طراحی وساخت خشک کن گردو در مقیاس آزمایشگاهی

مسعود زابلستانی[۱]- علی محمد برقعی[۲]

چکیده

درایران خشک کردن گردو به علت عدم وجود دستگاه مناسب واستفاده از روش سنتی دچار مشکل می باشد که در این روش مکان وسیعی جهت پهن کردن محصول د رمعرض تابش مستقیم آفتاب ومدت زمان زیادی لازم است که در طی آن ، محصول از تهاجم آفات وکپک زدگی و صدمات ناشی از گرمای مستقیم آفتاب مصون نبوده وافت کمی (وزنی) درحدود ۱۰ درصد وزنی خواهد داشت، ازاین رو خشک کنی با ظرفیت کم ودرمقیاس آزمایشگاهی که قادر است گردو را باکیفیت مناسبی خشک کند طراحی وساخته شد.
این خشک کن به صورت غیر مداوم بوده ودارای مخزنی به ابعاد ۱ × ۱× ۱ متر مکعب با چهار چوبی از نبشی آهنی ودیواره هائی از تخته چند لایی وکفی شیب دار ازتوری فلزی ساخته شده و گنجایش آن ۲۰۰ کیلو گرم گردوی تر است .

دمندۀ آن از نوع گریز از مرکز می باشد . خشک کن مذکور توسط جریان هوای گرم شده به وسیله مشعل گازی کار می کند. برای انجام عمل خشک کردن ، گردوها را درمخزن ریخته وجریان هوای گرم شده با دمای ^{c} ۳۴° و با دبی ۳۰ مترمکعب دردقیقه به ازای هر مترمکعب محصول وبا سرعت ۵ /۰ متر برثانیه به مخزن گردوها دمیده شده وبعد از حدود ۱۲/۵ ساعت باعث خشک شدن گردوها تا رطوبت مطلوب(۸ درصد) می شود. درخاتمه کار وخاموش کردن دستگاه برای تخلیه گردوها دریچۀ لولایی کف خشک کن بازشده و گردوها دراثر نیروی ثقل به ظروف مخصوص ریخته شده وبه انبار تحویل می شوند .

ازمزایای دستگاه خشک کن این که از آن می توان برای خشک کردن برخی میوه های باغات کوچک مثل بادام، فندق وآلونیز استفاده نمود وبخاطر اینکه درمقیاس آزمایشگاهی ساخته شده می توان برای آموزش وترویج خشک کردن ماشینی گردو وخشکبار ازآن استفاده نمود وهمچنین به علت سادگی ویکپارچه نبودن مکانیزمهای بکاررفته دردستگاه، قابلیت تغییر وتعویض قطعات را دارا می باشد .

کلمات کلیدی :گردو – طراحی - خشک کن – غیر مداوم – خشکبار – صادرات – متناوب

مقدمه:

گردو با نام علمی ژوگلانس رژیا (*Juglans regia*) از محصولات کشاورزی بسیار پراهمیت محسوب می شود . سطح زیر کشت گردو دراستان آذربایجان شرقی درسال ۱۳۶۰ حدود ۸۰۰ هکتار بوده که درسال ۱۳۸۱ با ۸۱۱ درصد افزایش به ۷۲۸۷/۵ هکتار رسیده است. تولید محصول گردو در استان درسال ۱۳۶۰ حدود ۱۵۰۰۰ تن بوده ودرسال ۱۳۸۱ با ۳۲ درصد افزایش به ۱۹۸۲۵/۵ تن رسیده است که مقدار ۱۱/۸ درصد کل تولید کشور را شامل می شود .متوسط عملکرد گردو دراستان ۳۵۷۵ کیلو گرم درهکتار می باشد که بالاتر از متوسط عملکرد گردو درکشور که حدود ۲۷۲۴ کیلو گرم درهکتار است می باشد .

طبق برنامه سوم توسعه قرار است که سطح زیر کشت باغات گردو به ۷۸۰۰ هکتار افزایش یافته ومتوسط عملکرد آن به ۴/۲ تن در هکتار برسد ومیزان تولید محصول گردو درپایان برنامه سوم به ۳۲۷۶۰ تن خواهد رسید .

با عنایت به اینکه روز به روز کشت درختان گردو درایران توسعه می یابد وبا توجه به اینکه گردو به عنوان یک محصول ارز آور ومهم درکشور محسوب می شود به طوری که می توان ارزش هزار دانه گردو را معادل یک بشکه نفت صادراتی تخمین زد، اهمیت دادن به کمیت وکیفیت محصول ورطوبت مطلوب آن برای نگهداری وبسته بندی ودرنهایت انبار کردن آن به طوری که کاهش کیفی درآن بوجود نیاید بیشتر احساس می شود. درموقع برداشت بخصوص برداشت زود هنگام ، مقدار رطوبت آن خیلی بیشتر از میزانی است که برای نگهداری مناسب باشد واین امر باعث می شود که ضایعات وافت محصول افزایش یابد . یکی از روش های مرسوم برای نگهداری گردو ، رساندن مقدار رطوبت آن به میزان مناسب وخشک کردن آن می باشد .

مقدار رطوبت گردو به موقعیت آن بر روی درخت، سالم بودن درخت وموقعیت درخت در باغ دارد. عموما گردو هایی که بیشتر در معرض آفتاب هستند هنگام برداشت خشک تر هستند. اندازه گیری ها نشان دادند که توزیع مقدار رطوبت اولیه گردو معمولا به موقعیت آن ها در مخزن خشک کن بستگی ندارند زیرا محصول ازدرخت های متفاوت بوده و در طول برداشت، حمل و پوست گیری که قبل از خشک کردن انجام می گیرند با هم مخلوط می شوند(۱۱).

مقادیر رطوبت اولیه گردو ها با تاریخ های برداشت مختلف فرق می کند و هر چه زمان برداشت دیرتر باشد رطوبت اولیه کاهش می یابد(۹).مقدار رطوبت اولیه گردو بستگی به بزرگی و کوچکی حجم گردو ندارد(۱۰).

مواد وروش ها :

درفصل برداشت ، نمونه های گردو از ارقام مختلف وازباغ های اطراف تبریزتهیه گردیدند وبرای جلوگیری از تبخیر رطوبت ، نمونه ها درکیسه های پلاستیکی قرارگرفته وبه آزمایشگاه منتقل شدند. بعداز پوست گیری پوست سبز آنها ، بلافاصله با استفاده از ترازوی حساس با دقت۰/۰۱ گرم توزین وسپس با کولیس دیجیتالی سه بعد (طول ، قطربزرگ وقطر کوچک) آنها اندازه گیری شد وبرای تعیین رطوبت گردو های تر درآون قرارداده شدند ورطوبت آنها (برپایه وزن تر) ازرابطه (۱) محاسبه شد .

$$w = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100 \qquad (1)$$

W = درصد رطوبت برپایه تر (٪)

$W_$ = وزن تر نمونه های گردو(kg)

$W_$ = وزن نمونه های کاملا خشک شده درآون (kg)

شکل هندسی گردو ها بیضی گون فرض شد . سطح جانبی وحجم نمونه ها به ترتیب ازروابط ۲ و۳ محاسبه شد .

$$S = \Pi D_1 L \qquad (2)$$

$$V = \frac{\Pi}{6} L D_1 D_2 \qquad (3)$$

S = سطح جانبی گردو($cm^$)

V = حجم گردو($cm^$)

$D_$ = قطر کوچک گردو (cm)

$D_$ = قطر بزرگ گردو(cm)

L = طول گردو(cm)

برای محاسبه حجم خلل وفرج بین گردو ها نمونه های گردو دریک ظرف مدرج قرار داده شدند وسپس آب مقطر به مقدار معین به ظرف اضافه گردید تا فضای بین گردوهای داخل ظرف پرشد ونمونه ها کاملا درداخل آب مقطر غوطه ور شدند مقدار حجم آب مقطر نشان دهنده حجم خلل وفرج واختلاف حجم ظرف وحجم خلل وفرج ، حجم گردو ها را مشخص نمود که با حجم محاسبه شده از رابطه ۳ تفاوتی نداشت وضریب تخلخل ازرابطه (۴) محاسبه شد .

$$\text{ضریب تخلخل} = \frac{\text{حجم خلل فرج}}{\text{حجم کل}} \qquad (4)$$

جرم مخصوص گردوها ازرابطه (۵) محاسبه شد

$$\rho = \frac{Mw_1}{V_t} \qquad (5)$$

ρ = جرم مخصوص ترگردوها با درنظر گرفتن خلل وفرج بین آنها($kg/m^$)

Mw_1 = وزن تر نمونه ها(kg)

V_t = حجم گردوه ها ی تر احتساب خلل وفرج ($m^$)

محاسبه وزن نهایی وجرم مخصوص گردوها بعداز عملیات خشک کردن :

درانتهای عملیات خشک کردن گردو، رطوبت باقیمانده درگردو ها بایستی ۸ ٪ برپایه وزن تر باشد که این، مقدار رطوبتی است که گردوهای خشک شده درشرایط آب وهوایی غالب دراکثر مناطق تولید گردو درتعادل بوده وبرای انبارمانی طولانی مدت مناسب است (۱۲و۱۳) .

جرم نهایی وجرم مخصوص گردوها با ۸ ٪ رطوبت برپایه وزن تر از روابط ۶ و۷ محاسبه شد .

$$W_w = \frac{Wd}{1 - 0/08} \qquad (6)$$

W_w =وزن تر نمونه ها دارای ۸ ٪ رطوبت برپایه وزن تر (kg)

W_d =وزن کاملا خشک گردوها (kg)

$$\rho_{\%8} = \frac{W_{\%8}}{V_t} \qquad (۷)$$

ρ□□ =جرم مخصوص گردوها با ۸ ٪ رطوبت برپایه وزن تر(kg/m^3)

□□ W = وزن نمونه ها با ۸ ٪ رطوبت برپایه وزن تر (٪)

V_t =حجم گردو های تر با درنظر درنظر گرفتن خلل وفرج (m^3)

شرایط هوای مورد استفاده درخشک کن :

	درجه حرارت	رطوبت نسبی هوا	رطوبت مخصوص هوای محیط	آنتالپی
شرایط اولیه هوا قبل از ورود به فن	T_0=□□ °c	Φ=%□□	W_0=□□□□□□□□□ $kg^w/kg^{d.a}$	h_0=□□□□□□□□ $kj^w/kg^{d.a}$
شرایط اولیه هوا بعداز گر مشدن وقبل از ورود به بستر گردوها	T_1= □□ °c	Φ=%□□□	W_1=□□□□□□□□□ $kg^w/kg^{d.a}$	h_1=□□□□□ $kj^w/kg^{d.a}$

بررسی شرایط مطلوب بستر گردوها:

حداقل هزینه های فرآیند خشک کردن گردو موقعی رخ میدهد که بده مخصوص یا دبی حجمی هوای عبوری به ازاء هرمتر مکعب محصول ، ۳۰ متر مکعب دردقیقه بوده (۶) وسرعت ظاهری هوا[1] به لحاظ رعایت اثر افت فشار کمتر از ۶۱۵ /۰ متر برثانیه باشد که هزینه مصرف انرژی الکتریکی توسط فن یا عملا توان به پمپاژ جریان حداقل شود (۴) .

براساس محاسبات ، هر ۲۰۰ کیلوگرم گردوی تر مقدار ۰/۴۱ مترمکعب حجم دارد و مقدار ۱۴/۱۶ مترمکعب (۵۰۰ فوت دردقیقه) هوا برای خشک کردن گردوها انتخاب شد که کمی هم از هوای مورد نیاز برای خشک کردن گردو بیشتر است .

برای محاسبه مقطع مخزن خشک کن که هوای گرم از آن عبور میکند ازروابط ۸، ۹و۱۰ براساس ۳۰ مترمکعب هوا دردقیقه استفاده شد .

$$Q_v = V_{s.f.} * AC \qquad (۸)$$

$$A_{fr} = a^2 \qquad (۹)$$

$$V_0 = A_{fr} * h \qquad (۱۰)$$

$V_{s.f.}$ =سرعت ظاهری هوا (m/s)

Q_v =دبی حجمی هوا(m^3/M)

A_c =حداقل مساحت مقطع عبوری جریان هوا از داخل گردوها (m^2)

A_{fr} = مساحت مقطع مخزن حاوی گردو ها m^2

1-Superfical velocity

ومقطع مخزن ۱× ۱ مترمربع وارتفاع آن نیز ۱ متر در نظر گرفته شد .

شاسی زیر مخزن ازنبشی آهنی ۴۰×۳×۴۰ میلی متر با درنظر گرفتن وزن گردو های تر وتجهیزات وبه دلیل موجود بودن دربازار، ودیواره های مخزن ازتخته چندلایی انتخاب شد که هم سبک بوده وهم ازانتقال حرارت به بیرون جلوگیری می نماید .

محاسبه افت های فشار جریان هوای عبوری :

ازافت فشاردرداخل محفظه اختلاط صرفنظر گردید چون فشار ناشی از مشعل جبران آن را می کند افت فشار دراثر گشایش آنی ازلوله اختلاط به زیر مخزن گردوها با توجه به ابعاد آن ۵ پاسکال محاسبه گردید وافت فشار جریان هوا در بستر گردوها ازرابطه ارگان (رابطه۱۱) ۵۷/۸۵ پاسکال می باشد(۸) .

$$\Delta P_{۱} = ۲۷/۱\bar{V}\,h + ۴۲۷\bar{V}^{۲}\,h \qquad (۱۱)$$

$\Delta P_{□}$ = افت فشار (Pa)

$\bar{V}$ = سرعت ظاهری هوا(m/s)

h = ضخامت گردو ها درمخزن(m)

بررسی تغییرات رطوبت یا موازنه جرم برمبنای وزن تر محصول :

جرم کل اولیه $m_{t□} = □□□\ kg$

جرم رطوبت اولیه موجود درمحصول $m_{w□} = □□\ kg$

جرم کاملا خشک محصول $m_d = □□□\ kg$

جرم کل نهایی محصول پس از عملیات خشک کردن $m_{t□} = □□□□□□\ kg$

جرم رطوبت قابل اخذ از محصول ضمن خشک کردن $M_w = □□□□□\ kg$

جهت خشک شدن یکنواحت گردوها یک سیستم همزن مورد استفاده قرار گرفت که گردوها را حرکت داده و محصول خشک شده درپایین مخزن را به طرف بالای آن هدایت می کرد .شکل ۱ دستگاه خشک کن ساخته شده را نشان می دهد.

شکل۱.دستگاه خشک کن گردو(مقیاس آزمایشگاهی)

مدار برقی ، الکترونیکی خشک کن:

۱- الکترو موتور هم زن : با ¼ اسب بخار قدرت ، تکفاز بوده وکنترل سرعت آن توسط مدار اینورتر صورت میگیرد وسرعت دوران موتور بسته به نیاز تغییر می یابد وتوان موتور بوسیله یک جعبه دنده به زنجیر های هم زن منتقل میشود . هم زن بایستی با سرعت کم کار کند تا محصول فرصت کافی برای خشک شدن داشته باشد .

۲- الکترو موتور هواساز : دارای قدرت ۰/۱۸ کیلو وات وتکفاز بوده وتوسط مدار اینورتر سرعت دوران آن متغیراست وقدرت موتور توسط محور مربوطه به یک فن گریز از مرکز منتقل می شود .سرعت هوا توسط اینورتر ودبی هوا بادریچه فن تنظیم می شود . فن ازنوع گریز از مرکز بوده و بخاطر پایین بودن قیمت ، کم حجم بودن ، سهولت امکان ساخت واحتمال موجود بودن دربازار از انواع فن های کولری انتخاب شد .

۳- مشعل گازی : ازنوع الزان بوده وبوسیله برق فعال میشود وباعث گرم شدن هوای ورودی به دستگاه میشود .

تابلوی مدار فرمان:

برروی دستگاه، تابلو مدار فرمان نصب شده است که شامل قطعات زیر است :

۱- **کلید اصلی :** که کار قطع ووصل برق اصلی را به عهده دارد .

۲- **فیوز حرارتی** : که عمل حفاظت دستگاه درمقابل اتصال های کوتاه وافزایش جریان را برعهده دارد .

۳- **ترمومتر (ترموستات) دیجیتالی** : که حس گر آن ازنوع ترمو کوپل K بوده ودرمحدودهٔ $200^{\circ} \pm$ کار می کند.

۴- **ترموستات مکانیکی گازی** : که حفظ دستگاه را درمقابل خطرات ناشی از خرابی مشعل ویادمنده هوا وسایر عوامل مکانیکی وبرقی به عهده داشته ودرمحدوده دمای $130^{\circ} - 0$ کار می کند .

۵- **هیدورستات دیجیتالی** : که عمل تنظیم ومقایسه رطوبت هوای ورودی وخروجی را به عهده داشته وبا تنظیم رطوبت خروجی میتواند دررطوبت مطلوب سیستم را خاموش کند .

۶- **زمان سنج** : با تنظیم کردن زمان مورد نیاز برای خشک کردن گردو ، دستگاه را خاموش کرده و از خشک شدن بیش از حد محصول جلو گیری کرده وازهدر رفتن انرژی و اضافه شدن هزینه ها جلو یگری می کند(۱۴) .

مدار فرمان به کلیدهایی نیز مجهز می باشد که هرقسمت دستگاه را میتواند بطور جداگانه فعال کرده یا خاموش نماید .

نتایج وبحث :

نحوهٔ کاردستگاه: دراین طراحی، خشک کن گردوی نوع غیرمداوم ثابت درمقیاس آزمایشگاهی مد نظر قرار گرفته است . برای انجام عمل خشک کردن بایستی گردوها را درمخزن ریخت وبعداز روشن کردن دستگاه ، جریان هوای گرم شده با دمای $43^{\circ}c$ وبادبی ۳۰ مترمکعب دردقیقه به ازاء هرمترمکعب محصول وباسرعت ۰/۵ متر برثانیه به گردوها دمیده شده وبعداز حدود ۱۲/۵ ساعت باعث خشک شدن گردوها تا رطوبت مطلوب میشود . درخاتمه کارو خاموش کردن دستگاه برای تخلیه گردوها ، دریچه لولایی کف خشک کن باز شده ومحصول خشک شده دراثر نیروی ثقل به ظروف مخصوص ریخته شده وبه انبار تحویل می شود .

کاربرد دستگاه :ازاین دستگاه میتوان برای خشک کردن گردو وبرخی میوه های دیگر باغات ازجمله بادام، فندق وآلو استفاده نمود .

مزایای دستگاه :

۱- این دستگاه خشک کن بعلت اینکه درمقیاس آزمایشگاهی طراحی شده است حمل ونقل آن نسبتا ساده بوده ومیتوان ازآن برای آموزش وترویج خشک کردن ماشینی گردو استفاده نمود .

۲- بعلت سادگی ویکپارچه نبودن مکانیزم های بکاررفته دردستگاه ، قابلیت تغییر وتعویض قطعات را داراست .
۳- بعلت استفاده از گاز طبیعی بجای گازوئیل ازآلودگی محیط زیست ومحصول تا حدی جلوگیری میشود .

دقت دستگاه:

دقت دراین سیستم ، به دقت اندازه گیری رطوبت گردوها درابتدا وانتهای عملیات ،درجه حرارت وبده هوای گرم بستگی دارد .

علت انتخاب خشک کن مخزنی ثابت غیرمداوم :

گردوی ایرانی (انگلیسی) معمولا درباغات توسط خشک کن های مخزنی خشک می شوند واکثر آزمایشات وتحقیقات درکالیفرنیا با این سیستم انجام شده است که این روش بخاطر مقرون به صرفه بودن قیمت تمام شدۀ دستگاه ، کاهش نیاز به نیروی کارگری درفصل خشک کردن گردو ، قابلیت استفاده درواحدهای کوچک (باغات کوچک) ، سهولت جابجایی کل دستگاه ونیز بالا بودن ظرفیت عملکردی نسبت به هزینه های سرمایه گذاری ثابت وجاری انتخاب شده است (۵و ۱۵) .

توصیه وپیشنهاد :

۱- برای رسیدن به نتایج مطلوب ، بایستی رقم گردوی غالب درایران ویا حداقل مناطق مختلف تحت کشت گردو درکشور تعیین شده وداده های اولیه آن نظیر میزان درصد رطوبت وخواص فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردد.
۲- برای تعیین درصد رطوبت محصول میتوان از رطوبت سنجهایی که بطور مستقیم میزان درصد رطوبت گردو را مشخص می کنند استفاده نمود که این امر با نصب آن در داخل مخزن میسر است .

منابع :

۱- بی نام.۱۳۸۲.سیمای باغبانی استان آذربایجان شرقی و برنامه های مدیریت باغبانی استان.ویژه همایش ملی خشکبار کشور.تبریز ۱۲ تا ۱۴ مهر ماه ۱۳۸۲. ۲۷صفحه.

۲- زابلستانی ، مسعود . ۱۳۷۵ . طراحی وروش ساخت خشک کن گردو . پایان نامه کارشناسی ارشد . دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

۳- زابلستانی ، مسعود . ۱۳۷۶ . طراحی و ساخت خشک کن گردو(مقیاس آزمایشگاهی) و بررسی کارایی آن در مقایسه با روش سنتی. گزارش سالانه منتشر نشده.

Sundrying and dehydration of walnuts,University of California,agricultural experiment station,Bulletin No.376,Berkeley,CA. 4-Batchelor, LD., A.W. Christie, E.H.Guthier, R.G.Larue,1924,

5-Fellows,P.J.,1990,Food processing technology principels and practice,Hartnolls limited,bedmin,Cornwall Great Britain,p.281-313.

6-Grant,A.,J.James,F.Thompson,1990,walnut dehydrators vary in performance,california agriculture,Vol.44,No.1,12-13.

7-O'brin,M., B.F.Cargil and R. B, Fridley.1983.Principels and Practices for Harvesting and Handling Fruits and Nuts.AVI Publishing company, INC. westport, connecticut. USA.

8- Rumsey,T.,1981,Pressure drop equation for fixed walnut dryers,ASAE paper No. 81-3556.

9-Rumsey,T., Jim,Thompson,1984.Ambient air drying of English walnuts,Trans. Of the ASAE 27(3):942-945.

10-Rumsey,T.R.,Z.Lu,1992,Hightemprature walnut drying,ASAE paoer No.92-6043.

11-Rumsey,T.R.,1985,Fixed-bed drying of a mixture of crop species,ASAE paper No. 85-3556.

12-Rumsey,T.R. 1985,Optimum airflow rate for walnut drying,ASAE paper No. 85-3045.

13- Rumsey,T.R.,1989,Moisture changes in bulk walnut storage,ASAE paper No. 89-6581.

14-Thompson,J.F.,1981,Reducing energy costs of walnut dehydration,Leaflet 21257,cooperative Extention publication,University of california.

15- Thompson,J.F., T.R.Rumsey,1985,Dehydration walnut orchard management ,publication 21410, Cooprative and Natural resources.