



به کارگیری خشک‌کن‌های دوار و ایستاده گردشی برای کاهش ضایعات برنج

حمید رضا گازر*

دانشیار بخش تحقیقات مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

مصرف بالای انرژی و غیر یکنواختی شلتوک خشک‌شده در خشک‌کن‌های مرسوم (خوابیده) از مشکلات موجود در خشک‌کردن برنج است که موجب افزایش شکستگی دانه در مراحل تبدیل برنج می‌شود. در این مقاله به معرفی خشک‌کن‌های دوار و ایستاده گردشی برای خشک‌کردن برنج و مزایای استفاده از این خشک‌کن‌ها پرداخته شده است. کاربرد خشک‌کن‌های دوار و ایستاده گردشی، موجب کاهش زمان و صرفه‌جویی در مصرف انرژی در خشک‌کردن شلتوک می‌شود. این دو خشک‌کن در جذب و خروج گرد و خاک موجود در شالی‌های ورودی، بهتر عمل کرده و هوای اطراف دستگاه را سالم‌تر نگه می‌دارند. کاربرد خشک‌کن‌های دوار و ایستاده نسبت به خشک‌کن‌های مرسوم، تأثیر مناسبی روی بهبود پوست‌کنی و راندمان تبدیل شلتوک داشته و مقدار برنج کامل را نیز افزایش می‌دهد.

واژگان کلیدی: انرژی، برنج، خشک‌کن، شکستگی، شلتوک، ضایعات

* نگارنده مسئول: h.gazor@ac.ir

بیان مسئله

یکی از مشکلات مهم در سیستم‌های تبدیل برنج، مصرف بالای انرژی و غیر یکنواختی خشک‌شدن لایه‌های مختلف شلتوک در خشک‌کن‌های مرسوم برنج است. این موارد، میزان شکستگی برنج را در مراحل بعدی تبدیل افزایش می‌دهد (لطیفی، ۱۳۹۳؛ گازر، ۱۳۹۳). ارتفاع زیاد، انباشت محصول و قدرت محدود فن‌های موجود در خشک‌کن‌های مرسوم سبب غیر یکنواخت خشک‌شدن شلتوک در این خشک‌کن‌ها می‌شود. همچنین، اتلاف انرژی و بروز ضایعات تبدیل برنج (برنج‌های شکسته و نیم‌دانه) را به همراه دارد. به‌کارگیری سیستم‌های جدید خشک‌کردن برنج با کارایی مناسب می‌تواند علاوه بر کاهش ضایعات تبدیل، موجب صرفه‌جویی انرژی نیز شود. خشک‌کن‌های دوار و ایستاده گردش مجدد از این نوع دستگاه‌ها هستند که در این مقاله به معرفی و مزایای استفاده از آن‌ها پرداخته می‌شود.

معرفی دستورالعمل

خشک‌کن ایستاده گردش

خشک‌کن ایستاده گردش مجدد، یک خشک‌کن عمودی با قابلیت گردش محصول در داخل دستگاه است که به آن خشک‌کن ایستاده گردشی نیز گفته می‌شود (شکل ۱). این دستگاه قابلیت خشک‌کردن شلتوک با رطوبت اولیه ۲۰-۲۲ درصد تا محدوده رطوبتی ۱۴-۱۳ درصد برای نگهداری در انبار را دارد. خشک‌کن ایستاده گردشی نیز می‌تواند شلتوک را تا محدوده رطوبتی ۹-۷ درصد برای انجام فرآیند تبدیل، خشک کند (گازر، الف ۱۳۹۶). محدوده دمای مورد استفاده برای خشک‌کردن شلتوک در خشک‌کن ایستاده گردشی بین دمای محیط تا ۵۰ درجه سلسیوس است. سوخت مصرفی این خشک‌کن، گاز طبیعی است. دستگاه خشک‌کن ایستاده گردشی از دو ناحیه استراحت^۱ و خشک‌کردن تشکیل شده است.

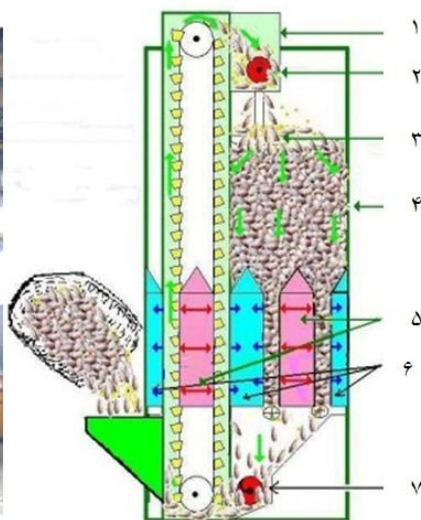


شکل ۱- خشک‌کن ایستاده گردش برای خشک‌کردن شلتوک

¹ Tempering

به کارگیری خشک‌کن‌های دوار و ایستاده گردش برای ... / حمیدرضا گازر

در این دستگاه، ابتدا شلتوک‌ها از طریق یک سیستم تغذیه‌کننده (مارپیچ تغذیه) وارد ناحیه استراحت شده و پس از آن به قسمت زیرین (ناحیه خشک‌کننده) هدایت می‌شوند. طرح‌واره اجزای ساختمانی خشک‌کن ایستاده گردش در شکل ۲ ارائه شده است. قسمت‌های مشعل‌گازی تولید گرما و تابلوی کنترل دستگاه خشک‌کن در شکل ۳ ملاحظه می‌شود. در تابلوی کنترل، مدت زمان لازم برای خشک‌شدن شلتوک و کلیه عملیات بارگیری و جابه‌جایی شلتوک در دستگاه خشک‌کن برنامه‌ریزی و پایش می‌شود. رطوبت شلتوک به وسیله دستگاه رطوبت‌سنج پرتابل مخصوص برنج، اندازه‌گیری می‌شود. جریان هوای گرم توسط یک کانال مرکزی به مجاری جانبی ناحیه خشک‌کننده وارد می‌شود. پس از انتقال هوای گرم به توده شلتوک، هوای حاوی رطوبت و دمای کمتر از طریق مجاری جانبی دیگر که مخصوص خروج هوا است، از خشک‌کن تخلیه می‌شود. با انجام متناوب عملیات حرارت‌دهی و چرخش شلتوک در دستگاه، رطوبت شلتوک به محدوده مورد نظر (۷-۹ درصد) می‌رسد. سپس شلتوک برای مرحله استراحت و تعدیل دما و رطوبت، به داخل مخازن نگهداری هدایت می‌شود. چرخش شلتوک در دستگاه خشک‌کن موجب می‌شود که گرد و خاک موجود در شالی به تدریج از شلتوک جدا شده و شلتوک در هنگام خشک‌شدن، تمیز و عاری از گرد و خاک شود. پس از سپری شدن ۱۲ تا ۲۴ ساعت، عملیات تبدیل شلتوک به برنج سفید انجام می‌شود.



۱- کانال ورودی، ۲- هلیس ورود شلتوک، ۳- صفحه توزیع شلتوک، ۴- مخزن دستگاه، ۵- مجاری ورود هوای گرم و

خشک، ۶- مجاری خروج هوای مرطوب، ۷- هلیس خروج شلتوک

شکل ۲- طرح‌واره اجزای ساختمانی و نمای خشک‌کن ایستاده گردش



شکل ۳- مشعل گازی و تابلوی کنترل عملیات دستگاه خشک کن ایستاده گردشی

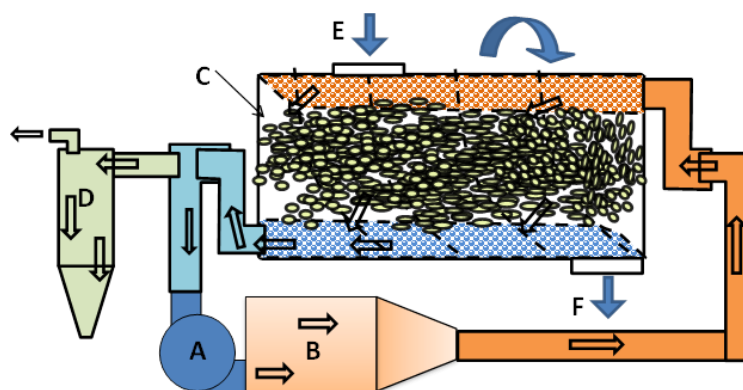
خشک کن دوار

دستگاه خشک کن دوار، یک استوانه افقی با قابلیت چرخش حول محور افقی است (شکل ۴). ظرفیت کاری خشک کن دوار برای هر دفعه کاری، حدود ۳ تا ۳/۵ تن شلتوک تر است. این دستگاه قابلیت خشک کردن شلتوک با رطوبت اولیه ۲۲-۱۶ درصد را تا محدوده رطوبتی ۹-۷ درصد برای انجام فرآیند تبدیل دارد (گازر، ب ۱۳۹۶). محدوده دمای مورد استفاده برای خشک کردن شلتوک در این دستگاه بین ۴۰-۳۴ درجه سلسیوس است. سوخت مصرفی خشک کن دوار، گاز طبیعی است. طرح واره اجزاء ساختمانی خشک کن دوار در شکل ۵ نشان داده شده است. در این خشک کن، برای هر دفعه، مقدار معینی شلتوک تر (سه تن) در دستگاه ریخته شده و با گردش ملایم استوانه، شلتوک‌ها به هم خورده و خشک می‌شوند. برای خشک شدن شلتوک در این دستگاه، جریان هوای گرم تولید شده توسط مشعل از طریق یک کانال مرکزی به داخل خشک کن وارد می‌شود. هوای گرم پس از گردش در داخل دستگاه و جذب رطوبت شلتوک، از قسمت انتهایی دستگاه وارد یک سیکلون می‌شود. بعد از گذشت ۳-۴ ساعت، اپراتور با استفاده از رطوبت‌سنج مخصوص، مقدار رطوبت شلتوک‌ها را اندازه گیری می‌کند. این کار تا زمان رسیدن رطوبت شلتوک به حدود ۸ درصد، ادامه می‌یابد. سپس، شلتوک خشک از دستگاه خارج می‌شود. در سیکلون نیز، هوا پس از جداسازی گرد و خاک و ناخالصی‌های سبک نظیر پوسته و دانه‌های پوک به بیرون هدایت می‌شود (شکل ۶). خشک کن دوار در قسمت ورودی هوا به پنکه دمنده مجهز به سه راهی و دریچه است. پس از طی شدن مراحل اولیه خشک کردن و خروج رطوبت اولیه و گرد و خاک شالی، دریچه مربوطه بسته شده و هوای خروجی در داخل خشک کن مجدداً چرخش می‌کند.

به کارگیری خشک‌کن‌های دوار و ایستاده گردشی برای ... / حمیدرضا گازر



شکل ۴- خشک‌کن‌های دوار برای خشک کردن شلتوک



A: دمنده، B: کوره حرارتی، C: خشک‌کن دوار و شلتوک داخل آن، D: سیکلون خروجی گرد و غبار و کاه و کلش، E: ورودی شلتوک، F: خروجی شلتوک

شکل ۵- طرح‌واره اجزا و عملکرد دستگاه خشک‌کن دوار

این عمل موجب کاهش مصرف انرژی و هدررفت گرمای تأمین‌شده برای دستگاه می‌شود. عملیات باز و بسته‌کردن و تنظیم دریچه، متناسب با فرآیند خشک‌شدن توسط مسئول فنی کارخانه بر حسب تجربه و شرایط رطوبت اولیه شلتوک انجام می‌شود، تا شلتوک به رطوبت مناسب برای تبدیل برسد. چرخش دستگاه خشک‌کن دوار توسط یک سیستم موتور و گیربکس به وسیله غلطک‌های لاستیکی تحت دورهای مختلف انجام می‌شود (شکل ۷). خشک‌کن دوار با کمک اپراتور، بارگیری می‌شود (شکل ۸). تخلیه آن نیز با استفاده از ماریپیچ در جدار داخلی دستگاه به صورت خودکار انجام می‌شود (شکل ۹). شلتوک‌های خشک با استفاده از تسمه‌های انتقال (شکل ۱۰) و بالابرها یا پیله‌ای به سیستم تبدیل هدایت می‌شوند.



شکل ۶- ناخالصی‌های سبک باقی‌مانده در سیکلون دستگاه خشک‌کن دوار



شکل ۷- سیستم انتقال قدرت و دوران در خشک‌کن دوار



به کارگیری خشک‌کن‌های دوار و ایستاده گردشی برای ... / حمیدرضا گازر



شکل ۸- بارگیری دستگاه خشک‌کن دوار شلتوک



شکل ۹- ماریچ‌های داخل دستگاه خشک‌کن دوار برای انتقال شلتوک



شکل ۱۰- تسمه انتقال شلتوک خشک شده از خشک کن دوار

مزایای استفاده از خشک کن های دوار و ایستاده گردشی

۱- خشک کن های دوار و ایستاده گردشی نسبت به خشک کن های مرسوم (خوابیده)، زمان خشک شدن شلتوک را تا ۵۰ درصد کاهش می دهند. این اختلاف زمانی، ناشی از ماندن زیاد شالی در خشک کن های مرسوم است. گردش شالی در خشک کن های دوار و ایستاده گردشی موجب تهویه بهتر و خروج سریع تر رطوبت از لابه لای شالی می شود. این مورد نیز باعث کاهش زمان خشک شدن در خشک کن های دوار و ایستاده گردشی می شود (گازر، ۱۳۹۶؛ کاکسیس^۲ و همکاران، ۲۰۱۱).

۲- کاربرد خشک کن های دوار و ایستاده گردشی، انرژی ویژه مصرفی خشک کردن شلتوک را نسبت به خشک کن های مرسوم تا حدود ۳۰ درصد کاهش می دهد. این به دلیل تهویه مناسب شلتوک و افزایش سرعت تبادل رطوبتی آن با هوای اطراف است که منجر به کاهش زمان خشک شدن و صرفه جویی در مصرف انرژی می شود (گازر، ۱۳۹۶؛ بیلیریس^۳ و همکاران، ۲۰۱۴).

۳- به کارگیری خشک کن های دوار و ایستاده گردشی برای خشک کردن شلتوک موجب کاهش شکستگی دانه در مراحل تبدیل شده و مقدار تبدیل برنج کامل را تا حدود ۶ درصد افزایش می دهد (گازر، ۱۳۹۶؛ حبیبی و یحیی زاده، ۱۳۹۴).

² Kocsis

³ Billiris

به کارگیری خشک‌کن‌های دوار و ایستاده گردش برای ... / حمیدرضا گازر

۴- استفاده از خشک‌کن‌های دوار و ایستاده گردش موجب گرفتن گل و خاک شالی شده و در مراحل بعدی، شلتوک تمیزتری به مرحله پوست‌کنی وارد می‌شود (شکل ۱۱). کارایی این خشک‌کن‌ها در مقایسه با خشک‌کن‌های مرسوم در جذب و خارج کردن گرد و خاک موجود در شالی‌های ورودی، بهتر بوده است. خشک‌کن‌های دوار و ایستاده گردش، هوای اطراف دستگاه را تمیزتر و سالم‌تر نگه می‌دارند.

۵- مساحت مورد نیاز برای نصب یک خشک‌کن ایستاده گردش، حدود $2/85$ برابر کمتر از یک خشک‌کن مرسوم است (گازر، الف ۱۳۹۶).



شکل ۱۱- تاثیر گرد و خاک موجود در شالی بر رنگ برنج حاصله

توصیه ترویجی (جمع‌بندی)

خشک‌کن‌های دوار و ایستاده گردش نسبت به خشک‌کن‌های مرسوم، زمان خشک‌شدن شلتوک را تا ۵۰ درصد و انرژی ویژه مصرفی خشک‌کردن آن را تا حدود ۳۰ درصد کاهش می‌دهند. کاهش شکستگی دانه برنج، تولید شلتوک تمیزتر و مساحت مورد نیاز کمتر برای نصب از ویژگی‌های دیگر این خشک‌کن‌ها است. خشک‌کن‌های ایستاده گردش در ظرفیت‌های ۴-۱۲ تن شالی و خشک‌کن‌های دوار در ظرفیت‌های ۴-۱ تن شالی به ترتیب در استان‌های مازندران و گیلان ساخته می‌شوند. این خشک‌کن‌ها توسط شرکت‌های سازنده قابلیت نصب و راه‌اندازی داشته و دارای خدمات پس از فروش (آموزش، سرویس‌های ادواری، تعمیرات) هستند. خرید و نصب این خشک‌کن‌ها در کارخانه‌های تبدیل برنج، مشمول حمایت‌های وزارت جهاد کشاورزی است. استفاده از این دو نوع خشک‌کن، گام مهمی در جهت کاهش ضایعات برنج محسوب می‌شود.

فهرست منابع

- ۱- حبیبی، فاطمه و آسیه یحیی‌زاده. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر ساختار آمیلوز و آمیلوپکتین بر کیفیت ارقام برنج ایرانی. *مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی*، ۱۶ (۲)، ص ۶۱-۷۰.
- ۲- گازر، حمیدرضا. ۱۳۹۳. بررسی و مقایسه میزان ضایعات و انرژی مصرفی در سامانه‌های تبدیل شلتوک متداول و جدید. کرج: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، گزارش نهایی، شماره ثبت ۵۵۹۲۲.
- ۳- گازر، حمیدرضا. الف. ۱۳۹۶. ارزیابی عملکرد خشک‌کن‌های ایستاده گردش مجدد در مقایسه با خشک‌کن‌های رایج شلتوک. کرج: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، گزارش نهایی، شماره ثبت ۵۲۲۷۹.
- ۴- گازر، حمیدرضا. ب. ۱۳۹۶. ارزیابی عملکرد خشک‌کن دوار برنج و مقایسه آن با خشک‌کن‌های خوابیده. کرج: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، گزارش نهایی، شماره ثبت ۵۲۲۸۴.
- ۵- لطیفی، عاصفه. ۱۳۹۳. اثر دمای خشک‌کن و رطوبت نهایی شلتوک بر شکستگی دانه سه رقم برنج. *نشریه زراعت*، ۲۷ (۱۰۲)، ص ۷۱-۷۵.
6. Billiris, M.A., T.J. Siebenmorgen and G.L. Baltz .2014. Energy used and efficiency of drying systems I. on-farm cross-flow dryer measurements. *Applied Engineering in Agriculture*, 30 (2): 205-215.
7. Kocsis, L., I. Keppler, M. Herdovics, L. Fenyvesi and I. Farkas .2011. Investigation of moisture content fluctuation in mixed flow dryer. *Agronomy Research Biosystem Engineering*, 1: 99-105.