

# طراحی و روش ساخت خشک کن برای بازیافت تفاله سیب

حسین بهفر<sup>۱</sup> - ایرج رنجبر<sup>۱</sup> - حمید رضا قاسمزاده<sup>۱</sup> - فرامرز رنجبر<sup>۲</sup>

## چکیده

در هر سال ۱۰۰ حدود هزار تن تفاله سیب در واحدهای تولید کنسانتره ایران بعنوان یک محصول جانبی تولید می شود که دارای ارزش غذایی بالایی بوده و می تواند در صنایع مختلف غذایی مورد استفاده قرار گیرد. بررسی های صورت گرفته نشان داد که اقتصادی ترین و بهترین روش بازیافت آن ، خشک کردن می باشد. بعد از بررسی های صورت گرفته خشک کن دوار انتخاب شد. پس از آزمونهای آزمایشگاهی در مورد مشخصات محصول و محاسبات مربوط به هوای محیط و همچنین هوای گرم شده در کوره ، شدت جریان هوای لازم محاسبه شده ، و قطر و طول استوانه خشک کن برای خشک کردن یک تن تفاله در ساعت محاسبه شد. توان الکتروموتوری برای دوران استوانه ، ابعاد غلتک ها ، نوع و ابعاد یاتاقانها ، چرخ دنده ها ، ورق ها ، ... محاسبه شد. با در نظر گرفتن دبی هوا و دمای مورد نیاز مشعل و دمنده انتخاب شدند.

## مقدمه

در کارخانجات آبیوه ، سیب آسیاب شده در داخل دستگاه پرس فشرده می شود و بعد از آب گیری ، تفاله آن که از پوست ، دمگل و مغز میوه تشکیل شده است از آن خارج می شود. با توجه به استحصال ۲۲۵-۳۱۵ کیلوگرم تفاله تر از هر تن سیب پرس شده ، سالانه در حدود ۱۴۴/۹ - ۱۰۳/۵ هزار تن تفاله سیب در کارخانجات فراوری سیب ایران تولید می شود (۲). بخاطر خاصیت فسادپذیری سریع بیولوژیکی آن ، دفع آن یکسری مشکلات را بهمراه دارد ولی از آنجاییکه این ماده منبع غنی هیدروکربن ها ، اسیدها ، فیبر و ماد معدنی است دفع آن بعنوان ماده زاید هدر رفتن منابع طبیعی بارزش می باشد. راههای مختلفی برای استفاده از آن برای به حداقل رساندن مشکلات دفع وجود دارد. از ماده تر آن میتوان برای تغذیه دام و تهیه کود آلی و... استفاده کرد (۵) ولی آنچه از بررسی منابع اطلاعاتی بدست آمد نشان می دهد که اقتصادی ترین و بهترین روش بازیافت تفاله سیب ، خشک کردن آن می باشد که با اعمال این روش درصد رطوبت آن از گستره ۷۸/۱۰ - ۶۶/۴ به سطح پایین تری رسانده می شود (۶). دلایل خشک کردن آن برای موارد استفاده مختلف عبارتند از :

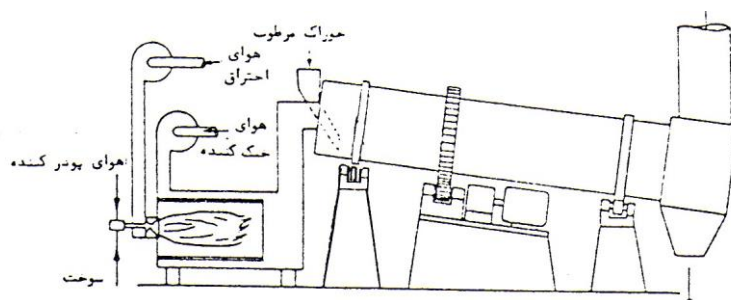
- جلوگیری از خاصیت فساد پذیری بیولوژیکی تفاله در انبار و استفاده تدریجی از آن جهت تغذیه دام ، تهیه الکل اتانول ، بیوگاز ، اسید سیتریک ، پکتین و .. (۸، ۹)
- از بین بردن آنزیم پکتیناز موجود در تفاله و جلوگیری از خرد شدن و تجزیه پکتین موجود ، جهت استفاده در صنایع تولید پکتین (۷) .
- برای ترکیب شدن آسان با سایر مواد غذایی در جیره غذایی طیور و انتقال آسان در سیستم تغذیه اتوماتیک (۶).
- جهت پودر کردن و مخلوط کردن تفاله در محصولات شیرینی پزی از قبیل کلوچه ، کیک و نان شیرین (۱۷).
- کاهش حجم و وزن تفاله جهت سهولت حمل و نقل آن

البته از بین موارد استفاده یاد شده برای تفاله سیب ، پکتین بخاطر داشتن ارزش اقتصادی بالا از موارد دیگر مهم تر بوده که کاربرد وسیعی در صنایع داروسازی و غذایی دارد و برای بالا بردن کیفیت وژل سازی در محصولات از قبیل مربا ، مارمالاد ، ماست و ... مورد استفاده قرار می گیرد. در ایران نیز قدم هایی در راستای احداث کارخانه تولید پکتین از تفاله سیب برداشته شده است. بخاطر تداوم تولید پکتین با ارزش و با رنگ مطلوب از تفاله با کیفیت بالا (۷) و ممانعت از فرایند تخمیر ، اولین واحد در خط فراوری این کارخانه، واحد خشک کنی می باشد تا محتوی رطوبت تفاله را به ۱۲ درصد برساند.

بنابراین برای نیل به اهداف فوق الذکر لازم است با استفاده از دستگاه خشک کنی ، تفاله سیب خشک شود. ضمن اینکه بایستی بعضی از ویژگیهای ضروری از قبیل ارزش غذایی ، شکل ظاهری ، ترکیب اولیه و ... حفظ شود ، از نظر اقتصادی نیز با صرفه ترین روش مورد استفاده قرار گیرد. برای طراحی هر سیستم خشک کنی بعد از مشخص شدن مسئله طراحی که در اینجا طراحی خشک کن تفاله سیب می باشد دومین قدم انتخاب نوع خشک کن با توجه به خواص این ماده می باشد (۱). با توجه به شکل فیزیکی تفاله سیب که مخلوطی از ذرات ریز و درشت می

باشد خشک کن های نوع سینی دار ، نقاله ای ، سیال یا شناور ، خلائی ، انجمادی و استوانه ای دوار می تواند مورد استفاده قرار گیرد . ونگ و همکاران با مقایسه خشک کن دوار و انجمادی جهت خشک کردن تفاله سیب به این نتیجه رسیدند که خشک کن دوار از نظر اقتصادی برتر بوده و همچنین اعلام کردند که خشک کن دوار تاثیر چندانی بر کاهش پکتین نمی گذارد (۱۲). فاکس نیز خشک کن دوار را مناسب ترین نوع خشک کن جهت خشک کردن صنعتی تفاله سیب معرفی کرده و اعلام داشت که در اغلب کارخانجات تولید پکتین آلمان از این نوع خشک کن استفاده می شود (۶). ال بوشی برای خشک کردن تفاله سیب جهت تغذیه دام و طیور ، خشک کن دوار را توصیه کرد.

شکل ۱ خشک کن دوار را نشان می دهد که از یک استوانه که روی یاتاقانهای مناسبی می گردد تشکیل یافته و معمولاً نسبت به افق بطور جزئی شیب دار می باشد . طول سیلندر ممکن است در گستره ۴ تا ۱۰ برابر قطر آن باشد که در گستره ۰/۳ تا بیش از ۳ متر تغییر می کند . مواد جامد توسط ناودانی از یک طرف سیلندر وارد می شود و در اثر دور زدن استوانه و شیب سیلندر در طول استوانه حرکت می کند و محصول بدست آمده از طرف دیگر تخلیه می شود . با گردش استوانه ، مواد توسط باله های نصب شده در دیواره داخلی استوانه به طرف بالا برده شده و در معرض هوای گرم در حال جریان قرار می گیرند . با تداوم اینکار و در مجاورت هوای گرم، مواد بتدریج خشک می شوند (۱) .



(شکل ۱) اجزاء خشک کن دوار

قدم بعدی در طراحی ، محاسبه موارد زیر با استفاده از داده های حاصل از سنتیک خشک کردن و موازنه های جرم و گرما مربوط به محصول و هوای گرم شده می باشد (۳).

- تعداد باله های بلند کننده  $n_f$  و پروفیل آنها
- نرخ تغذیه مواد جامد  $F$  و ظرفیت نگهداری  $H$
- قطر استوانه  $D$  و سرعت دوران آن  $N$

در یک خشک کن دوار محاسبه حجم استوانه، طول و قطر که مهم ترین جزء طراحی می باشد با استفاده از مدل انتقال حرارت بدست می آید . تلاشهایی برای مدل بندی انتقال حرارت در خشک کن دوار ریزی صورت گرفت. اولین بار مارشال نظریه ای را ارائه داده و معادلاتی پیشنهاد کرد . بیکر بعضی از مدل های انتقال حرارت ارائه شده را نیز مرور کرد که بر اساس مورد اول پایه گذاری شده بودند و به این نتیجه رسید که این مدلها تحت سرعت های  $3 \text{ms}^{-1}$  که مورد علاقه صنعت است به طور کلی نتایج رضایت بخشی را ارائه ندادند (۴). یک جایگزین مناسب مدل اولی ، استفاده از ضریب انتقال حرارت لایه ای بود. شفیلد و گلیکین با استفاده از این مبنا ، معادله ای را جهت ضریب انتقال حرارت ارائه دادند (۱۰). لانگریش و همکاران توانستند به نتایج رضایت بخش تری با استفاده از روابط اصلاح شده برای ضریب انتقال حرارت برسند که بر اساس سرعت نسبی بین مواد و هوا قرار داده شده واز طریق مدل آیرودینامیکی ذرات محاسبه شده بود (۱۵). فریدمن و مارشال معادلاتی برای انتقال حرارت پیشنهاد دادند که

این معادلات توسط سی من مورد تایید قرار گرفت. این روابط توسط مک کب و پری جهت طراحی خشک کن توصیه شد. مک کرومیک ادعا کرد که روابط قبلی را می توان به صورت کلی زیر نوشت (۹، ۱۵):

$$Q = K L D G^a A T_m$$

که در آن  $a$  دارای مقادیر  $0.167 - 0.46$  است اما اغلب عدد  $0.167$  مورد استفاده قرار می گیرد و  $G$  سرعت جرمی هوا ( $kg h^{-1} m^{-2}$ ) و  $K$  ضریب تناسب،  $Q$  نرخ انتقال حرارت بین مواد ( $W$ )،  $A T_m$  متوسط لگاریتمی حد تغییرات دما ( $K$ )،  $D$  و  $L$  بترتیب قطر و طول استوانه ( $m$ ) می باشد.

کارهای دیگری نیز در راستای طراحی علمی صورت گرفته، که بر اساس زمامت اقامت یا توقف مواد در داخل خشک کن دوار می باشد. که در آنها مقادیر مربوط به قطر  $D$ ، طول  $L$ ، شیب  $\alpha$  و سرعت دوران  $N$  استوانه بهم ربط داده شده اند. پروتون، میلر، سولیوان و همکاران اولین نفراتی بودند که برای اولین بار معادلات زمان اقامت را ارائه دادند. سی من و همکاران، پورتر و میشل و همکاران تحلیل بیشتری را در مورد جنبه های دیگر فرایند ارائه نمودند. شفیلدو گلیکین تجزیه و تحلیل نظری در مورد حرکت ذره ها را انجام دادند (۱۲). معادله کلی زمان اقامت زیرین اساس کار آنها بود که این مکانیزم کلی توسط کلی و محققین دیگر نیز رعایت شد (۸).

$$T = \frac{L_{eff}}{(طول ریزش)_{av}} \quad (زمان ریزش)$$

که در آن :

$L_{eff}$  = طولی از استوانه که بطور متوسط ذره در اثر ریزش می پیماید

$av$  (طول ریزش) = فاصله ای در طول استوانه که به طور متوسط ذره در حال ریزش طی می کند ( $m$ ).

$av$  (زمان ریزش) = زمانی که به طور متوسط ذره در هر ریزش صرف می کند (s).

بیکر چندین مدل پیش بینی متوسط زمان اقامت مواد در خشک کن شامل مدل های نیمه تئوری فریدمن مارشال، سی من و میشل و مدل های تحلیلی شفیلد و گلیکین، و مدل های کامپیوتری کلی و دانل را مرور کرد. ولی هیچ ارتباط رضایت بخشی در سرعت های مورد علاقه صنعت بین آنها پیدا نکرد. مچت و بیکر مدل دو جریان ای را برای پیش بینی زمان اقامت ذرات در خشک کن های ریزشی ارائه دادند (۱۲). ولی روابط ارائه شده توسط آنها فقط زمانی می توانست مورد استفاده قرار گیرد که در ته استوانه هیچ پس زدنی روی باله ها صورت نگیرد. پس تحقیق آنها احتیاج به اصلاحیه ای داشت که این کار توسط مچت و شیخ انجام شد (۱۳). مدل بهبود یافته با توجه به اینکه تطابق نزدیکی را با نتایج آزمایشگاهی در گستره وسیعی ارائه می کرد و نیز با توجه به سادگی، مدلی قابل کاربرد بود و اساس یک روش طراحی برای خشک کن دوار را فراهم کرد.

## مواد و روشها

خواص فیزیکی تفاله سیب بترتیب زیر اندازه گیری و محاسبه شد :

- با استفاده از متوسط داده های مربوط به ترکیبات شیمیایی تفاله سیب و معادله ارائه شده توسط چارم،

گرمای ویژه تفاله سیب محاسبه شد.

$$C_p = 1/424 \times C + 1/549 \times P + 1/67 \times F + 0.737 \times A$$

$$C_p = 1/424 \times 0.155 + 1/549 \times 0.0506 + 1/67 \times 0.402 + 0.737 \times 0.25$$

$$C_p = 0.387 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ C \quad \text{یا} \quad 0.092 \text{ Btu/lb} \cdot ^\circ F$$

که در آن  $C_p$  گرمای ویژه،  $C$  درصد کربوهیدرات،  $P$  درصد پروتئین،  $F$  درصد چربی و  $A$  درصد

خاکستر می باشد

- برای اندازه گیری رطوبت ، نمونه های ۱۵ گرمی تفاله به صورت تصادفی انتخاب شده و بعد از قرار دادن در داخل بوته چینی به مدت ۲ ساعت در داخل آون ، تحت دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد نگهداشته شدند . پس از وزن کردن نمونه ها ، با استفاده از روابط ، محتوی رطوبت تر پایه (درصد) ۷۰٪ و محتوی رطوبت خشک پایه (درصد) ۲۳۳٪ بدست آمد.
- با وزن کردن و اندازه گیری حجم مقدار معینی تفاله تر ، جرم مخصوص تفاله تر  $488 \text{ kg/m}^3$  حاصل شد.
- ضریب اصطکاک بین ذرات مواد ( $\mu$ )، برابر تانژانت زاویه اصطکاک داخلی مواد می باشد که این زاویه را می توان تقریباً معادل زاویه قرار گیری استاتیک در نظر گرفت. با استفاده از روش ارایه شده توسط محسنین زاویای قرار گیری و ضریب اصطکاک در مراحل مختلف خشکانیدن بصورت داده های جدول زیرین حاصل شد (۱۴).

جدول (۱) مقدار زاویای قرار گیری ذرات در مراحل مختلف خشکانیدن

مدت زمان خشکانیدن (ساعت)	۰	۰/۵	۱	۱/۵
زاویه قرارگیری ( $\Phi_s$ )	۴۷/۱۹	۴۴	۴۳/۲	۴۲/۵
ضریب اصطکاک ( $\mu$ )	۱/۰۷۹	۰/۹۷۳	۰/۹۳	۰/۹

- با استفاده از روش غربال کردن متوسط قطر ذرات  $7 \text{ mm}$  اندازه گیری شد.

مشخصات هوای مورد استفاده در دستگاه خشک کن بترتیب زیر محاسبه شد:

- با توجه به اینکه جداول سایکرومتری بر مبنای فشار یک بار یعنی ۱۰۰ کیلو پاسکال می باشند ، استخراج فشار بارومتريک محیط برای اصلاح نتایج سایکرومتری ضروری می باشد. با توجه به عرض جغرافیایی و اختلاف ارتفاع از سطح دریا ، فشار بارومتريک منطقه  $P$  برابر  $85/05$  کیلو پاسکال بدست آمد .

- با توجه به فصل کاری و با استفاده از آمار هواشناسی ، هوای منطقه دارای متوسط دمای  $t = 15^\circ \text{C}$  و متوسط رطوبت نسبی  $\Phi = 50\%$  می باشد. با توجه به فشار واقعی و با استفاده از نمودارهای سایکرومتری ، رطوبت مخصوص  $W = 0/053$  و با استفاده از جداول خواص ترمودینامیکی ، آنتالپی هوای محیط در دمای ۱۵ درجه  $h = 50/792 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{d.a.}}$  بدست آمد.

- بعد از گرم شدن هوا در داخل کوره تا ۱۰۰ درجه که برای تفاله سیب توصیه می شود با استفاده از همان روشها ، رطوبت نسبی  $\Phi_1 = 84\%$  ، رطوبت مخصوص  $W_1 = 0/0621$  و آنتالپی  $h_1 = 137 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{d.a.}}$  برای هوا قبل از ورود به استوانه جهت خشک کردن بدست آمد.

- معمولاً دمای هوای خروجی از سیستم در خشک کن های آدیاباتیک از معادله زیر محاسبه می شود :

$$Nt = 1/5 = Ln \frac{T_{ha} - T_{wa}}{T_{hb} - T_{wa}}$$

- که در آن  $T_{ha}$  دمای هوای ورودی ،  $T_{hb}$  دمای هوای خروجی و  $T_{wa}$  دمای حباب تر هوای ورودی خشک کن بر حسب فارنهایت می باشد. در محاسبات دمای حباب تر برابر دمای اشباع آدیاباتیک در نظر گرفته می شود. بنابراین

با استفاده از نمودار سایکرومتریک دمای حباب تر هوای ورودی یا  $T_{hb}$  برابر ۹۲ درجه فارنهایت بدست آمد. با جایگذاری در رابطه بالا دمای هوای خروجی  $T_{hb} = 119^\circ F$  یا  $48^\circ C$  محاسبه شد.

- در کارخانجات آب سیب معمولاً حداقل حدود ۱۰۰۰ کیلو گرم ماده تفاله تر در یک ساعت تولید می شود که با در نظر گرفتن مقدار رطوبت آن ، دارای حدود ۳۰۰ کیلو گرم ماده خشک می باشد بنابراین نرخ تغذیه ماده خشک یا  $m_s$  ،  $0.083$  کیلوگرم در ثانیه و رطوبت همراه تفاله یا  $m_{wa}$  ، برابر  $0.194$  کیلوگرم در ثانیه وارد دستگاه می شود . با استفاده از معادله بقاء انرژی و و بقاء جرم رطوبت در نهایت  $m_{dair}$  یا مقدارشدت هوای لازم برای خشک کردن این نرخ ماده ورودی برابر  $12/174 \text{ kg/s}$  محاسبه شد.

قطر استوانه بترتیب زیر محاسبه شد:

- سطح استوانه باید به اندازه ای باشد که بتواند مقدار هوای لازم جهت خشک کردن را از خود عبور دهد .

$$A = \frac{m_{dair}}{G} \quad \text{بنابراین مساحت سطح مقطع استوانه از رابطه مقابل محاسبه شد.}$$

- برای محاسبه  $G$  از معادله  $G = \rho_a \cdot V$  استفاده گردید که در آن  $G$  حداکثر سرعت جرمی هوا بر حسب  $\text{lb/ft}^2 \cdot \text{h}$  و  $\rho_a$  جرم حجمی هوا بر حسب فوت مکعب و  $V$  سرعت هوا بر حسب  $\text{ft/h}$  می باشد. با توجه به شرایط ذرات تفاله ، سرعت پایین  $1/5$  متر بر ثانیه یا  $17716/53$  فوت در ساعت انتخاب شد . پس از محاسبه جرم حجمی هوای مرطوب از معادله زیر، با جایگذاری آن در رابطه قبلی مقدار  $G$  محاسبه شد (۱۴).

$$\rho = \frac{273}{22/41 \times T} \times \left( \frac{1}{0.33 + W_{18}/0.2} \right)$$

$$\rho_a = \frac{273}{22/41 * 373} \times \left[ \frac{1}{0.33 + (0.062/18/0.2)} \right] = 0.98 \text{ kg/m}^3 = 0.61 \text{ lb/ft}^3$$

$$G = 0.61 * 17716/53 = 1080/7 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{h} \Rightarrow A = \frac{m_{dair}}{G} = \frac{96620/558}{1080/7} = 89/4 \text{ ft}^2$$

- قطر  $D$  با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$D = \left( \frac{4 * A}{\pi} \right)^{.5} = \left( \frac{4 * 89/4}{\pi} \right)^{.5} + 10/67 \text{ ft} = 3/25 \text{ m}$$

طول استوانه از مدل انتقال حرارت زیر که در کتاب مرجع مهندسی شیمی توصیه شده، محاسبه شد (۱۰، ۱۶):

$$L = \frac{q_T}{0.125 \pi D G^{.67} \Delta T}$$

که در آن  $q_T$  مقدار حرارت انتقال یافته در سیستم می باشد که مقدار آن با استفاده از رابطه ارائه شده در همان مرجع برابر  $1441440 \text{ Btu}$  بدست آمد.

$\overline{\Delta T}$  متوسط لگاریتمی اختلاف دما می باشد که از رابطه زیر بدست آمد (۱۰):

$$\overline{\Delta T} = \frac{(T_{ha} - T_{wa}) - (T_{hb} - T_{wb})}{\ln(T_{ha} - T_{wa}) / (T_{hb} - T_{wb})} = \frac{(212 - 92) - (119 - 92)}{\ln(212 - 92) / (119 - 92)} = 62^\circ F$$

با جایگذاری داده های بدست آمده در مدل انتقال حرارت طول استوانه مشخص گشت.

$$L = \frac{1441440}{0.125 * 10.66 * (1.80/7)^{0.67} * 62} = 51.18 \text{ ft} = 15.6 \text{ m}$$

## نتایج و بحث

یکی از اهداف مهم مکانیزاسیون کشاورزی ، بررسی تشخیص نیازهای این بخش می باشد. به طور یقین ضرورت پژوهش در مورد هر کدام از موضوع ها باید به اثبات رسیده باشد. در مورد مسایل بازیافت این موضوع اهمیت خاصی پیدا میکند ، زیرا در طی فرایند، ماده ای با ارزش پایین به ماده ای با ارزش بالا تبدیل می شود . هزینه صرف شده برای فرایند انجام یافته ، توجیه اقتصادی آنرا مشخص می کند.

بخاطر پایین بودن هزینه واحد محصول خشک شده ، بالا بودن ظرفیت های عملکردی خشک کن و خشک شدن سریع تر و یکنواخت تر محصول توسط خشک کن دوار و مزایای دیگر ، این خشک کن بعنوان مناسب ترین دستگاه انتخاب شد. بررسی های انجام شده در مورد عملکرد کارخانجات کشورهای آلمان و آمریکا ، تأییدی بر این انتخاب بود.

در طراحی خشک کن دوار ، مهم ترین و اساسی ترین جزء که باید تعیین می شد ، طول و قطر استوانه بود. محتوی رطوبت تفاله سیب بالاست و همچنین درصد محتوی رطوبت نهایی محصول جهت نگهداری مطمئن در انبار باید خیلی پایین باشد. بنابراین مقدار رطوبت انتقال یافته به هوای خشک کننده زیاد می باشد. پس برای جلوگیری از عدم اشباع هوای مورد نظر ، باید هوای زیاد بکار برده شود . از سوی دیگر به خاطر سبک بودن ذرات تفاله ، جهت پرهیز از باد بردگی ذرات و عدم توفیق در خشک شدن آنها ، سرعت جریان هوا بایستی در حد پایین نگهداشته شود . در نتیجه انتظار می رفت که در طراحی ، قطر نسبتاً بزرگی لازم باشد تا بتواند مقدار هوای زیادی را با سرعت کم انتقال دهد. جهت اقامت محصول در داخل خشک کن به مدت نسبتاً طولانی طول زیادی از استوانه مورد انتظار بود که در نهایت بعد از محاسبات به این نتیجه یعنی قطر ۳/۲۵ متر و طول ۱۶ متر منجر گردید. گستره ابعاد خشک کن های صنعتی به طور معمول تا طول های ۱۸ متر و قطر ۴/۲۵ متر می باشند . طرح مورد نظر نیز در گستره خشک کن های صنعتی قرار دارد.

حدود ۱۵ مدل جهت تعیین ابعاد خشک کن مورد بررسی قرار گرفت که تحت دو گروه مدل های انتقال حرارت و مدل های زمان اقامت قرار داشتند . از نظر کاربرد، این مدلها هر کدام مزایا و معایب ویژه ای را دارا بودند . مدل های ابتدایی با وجود اینکه ساده بودند ، ضریب اطمینان کمتری داشتند . با توجه به اینکه بیکر با بررسی در مورد صحت و سقم این مدلها ، بی اعتباری مدل های ساده را اثبات کرده بود ، از این مدلها استفاده نشد. مدل های زمان اقامت که به تازگی مورد بررسی قرار گرفته ، در دسترس بودند که دقت عملکرد آنها چندین بار مورد آزمون قرار گرفته و اثبات شده بود ، ولی اشکال اصلی این نوع مدلها پیچیدگی آنها بود و احتیاج به داده هایی داشت که این داده ها باید از طریق واحد آزمایشگاهی و امکانات نسبتاً وسیع مشخص می شدند که این وسایل در داخل کشور ، در دسترس نبود . در نهایت مدل انتقال حرارت که در اکثر کتابهای مهندسی شیمی و مهندسی صنایع غذایی توصیه شده بود مورد استفاده قرار گرفت.

در طراحی و انتخاب ملحقات مورد نیاز ، از روش ها و جداول استاندارد استفاده شد. چرخ دنده ها کاملاً منطبق بر استاندارد های توصیه شده ، محاسبه و طراحی شدند. الکتروموتور \_ کاهنده از انواع موجود در بازار که توسط شرکت ماشین سازی ممتاز ساخته می شود انتخاب شد. یاتاقانهای مختلفی وجود دارد که می توان از آنها استفاده نمود ولی نوع پشتی دار که براحتی نصب می شوند ، با توجه مشخصه های بار استاتیکی و دینامیکی وارده انتخاب

شد. بر اساس ظرفیت مشعل و دمنده مورد نیاز که مورد محاسبه قرار گرفت ، از کوره های ساخت شرکت پارس خزر می توان استفاده کرد. در صورت عدم دسترسی به سوخت گازی در کارخانجات مزبور ، باید مشعل های گازی را بکار برد. بخاطر دفع آلودگی های ایجاد شده توسط مواد حاصل از احتراق چنین مشعل هایی ، استفاده از کوره های غیر مستقیم ضروری می باشد.

### پیشنهادهات

توصیه می شود مدیران کارخانجات تولید کنسانتره و آبمیوه را نسبت به موارد مصرف و مزایای استفاده و بازیافت تفاله سیب آشنا نمود و آنها را به تاسیس واحدهای جانبی جهت خشک کردن تفاله سیب و همچنین واحد تولید پکتین ترغیب کرد . با آگاه نمودن مسئولین فنی و مدیران تولید واحد های شیرینی پزی و نانوایی از قبیل پیراشکی، کلوچه و نان شیرینی نسبت به مزایای استفاده از تفاله خشک شده ( صرفه جویی در شکر و بالا بردن کیفیت محصول ) ، می توان بازار مناسبی برای تفاله سیب خشک شده ایجاد کرد. با توجه به اینکه خشک کن دوار را می توان جهت خشک کردن محصولات کشاورزی مختلف از جمله پودر ماهی ، زایدات غلات ، آجیل ، قطعات برش داده شده سیب زمینی ، غلات پخته شده ، آرد ، تفاله چغندر قند ، شکر و نشاسته بکار برد ، توصیه می شود نمونه آزمایشگاهی جهت انجام آزمون های مختلف از جمله سنتیک خشک کردن تهیه گشته و در مورد هر کدام از موارد یاد شده مطالعات لازمه انجام شود و داده های لازم برای طراحی بدست آورده شود. از آنجائیکه فصل کاری کارخانجات مزبور محدود می باشد بنابراین مطالعه نیازهای منطقه در امر خشک کنی ، در فصول غیر کاری، کاربرد این دستگاه را برای خشک کردن محصولات دیگر مشخص می کند.

### منابع:

- ۱- پهلوانزاده، حسن. ۱۳۷۷. خشک کردن، اصول، کاربرد و طراحی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- فیاضی، علیرضا. ۱۳۷۶. بررسی وضعیت تولید کنسانتره میوه در ایران. بانک کشاورزی، شماره ۶۲. صفحه ۱۰-۱۳
- 3- Backer, C.G.J. 1988. *The design of flights in cascading rotary dryers*. *Drying Technology*, 6(4): 631-653.
- 4- Backer C.G.J. 1997. *Industrial drying of foods*. Blackie Academic and Professional. pp.309.
- 5- Barrington, S.F., Moueddeb, K.E. and Porter, B. 1997. *Improving small - scale composting of apple waste*. *Canadian Agricultural Engineering*, 39(1): 9-16.
- 6- El Boushy, A.R.Y. and Vanderpoal, A.F.B. 1994. *Poultry feed from waste*. Chapman and Hall, pp. 436.
- 7- Fox, G.F. 1984. *Economy of apple pomace drying*. *Confructa Studieh*. March/ April: 174-182.
- 8- Hang, Y.D. 1987. *Production of fuels and chemicals from apple pomace*. *Food Technology*, march: 115 – 117.
- 9- Jewell, W.J. and Cuming, R.J. 1984. *Apple pomace energy and solid recovery*. *Journal of Food Science*, 49: 409-410.
- 10- Kelly, J.J. 1987. *Rotary drying*. In: A. S. Mujumdar (ed.). *Hand book of industrial drying*. Marcel Dekker Inc. New York.
- 11- Langrish, T. A. G., Reay, D. and Bahu, R.E. 1988. *A investigation into heat transfer in cascading rotary dryers*. *J. Separ. Proc. Technol.*, 9: 15-20.
- 12- Matchett, A. J. and Backer, C.G.J. 1987. *Particle residence times in cascading rotary dryers, Part 1 \_ Derivation of two – stream model*. *J. Separ. Proc. Technol.*, 8: 11-



- 13- Matchett, A.J. and Sheikh, M.S. 1990. An improved model of particle motion in cascading rotary dryers. *Trans. Inst. Chem. Eng.*, 68(Part A): 139-148.
- 14- Mohsenin, N.N. 1980. *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Publisher, New York.
- 15- Papadakis, S.E., Langrish, T.A.G., Kemp, I.C. and Bahu, R.E. 1994, Scale-up of cascading rotary dryers. *Drying Technology*, 6(4): 631- 653.
- 16- Perry, R.H. and Green, D.W. 1997. *Perry's chemical engineering handbook*, Mc Graw Hill Company.
- 17- Wang, H.J. and Thomas, R.L. 1989. Direct use of apple pomace in bakery products. *Journal of Food Science*, 54(3): 618-620.