بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم مالك يوم الدين
اياك نعبد واياك نستعين اهدنا الصراط المستقيم
صراط الذين انعمت عليهم غير المغضوب عليهم
ولا الضالين

بسمه تعالی

دانشگاه ارومیه

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

پایان‌نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مکانیک ماشین‌های کشاورزی

عنوان:

طراحی و شبیه سازی خشک‌کن خورشیدی برای خشک کردن انگور

اساتید راهنما:

دکتر علی محمدنیکبخت دکتر مجید رهنما

استاد مشاور:

دکتر علاءالدین رحمانی دیدار

تنظیم و نگارش:

یوسف عباسپورکلان

شهریور ۹۱

حق چاپ برای دانشگاه ارومیه محفوظ است.

تقدیم به...

پدر و مادرم

که از نگاهشان صلابت، از رفتارشان محبت و از صبرشان ایستادگی آموختم.

و تقدیم به...

همسرم

که در سایه همیاری و همدلی او به این منظور نائل شدم.

و تقدیم به...

همه کسانی که لحظه ای بعد انسانی و وجدانی خود را فراموش نمی کنند و بر آستان گران سنگ انسانیت سر فرود می آورند و انسان را با همه تفاوت هایش ارج می نهند.

ای هستی بخش، وجودم را بر نعمات بی کرانت توان شکر نیست ذره ذره وجودم برای تو و نزدیک شدن به تو می تپد.

الهی مرا مدد کن تا دانش اندکم نه نردبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور، نه حلقه ای برای اسارت و نه دست مایه ای برای تجارت، بلکه گامی باشد برای تجلیل از تو و متعالی ساختن زندگی خود و دیگران.

حال که توفیق جمع آوری و تهیه این مجموعه را یافته ام بر خود واجب می دانم از تمامی عزیزانی که در طی انجام این پژوهش از راهنمایی و یاری شان بهره امند گشته ام تشکر و قدردانی کنم و برای ایشان از درگاه پروردگار مهربان آرزوی سعادت و پیروزی نمایم .

در ابتدا صمیمانه ترین تقدیر ها تقدیم به خانواده عزیز و مهربانم که همواره حامی و مشوقم بوده اند و پیمودن روزهای سخت و آسان زندگی ام بدرون دعای خیر، و برکت وجودشان غیر ممکن بود.

از اساتید راهنمای ارجمند که با سعه صدر و صبوری مرا راهنمایی نموده و با ارائه نظرات سازنده و رهنمود های بی دریغشان در پیشبرد این پایان نامه سعی تمام مبذول داشتند، کمال تشکر را دارم.

از داوران محترم که زحمت باز خوانی و داوری این مجموعه را به عهده داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

از کلیه اساتید گران قدر گروه که در دوران تحصیل از محضرشان کسب فیض نمودم، تشکر می نمایم.

و در نهایت از تمامی دوستان و هم کلاسی های عزیزم که در طول این مدت افتخار آشنایی و مصاحبت با آن ها را داشتم، به پاس محبت های بی دریغشان سپاسگزارم.

چکیده:

نگهداری انگور با تبدیل آن به کشمش با توجه به بالا بودن سهم ارزش از صادرات کشمش نسبت به انگور یک روش پر سود برای تولید کنندگان انگور می‌باشد. زمان انبارداری انگور خیلی کوتاه بوده و خشک کردن آن با روش‌های صنعتی و سنتی باعث تخریب برخی خصوصیات مطبوع آن‌ها شده در مواردی خشک کردن نامناسب مهم‌ترین دلیل فساد و خرابی محصول است. تلفات میوه و سبزی در کشورهای در حال توسعه به سبب عدم وجود صنایع تبدیلی مناسب در مناطق روستایی ۳۰ تا ۴۰ درصد کل محصول برآورد شده است که می‌توان با استفاده از طرح‌های مناسب خشک‌کن‌های خورشیدی در مناطق روستایی تلفات پس از برداشت محصول را به شدت کاهش داد. در پژوهش حاضر ضمن بررسی رفتار خشک شدن لایه نازک انگور سفید بی‌دانه ارومیه در خشک‌کن هوای-داغ، خشک‌کن خورشیدی مکشی بر اساس پارامترهای طراحی حاصل از شرایط جوی شهرستان ارومیه، اطلاعات هوا سنجی و آزمایش‌های تجربی انجام شده روی سینتیک خشک شدن لایه نازک انگور سفید بی‌دانه برای عملکرد بهتر سیستم طراحی شد. بهینه کردن طراحی جمع کننده‌های خورشیدی عملکرد بهتر سیستم را سبب خواهد شد؛ لذا در تحقیق حاضر، جمع کننده خورشیدی صفحه تخت پره‌دار، که به طور گسترده در خشک کن‌های خورشیدی کاردبرد دارد، طراحی و توسط مفهوم اکسرژی بهینه‌سازی گردید بدین منظور مدل ریاضی جامعی از شرایط عملکرد حرارتی و اپتیکی جمع کننده بدست آمد. پس از این مدل‌سازی، با معرفی مفهوم اکسرژی و مؤلفه‌های مختلف معادله تعادل اکسرژی، ضمن متغیر بودن ضریب افت حرارت کلی جمع کننده و سایر ضرایب انتقال حرارت و تصحیح رابطه اکسرژی تابش خورشید، راندمان اکسرژی جمع کننده بدست آمد. در نهایت توسط الگوریتم ژنتیک در نرم افزار MATLAB® شرایط عملکرد جمع کننده و پارامترهای هندسی طراحی آن برای حداکثر شدن راندمان اکسرژی جمع کننده محاسبه شدند. به منظور بررسی انتقال حرارت و ضریب اصطکاک کانال‌های مربعی با سطح انتخابی نیز از دینامیک سیالات محاسباتی استفاده شد. آزمایش تجربی خشک کردن در ۴ سطح دمای هوای خشک کننده، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ درجه سلسیوس و سرعت هوای ۱/۲ متر بر ثانیه انجام شد. میزان برازش داده‌های تجربی با ۱۰ مدل نیمه تئوری و تجربی بر اساس آماره‌های ضریب تعیین (R^2)، مربع کای (χ^2) و ریشه مجموع مربعات خطا (RMSE) ارزیابی شد. با توجه به نتایج، فرآیند خشک کردن با نرخ نزولی اتفاق افتاد همچنین مقایسه مدل‌های مختلف نشان داد که مدل میدلی با (R^2=۰/۹۹۷۸۵۹)، (χ^2=۰/۰۰۰۱۶۷۹) و (RMSE=۰/۰۱۰۲۳۴) توانست به صورت رضایت بخشی منحنی پیشروی خشک شدن لایه نازک انگور را تخمین بزند.

واژه‌های کلیدی: خشک‌کن خورشیدی، خشک شدن لایه نازک انگور، اکسرژی، الگوریتم ژنتیک و دینامیک سیالات محاسباتی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ..... الف
فهرست علائم و نشانه‌ها ..... و
فهرست جداول ..... ط
فهرست شکل‌ها ..... ی

فصل اول: کلیات ۱-۶

۱-۱ مقدمه ۱
۱-۲ تشریح موضوع و بیان مسئله ۲
۱-۳ اهمیت و ضرورت انجام تحقیق ۴
۱-۴ اهداف تحقیق ۶

فصل دوم: بررسی ادبیات موضوع و سابقه تحقیق ۷-۳۱

۲-۱ عوامل مؤثر در خشک شدن ۷
۲-۲ فرآیند خشک شدن ۸
۲-۳ مدل سازی ریاضی فرآیند خشک شدن لایه نازک ۹
۲-۴ استفاده از انرژی خورشیدی در خشک کردن محصولات کشاورزی ۱۴
۲-۵ طبقه‌بندی خشک‌کن ۱۵
۲-۵-۱ خشک‌کن‌های دما بالا ۱۵
۲-۵-۲ خشک‌کن‌های دما پایین ۱۶

۲-۵-۳ خشک‌کن‌های خورشیدی ۱۶
۲-۶ انواع خشک‌کن‌های خورشیدی انگور ۱۸
۲-۶-۱ نوع تهویه طبیعی ۱۹
۲-۶-۲ نوع تهویه اجباری ۲۱
۲-۷ مبانی تابش خورشید ۲۴
۲-۷-۱ محاسبه میزان تابش خورشیدی ۲۴
۲-۷-۲ انرژی خورشید در سطح زمین ۲۶
۲-۷-۳ ابزارهای اندازه‌گیری انرژی خورشید ۲۷
۲-۸ جمع کننده‌های خورشیدی ۲۸
فصل سوم: روش تحقیق..... ۳۲-۷۸
۳-۱ مقدمه ۳۲
۳-۲ تعیین پارامترهای طراحی ۳۴
۳-۲-۱ مطالعه سینتیک خشک کردن انگور سفید بی‌دانه رقم ارومیه ۳۴
۳-۲-۱-۱ نحوه تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها ۳۵
۳-۲-۱-۲ خشک کردن با خشک‌کن لایه نازک آزمایشگاهی ۳۵
۳-۲-۱-۳ مدل‌سازی ریاضی منحنی خشک شدن ۳۶
۳-۲-۲ تعیین شرایط آب و هوایی منطقه ۳۷
۳-۲-۲-۱ برآورد تابش کل روی سطح زمین ۳۸
۳-۲-۲-۲ برآورد تابش کل روی سطح شیب‌دار ۴۰
۳-۲-۳ محاسبات طراحی خشک‌کن ۴۲
۳-۲-۴ محاسبه حجم و جرم هوای مورد نیاز ۴۴
۳-۲-۵ محاسبه ابعاد خشک‌کن..... ۴۷

۳-۲-۵-۱ جمع‌کننده صفحه تخت گرم‌کن هوای خورشیدی ۴۸
۳-۲-۵-۲ سینی‌ها و محفظه خشک‌کن ۵۱
۳-۲-۵-۳ انتخاب دمنده ۵۲
۳-۲-۵-۳-۱ افت فشار استاتیکی ۵۳
۳-۲-۵-۳-۲ افت فشار دینامیکی ۵۵
۳-۳ بهینه سازی اکسرژی جمع‌کننده گرم‌کن هوا خورشیدی ۵۶
۳-۳-۱ تحلیل انرژی ۵۶
۳-۳-۲ تحلیل اپتیکی ۶۳
۳-۳-۳ تحلیل اکسرژی ۶۳
۳-۳-۴ فرمول‌بندی مسئله بهینه سازی ۶۸
۳-۴ شبیه‌سازی ترموهیدرولیک جریان هوا در جمع‌کننده صفحه تخت خورشیدی ۶۹
۳-۴-۱ روش‌کار در مدل‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی ۷۰
۳-۴-۲ تعریف و مدل کردن مسئله ۷۱
۳-۴-۳ استفاده از نرم افزار فلوئنت ۷۳
فصل چهارم: بحث و نتایج ۷۹-۹۸
۴-۱ سینتیک خشک شدن انگور سفید بی‌دانه ۸۰
۴-۲ بهینه سازی اکسرژی جمع‌کننده گرم‌کن هوای خورشیدی ۸۵
۴-۲-۱ ارزیابی حرارتی جمع‌کننده خورشیدی ۸۵
۴-۲-۲ تعیین مقادیر بهینه پارامترهای مؤثر در راندمان اکسرژی ۸۹
۴-۳ ترموهیدرولیک جریان داخل کانال‌های جمع‌کننده ۹۳
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۹۹-۱۰۰
۵-۱ نتیجه گیری ۱۰۰

۵-۲ پیشنهادها ۱۰۱
۵-۲ پیشنهادها ۱۰۱

فهرست منابع و مآخذ..... ۱۰۲

ضمیمه‌ها..... ۱۰۹

فهرست علائم و نشانه‌ها

علامت اختصاری	کمیت	واحد
A	مساحت	m^2
A_c	مساحت جمع کننده	m^2
A_s	مساحت سطح محصول	m^2
a_w	فعالیت آبی	-
a, b, c, n	ضرایب تجربی مدل‌های خشک کردن	-
C_p	گرمای ویژه	J/kg.K
ERH	رطوبت نسبی تعادلی	-
G_{sc}	ثابت خورشیدی	W/m^2
D_h	قطر هیدرولیکی	m
F_R	ضریب برداشت حرارتی	-
F'	ضریب راندمان جمع کننده	-
f	ضریب اصطکاک	-
$\bar{H}$	میانگین ماهیانه تابش روزانه روی صفحه افق	J/m^2day
$\bar{H}_0$	مقدار تابش در خارج جو	W/m^2
h	ضریب انتقال حرارت جا بجایی	W/m^2K
h_w	ضریب انتقال حرارت باد	W/m^2K
I_T or $\bar{H}_t$	تابش کل خورشیدی	W/m^2
K	ضریب رسانش حرارتی	W/m.K
K_a	ضریب انتقال حرارت باد	W/m.K
$\bar{K}_T$	متوسط شاخص صافی هوا در یک روز	-
K_m	ضریب انتقال جرم بخار آب	$kg.s^{-1}m^{-2}$
k, k_0, k_1	ثابت‌های تجربی مدل‌های خشک کردن	-
L	طول جمع کننده	m
L_t	گرمای نهان تبخیر	J
$\dot{m}$	دبی جریان جرمی هوا	Kg/s
m_w	جرم هوای قابل حذف	kg
m_p	جرم اولیه محصول	kg
m_i	محتوای رطوبت اولیه	% W.b
m_f	محتوای رطوبت نهایی	% W.b
M	محتوای رطوبت محصول	% dry basis
M_e	رطوبت تعادلی محصول	% dry basis
M_0	رطوبت اولیه محصول	% dry basis

M_{db}	رطوبت بر پایه خشک	-
MR	نسبت رطوبت	-
$MR_{exp,i}$	i امین نسبت رطوبتی مشاهده شده	-
$MR_{pre,i}$	i امین نسبت رطوبتی پیش بینی شده	-
n	تعداد پره‌ها	-
N	روز شمار سال از اول ژانویه	-
N'	تعداد مشاهدات	-
Nu	عدد ناسلت	-
p	تعداد ثابت‌ها در مدل	-
P_v	فشار بخار در محصول	$N.m^{-2}$
Pr	عدد پرانتدل	-
P_{va}	فشار بخار هوای خشک کننده	$N.m^{-2}$
Q_u	گرمای مفید جمع آوری شده	J
q_u	نرخ گرمای مفید جمع آوری شده	J/m^2
R_0	ثابت جهانی گازها	$J.mol^{-1}k^{-1}$
Ra	عدد رایلی	-
Re	عدد رینولدز	-
S	تابش جذب شده در واحد سطح جمع کننده	W/m^2
t_d	زمان خشک شدن	h
T	دما	°C
T_{abs}	دما مطلق	K
U_b	ضریب تلفات حرارتی از پشت جمع کننده	W/m^2K
U_l	ضریب تلفات حرارتی کل	W/m^2K
U_t	ضریب تلفات حرارتی از پوشش جمع کننده	W/m^2K
V	حجم هوای مورد نیاز	m^3
$\dot{V}$	دبی حجمی هوا	m^3/m^2s
W	عرض جمع کننده	m
w	عرض هر کانال	m
W_o	جرم اولیه نمونه‌ها	kg
W_d	جرم ماده خشک	kg
ψ_F	رطوبت نسبی روی سطح جسم	-
ψ_K	رطوبت نسبی واسطه خشک کردن (هوا)	-
$\overline{S}$	متوسط ساعات آفتابی ماهانه	h
$\overline{S}_0$	تعداد ساعات روشنایی واقعی روز	h
ρ_G	ضریب بازتاب زمین	-
ω_s	زاویه ساعت از طلوع تا غروب	°

φ	عرض جغرافیایی	$^\circ$
δ	زاویه میل خورشید	$^\circ$
β	زاویه تمایل جمع کننده نسبت به افق	$^\circ$

فهرست جداول

جدول ۲-۱ مدل‌های توصیفی مورد استفاده در خشک کردن لایه نازک مواد غذایی.....۱۳
جدول ۲-۲. انواع متداول جمع کننده‌های انرژی خورشیدی (فلاحتکار و اخوان ارمکی، ۱۳۸۹) ۲۹
جدول ۳-۱. متوسط شرایط آب و هوایی ارومیه برای سال‌های ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۵ میلادی ۳۸
جدول ۳-۲. پارامترهای به کار رفته برای ضرایب معادله آنگستروم.....۴۰
جدول ۳-۳. شرایط محیطی و پارامترهای طراحی جمع‌کننده خورشیدی.....۶۹
جدول ۴-۱. مقایسه دقت برازش مدل‌ها بر اساس متوسط شاخص‌های آماری در دماهای مختلف ۸۱
جدول ۴-۲. مقادیر ثوابت و ضریب مدل میدلی و همکاران به تفکیک دمای هوای خشک کننده.....۸۴
جدول ۴-۳. مقادیر ضرایب انتقال حرارت حاصل از آنالیز حرارتی ۸۶
جدول ۴-۴. مقادیر تنش برشی و سرعت توده محاسبه شده توسط نرم‌افزار فلوئنت در طول جمع کننده ۹۷

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱. گروه‌بندی خشک‌کن‌های خورشیدی و روش‌های خشک کردن ۱۷
شکل ۲-۲. طرح‌های نمونه خشک‌کن‌های خورشیدی ۱۸
شکل ۲-۳. خشک‌کن غیر مستقیم غیر فعال خورشیدی با دودکش و انباره ذخیره انرژی ۲۰
شکل ۲-۴. خشک‌کن خورشیدی تهویه طبیعی ۲۰
شکل ۲-۵. جزئیات شماتیک خشک‌کن خورشیدی تهویه طبیعی ۲۱
شکل ۲-۶. طرح شماتیک خشک‌کن خورشیدی فعال با جمع کننده گلخانه‌ای متصل به محفظه خشک‌کن ... ۲۲
شکل ۲-۷. خشک‌کن خورشیدی غیرمستقیم تهویه اجباری با جمع کننده صفحه تخت مانع دار ۲۳
شکل ۲-۸. (a). طرح شماتیک خشک کن خورشیدی فعال غیرمستقیم با جریان چرخشی (b). عامل چرخش با آرایش سه‌گوش و زاویه ۶۰ درجه (c). عامل هدایت جریان نصب شده در داخل محفظه خشک‌کن. ۲۳
شکل ۲-۹. رابطه بین زمین و خورشید (Duffie and Beckman, 1980) ۲۴
شکل ۲-۱۰. حرکت سالانه زمین حول خورشید ۲۶
شکل ۲-۱۱. (الف). زاویه میل خورشید (زاویه بین پرتو خورشید با صفحه استوا در ظهر خورشیدی) و (ب). مسیر ظاهری روزانه در آسمان از طلوع تا غروب خورشید ۲۶
شکل ۲-۱۲. ابزار اساسی اندازه‌گیری تابش خورشید: (a). شیدسنج و (b). آذرسنج. ۲۷
شکل ۲-۱۳. نمای انفجاری جمع کننده صفحه تخت ۳۰
شکل ۲-۱۴. انواع مختلف جمع کننده‌های خورشیدی ۳۱
شکل ۳-۱. شماتیک خشک‌کن آزمایشگاهی: ۱. فن گریز از مرکز ۲. گرمکن الکتریکی ۳. خطی‌ساز جریان ۴. سینی نمونه‌ها ۳۶
شکل ۳-۲. نمودار مربوط به شاخص صافی هوا و مقادیر a و b برای ارومیه ۳۹
شکل ۳-۳. منحنی همدمای تعادلی انگور برای دمای ۴۰ درجه سلسیوس ۴۴
شکل ۳-۴. نمودار رطوبت سنجی هوا برای حالت‌های مختلف خروجی از محفظه و جمع کننده ۴۵
شکل ۳-۵. جمع‌کننده صفحه تخت گرم‌کن هوا با جریان در زیر صفحه جاذب ۴۹
۳-۶. شماتیک محفظه خشک‌کن ۵۲
۳-۷. گرم‌کن هوایی خورشیدی پره‌دار با جریان در زیر صفحه جاذب ۵۷

۳-۸. شماتیک گرم‌کن خورشیدی پره‌دار و شبکه حرارتی آن ۵۷
شکل ۳-۹. موازنه انرژی در (a). المانی در راستای عمق پره و (b). یک المان در امتداد جهت جریان. ۵۹
شکل ۳-۱۰. مفهوم انرژی اکسرژی و آنتروپی ۶۴
شکل ۳-۱۱. شماتیک جمع‌کننده گرم‌کن هوا خورشیدی با جریان در زیر صفحه جاذب ۶۴
شکل ۳-۱۲. مراحل کار تمام برنامه‌های دینامیک سیالات محاسباتی ۷۰
شکل ۳-۱۳. هندسه ایجاد شده از کانال عبور جریان گرم‌کن خورشیدی در نرم افزار Gambit. ۷۲
شکل ۳-۱۴. شبکه‌های قابل استفاده در فلوئنت ۷۲
شکل ۳-۱۵. شبکه بندی مسئله ۷۳
شکل ۳-۱۶. خواندن و بررسی شبکه تولید شده ۷۴
شکل ۴-۱. منحنی پیشروی خشک شدن لایه نازک انگور سفید بی‌دانه در سرعت هوای ثابت ۱/۲ متر بر ثانیه و دماهای مختلف برای داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های حاصل از مدل میدلی و همکاران ۸۲
شکل ۴-۲. (a). منحنی نرخ خشک انگور در سرعت هوای ثابت ۱/۲ متر بر ثانیه (b). منحنی تغییرات ضریب نرخ خشک شدن بر حسب دما ۸۳
شکل ۴-۳. مقایسه نسبت‌های رطوبتی بدست آمده از آزمایش و پیش‌بینی شده توسط مدل ۸۵
شکل ۴-۴. مقایسه تغییرات دمای متوسط جریان هوای عبوری در طول جمع‌کننده ۸۸
شکل ۴-۵. تغییرات افزایش دما نسبت به جریان جرمی هوا ۸۸
شکل ۴-۶. منحنی عملکرد جمع کننده با استفاده از پارامترهای جدول ۴-۳ ..... ۸۹
شکل ۴-۷. برازش بهترین فرد در هر نسل و میانگین برازش افراد هر نسل ۹۰
شکل ۴-۸. میانگین فواصل افراد هر جمعیت در نسل های متوالی (معیاری برای همگرا شدن الگوریتم به سمت جواب نهایی) ۹۰
شکل ۴-۹. تغییرات رادمان اکسرژی بر حسب مساحت جمع کننده و دبی جرمی جریان ورودی ۹۱
شکل ۴-۱۰. تغییرات راندمان اکسرژی در مقابل بازده اپتیکی ۹۲
شکل ۴-۱۱. تغییرات راندمان اکسرژی به ازای انرژی تابش برخوردی در واحد سطح جمع کننده ۹۲
شکل ۴-۱۲. باقیمانده‌های حل و نحوه همگرایی معادلات حاکم بر جریان درون جمع کننده در نرم افزار فلوئنت ۹۳
شکل ۴-۱۳. منحنی Y^+، روی صفحه جاذب. ۹۴
شکل ۴-۱۴. (a). کانتورهای مقدار سرعت جریان هوا و (b). بردارهای سرعت هوا ۹۵

شکل ۴-۱۵. پروفیل سرعت جریان در راستای جمع کننده ۹۵
شکل ۴-۱۶. پروفیل دمای جریان هوای عبوری از جمع کننده ۹۶
شکل ۴-۱۷. تغییرات ضریب اصطکاک در طول جمع کننده روی صفحه جاذب ۹۸
شکل ۴-۱۸. تغییرات عدد ناسلت نسبت عدد رینولدز ۹۸

۱ فصل اول: کلیات

۱-۱ مقدمه

درخت انگور در ایران بیشتر با نام مو و اغلب به نام تاک نام‌گذاری شده و با نام علمی *visit vinifera* و از تیره آمپلی داسه[1] است. این تیره ده جنس مختلف دارد ولی فقط جنس ویتیس آن اهمیت خوراکی دارد (موحد و قوامی، ۱۳۸۶). میزان مواد و عناصر مختلف در میوه انگور با توجه به نوع رقم، شرایط محل کاشت و درجه رسیدگی کاملاً متفاوت است. بر اساس آزمایش‌های انجام شده توسط سازمان *FAO* بر روی انواع مختلف انگور میزان مواد غذایی در یک‌صد گرم انگور تازه شامل ۸۱/۶ گرم آب، ۱۶/۷ گرم مواد قندی، انواع ویتامین‌ها ۸۰ واحد بین‌المللی، ۰/۰۵ میلی گرم B_1، ۰/۰۳ میلی گرم B_2، ۲ میلی گرم سدیم و ۰/۶ میلی گرم آهن است (موحد و قوامی، ۱۳۸۶). انگور در بین محصولات کشاورزی جزء محصولات با فسادپذیری بالا بوده و عمر قفسه‌ای خیلی کوتاه دارد. زمان انبارداری انگور خیلی کوتاه و تنها ۲ تا ۸ هفته در دمای صفر درجه سلسیوس می‌باشد در حالیکه انبار کردن کشمش در دمای ۲۰ °C معقول و منطقی است(Pangavhane, 2002) .

کشت انگور در ایران از حدود ۲۰۰۰ سال پیش از میلاد معمول بوده و به ویژه در زمان هخامنشی از محصولات فرعی آن استفاده می‌گردید (موحد و قوامی، ۱۳۸۶). انگور با تولید سالانه ۶۵۴۸۶ میلیون تن یکی از محصولات با تولید سالانه بالا در دنیا می‌باشد (Jairaj, et al., 2009). ایران از لحاظ تولید انگور با سطح زیر کشت ۳۰۲ هزار هکتار با احتساب درختان پراکنده انگور و تولید ۱/۷ میلیون تن در سال ۱۳۸۷ (بی‌نام، ۱۳۸۷) طبق آمار سازمان فائو در سال ۲۰۰۹ بعد از کشورهای ایتالیا، چین، ایالات متحده آمریکا، فرانسه، اسپانیا، ترکیه و شیلی در مقام هشتم جهان قرار داشت که متأسفانه در سال ۲۰۱۰ میلادی به رتبه

1 Amplidase

دهم جهان نزول کرد (www.FAO.org). تاریخچه تولید کشمش از انگور به وسیله خشک کردن زیر نور آفتاب به سال ۱۴۹۰ میلادی در کشور یونان برمی‌گردد (Jairaj, et al., 2009). تولید جهانی کشمش در سال ۱۹۹۵ حدود ۱۰۷۲ هزار تن می‌باشد (Pangavhane, et al., 1999). کشمش سهم مهمی از صادرات غیر نفتی کشور است و در حدود ۱۵/۱ درصد صادرات غیر نفتی را در سال ۱۳۸۲ به خود اختصاص داد. ایران از لحاظ صادرات کشمش مقام سوم جهان را داراست (ضرابی، ۱۳۷۷). کشمش در قالب آجیل، طبخ غذا و یا در تهیه مواد غذایی مانند ژله، مرباها، شیرینی و کیک‌ها مصرف می‌شود.

در صنعت مواد غذایی تمایل فزاینده‌ای برای تولید محصولات غذایی با ارزش تغذیه‌ای و حسی بالا با استفاده از روش‌های بهینه اقتصادی وجود دارد. خشک کردن، به طور گسترده برای حفظ کیفیت، ایمنی و افزایش عمر قفسه‌ای مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. خشک کردن محصولات کشاورزی همواره یکی از قدیمی‌ترین و بهترین روش‌های ذخیره مواد غذایی بوده‌است (Yaldiz, et al., 2001). خشک کردن به عنوان یک فرآیند حرارتی تحت شرایط کنترل شده برای کاهش رطوبت موجود در مواد غذایی به روش تبخیر تعریف می‌شود (Fellows, 2000) که باعث کاهش فعالیت آبی و در نتیجه کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها و افزایش ماندگاری مواد غذایی می‌شود. خشک کردن محصولات کشاورزی تنها شامل خارج کردن آب از آن نیست، بلکه حفظ بافت، رنگ، طعم، کیفیت و ارزش غذایی نیز مورد نظر است. محافظت انگور با تبدیل آن به کشمش یک روش پر سود برای کشورهای تولید کننده انگور می‌باشد (Doymaz, et al., 2002).

۱-۲ تشریح موضوع و بیان مسئله

افزایش جمعیت جهان و رشد بی‌رویه آن نیاز به مواد غذایی را به نحو مهار ناپذیری افزایش داده یکی از مشکلات فرا روی بشر عدم توازن بین عرضه و تقاضای غذا است. افزایش تولید یا کنترل رشد جمعیت را می‌توان به عنوان راهکارهایی برای موازنه عرضه و تقاضای غذا مطرح کرد ولی این موارد نیازمند صرف وقت و هزینه قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. راهکار سوم و مناسبت‌تر کاهش تلفات غذایی است که به دلایل گوناگون از جمله عدم تکنولوژی مناسب، کاشت و داشت نامناسب محصول، انتقال نامناسب محصول و عدم مراکز بازاریابی در کشورهای در حال توسعه رخ می‌دهد. افزایش مشکل غذا در اکثر کشورهای در حال توسعه به سبب عدم توانایی آن‌ها در محافظت و ذخیره مازاد غذا مهم‌تر از تولید کم در این کشورهاست (Jairaj, et al., 2009).

تولیدات محصولات کشاورزی معمولاً بیشتر از میانگین نیاز مصرفی می‌باشد. بخشی از محصولات در

نتیجه زمان کوتاه برداشت و قسمت اعظم آن در مرحله پس از برداشت محصول اتلاف می‌شود. حداقل مقدار گزارش شده برای تلفات پس از برداشت میوه و سبزیجات ۲۱٪ است در حالی که برخی منابع تخمینی بالای ۴۵٪-۵۰٪ نشان می‌دهد (Jairaj, et al., 2009). تلفات پس از برداشت محصولات کشاورزی را می‌توان با استفاده از طرح‌های مختلف خشک‌کن‌های خورشیدی در مناطق روستایی کاهش داد چرا که بیش از ۸۰٪ از غذا در کشورهای در حال توسعه توسط کشاورزان کوچک تولید می‌شود (Ramana Murthy, 2009) و این کشاورزان و از جمله کشاورزان تولید کننده انگور در ارومیه محصولات را به روش سنتی در زیر نور آفتاب خشک می‌کنند. مزیتی که این روش دارد رایگان و در دسترس بودن انرژی خورشیدی است اما این روش معایبی نیز دارد که از جمله این موارد می‌توان به نزول درجه و کاهش کیفیت محصول نهایی و گاهی موارد حمله آفات حشرات، پرندگان و دام به محصول پهن شده در جلو آفتاب، زمان طولانی خشک شدن و نیاز به نیروی کار بیشتر اشاره کرد. از طرفی برخی از محصولات غذایی را نمی‌توان به روش سنتی و در زیر نور طبیعی خشک کرد چون برخی از خصوصیات مطبوع خود را از دست می‌دهند و در مواردی خشک کردن نامناسب مهم‌ترین دلیل فساد و خرابی محصول است؛ بنابراین لازم است که انگور به روشی مدرن و تحت شرایط کنترل شده خشک شود تا کیفیت محصول نهایی بهبود یافته و سود بیشتری در نتیجه فروش عاید تولید کننده گردد.

خشک‌کردن میوه‌ها و سبزی‌ها از نظر اقتصادی دارای اهمیت زیادی است. میوه‌های خشک شده یک محل درآمد ارزی برای کشور بوده و سهم ایران در صادرات فرآورده‌های خشک، علیرغم پتانسیل‌های موجود، بسیار ناچیز است. در حالیکه افزایش این نوع محصولات می‌تواند نقش بسزایی در افزایش صادرات غیر نفتی و کاهش وابستگی به درآمدهای نفتی داشته باشد. عمده‌ترین روش تولید این محصولات با استفاده از روش‌های غیر مکانیزه، مانند استفاده از انرژی خورشیدی به روش سنتی و تحت شرایط کنترل نشده می‌باشد که موجب افت کمی و کیفی محصولات تولیدی از قبیل کشمش و سیب می‌شود (سیدلو, ۱۳۸۸). از طرف دیگر با توجه به این که حداکثر دمای مجاز برای خشک کردن انگور ۷۰ درجه سلسیوس می‌باشد لذا استفاده از روش‌های مکانیزه و خشک‌کن‌های صنعتی با دمای بالا موجب از بین رفتن پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و تجزیه قندهای موجود در محصول شده و در نهایت باعث سوختگی و تیرگی محصول می‌شود.

فرآیند خشک کردن یک فرآیند متکی بر انرژی است، بطوریکه خشک کردن غلات حدود ۶۰٪ انرژی تولیدی را به خود اختصاص می‌دهد. این میزان انرژی در مقایسه با متوسط مصرف انرژی در مراحل خاک ورزی ۱۶٪، کاشت و داشت ۱۲٪، برداشت ۶٪ و حمل و نقل ۶٪ قابل توجه است (Brooker, et al., 1992). راه‌های کاهش مصرف انرژی همیشه مورد توجه محققان بوده است. منابعی که در حال حاضر انرژی مصرفی خشک‌کن‌ها را تأمین می‌کنند سوخت‌های فسیلی هستند که مقدار آن‌ها محدود و غیر قابل تجدید است. انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی از دیر باز مرسوم بوده است ولی در گذشته حجم استفاده از

سوخت‌های فسیلی محدود بوده است و فیلترهای طبیعی ظرفیت تصفیه آن را داشتند و می‌توانستند آلودگی ناشی از آن را هضم کنند ولی در حال حاضر حجم استفاده به قدری بالاست که آلودگی در محیط جمع شده و مشکلات زیست محیطی فراوانی ایجاد می‌کند. با افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی، مشکل آلودگی زیست‌محیطی و منبع محدود آن‌ها، توجه زیادی به انرژی خورشیدی به عنوان جایگزین یا متممی برای سوخت‌های فسیلی جهت گرم کردن هوا و نتیجتاً استفاده در فرآیند خشک کردن شده است. امروزه استفاده از انرژی خورشیدی برای خشک کردن محصولات کشاورزی و باغی در جهان رو به افزایش است.

انرژی تابش خورشیدی مطرح‌ترین و مناسب‌ترین جانشین برای سوخت‌های فسیلی و انرژی هسته‌ای است. زیرا استفاده از این منبع انرژی هیچ گونه آلودگی شیمیایی و حتی حرارتی به دنبال ندارد. در واقع هنگام استفاده از انرژی خورشیدی گرما یا انرژی تابشی اضافی به محیط اعمال نمی‌گردد و فقط انرژی تابش خورشیدی مورد نظر انتقال می‌یابد پس مقدار کلی انرژی وارد بر جو زمین هیچ گونه تغییری نمی‌کند.

فناوری ساده، قابلیت دسترسی در نقاط دور افتاده، رایگان بودن، حفظ منابع موجود و بالاخره کاهش تولید ترکیبات سمی و اکسیدهای نیتروژن و سولفور و به طور کلی گازهای آلاینده و در نتیجه کاهش آلودگی هوا از دلایل لزوم استفاده از انرژی خورشیدی در کشور است. کشور ما ایران به دلیل واقع شدن در منطقه نیمه گرم و خشک از تابش نور کافی برخوردار است بطوریکه انرژی خورشیدی دریافتی آن حدود ۴۰۰۰ برابر انرژی مصرفی آن می‌باشد و می‌توان کلیه نیازهای کشور را با استفاده از انرژی خورشیدی تأمین نمود (بهادری نژاد، ۱۳۷۱). بنابراین با معرفی طرح‌های مناسب و توسعه علوم و فنون مربوطه، صنایع خورشیدی کشور می‌تواند به عنوان یک صنعت خودکفا وارد عمل شود.

۱–۳ اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

به علت در دسترس بودن انرژی لایزال خورشید در کشور ما که در فصل برداشت اغلب محصولات کشاورزی با شدت مناسبی وجود دارد و به علت ساختار کشاورزی و متمرکز نبودن آن در بیشتر مناطق کشاورزی و روستایی و اقتصادی نبودن استقرار صنایع در این گونه مناطق با معرفی طرح‌های مناسب می‌توان از انرژی تابش خورشیدی به صورت مؤثر و کارآمدی برای خشک کردن محصولات کشاورزی استفاده کرد. استفاده از انرژی پاک، رایگان و در دسترس، می‌تواند آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از سوخت‌های فسیلی و قیمت تمام شده محصول نهایی را کاهش داده و با بهبود کیفیت محصول نهایی به علت کنترل بهتر شرایط خشک شدن سود بیشتری در نتیجه فروش عاید کشاورزان کند. از طرف دیگر با بومی سازی طراحی و ساخت صنایع فرآوری محصولات کشاورزی ارزان قیمت و کارآمد می‌توان امکان استفاده از این صنایع برای کشاورزان کوچک که ۸۰٪ محصولات کشاورزی را در کشورهای در حال توسعه تولید می‌کنند مهیا نمود، و