



دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی
گروه آموزشی مهندسی بیوسیستم

پایان نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
در رشته‌ی مهندسی مکانیک بیوسیستم گرایش انرژی‌های تجدیدپذیر

عنوان:

بررسی تاثیر برخی عوامل بر شدت خشک شدن شلتوک در یک خشک کن خورشیدی

استاد راهنما:

دکتر عزت‌اله عسکری اصلی ارده

پژوهشگر:

نادر قبله

پاییز-1395

نام خانوادگی دانشجو: قبله	نام: نادر
عنوان پایان نامه: بررسی تاثیر برخی عوامل بر شدت خشک شدن شلتوک در یک خشک کن خورشیدی	
استاد راهنما: دکتر عزت اله عسکری اصلی ارده	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مکانیک بیوسیستم
گرایش: انرژی های تجدید پذیر	دانشگاه: محقق اردبیلی
دانشکده: کشاورزی و منابع طبیعی	تاریخ دفاع: 22/9/1395
	تعداد صفحات: 74
<p>چکیده:</p> <p>برنج پس از گندم مهمترین منبع غذایی مردم ایران است. خشک کردن برنج پس از برداشت، به خاطر حفظ محصول در سیلو یا انباردار، لازم و ضروری است. در بیشتر مناطق برنج خیز ایران، این غله به صورت سنتی، با پهن کردن شلتوک در سطح گسترده و با عمق کم در برابر تابش خورشید خشک می شود، که نتیجه آن افزایش افت کمی و کیفی محصول می باشد. زیرا شلتوک بدون هیچ گونه حفاظت و به مدت نسبتاً طولانی رها می شود، که سبب هدر رفتن محصول در اثر حمله پرندگان و جوندگان، آلوده شدن به گرد و غبار، خطر باران های موسمی، و ایجاد تنش های حرارتی و رطوبتی می گردد. در این تحقیق یک خشک کن خورشیدی شلتوک با صفحه تخت طراحی و ساخته شد. پس از آماده سازی دستگاه، آزمون ها انجام گرفت و پس از آن تجزیه تحلیل انجام شد. سپس تاثیر سه نوع فرم جذب کننده (موج دار، دوزنقه، تخت) و دو نوع جنس (مسی، گالوانیزه) بر روی شدت خشک شدن شلتوک مورد بررسی قرار گرفت. اثرات اصلی عوامل، اثرات متقابل، جنس صفحه جذب کننده و فرم جذب کننده خورشیدی بر شدت خشک کردن، در سطح احتمال 1٪ معنی دار شد. صفحه جاذب کلکتور موج دار و تخت به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار شدت خشک شدن را داشتند. شدت خشک کردن در صفحه جاذب مسی بیشتر از گالوانیزه بود. نتایج حاصل از محاسبه بازده کلکتور نشان داد که جنس صفحه جاذب و اثر متقابل جنس صفحه جاذب و فرم صفحه جذب کننده در سطح احتمال 5٪ و فرم صفحه جاذب در سطح احتمال 1٪ معنی دار شده است.</p>	
<p>کلیدواژه ها: خشک کن خورشیدی، شلتوک، فرم صفحه جذب کننده، جنس صفحه جذب کننده، بازده کلکتور خورشیدی</p>	

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: کلیات پژوهش
2-1-1	مقدمه
2-1-2	اهمیت فرایند خشک کردن
3-1-3	انواع مختلف انرژی حرارتی لازم در فرایند خشک کردن
1-3-3-1	سوخت‌های فسیلی
2-3-3-1	انرژی الکتریکی
3-3-3-1	انرژی خورشیدی
4-1-4	تکنیک‌های خشک‌کن‌های خورشیدی
1-4-4-1	دمای مناسب
2-4-4-1	اقدامات اولیه محصولات برای خشک‌سازی خورشیدی
5-1-5	مقایسه خشک‌کنهای سوخت فسیلی با خشک‌کن‌های خورشیدی و روش سنتی
1-5-5-1	مزیت اصلی خشک‌کن‌های خورشیدی
2-5-5-1	معایب خشک‌کن‌های خورشیدی
3-5-5-1	معایب روش سنتی
6-1-6	طبقه‌بندی خشک‌کن‌های خورشیدی بر اساس نحوه جریان هوا
1-6-6-1	خشک‌کن‌های فعال
2-6-6-1	خشک‌کننده‌های خورشیدی غیرفعال
7-1-7	تقسیم‌بندی خشک‌کن‌های خورشیدی بر اساس نحوه تأمین انرژی
1-7-7-1	خشک‌کن‌های مستقیم
	1-1-7-1-1 خشک‌کننده‌های کابینتی
10	
	2-1-7-1-1 خشک‌کننده‌های چادری
11	
	3-1-7-1-1 خشک‌کننده‌های جعبه‌ای
12	
	1-1-7-1-1 خشک‌کننده‌های الاکلنگی
12	
13	2-7-1-2 خشک‌کن‌های غیرمستقیم

1-2-7-1- مزایا و معایب خشک‌سازی خورشیدی

14..... غیرمستقیم

خورشیدی خشک کردن 3-7-1

15..... تلفیقی

15-8-1- اقدامات اولیه محصولات برای خشک‌سازی خورشید.....

16-9-1- خصوصیات فیزیکی محیط.....

17-1-9-1- محتوای رطوبت جامد.....

17-2-9-1- رطوبت تعادلی.....

17-3-9-1- رطوبت پیوندی و غیر پیوندی.....

18-4-9-1- رطوبت آزاد.....

19-10-1- کلکتورهای خورشیدی.....

20-1-10-1- کلکتور خورشیدی صفحه تخت.....

جفت کلکتور 2-10-1

21..... سهمی

لوله کلکتورهای 3-10-1

22..... خلاء

کلکتورناودانی 4-10-1

22..... سهمی

لنز کلکتورهای 5-10-1

23..... فرسنگ

بشقاب کننده‌های بازتاب 6-10-1

23..... سهمی

میدان کلکتورهای 7-10-1

24..... هلیوستات

25-1-10-1- اجزای کلکتور صفحه تخت.....

صفحه 1-11-10-1

25..... جاذب

صفحات 2-11-10-1

25..... پوششی

3-11-10-1- عایق

26..... بندی

لوله‌های	انتقال دهنده.....	26.....	4-11-10-1
	قاب.....	26.....	5-11-10-1
انتقال	ساز	کار	11-1
	حرارت.....	26.....	
سوالات	پژوهش.....	27.....	12-1
اهداف	پژوهش.....	27.....	13-1
پیشینه	تحقیق.....	27.....	14-1
خشک کن	پیشینه	تحقیق	1-14-1
	مربوط	به	
	خورشیدی.....	27.....	
	پیشینه تحقیق مربوط به کلکتور		2-14-1
	خورشیدی.....	29.....	
فصل دوم: مواد و روش‌ها			
	کلیات.....	33.....	1-2
	طراحی نرم‌افزاری.....	33.....	2-2
	ساخت اجزای خشک کن خورشیدی.....	34.....	3-2
	صفحه جاذب.....	34.....	1-3-2
	کانال دوزنقه‌ای.....	35.....	2-3-2
	شاسی خشک کن خورشیدی.....	36.....	3-3-2
	محفظه خشک کن خورشیدی.....	36.....	4-3-2
	ساخت دستگاه.....	37.....	4-2
	تلفات حرارتی خشک کن خورشیدی.....	38.....	5-2
	وسایل آزمایشگاهی.....	38.....	6-2
سنسور	دماسنج	دیجتال	1-6-2
	با		
	(DS18B20).....	38.....	
	ترازوی اندازه‌گیری مدل MDS 11000.....	39.....	1-6-2
	دستگاه سولار پاورمتر دارای استاندارد ST-1307.....	39.....	2-6-2

- 40 2-6-3- بادسنج
- 40 2-6-4- رطوبت سنج هوا
- 41 2-6-5- رطوبت سنج دیجیتالی مدل 503-GMK از کمپانی G-WON کره
- 42 2-7-7- حالت ترمودینامیکی خشک کن خورشیدی
- 43 2-7-1- خواص فیزیکی هوا
- 45 2-7-2- تلفات انرژی حرارتی کلکتور
- 47 2-7-4- اتلاف انرژی از پایین کلکتور
- 48 2-8- روش انجام آزمایش
- 49 2-9- زاویه بهینه کلکتور از سطح افق برای ماههای سال
- 2-9-1- مدل (Nijgorodov, 1994)
- 49.....(
- 2-9-2- مدل (liu, 1979)
- 49.....
- 2-10- انجام آزمون-ها
- 51.....
- 2-11- روش تجزیه تحلیل آماری نتایج
- 2-11-1- بازده خشک کن خورشیدی
- 2-11-2- بازده کلکتور خورشیدی
- 2-12- شدت خشک شدن محصول در نقاط مختلف بستر خشک کن
- 2-13- روش تجزیه تحلیل آزمایشها

فصل سوم: بحث و نتایج پژوهش

- 3-1- کلیات
- 3-2- دمای نقاط مختلف خشک کن
- 3-3- میانگین شدت تابش، دمای محیط و دمای خروجی در انجام آزمایشهای خشک کردن
- 3-4- نرخ خشک شدن شلتوک برنج
- 3-5- تلفات کلکتور
- 59.....
- 3-6- تجزیه واریانس دادههای مربوط به بازده خشک کن خورشیدی
- 3-5-1- اثر اصلی جنس صفحه جذب کننده بر بازده خشک کن خورشیدی
- 3-5-2- اثر فرم صفحه جاذب بر روی بازده خشک کن خورشیدی
- 3-5-3- اثر متقابل نوع فرم در جنس صفحه جذب کننده بر بازده خشک کن خورشیدی

- 62-3- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به بازده کلکتور خورشیدی.....
- 63-3-1- اثر اصلی جنس صفحه جاذب بر بازده کلکتور خورشیدی.....
- 64-3-2- اثر فرم جذب‌کننده بر روی کلکتور خورشیدی.....
- 64-3-3- اثر متقابل فرم در جنس صفحه جذب‌کننده بر روی بازده کلکتور خورشیدی.....
- 65-3-7- شدت خشک شدن شلتوک برنج در نقاط مختلف بستر خشک‌کن.....

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

- 68-4-1- کلیات.....
- 68-4-1-1- مقایسه آماری جذب‌کننده‌های خورشیدی بر بازده خشک‌کن و کلکتور خورشیدی.....
- 69-4-2- پیشنهادها.....
- 70- منابع و مآخذ.....
- 74- پیوست‌ها.....

فهرست جداول

صفحه

عنوان

20	جدول 1-1: کلکتورهای انرژی خورشیدی
26	جدول 1-2: مواد پوشش شیشه‌ای
43	جدول 1-2: خواص فیزیکی هوا در فشار یک اتمسفر
49	جدول 2-2: مدل نیجگروودو زاویه بهینه کلکتور از سطح افق برای ماههای سال
51	جدول 2-3: مدل نیجگروودو و ليو برای زاویه بهینه کلکتور از سطح افق ماههای سال
60	جدول 3-1: نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به بازده خشککن خورشیدی
63	جدول 3-2: نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به بازده کلکتور خورشیدی

فهرست اشکال

شکل 1-1: نمونه‌ای از خشک‌کن فعال	9
شکل 1-2: نمونه خشک‌کن غیرفعال	10
شکل 1-3: خشک‌کننده خورشیدی مستقیم	10
شکل 1-4: خشک‌کننده‌ی کابینتی	11
شکل 1-5: ساختار خشک‌کن خورشیدی چادری	12
شکل 1-6: خشک‌کننده‌ی جعبه‌ای	12
شکل 1-7: خشک‌کننده‌ی الاکلنگی	13
شکل 1-8: خشک‌کن خورشیدی غیرمستقیم	14
شکل 1-9: نمودار کاهش رطوبت محصول	19
شکل 1-10: کلکتور جفت سهموی	22
شکل 1-11: کلکتور لوله خلاء	22
شکل 1-12: کلکتور ناودانی سهموی	23
شکل 1-13: کلکتورهای لنز فرسنل	23
شکل 1-14: باز تاب کننده های بشقابک سهموی	24
شکل 1-15: کلکتورهای میدان هلیوستات	25
شکل 2-1: خشک‌کن خورشیدی اسمبلی شده	33
شکل 2-2: محفظه کلکتور با جاذب متفاوت	34
شکل 2-3: تعویض جذب‌کننده خورشیدی	35
شکل 2-4: شاسی خشک‌کن خورشیدی	36
شکل 2-5: محفظه خشک‌کن	37
شکل 2-6: خشک‌کن خورشیدی تکمیل شده	37
شکل 2-7: دمای نقاط مختلف خشک‌کن	39
شکل 2-8: نمایی از سولار پاور متر دارای استاندارد ST-1307	40
شکل 2-9: سرعت سنج هوا مدل AVM303	40
شکل 2-10: رطوبت‌سنج عقربهای ساخت آلمان	41
شکل 2-11: رطوبت‌سنج دیجیتالی مدل GMK-503 از کمپانی G-WON کره	41
شکل 2-12: انرژی تابشی خورشید	42
شکل 2-13: شبکه حرارتی	46
شکل 2-14: نمونه شلتوک برنج خشک شده در خشک‌کن خورشیدی	52

- شکل 2-15: شدت خشک شدن محصول در نقاط مختلف بستر خشک کن 54
- شکل 3-1: دمای نقاط مختلف خشک کن در یک روز آزمایش 57
- شکل 3-2: میانگین شدت تابش، دمای محیط و دمای خروجی مربوط به هریک از جذب کننده ها 58
- شکل 3-3: دمای هوای خروجی جذب کننده ها 58
- شکل 3-4: اثر انواع جذب کننده بر روی نرخ خشک شدن شلتوک برنج 59
- شکل 3-5: اثر اصلی جنس صفحهی جذب کننده بر روی بازده خشک کن خورشیدی 61
- شکل 3-6: تأثیر فرم جذب کننده برای خشک کردن شلتوک برنج 61
- شکل 3-7: اثر متقابل نوع فرم در جنس صفحه جاذب بر شدت خشک شدن شلتوک برنج 62
- شکل 3-8: اثر جنس جذب کننده بر روی کلکتور خورشیدی 63
- شکل 3-9: اثر فرم بر روی جذب کننده خورشیدی 64
- شکل 3-10: اثر متقابل فرم در جنس صفحه جذب کننده بر روی بازده کلکتور خورشیدی 65
- شکل 3-11: شدت خشک شدن شلتوک برنج در نقاط مختلف بستر خشک کن 66

فهرست نمادها

نماد	شرح و واحد
C_p	گرمای ویژه (کیلو ژول بر کیلوگرم بر درجه کلون)
\dot{m}	دبی جرمی (کیلوگرم بر ثانیه)
Q	میزان انتقال حرارت (وات)
T_a	دمای محیط (درجه کلون)
T_p	دمای جذب کننده (درجه کلون)
V	سرعت (متر بر ثانیه)
ρ	چگالی (کیلوگرم بر متر مکعب)
η_C	بازده کلکتور
η_D	بازده خشک کن
F_R	ضریب اخذ گرما
P_R	عدد پرانتل
$vx10^{-6}$	لزجت سینماتیکی (متر مربع بر ثانیه)
l	رسانایی گرمایی (وات بر متر مربع درجه کلون)
S	انرژی خورشیدی جذب شده (وات بر متر مربع)
U_L	تلفات حرارتی کلکتور (وات بر متر مربع درجه کلون)
T_p	دمای متوسط صفحه جذب کننده (درجه کلون)
T_b	دمای پشت صفحه جذب کننده (درجه کلون)
T_{in}	دمای هوای ورودی
T_{out}	دمای هوای خروجی
Q_g	حرارت مفید کسب شده توسط هوا
S	انرژی خورشیدی جذب شده
G_t	تابش ورودی خورشید (وات بر متر مربع)
F_R	ضریب اخذ گرما
$h_{c,p-a} = h_{c,b-a}$	ضریب انتقال حرارت جابجایی
D	قطر هیدرولیکی کانال هوا
$h_{r,p-g2}$	ضریب انتقال حرارت تشعشی از جذب کننده به صفحه پشت
σ	ثابت استفان-بولتزمن
ε_p	ضریب صدور صفحه پشت
ε_b	ضریب صدور صفحه جاذب

U_l	ضریب اتلاف حرارتی کل بر حسب مساحت کلکتور (وات بر متر مربع درجه کلوین)
U_t	ضریب اتلاف حرارتی بالا
N_g	تعداد شیشه
β	زاویه شیب کلکتور از سطح افق
h_w	ضریب انتقال حرارتی باد
L	طول کلکتور (متر)
U_b	اتلاف انرژی از پایین
t_b	ضخامت عایق پشت کلکتور (متر)
k_b	ضریب هدایت عایق پشت (وات بر متر مربع درجه کلوین)
U_e	ضریب انتقال حرارت را برای اتلاف حرارت از لبه‌های کلکتور
k_e	ضریب هدایت عایق لبه (وات بر متر مربع درجه کلوین)
$h_{c,e-a}$	ضریب اتلاف حرارت جابجایی از پشت به محیط (وات بر متر مربع درجه کلوین)

فصل اول:

کلیات پژوهش

1-1- مقدمه

هزاران سال است که بشر از خشک کردن مواد غذایی به وسیله قرار دادن آن در مقابل خورشید در هوای آزاد استفاده می کند. این روش ساده، همچنین باعث می شود تا ماده‌ی غذایی به وسیله قرار دادن آن در مقابل خورشید در هوای آزاد استفاده می کند. این روش ساده، همچنین باعث می شود تا ماده‌ی غذایی در مجاورت انواع آلودگی-ها، گرد و غبار قارچ‌ها و کپک‌ها، حشرات، جوندگان و سایر حیوانات قرار بگیرد. از این گذشته، خشک کردن در مجاورت هوای آزاد در اکثر موارد در هوای مرطوب امکان پذیر نیست (اتول¹ و همکاران، 2009).

آبدایی یا خشک کردن یک روش و کم هزینه برای نگهداری مواد غذایی است تا از فساد آن‌ها جلوگیری شود. خشک کردن به علت حذف آب از ماده‌ی غذایی مانع از رشد قارچ‌ها یا تخمیر مواد غذایی می شود. اقلام اضافی و مازاد از غلات، سبزیجات و میوه جات می توانند به وسیله خشک کردن برای استفاده‌های بعدی نگهداری شوند.

خشک کردن از قدیمی ترین روش‌های شناخته شده بشری برای نگهداری مواد غذایی است. اساس این روش بر کاهش رطوبت مواد غذایی و یا به عبارت دیگر کاهش فعالیت آبی در آن‌ها است. که منجر به جلوگیری از فساد میکروبی، شیمیایی، بیوشیمیایی شده و عمر نگهداری مواد غذایی را افزایش می دهد. خشک کردن مواد غذایی در آفتاب گر چه قدمتی بسیار طولانی دارد، اما هنوز به عنوان روش عملی و کاربردی در اغلب کشورها حتی کشورهای پیشرفته استفاده می شود که از دلایل آن سادگی و ارزانی این روش است.

این روش معایبی نیز به همراه دارد از جمله احتمال آلودگی محصول به دلیل قرار گرفتن در معرض مستقیم عوامل محیطی، ضایعات حاصل از حمله حشرات و پرندگان و جوندگان و طولانی بودن زمان خشک کردن که از جنبه‌ی اقتصادی نیز اثر منفی دارد. لذا این معایب تا حدودی کاربرد آن را با محدودیت مواجه ساخته است. به همین دلیل برای افزایش کیفیت خشک کردن و کاهش زمان خشک کردن روش‌های جدیدتر مانند جریان هوای گرم و خشک مثلاً با استفاده از انرژی خورشید مطرح شده اند. امروزه استفاده از انرژی خورشید جهت خشک کردن غلات و سایر محصولات کشاورزی در جهان رو به افزایش است، از دلایل این امر افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی و نیز آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف آن‌ها را می توان عنوان کرد.

خشک کردن همیشه اهمیت زیادی در محافظت و افزایش عمر ماندگاری محصولات کشاورزی داشته است. در این میان نقش استفاده از انرژی خورشید در خشک کردن محصولات کشاورزی به عنوان جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی به ویژه در نقاطی که تابش خوبی از این منبع انرژی در فصل برداشت وجود دارد، به اثبات

¹ Atoul

رسیده است (مانی^۱، 1980). خشک کردن، یک فرایند پیچیده با مصرف انرژی فراوان می باشد. انتخاب روش خشک کردن مناسب می تواند علاوه بر صرفه جویی اقتصادی باعث بهبود کیفیت محصول تولیدی گردد. در حال حاضر، خشک کردن با جریان هوای گرم، متداول ترین روش خشک کردن محصولات کشاورزی می باشد. به طوری که با استفاده از این روش می توان محصول با کیفیت، در مدت زمان کوتاه تولید کرد (دویماز^۲، 2004؛ چو^۳ و همکاران، 2004).

بالا^۴ و همکاران (2003) و سوپران^۵ و همکاران (1999) اظهار داشتند که کیفیت محصولات خشک شده با استفاده از خشک کن های خورشیدی در مقایسه با خشک کردن معمولی در آفتاب از جنبه عطر و طعم، رنگ و بافت مطلوب تر می باشد، زیرا محصولات در خشک کن های خورشیدی در برابر بارندگی، حشرات و گرد و خاک بهتر حفاظت می شوند.

در بسیاری از مناطق روستایی کشورهای در حال توسعه، خرید خشک کن های صنعتی برای کشاورزان از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست و کشاورزان خرده پا به ندرت از این تجهیزات استفاده می کنند. روش سنتی خشک کردن محصول زیر تابش مستقیم آفتاب هم معایب و محدودیت هایی دارد که از جمله می توان به تلفات بالای محصول، خشک شدن ناکافی، آلودگی به گرد و غبار، آلودگی های قارچی، حمله حشرات، پرندگان و جوندگان به محصول، و بارندگی غیرمنتظره اشاره کرد.

کاربرد خشک کن های خورشیدی در محل های تولید محصولات کشاورزی مانند مزارع و باغ ها باعث صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش هزینه های تولید و تبدیل بهینه محصولات کشاورزی می شود.

انرژی های خورشید به عنوان یکی از مهم ترین منابع انرژی تجدید پذیر در روی زمین می باشد. که علاوه بر سازگاری با محیط زیست همیشه در قسمت اعظمی از سطح کره زمین یافت می شود. و انسان همواره برای مهار این انرژی و استفاده بهینه از آن تلاش کرده است. امروزه انرژی خورشید طیف وسیعی از کاربردها را مانند تهیه آب گرم برای مصارف شهری و روستایی، تهویه مطبوع ساختمان ها، تولید برق نیروگاه ها و مخصوصاً خشک کردن محصولات کشاورزی با جمع کننده خورشیدی و... دارا می باشد.

شلتوک برنج یکی از محصولات غذایی پیشرو در جهان است که با مجموع ظرفیت تولید سالانه حدود 448 میلیون تن بر اساس میزان تولید آرد برنج و بر طبق آمار به دست آمده در سال 2008 بوده است. شلتوک برنج در بازار در اشکال مختلف که بستگی به سطح عرضه آن در مراحل بعدی دارد، یافت شود. برنج خام، به همان برنج به دست آمده پس از مرحله برداشت گفته می شود. به حالت سفیدتری از نظر رنگی تبدیل می شود و به نام برنج سفید (برنج آرد شده)، که فرم مصرفی مورد علاقه انسان در بسیاری کشورهاست، نامیده می شود. برنج

¹ mani

² douimaz

³ chou

⁴ bala

⁵ Supranto

به‌طور کلی در رطوبت 18-24٪ بر مبنای تر برداشت می‌شود و برای ذخیره سازی مطمئن نیازمند به این است که تا رطوبت 12-14٪ خشک شود. (پراکش¹ و همکاران، 2011)

1-2- اهمیت فرایند خشک کردن

از نقطه نظرهای زیر خشک کردن مصنوعی محصولات کشاورزی دارای اهمیت می‌باشد:

- 1- برداشت زودتر را امکان‌پذیر می‌سازد. از این طریق افت مزرعه‌ای محصولات به‌واسطه طوفان و دیگر آسیب‌های طبیعی کاهش می‌یابد و همچنین آماده‌سازی زمین برای کشت به‌ویژه در پاییز میسر می‌گردد.
- 2- برنامه‌ریزی برای زمان برداشت جهت استفاده بهینه از نیروی کار را ممکن می‌سازد.
- 3- انبارسازی طولانی مدت، بدون فساد و خرابی میسر می‌گردد. دوره‌های طولانی انبار سازی با مقادیر زیاد غله بسیار مهم است. در نتیجه این امکان به کشاورز داده می‌شود تا پس از گذشت چند ماه از برداشت، سود بیشتری از فروش محصول ببرد.

1-3- انواع مختلف انرژی حرارتی لازم در فرایند خشک کردن

در خشک کردن نیاز به یک منبع حرارتی موردنیاز می‌باشد، انواع مختلف انرژی حرارتی لازم برای فرایند خشک کردن شامل انرژی فسیلی (زغال سنگ، نفت، گاز)، انرژی الکتریکی، (که توسط انرژی فسیلی، اتمی، نیروی آب تولید می‌شود) و انرژی خورشیدی می‌باشد.

1-3-1- سوخت‌های فسیلی

سوخت‌های فسیلی گازی به علت سهولت بهره‌برداری و کنترل، پایین بودن نیروی کار مورد لزوم و عدم ایجاد آلودگی، بهترین نوع سوخت جهت استفاده در فرایندهای غذایی می‌باشد. در کارخانجات صنایع غذایی ایران از سوخت‌های فسیلی مایع به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم استفاده می‌شود. در بسیاری از کارخانجات تهیه و بسته‌بندی خشکبار از گازوییل به‌صورت مستقیم جهت تولید هوای گرم استفاده می‌شود. به این صورت که هوای تازه با گازهای حاصل از احتراق گازوییل مخلوط و گرم شده و توسط پنکه یا هواکش به داخل محفظه خشک‌کن هدایت می‌شود. این روش بسیار ساده و ارزان بوده و از راندمان حرارتی بالایی برخوردار است ولی نسبتاً غیربهداشتی می‌باشد و گفته می‌شود که در این روش احتمال آلودگی مواد غذایی خصوصاً توسط اکسید کربن وجود دارد که سرطان‌زا می‌باشد. در بسیاری از کارخانجات سبزی خشک‌کنی از گازوییل در سیستم غیرمستقیم

¹ Prakash

استفاده می‌شود. این روش بسیار تمیز و بهداشتی بوده و خطری از نظر آلودگی مواد غذایی وجود ندارد ولی مخارج اولیه در مقایسه با روش مستقیم بالا هست.

1-3-2- انرژی الکتریکی

اگر چه الکتریسیته خود یک منبع انرژی اولیه نمی‌باشد، ولی در صنایع بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. به علت پایین بودن بازده تبدیل انرژی‌های اولیه به الکتریسیته این نوع انرژی بسیار گران است ولی بالا بودن بازده حرارتی سیستم‌های گرمایی برقی این مشکل را تا حدودی جبران می‌نماید. بهر حال به دلیل قابلیت انعطاف زیاد در بهره‌برداری و کنترل، پایین بودن خطر آتش‌سوزی، بهداشت و عدم امکان آلوده ساختن مواد غذایی، انرژی الکتریکی، بهترین نوع انرژی جهت استفاده در صنایع غذایی می‌باشد.

1-3-3- انرژی خورشیدی

از آنجایی که بحران انرژی یکی از بنیادی‌ترین مسائل جوامع بشری است و در این میان یافتن راهی برای تهیه انرژی سهل‌الوصول، پاک و ایمن، پایا و همیشگی از اهداف اساسی است. با توجه به اینکه سوخت‌های فسیلی و هسته‌ای به مقدار زیاد آلاینده‌اند و استفاده دائمی از آن‌ها مقدور نیست، تحقیق پیرامون سایر منابع مطمئن‌تر انرژی از جمله خورشید، آب و باد مورد توجه قرار گرفته و البته از میان انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی بیشترین پتانسیل را داراست (یحیی زاده حاجیکلاء، 1391).

1-4-4- تکنیک‌های خشک‌کن‌های خورشیدی

در این بخش راهنمایی‌هایی برای نحوه کار و پروسه کار با خشک‌کن‌های خورشیدی ارائه می‌شود. باید در نظر گرفت که به ایجاد شرایط خشک‌کردن مناسب یعنی دما و تعیین شرایط دیگر برای انجام آزمایش ضروری است.

1-4-1- دمای مناسب

دما برای محصولات کشاورزی مهم است چون مقادیر مغذی یعنی ویتامین‌ها وابسته به دما هستند، رنگ و طعم و ... را از دست ندهد حداقل دمای خشک‌کردن، از 30 درجه سانتی‌گراد شروع شده ولی در این دما خشک‌کردن کم بوده ممکن است فساد روی دهد. در خشک‌سازی آزاد تغییرات دما مربوط به شدت تابش خورشیدی بوده که به‌سادگی قابل کنترل نیست. دما از 40 درجه سانتی‌گراد تا 70 درجه سانتی‌گراد و در بعضی مناطق 80 درجه سانتی‌گراد بدون بخش ذخیره حرارت یعنی استفاده از خشک‌سازی مستقیم می‌باشد. پس دما

مستقیم به شدت تابش خورشید دارد. در بعضی موارد که دما بالاست می‌توان با مخلوط کردن هوای گرم با مقدار هوای تازه از اتمسفر دما را تنظیم کرد.

1-4-2- اقدامات اولیه محصولات برای خشک‌سازی خورشیدی

اکثر مواد غذاها و میوه‌ها نزدیک خاک زندگی کرده و به فعالیت میکرو اورگانیزم‌ها حساس می‌باشند. پس باید پس از برداشت خشک شوند. این به دو صورت انجام می‌شود. مستقیم و غیرمستقیم، برخی اقدامات اولیه کمک می‌کند تا فعالیت این میکروارگانیزم‌ها کاهش یافته و پوسته آن‌ها نرم شده و در کل روش‌های ساده‌ای بر مبنای تجزیه وجود دارد. گام‌های اصلی برای خوب نگه‌داشتن کیفیت محصولات کشاورزی به‌قرار زیر است:

- 1- انتخاب بهترین کیفیت مواد پس از برداشت آن‌ها باید رسیده نرم و بدون خراش باشد.
- 2- باید کاملاً شسته شوند تا میکروارگانیزم‌ها کاهش یابند. این میکروارگانیزم‌ها وقتی دوباره در معرض اتمسفر قرار می‌گیرند رشد می‌یابند.
- 3- نسبت به نوع محصول آن‌ها باید طبقه‌بندی قفسه‌بندی یا تکه‌تکه شوند.
- 4- توازن پروسه‌ای است که باید برای اکثر محصولات به کار رود. و شامل جوشاندن در آب یا توسط بخار می‌باشد این کار آنزیم‌ها را نابود کرده و باعث بازیابی رنگ آن می‌شود.

1-5- مقایسه خشک‌کن‌های سوخت فسیلی با خشک‌کن‌های خورشیدی و روش سنتی

خشک‌کن‌ها با سوخت فسیلی به‌طور معمول اولین راهکار یا جایگزین برای خشک‌کن‌های خورشیدی محسوب می‌شود. در خشک‌کن‌های سنتی¹، سوخت در اثر حرارت سوزانده شده و به سبب حرارت ایجادشده جریان هوای گرم لازم برای خشک‌کردن ماده را ایجاد می‌کند. در بعضی موارد محصولات گازی شکل حاصل از سوختن با هوا ترکیب شده تا دمای موردنظر برای خشک‌کردن ایجاد شود. اگر چه این نوع از خشک‌کن‌ها به ظاهر هیچ مشکلی را ایجاد نمی‌کنند اما در واقع احتمال نقص مکانیکی دستگاه وجود دارد که در این مورد گازها بیش از حد وارد جریان هوای خشک‌کن می‌شوند و می‌توانند سبب آلوده شدن خوراک موجود در خشک‌کن شوند.

بزرگ‌ترین مزیت خشک‌کن‌های متداول نسبت به خشک‌کن‌های خورشیدی، امکان خشک‌کردن ماده غذایی در تمام ساعات روز و در هر نوع وضعیت آب هوایی است. بر خلاف خشک‌کن‌های خورشیدی، خشک‌کن‌های سنتی در مقابل تغییرات روز مره، فصلی و یا سایر پارامترهای مربوط به آب هوا قرار ندارند. در مقابل، سوختن انواع سوخت در خشک‌کن‌های سنتی خود باعث بروز سایر مشکلات می‌شود. از جمله آن‌ها استفاده از چوب جهت سوزاندن است که می‌تواند سبب بروز مشکل جنگل‌زدایی شود یا استفاده از زغال سنگ که سبب ایجاد آلودگی

¹ Conventional dryers

Family Name: Geble	Name: Nader
Title of Thesis: Investigation of Some Factors Effect on Paddy Drying Rate at a Solar Dryer	
Supervisor: Ezzatollah Askari Asli- Ardeh (Ph.D)	
Graduate Degree: M.Sc.	
Major: Biosystem Mechanic Engineering Specialty: Renewable Energy	
University: Mohaghegh Ardabili Faculty: Agriculture and Natural Resources	
Graduation date: 2016/11/12 Number of pages: 74	
Abstract:	
<p>After wheat, Rice is the most important food source in Iran. At post harvest, Paddy drying process of rice is essential to keep the silo or warehouse because of crop protection. In most regions of Iran-rich rice, At traditionaly, this crop spread on earth for drying by sun radiation. Direct sun radiation cause to decrease quality and quantity of crop. It is due to paddy to expose of birds attack, rodents, cotamination of dust, raning risk and wetting and termal stresses. At this study, flat plate sun dryer was desigen and constracted. Then effects of three formes of absorber (corrugateed, trapezodal and flat plates) and two materials (cuperous and Galvanized) of absorber were studied on the drying rate. After preparing of the machine, tests were accomplished and then data were analysed. The main effects of two material types (copper, galvanized) and three formes of absorber plates (corrugated, trapezoidal, flat) was significant ($P < 1\%$) on drying rate. Interactions of absorber material and form of absorber were significanted ($P < 1\%$) on drying rate. The highest and lowest of drying rate abtained at tests with corrugated and flat plate absorbers, respectively. Drying rate of copper material absorber higher than galvanized material absorber. The resultes of collector efficiency showed that the effects of absorber material, its intraction and form of absorber ($p < 5\%$) and absorber form ($p < 1\%$) were significant on collector efficiency.</p>	
Keywords: Solar dryer, Paddy, Absorber form, Drying intensity, Collector efficiency	



Faculty of Agricultural and Naturel Resources
Department of Biosystems Engineering

**Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of
M.Sc in Mechanical of Biosystem Engineering, Renewable Energy.**

Title:

**Investigation of some factors effect on paddy drying rate
at a solar dryer**

Supervisor:

Ezzatollah Askari Asli- Ardeh (Ph. D)

By:

Nader Geble

November – 2016