستیک..... ۴-۱۰-۳-۱
۲۷	..... پیشینه تحقیق..... ۴-۱

فصل دوم - مواد و روش تحقیق

۳۴	..... مواد و روشها..... ۱-۲
۳۴	..... فاکتورهای مورد بررسی..... ۲-۱-۲
۳۴	..... شلتوک مورد آزمایش..... ۳-۱-۲
۳۵	..... مرطوب کردن دانه‌ها..... ۴-۱-۲
۳۵	..... تعیین خواص فیزیکی شلتوک..... ۲-۲
۳۵	..... ابعاد..... ۱-۲-۲
۳۶	..... ضریب کرویت..... ۲-۲-۲
۳۶	..... تکیه‌گاه دانه..... ۳-۲

فصل سوم - نتایج و بحث

۴۵	..... رفتار دانه برنج تحت بارگذاری فشاری..... ۱-۳
۴۵	..... نتایج عینی..... ۲-۱-۳
۴۶	..... خواص فیزیکی دانه‌ها..... ۲-۳
۴۸	..... نتایج و بحث مربوط به استحکام فشاری وارد بر دانه..... ۳-۳
۴۹	..... مقایسه میانگین استحکام فشاری وارد بردانه..... ۱-۳-۳
۵۵	..... مقایسه میانگین تنشهای نرمال و برشی وارد بر دانه..... ۱-۴-۳
۶۵	..... منابع و مأخذ.....

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- برش طولی و عرضی برنج.....	۵
شکل ۲-۱- تنش وارد بر سطح.....	۱۸
شکل ۳-۱- نیروهای محوری وارد بر عضو دو نیرویی.....	۱۹
شکل ۴-۱- نیروهای عرضی وارد بر پین.....	۱۹
شکل ۵-۱- تنش‌های وارد شده روی صفحه‌ای مایل تحت بار محوری.....	۲۰
شکل ۶-۱- تنش نرمال و برشی ماکزیمم.....	۲۲
شکل ۷-۱- منحنی‌های نیرو- تغییر شکل برای دو ماده مختلف.....	۲۴
شکل ۸-۱- تفاوت بنیادین در منحنی نیرو- تغییر شکل مواد بیولوژیک.....	۲۷
شکل ۹-۱- نحوه اتصال دانه برنج برای آزمون کشش.....	۲۸
شکل ۱-۲- دستگاه رطوبت‌سنج دیجیتال.....	۳۵
شکل ۲-۲- نمایی از تکیه‌گاه دانه و عامل بارگذاری ساخته شده جهت آزمون فشاری.....	۳۷
شکل ۳-۲- نمای کلی دستگاه تست کشش و فشار ستام سری STM-20.....	۳۸
شکل ۴-۲- بازوهای مورد استفاده برای اعمال نیروی فشاری وارد بر دانه.....	۳۹
شکل ۵-۲- موقعیت قرارگیری دانه بر روی بازوی پایینی.....	۳۹
شکل ۶-۲- نحوه قرارگیری دو بازو در دستگاه آزمون کشش و فشار.....	۴۰
شکل ۷-۲- نمونه‌ای از منحنی نیرو- تغییر شکل رسم شده برای دانهٔ برنج طی بارگذاری فشاری.....	۴۱
شکل ۸-۲- نمایش نیروی فشاری و تنش‌های نرمال و برشی حاصل از آن.....	۴۲
شکل ۱-۳- مکانیسم ایجاد ترک دانهٔ برنج ناشی از بارگذاری فشاری.....	۴۵
شکل ۲-۳- نتایج اثرات متقابل رقم و محتوی رطوبت دانه بر استحکام فشاری دانه.....	۵۰

- شکل ۳-۳- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و زاویه تمایل سطح بر استحکام فشاری دانه..... ۵۰
- شکل ۳-۴- نتایج مقایسه میانگین زاویه تمایل سطح و موقعیت قرارگیری دانه..... ۵۲
- شکل ۳-۵- تغییرات استحکام فشاری دانه بر حسب زاویه تمایل سطح قرارگیری دانه..... ۵۳
- شکل ۳-۶- اثرات متقابل رقم و محتوی رطوبت دانه بر روی تنش نرمال..... ۵۷
- شکل ۳-۷- اثرات متقابل رقم و محتوی رطوبت دانه بر روی تنش برشی..... ۵۷
- شکل ۳-۸- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و زاویه تمایل سطح بر تنش نرمال..... ۵۸
- شکل ۳-۹- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و زاویه تمایل سطح بر تنش برشی..... ۵۸
- شکل ۳-۱۰- اثرات متقابل محتوی رطوبت دانه و زاویه تمایل سطح بر تنش نرمال..... ۵۹
- شکل ۳-۱۱- اثرات متقابل محتوی رطوبت دانه و زاویه تمایل سطح بر تنش برشی..... ۵۹
- شکل ۳-۱۲- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و موقعیت قرارگیری بر تنش نرمال..... ۶۰
- شکل ۳-۱۳- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و موقعیت قرارگیری بر تنش برشی..... ۶۰
- شکل ۳-۱۴- اثرات متقابل محتوی رطوبت و موقعیت قرارگیری دانه بر تنش نرمال..... ۶۱
- شکل ۳-۱۵- اثرات متقابل محتوی رطوبت و موقعیت قرارگیری دانه بر تنش برشی..... ۶۱
- شکل ۳-۱۶- تغییرات تنش نرمال دانه بر حسب زاویه تمایل سطح قرارگیری دانه..... ۶۲
- شکل ۳-۱۷- تغییرات تنش برشی دانه بر حسب زاویه تمایل سطح قرارگیری دانه..... ۶۲

فهرست جداول

عنوان

صفحه

- جدول ۱-۱ درصد مواد تشکیل دهنده برنج ۶
- جدول ۱-۳ مقادیر میانگین ابعاد سه گانه و ضریب کرویت و مساحت سطح دانه برای رقم هاشمی..... ۴۶
- جدول ۲-۳ مقادیر میانگین ابعاد سه گانه و ضریب کرویت و مساحت سطح دانه برای رقم علی کاظمی ۴۷
- جدول ۳-۳ نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری استحکام فشاری دانه در ارقام متداول برنج ۴۸
- جدول ۴-۳ نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی مورد آزمایش بر استحکام فشاری دانه ۴۹
- جدول ۵-۳ نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم، رطوبت و موقعیت دانه بر استحکام فشاری دانه..... ۵۱
- جدول ۶-۳ نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری بیشینه تنش نرمال دانه در ارقام متداول برنج..... ۵۴
- جدول ۷-۳ نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری بیشینه تنش برشی دانه در ارقام متداول برنج ۵۵
- جدول ۸-۳ نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی مورد آزمایش بر تنش نرمال دانه به روش دانکن ۵۶
- جدول ۹-۳ نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی مورد آزمایش بر تنش برشی دانه به روش دانکن ۵۶
- جدول ۱۰-۳ معادلات رگرسیونی تنش‌های نرمال و برشی بر حسب زاویه تمایل سطح شیب‌دار ۶۳

فصل اول

مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

برنج یکی از قدیمی‌ترین و پرمصرف‌ترین محصولات زراعی است و غذای اصلی حدود دو سوم مردم جهان را تشکیل می‌دهد. این محصول علاوه بر تأمین کالری و بخشی از پروتئین، ماده غذایی اصلی مردم قاره آسیا می‌باشد. با توجه به روند رو به رشد جمعیت کشور و افزایش تقاضا در سال‌های اخیر، افزایش سطح زیر کشت برنج و کاهش ضایعات در عملیات تولید برنج ضروری به نظر می‌رسد. بر اساس اطلاعات منتشر شده از سوی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد^۱، سطح زیر کشت شلتوک جهان در سال ۱۹۹۷ برابر با ۱۵۰۷۸۳۰۰۰ هکتار بوده که از این میزان سطح زیر کشت، ۵۷۱۷۴۲ میلیون تن شلتوک بدست آمده است. همچنین سطح زیر کشت برنج در ایران در سال ۲۰۰۶، حدود ۶۲۰ هزار هکتار و میزان تولید شلتوک حدود ۳/۶ میلیون تن گزارش شده است (FAOSTAT, 2006). با توجه به اینکه برنج در بین محصولات زراعی بالاترین ارزش ناخالص را دارا است و همچنین درآمد بیشتری نسبت به سایر محصولات دارد، لذا کشاورزان بیشتر به زراعت این محصول روی می‌آورند و در مناطقی مانند استان‌های گیلان و مازندران که شرایط اقلیمی و اکولوژیکی برای کشت برنج مناسب می‌باشد، رواج بیشتری یافته است. یکی از مهمترین مشکلات تجربه شده در برداشت مکانیزه و عملیات پس از برداشت این محصول، آسیب‌های مکانیکی وارده به دانه است. در حالی که کشور ایران، یکی از بزرگترین تولیدکنندگان محصولات کشاورزی و بویژه انواع غله در منطقه بوده و در عین حال با مقادیر قابل ملاحظه‌ای از ضایعات در مرحله تبدیل روبروست، اما تاکنون تحقیقات بسیار محدودی در زمینه مبانی ضایعات مکانیکی در داخل کشور انجام شده است.

از زمانی که برنج به صورت شلتوک برداشت می‌شود تا موقعی که به صورت برنج سفید به بازار عرضه می‌گردد، فرآیندهای مختلفی بر روی آن انجام می‌گیرد. از جمله مراحل که در روند تولید برنج، ضایعات عمده‌ای را به همراه دارد، فرآیند تبدیل^۲ شلتوک به برنج سفید است. منظور از تبدیل برنج، کلیه عملیات انجام گرفته بر روی برنج از انتهای فرآیند خشک‌کردن تا پایان مرحله درجه‌بندی می‌باشد. کیفیت تبدیل با راندمان برنج سفید سالم ارتباط مستقیم دارد، به عبارت دیگر آن رقم از شلتوک که طی

مرحله تبدیل به برنج سفید، راندمان بیشتری ایجاد کند، از کیفیت تبدیل بالاتری برخوردار است. فرآوری دانه برنج دارای مراحل مختلفی شامل تمیزکردن^۱، خشک کردن^۲، پوست کنی^۳، سفید کردن^۴ و درجه بندی^۵ است (شیتاندا^۶ و همکاران، ۲۰۰۲). لذا طی تبدیل شلتوک به برنج سفید، ممکن است درصد نسبتاً زیادی از محصول به ضایعات تبدیل شود. این ضایعات شامل خرد شدن، کپک زدگی و تغییر رنگ دانه می باشد. برنج، ترجیحاً به صورت دانه کامل^۷ مصرف می شود و قیمت دانه های شکسته حدود یک-سوم تا یک دوم قیمت برنج سالم است. از این رو، تولید برنج سالم همراه با صرف انرژی و زمان فرآوری کمتر، هدف جهانی صنعت برنج می باشد (سارکر^۸ و همکاران، ۱۹۹۶). مهم ترین مشکل در صنعت برنج، ترک خوردن دانه و خردشدگی آن می باشد. دانه های ترک خورده ممکن است در فرآیند تبدیل دچار شکستگی شوند و در نتیجه میزان شاخص کیفی «عملکرد برنج سالم^۹» کاهش یابد.

در بین مراحل فرآوری برنج، فرآیند خشک کردن یکی از مهم ترین مراحل فرآوری است که درصد وسیعی از ضایعات را به خود اختصاص می دهد. پارامترهای زیادی بر کیفیت دانه برنج طی مرحله خشک کردن تأثیر می گذارند که دما و رطوبت مهم ترین آن ها می باشند. طی عملیات خشک کردن، دانه به صورت غیر یکنواخت خشک می شود و بنابراین از سطح دانه به طرف داخل آن گرادیان رطوبتی به وجود خواهد آمد (یانگ^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۳). این گرادیان رطوبتی سبب ایجاد تنش های کششی و فشاری در سطح و داخل دانه شده که منجر به ترک خوردگی و شکست دانه می گردد (آکیورتا^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین از طریق تعیین و بررسی خواص مکانیکی دانه برنج، می توان مقاومت به شکست دانه برنج را بررسی کرد و شرایط بهینه ای را برای عملیات تبدیل دانه شلتوک برنج مشخص نمود. برخی از خواص مکانیکی شامل شاخص های سختی، مقاومت فشاری، مقاومت خمشی، مقاومت برشی و مقاومت به ضربه می باشد

۱-۲- اهداف تحقیق

به طور کلی هدف اصلی این پژوهش عبارتند از تعیین خواص مکانیکی ارقام متداول برنج نسبت به بارگذری فشاری. بطور دقیق اهداف جزئی این تحقیق را می توان به شرح زیر بیان کرد:

۱- بررسی اثرات اصلی رقم، محتوی رطوبتی دانه، امتداد نیروی وارده بر دانه برنج (امتداد نیروی وارد شده نسبت به سطح گذرنده از اقطار دانه یا سطح تمایل سطحی که دانه بر روی آن قرار می گیرد) و اثرات متقابل آنها بر تنش های نرمال و برشی مقاوم وارد بر دانه برنج در ارقام متداول.

1 – Cleaning
5- Grading
9- (HRY) Head Rice Yield

2- Drying
6- Shitanda

3- Dehusking
7- Whole grain
10- Yang

4- Polishing
8- Sarker
11- Aquerreta

- ۲- تعیین کمترین و بیشترین تنش‌های نرمال و برشی در سطوح مختلف عوامل مستقل مورد بررسی (رقم، محتوی رطوبتی دانه، زاویه تمایل سطح و موقعیت قرارگیری دانه روی سطح شیب‌دار).
- ۳- تعیین رقمی که نسبت به تنش‌های نرمال و برشی حساسیت بیشتری دارد.
- ۴- مشاهده عینی عکس‌العمل دانه برنج نسبت به بارگذاری فشاری.

۱-۳- کلیات و تعاریف

۱-۳-۱- غلات

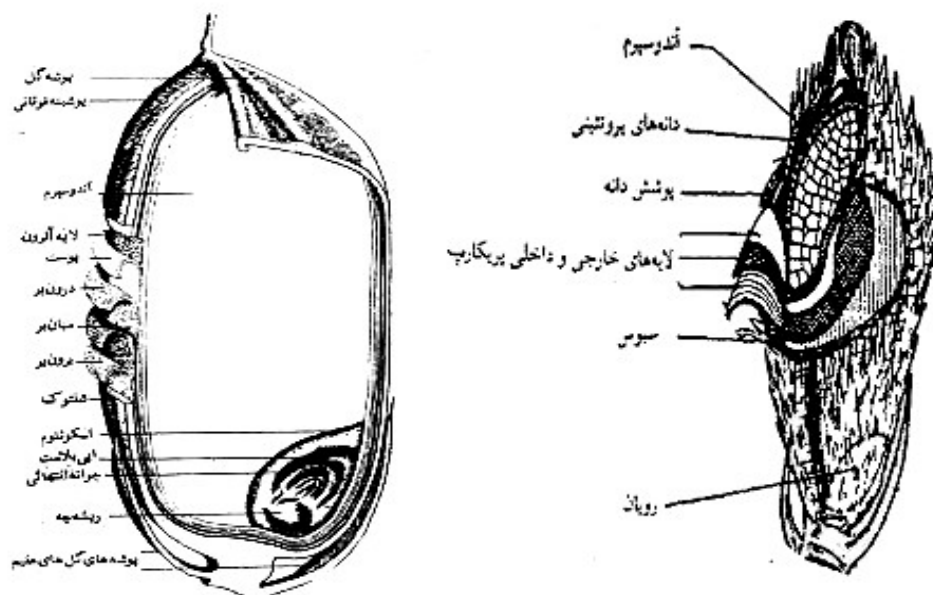
غلات شامل گروهی از گیاهان می‌باشند که سطح زیر کشت بعضی از آن‌ها در دنیا بیش از سایر گیاهان زراعی می‌باشد. محصول اصلی این گروه از گیاهان، دانه می‌باشد که برای تهیه نان و تغذیه اکثر مردم جهان به مصرف رسیده و در تغذیه حیوانات و پرندگان و صنعت نیز از آن استفاده می‌شود. محصول درجه دوم این گروه از گیاهان، شامل ساقه و یا کاه می‌باشد که موارد مصرف گوناگونی دارد. غلات را می‌توان از نظر شرایط آب و هوایی و مناطق کاشت به دو گروه تقسیم‌بندی کرد که عبارتند از: گروه اول شامل غلات مناطق سرد و معتدل مانند گندم، جو، چاودار و یولاف . گروه دوم شامل غلات مناطق گرم مانند برنج، ذرت، سورگوم و ارزن. در بین گروه اول، گندم و جو به مقدار زیاد و در سطح نسبتاً زیادی کشت می‌گردند. در بین غلات، با توجه به اینکه برنج غذای اصلی بیشتر مردم جهان بخصوص ساکنین قاره آسیا را تشکیل می‌دهد، اما گندم از نظر اهمیت، با توجه به سطح زیر کشت و تولید سالانه در مقیاس جهانی، در درجه اول اهمیت قرار دارد (خدابنده، ۱۳۸۲).

۱-۳-۱-۱- برنج، تاریخچه و منشأ پیدایش

طبق بررسی‌های انجام شده، مبدأ اولیه برنج از قاره آسیا و از کشور هندوستان بوده است. مطابق تحقیقات انجام شده توسط واویلف، چنین نتیجه گرفته شده که بین *Oriza fatua* و برنج اهلی و زراعتی امروزی، نزدیکی زیادی وجود داشته و مبدأ آن نیز از جنوب غربی آسیا بوده است. همچنین مبدأ اولیه *Oriza sativa* از کشور هندوستان و یا احتمالاً برمه بوده است. این گیاه از طریق هندوستان به سایر نواحی مستعد آسیا مانند چین و ژاپن برده شد و پس از اینکه به دیگر کشورهای آسیا منتقل گردید به آفریقا برده شد. همچنین این گیاه توسط اعراب آسیایی به مصر و سپس به مراکش و سرانجام به اسپانیا برده شد و از طریق کشور اسپانیا به سایر کشورهای اروپایی منتقل گردید (خدابنده، ۱۳۸۲).

۱-۳-۱-۲- ساختمان برنج

شلتوک، شامل یک لایه محافظ پوششی (پوست) است که در داخل آن برنج قهوه‌ای قرار دارد. برنج قهوه‌ای شامل لایه‌های خارجی و داخلی پریکارپ، پوشش دانه، اپیدرم هسته‌ای شکل، رویان و آندوسپرم می‌باشد. آندوسپرم شامل لایه آلئورن و آندوسپرم نشاسته‌ای می‌باشد. مجموع لایه‌های خارجی و داخلی پریکارپ، پوشش دانه، اپیدرم و لایه آلئورن را اصطلاحاً سبوس^۱ می‌نامند. شکل ۱-۱ ساختار درونی شلتوک را نشان داده است (گاریلدی، ۱۹۷۳).



شکل ۱-۱ برش طولی و عرضی برنج (گاریلدی، ۱۹۷۳)

۱-۳-۱-۳- مواد تشکیل دهنده دانه برنج

دانه برنج از مواد مختلفی تشکیل شده است که مهم‌ترین آن‌ها نشاسته و قند می‌باشند. به طور کلی مواد تشکیل دهنده دانه برنج عبارتند از: ۱۴ تا ۱۵ درصد آب، ۷۰ تا ۷۳ درصد نشاسته و قند، ۲ تا ۳ درصد مواد ازته، ۱ تا ۲ درصد چربی، ۱ تا ۳ درصد سلولز و ۷ تا ۸ درصد پروتئین. در میان ترکیبات برنج، سبوس دارای بالاترین و پوسته دارای کمترین مقدار انرژی و پروتئین می‌باشد. میزان دقیق ترکیبات و مواد در هر کیلوگرم برنج در جدول ۱-۱ ارائه شده است.

جدول ۱-۱ ترکیبات مختلف در یک کیلوگرم برنج (رجب زاده، ۱۳۷۵)

میزان مواد	
۷/۵ گرم	پروتئین
۲/۲ گرم	چربی
۷۵/۵ گرم	کربوهیدرات
۷۰/۵ گرم	نشاسته
۱۳ گرم	رطوبت
۳/۵ گرم	فیبر
۲۳ میلی‌گرم	کلسیم
۲/۶ میلی‌گرم	آهن
۱۵۰ میلی‌گرم	پتاسیم
۱۵۷ میلی‌گرم	منیزیم
۰/۴۱ میلی‌گرم	ویتامین B _۱
۰/۰۹ میلی‌گرم	ویتامین B _۲
۰/۶۷ میلی‌گرم	ویتامین B _۶
۴/۵ میلی‌گرم	ویتامین E
۵/۲ میلی‌گرم	نیاسین

۱-۳-۱-۴- مصرف محصولات جانبی برنج

۱- پوست برنج ۲۰-۲۴٪

۲- سبوس برنج ۴-۶٪

۳- جوانه برنج ۱-۲٪

۴- نیم دانه‌های کوچک ۲-۳٪

بقیه مواد شامل نیم دانه‌های بزرگ سالم می‌باشد.

در روشهای جدید تبدیل لازم است که محصولات جانبی حاصله را به طور سودمندی مورد استفاده قرار داد تا برای تولیدکنندگان افزایش درآمد داشته باشد. مصرف اقتصادی محصولات جانبی حاصل از برنج کوبی انگیزه خوبی برای صاحبان صنعت تبدیل می‌باشد.

پوست، یک پنجم وزنی شلتوک را تشکیل می‌دهد و اصلی‌ترین محصول جانبی فرآیند تبدیل محسوب می‌شود. در هند سالانه حدود ۱۶ میلیون تن پوسته^۱ برنج تولید می‌شود. پوسته، شکننده و متخلخل بوده و چگالی توده‌ای آن ۹۰ تا ۱۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. پوسته حدود ۱۵ تا ۱۸٪ سیلیس دارد. ارزش غذایی آن کم است و افزودن آن به خاک به عنوان کود مفید نیست. ارزش سوخت هر کیلوگرم پوست شلتوک ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ کیلوکالری است که تقریباً نصف ارزش سوخت زغال نرم می‌باشد. بنابراین از پوسته می‌توان برای تولید گازهای داغ، بخار و به کار انداختن دیگهای بخار استفاده کرد.

۱-۳-۱-۴-۱- جوانه و سبوس برنج

سایر محصولات جانبی فرآیند تبدیل علاوه بر پوسته^۱ شلتوک شامل سبوس برنج، پولیش^۱ و جوانه^۱ برنج هستند. سبوس برنج منبعی از پروتئینها، روغن و مواد مغذی می‌باشد. اگرچه سبوس برنج بسیار مفید است، اما اغلب استفاده نشده و تلف می‌شود. سبوس برنج منبع خوبی از روغن است و از سبوس خام، روغن خوراکی با درجه^۱ عالی گرفته شده و سپس تصفیه می‌شود. این روغن سرشار از ویتامین E و سایر مواد مغذی است. همچنین اثرات مفیدی در کاهش سطح کلسترول خون دارد. ترکیب سبوس برنج به عوامل زیادی که مربوط به خود برنج و فرآیند برنج کوبی می‌شود، بستگی دارد. عوامل اصلی مربوط به خود دانه^۱ برنج شامل تنوع واریته‌ای و محیطی است که بر موارد زیر اثر می‌گذارد:

۱- ترکیب متوسط شیمیایی

۲- توزیع ترکیبات شیمیایی

۳- ضخامت لایه‌های خارجی تر

۴- اندازه و شکل دانه‌ها

۵- مقاومت دانه‌ها نسبت به شکستگی و سایش

عوامل اصلی مربوط به فرآیند تبدیل شامل دستگاه‌ها و روشهای فرآوری و شرایط تبدل می‌باشند (پوراآذرنگ، ۱۳۸۱).

۱-۳-۲- سابقه برنجکاری در ایران

زراعت برنج در ایران از سالیان خیلی دور معمول بوده و تاریخ کشاورزی نمایانگر آن است که در زمان هخامنشیان در ایران زراعت می‌شده و در دوره اشکانیان نیز در گیلان و مازندران و خراسان،

زراعت برنج معمول بوده و در دوران ساسانیان نیز در قسمتی از ایران مانند کاشمر و تاشکند، برنجزارهای وسیعی وجود داشته است. نام اصلی برنج در ایران از کلمه «ورنج» و یا «رنج» گرفته شده و در طول تاریخ به تدریج به «برنج» تبدیل گردیده است. در برخی از مناطق استان گیلان، آن را «بج» می نامند. به مجموعه دانه برنج و پوست آن، شلتوک گفته می شود. این کلمه از لغت هندی «چلتو» گرفته شده که در خوزستان به نام «چلتوک» و در برخی نقاط ایران، «شلتوک» نام دارد (خدابنده، ۱۳۸۲).

نام علمی برنج، *Oriza sativa* L. می باشد و در زبان انگلیسی *Rice*، در زبان فرانسه *Riz* و در زبان آلمانی *Ries* نامیده می شود. نام اصلی برنج از زبان بومیان هند کنونی که *Arisi* نامیده می شد اقتباس گردیده که بعداً در زبان سانسکریت «*Vrihi*» گفته شده و سپس به «*Virizi*» و «*Birizi*» و سرانجام به *Oriza* تبدیل شده است (خدابنده، ۱۳۸۲). برنج. گیاهی یکساله که دارای ریشه های افشان و قوی که عمیق نبوده و معمولاً در لایه های فوقانی خاک تا عمق ۲۰ تا ۲۵ سانتی متر قرار می گیرند. برنج در زمین های کمی که دارای اکسیژن کم می باشند، به خوبی رشد می کند. ساقه برنج استوانه توخالی و صاف است که اکسیژن هوا را جذب می کند و برگ های آن مانند غلات یک در میان متناوب قرار گرفته اند. از نظر شرایط آب و هوایی گیاه برنج خاص نواحی مرطوب آسیایی و مناطق گرم و معتدل است. متوسط دمای مورد نیاز برنج حدود ۳۳ درجه سانتی گراد است که این مقدار دما در مورد ارقام زودرس کمتر و در مورد ارقام دیررس بیشتر است و ممکن است به دمای ۴۰ درجه سانتی گراد نیز برسد (اخوت، ۱۳۷۶).

۱-۲-۳-۱- مناطق مهم کاشت و تولید برنج در جهان

برنج در تمام قاره های جهان کشت شده و محصول می دهد. مهمترین کشورهای تولید کننده آن در درجه اول ممالک آسیایی هستند که عبارتند از: افغانستان، اندونزی، بنگلادش، برمه، پاکستان، تایلند، تایوان، ترکیه، چین، ژاپن، سریلانکا، فیلیپین، کامبوج، کره شمالی، کره جنوبی، مالزی، نپال، ویتنام و هندوستان.

کشورهای تولید کننده اروپایی عبارتند از:

اسپانیا، ایتالیا، پرتغال، چکسلواکی، روسیه، فرانسه، مجارستان و یونان.

کشورهای آمریکای شمالی و مرکزی شامل:

پاناما، کوبا، کاستاریکا، مکزیک، ممالک متحد آمریکا و نیکاراگوئه.

آمریکای جنوبی شامل:

آرژانتین، اکوادور، اوروگوئه، برزیل، پرو، شیلی، کلمبیا و ونزوئلا.

در اقیانوسیه شامل:

استرالیا و جزایر فیجی

در قاره آفریقا نیز در کشورهای زیر برنج کشت می‌گردد :
تانزانیا، تانگانیکا، زئیر، سنگال، گینه، لیبریا، ماداگاسکار، مالی، مصر و نیجریه.

۱-۲-۳-۱- مناطق کشت برنج در ایران

مهمترین مناطق کاشت برنج کشور در درجه اول استانهای گیلان و مازنداران است که حدود ۸۰ تا ۸۵ درصد محصول برنج کشور از این دو استان حاصل می‌شود. مناطق مهم تولید کننده برنج کشور به ترتیب اهمیت عبارتند از:

۱- استان گیلان ۲- استان مازنداران ۳- استان گلستان ۴- استان خوزستان ۵- استان فارس ۶- استان اصفهان ۷- استان خراسان ۸- استان زنجان ۹- استان سیستان و بلوچستان ۱۰- استان کردستان ۱۱- استان کرمانشاه ۱۲- استان آذربایجان غربی ۱۳- استان آذربایجان شرقی

۱-۲-۳-۱- سطح زیر کشت، عملکرد و میزان تولید برنج در ایران و جهان

برنج گیاهی است که به علت نیاز زیادی که اغلب مردم جهان به آن دارند، در بین غلات، بعد از گندم در سطح بسیار وسیعی از زمین‌های زراعتی برخی از کشورهای جهان کشت می‌گردد. سطح زیر کشت برنج در دنیا کمتر از گندم بوده، اما مقدار تولید آن تقریباً برابر با گندم می‌باشد. از ۱۶۰ کشور جهان، حدود ۴۸ کشور تولید کننده مهم برنج هستند که حدود ۱۴۵ میلیون هکتار سطح زیر کشت دارند و مقدار تولید آنها در حال حاضر به ۴۸۳ میلیون تن رسیده است (خدابنده، ۱۳۸۲). بر اساس اطلاعات منتشر شده از سوی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد، سطح زیر کشت شلتوک برنج جهان در سال ۱۹۹۷ برابر با ۱۵۰۷۸۳ میلیون هکتار بوده که از این میزان سطح زیر کشت، ۵۷۱۷۴۲ میلیون تن شلتوک بدست آمده است. همچنین سطح زیر کشت برنج در ایران در سال ۲۰۰۶، در حدود ۶۲۰ هزار هکتار و میزان تولید شلتوک، حدود ۳/۶ میلیون تن گزارش شده است (FAOSTAT, 2006).

۱-۳-۳-۱- تقسیم‌بندی ارقام شلتوک

مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج^۱ (IRRI)، برنج قهوه‌ای را از لحاظ ابعاد به چهار دسته تقسیم کرده است (جولیانو^۲، ۱۹۹۳).

الف- ارقام دانه بلندتر با طول دانه بیشتر از ۷/۵ میلی‌متر.

ب- ارقام دانه بلند با طول دانه بین ۶/۶۱ تا ۷/۵ میلی‌متر.

ج- ارقام دانه متوسط با طول دانه بین ۵/۵ تا ۶/۶۱ میلی‌متر.

د- ارقام دانه کوتاه با طول دانه کمتر از ۵/۵ میلی‌متر.

۱-۳-۳-۱- طبقه بندی برنج‌های ایران

برنج‌هایی که در نقاط مختلف ایران کاشته می‌شوند از جهات مختلف طبقه‌بندی گردیده‌اند که مهمترین آنها عبارتند از: اندازه و یا طول دانه، خصوصیات زراعتی و گیاه‌شناسی آنها.

۱- از نظر اندازه و یا طول دانه برنج‌هایی که در مناطق مختلف ایران کاشته می‌شوند به سه گروه تقسیم شده‌اند.

الف- گروه برنج‌هایی که دانه آنها خیلی طویل بوده و طول دانه آنها بیش از ۷ میلیمتر است؛ برنج‌های این گروه از نوع صدری می‌باشند.

ب- گروه برنج‌هایی که دانه آنها طویل بوده و طول دانه آنها بین ۶ تا ۷ میلیمتر است؛ و مهمترین آنها عبارتند از برنج‌های چمپای زودرس و بی نام.

پ- گروه برنج‌های دانه متوسط یا گرد که شامل برنج‌های چمپای دیررس می‌باشند و طول دانه‌های آنها بین ۵ تا ۶ میلیمتر است.

۲- از نظر مشخصات زراعی و گیاه‌شناسی

چون طول و ضخامت دانه‌های برنج، همچنین رنگ پوشه و پوشینه، ریشکدار و یا بدون ریشک بودن، زودرسی و دیررسی و برخی دیگر از صفات برنج‌ها متفاوت می‌باشند، از نظر این خواص برنج‌های ایران به سه گروه تقسیم گردیده‌اند که عبارتند از: الف- برنج‌های صدری، ب- برنج‌های چمپا و پ- برنج‌های گرده

۱-۳-۴- روشهای کاشت برنج

در مناطق مختلف جهان معمولاً برنج را به دو روش کشت می‌نمایند:

۱- تهیه خزانه و کشت بذر در خزانه برای تهیه نشاء: پس از آنکه نشاء در خزانه رشد کافی نمود، آن را به زمین اصلی که قبلاً آماده گردیده منتقل می‌نمایند. این روش کاشت در چین، هندوستان، ژاپن و اکثر نقاط ایران مرسوم و متداول است.

۲- کشت مستقیم بذر در زمین اصلی: در آمریکا و برخی از کشورهای اروپایی مانند ایتالیا متداول می‌باشد. در این کشورها زراعت برنج به طور مکانیزه و در مساحت‌های بزرگ و به طور مستقیم در زمین اصلی انجام شده و از انواع ماشین‌ها برای کاشت و نگهداری محصول و برداشت آن استفاده می‌شود.

در برخی از مناطق ایران مانند بخشی از خوزستان (کرخه) و آذربایجان، زراعت برنج به طور مستقیم در زمین اصلی انجام می‌شود که ساده‌ترین و کم خرج‌ترین روش کاشت می‌باشد (خدابنده، ۱۳۸۲).

۱-۳-۴-۱- روشهای برداشت برنج

برداشت برنج در اکثر مناطق شمالی و در بیشتر استان‌ها بوسیله کارگر انجام می‌شود. به این ترتیب که هنگام برداشت، کارگران وارد مزرعه شده و با یک دست ساقه‌های برنج را گرفته و با دست دیگر بوسیله داس‌های مخصوصی (به نام دهره)، آن‌ها را از فاصله ۲۰ تا ۳۵ سانتی‌متری سطح زمین قطع می‌کنند، سپس اطراف آن را با ساقه برنج بسته و بر روی قسمت‌های بریده شده محصول قرار می‌دهند تا در صورت مساعد بودن شرایط جوی و وجود آفتاب، نسبتاً خشک شوند. در اغلب مناطق گیلان و مازنداران برنج‌ها را پس از قطع روی قسمت باقیمانده ساقه قرار می‌دهند تا از یک طرف با زمین مرطوب تماس پیدا نکرده و از طرف دیگر در اثر تابش آفتاب و جریان هوا اندکی خشک شوند (عسکری اصلی ارده، ۱۳۷۴).

۱-۳-۴-۲- تکنولوژی پس از برداشت برنج

محصولی که به نام شالی از شالیزار برداشت می‌شود، ابتدا خرم‌نکوبی شده و سپس خشک می‌گردد (این فرآورده را شلتوک Rice Paddy می‌نامند). در گذشته اغلب شالیکاران به علت نداشتن امکانات کافی و تکنولوژی مناسب از وسائل ابتدائی مانند پادنگ برای جدا کردن و تبدیل شلتوک به برنج استفاده می‌نمودند. این عمل با زحمت و مشکلات زیاد و همچنین صرف وقت طولانی انجام می‌شد. در سال‌های اخیر جهت جدا نمودن دانه‌ها از پوشه و پوشینه و سفید کردن شلتوک و سرانجام بدست آوردن دانه‌هایی که به مصارف خوراک و یا صنعت می‌رسد و اصطلاحاً برنج سفید نامیده می‌شوند از کارخانجات شالیکوبی استفاده می‌گردد. برای نیل به این هدف می‌باید مراحل مختلفی طی شود که اهم آنها عبارتند از:

۱- مرحله تحویل یا حمل به انبار:

شالی‌های برداشت شده در اواخر تابستان و یا اوایل پائیز را باید فوراً به انبار منتقل نمایند تا از دسترس حیوانات و پرندگان دور بوده و از طرف دیگر در برابر باران و یا رطوبت نباشد. پس از آن در فرصت مناسب و بتدریج آنها را جهت تبدیل، به کارخانه‌های شالیکوبی می‌برند. بنابراین نگهداری و یا انبار کردن شالی در شمال ایران که دارای شرایط آب و هوایی خاصی نسبت به سایر نقاط می‌باشد از مهمترین مسائلی است که شالیکاران یا خریداران برنج لازم است در ابتدای امر به آن توجه کامل داشته باشند.

۲- خشک کردن محصول:

فرآیند خشکاندن شلتوک باید آرام و یکنواخت باشد تا کیفیت دانه حفظ شود. شلتوک رطوبت سطحی را به آسانی از دست می‌دهد ولی برای انتقال رطوبت مرکزی به زمان زیادتری نیاز دارد. خشکاندن سریع باعث ایجاد فشار درونی دانه‌ها می‌گردد و این خود باعث ایجاد ترک و ایجاد خردشدگی در مراحل بعدی می‌شود. اگر رطوبت سطحی برنج سریع کاهش یابد، از طرفی لایه‌های بیرونی منقبض شده و از طرفی دیگر دمای بالای استفاده شده، سبب انبساط دانه‌ها می‌گردد و در نهایت اختلاف فشار ناشی از ایندو عمل منجر به بروز ترک‌هایی در دانه می‌شود. محصولی که از شالیزارهای برنج کشور، بخصوص شمال ایران برداشت می‌شود رطوبت آن بیش از حد معمول بوده و گاهی اوقات ممکن است زیادتر از ۲۲ درصد رطوبت داشته باشند و در صورتی که با همان رطوبت انبار شوند و یا روی هم انباشته گردند دچار کپک‌زدگی و فساد خواهند شد. بنابراین هنگام انبار کردن نباید رطوبت دانه‌ها بیش از ۱۴ درصد و در مرحله تبدیل نیز بیش از ۱۲ تا ۱۳ درصد باشد. بدین منظور لازم است ابتدا دانه‌ها را به وسیله خشک‌کننده‌های مخصوص^۱ بتدریج خشک نمود.

۳- پوست کن:

پس از آنکه شالی‌ها خشک شدند، در بخش دیگری از دستگاه موجود در کارخانه، پوست موجود در روی دانه‌ها نیز جدا گردیده و دانه‌های برنج تیره رنگ که به برنج قهوه‌ای مرسومند، حاصل می‌شود. غلتک‌های پوست کن معمولاً از جنس لاستیک هستند تا صدمه و فشار بیش از اندازه به دانه‌ها وارد نشده و دانه‌ها نشکنند.

۴- دستگاه سفیدکن:

بعد از مرحله پوست کنی، برنج قهوه‌ای توسط دستگاه سفیدکن به برنج سفید تبدیل می‌شود. سفیدکن برنج به دستگاهی اطلاق می‌گردد که در آن دانه‌های برنج قهوه‌ای تحت فشار زیاد و در اثر تماس و اصطکاک با یکدیگر و همچنین با سطوح داخلی سفیدکن، سفید می‌شود. تحقیقی که توسط شارکر و عزیزاده (۱۳۷۸) بر روی رقم کامفیروزی انجام شد، نشان داد که هرچه رطوبت شلتوک در زمان تبدیل کمتر باشد، مقدار کمتری از لایه سبوس توسط دستگاه سفیدکن برداشته می‌شود. نتایج تحقیقات سلطان-آبادی (۱۳۷۸) نشان داد که وجود شلتوک در برنج قهوه‌ای، باعث کاهش سفیدشدگی^۲ می‌شود.

دستگاه سفیدکننده که عمل آنها تغییر رنگ دانه‌های برنج از قهوه‌ای به سفید می‌باشد دارای قطعاتی مانند:

قیف ورودی دانه‌ها و همچنین توپی و کاردک بوده که دانه‌ها پس از عبور از فاصله بین توپی و کاردک، لایه سبوس دانه نیز جدا می‌شود. پس از آنکه عمل سفید کردن دانه‌ها پایان یافت، دانه‌های سفید شده