



## خشک کردن مواد غذایی و محصولات کشاورزی با استفاده از خشک کن های هوای گرم مجهز به ذرات بی اثر حامل انرژی

مهدی مرادی حسن آباد، اسعدی عزیزی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، moradih@shirazu.ac.ir

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز، saadi.azizi8@gmail.com

### چکیده

در تحقیق حاضر به مرور تحقیقات انجام گرفته در زمینه‌ی خشک کردن برخی محصولات با کمک ذرات بی اثر حامل انرژی پرداخته می‌شود. این ذرات به دلیل داشتن ضریب رسانایی بالا و گرمای ویژه‌ی پایین باعث انتقال سریع‌تر حرارت شده و بنابراین نرخ خشک شدن را افزایش می‌دهند. علاوه بر این، ذرات حامل انرژی می‌توانند به جدا شدن بهتر ذرات خشک‌شونده از هم کمک کنند، در نتیجه هوای گرم می‌تواند در بین ذرات نفوذ کرده و محصول، یکنواخت‌تر خشک شود. ذرات بی اثر حامل انرژی معمولاً از جنس‌های فولاد، آلومینیوم، شیشه و... مورد استفاده قرار می‌گیرند.  
کلمات کلیدی: ذرات حامل انرژی، خشک کردن، انتقال حرارت.

## Drying of food and agricultural products using hot air dryers equipped with heat carrier inert particles

Mehdi moradi hasanabad<sup>1</sup>, saadi azizi<sup>2</sup>

of biosystem engineering of Shiraz university, moradih@shirazu.ac.ir <sup>1</sup> Assistant Professor

<sup>2</sup> Master's degree in biosystem engineering, Shiraz University, saadi.azizi8@gmail.com

### abstract

This study reviews of different researches about product drying assisted heat carrier particles. These particles due to high heat conduction and low heat capacity cause to transfer heat faster than the conventional methods and thus increase drying rate of the products. In addition to, the particles can be effective for dispersing the drying products in the bin and passing the hot air from between of them uniformly cause to have uniform drying process. Inert energy carrier particles usually can be made from different materials such as steel, aluminum, glass and etc.

### Key words

Inert energy carriers, Drying, Heat transfer.

### ۱- مقدمه

خشک کردن یکی از روش‌های اصلی نگهداری و از مهم‌ترین واحدهای عملیاتی صنایع غذایی می‌باشد. اگرچه بشر هزاران سال است که میوه و سبزیجات را به طور طبیعی خشک می‌کند ولی خشک کردن محصولات کشاورزی و باغی به حدود ۲۰۰۰ سال قبل باز می‌گردد. با افزایش روزافزون تقاضا برای محصولات کشاورزی و غذایی خشک شده به صورت ساده و ترکیبی، خشک کردن این محصولات جایگاه ویژه‌ای به خود اختصاص داده است. امروزه ده‌ها روش مختلف خشک کردن در جهان وجود دارد که به سبب مزایایی مانند زمان ماندگاری طولانی مواد غذایی، پایداری میکروبی، قابلیت مصرف آسان، کاهش هزینه حمل و نقل، ارزش افزوده بالا و تنوع محصول، نسبت به سایر روش‌های نگهداری ترجیح داده می‌شود (Moradi et al., 2009).

### ۱-۱- انواع روش‌های خشک کردن

خشک کردن به طور کلی به دو شکل آفتابی و دستگاهی انجام می‌گیرد. در روش آفتابی از عوامل موجود در طبیعت مانند خورشید و باد استفاده می‌شود که دارای مزیت‌های فراوان می‌باشد اما معایبی چون نیاز به فضای زیاد، محدودیت در کاهش مقدار آب، عدم کنترل شرایط خشک شدن، امکان آلوده شدن محصول حین فرایند خشک شدن و سرعت پایین دارد. در روش خشک کردن دستگاهی آب‌گیری از محصول توسط سیستم‌های



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



خشک کن انجام می‌شود. از روش‌های خشک کردن مصنوعی می‌توان به خشک‌کن با هوای گرم، سطح داغ، تصعیدی، مایکروویو و اسمزی اشاره کرد. از معایب این روش‌ها می‌توان به هزینه‌ی بالا و کاهش رنگ محصول نسبت به روش طبیعی در برخی موارد نام برد. به طور کلی خشک‌کن‌های دستگاهی را می‌توان از نظر پیشرفت تکنولوژیکی در ۴ نسل قرار داد:

**خشک‌کن‌های نسل اول:** این خشک‌کن‌ها عمدتاً شامل خشک‌کن‌های کابینی و بستری مانند خشک‌کن‌های کوره‌ای، سینی دار، نقاله‌ای چرخان و تونلی می‌باشد. در این نسل از خشک‌کن‌ها هوای داغ از سطح محصول عبور داده شده و سبب حذف رطوبت از سطح محصول می‌گردد. این نسل از خشک‌کن‌ها عمدتاً برای محصولات جامد نظیر غلات، ورقه‌های میوه و سبزیجات مناسب می‌باشد. این دسته از خشک‌کن‌ها عمدتاً از سیستم تغذیه و منبع حرارتی تشکیل شده است (Brooker *et al.* 1992).

**خشک‌کن‌های نسل دوم:** این دسته از خشک‌کن‌ها اغلب به منظور خشک کردن دوغاب‌ها و پوره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این نسل، خشک‌کن‌های پاششی و غلتکی وسیله‌ای مناسب جهت تولید پودرها و ورقه‌های خشک شده است. راندمان مصرف انرژی این دسته از خشک‌کن‌ها نسبت به خشک‌کن‌های نسل اول بالاتر می‌باشد (Brooker *et al.* 1992).

**خشک‌کن‌های نسل سوم:** خشک‌کن‌های انجمادی و خشک‌کن‌های اسمزی در این دسته قرار داشته‌اند که در این خشک‌کن‌ها عمدتاً از هوای داغ استفاده نمی‌گردد. این دسته از خشک‌کن‌ها (خصوصاً خشک‌کن‌های انجمادی) با هدف غلبه بر آسیب‌های ساختاری و حفظ عطر و آروما طراحی شدند. خشک‌کن‌های اسمزی به عنوان یک روش پیش‌خشک‌کن در فرآوری میوه و سبزیجات بوده که در آن از محلول‌های غلیظ نمک یا قند استفاده می‌گردد (Brooker *et al.* 1992).

**خشک‌کن‌های نسل چهارم:** تکنولوژی خشک کردن در این نسل از خشک‌کن‌ها شامل اعمال خلاء بالا، حالت شناوری و استفاده از مایکروویو، فرکانس ویندو و تکنولوژی هاردل می‌باشد. هر یک از این تکنولوژی‌ها دارای خصوصیات ویژه بوده که سبب بهبود در کیفیت محصول نهایی می‌شود. خشک‌کن‌های بستر جهنده در این دسته از خشک‌کن‌ها قرار می‌گیرند (Brooker *et al.* 1992).

### پیشینه‌ی پژوهش

در یک بررسی در سال ۹۳ در جهت یافتن روشی به منظور خشک کردن سریع‌تر و یکنواخت‌تر ذرت و متعاقب آن کاهش مصرف انرژی در طی این فرایند، حضور ذرات بی‌اثر در خشک شدن ذرت آزمایش شد. در این بررسی اعلام شده که ذره‌ی بی‌اثر انتخاب شده بایستی ظرفیت حرارتی پایین‌تر از ظرفیت حرارتی محصول و ضریب رسانایی آن بالاتر از ضریب رسانایی محصول باشد. با توجه به این که فولاد دارای ظرفیت حرارتی میانگین  $500 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$  و ضریب رسانایی میانگین  $35 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$  ولی دانه ذرت دارای ظرفیت حرارتی میانگین  $1500 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$  و ضریب رسانایی  $0.25 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$  می‌باشد، از فولاد به این منظور استفاده گردید. در این بررسی میانگین دمای درون دانه‌های ذرت، در دو حالت بی‌اثر و بدون ذرات بی‌اثر مقایسه شد و مشاهدات نشان‌دهنده‌ی اختلاف چشمگیر این دو حالت بود (مرادی م. و زمردیان ع. ۱۳۹۲).

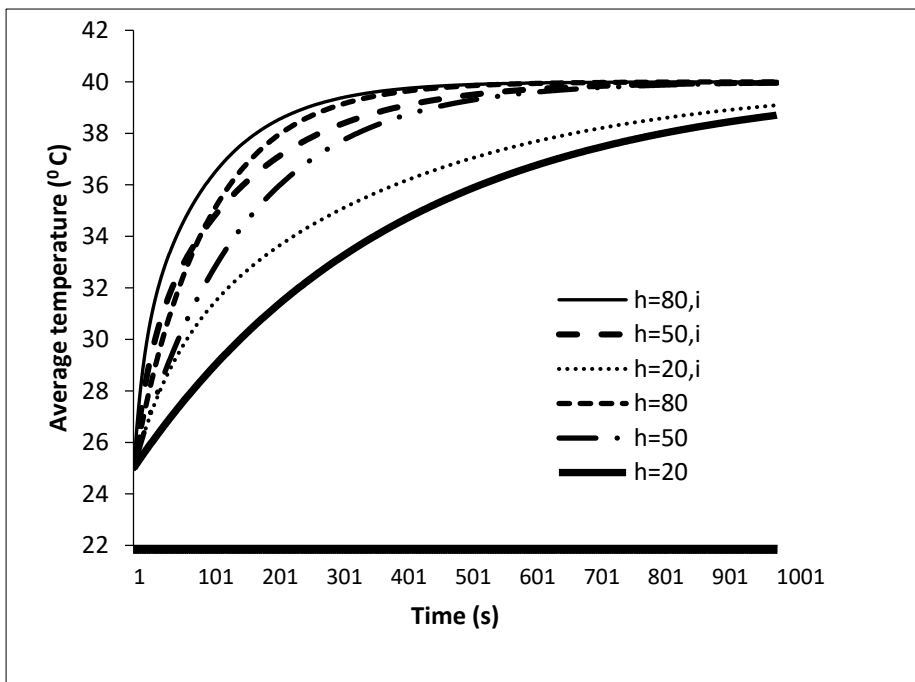


Fig.1-Variations of grain temperature versus drying time for air temperature of  $40^{\circ}\text{C}$  (under different convective conditions, with and without inert particles)

شکل ۱- تغییرات متوسط دمای دانه ذرت در اثر پیشرفت فرآیند خشک شدن در حالت های همرفتی مختلف تحت دمای هوای خشک کننده  $40^{\circ}\text{C}$  با و بدون کمک ذرات حامل انرژی (مراهی م. و زمردیان ع. ۱۳۹۲)

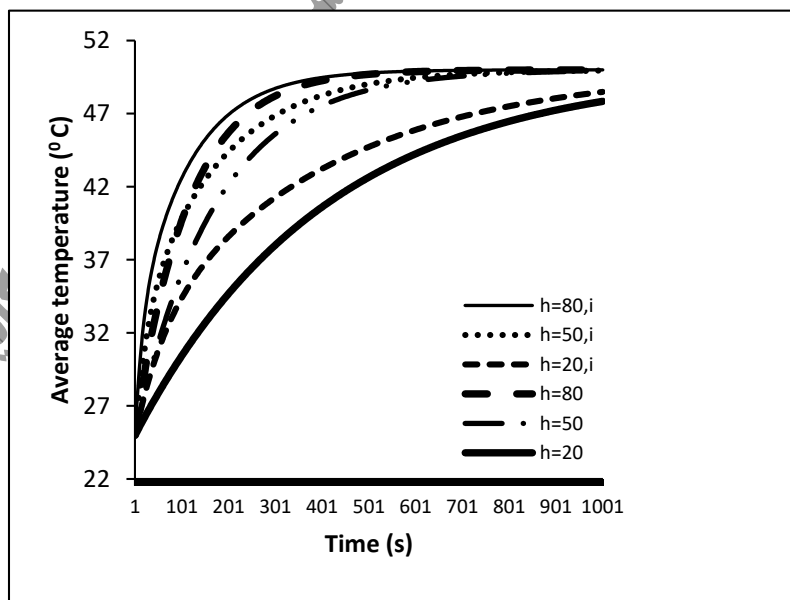


Fig.2-Variations of grain temperature versus drying time for air temperature of  $50^{\circ}\text{C}$  (under different convective conditions, with and without inert particles)

شکل ۲- تغییرات متوسط دمای دانه ذرت در اثر پیشرفت فرآیند خشک شدن در حالت های همرفتی مختلف تحت دمای هوای

خشک کننده ۵۰°C با و بدون کمک ذرات حامل انرژی (مرادی م. و زمردیان ع. ۱۳۹۲)

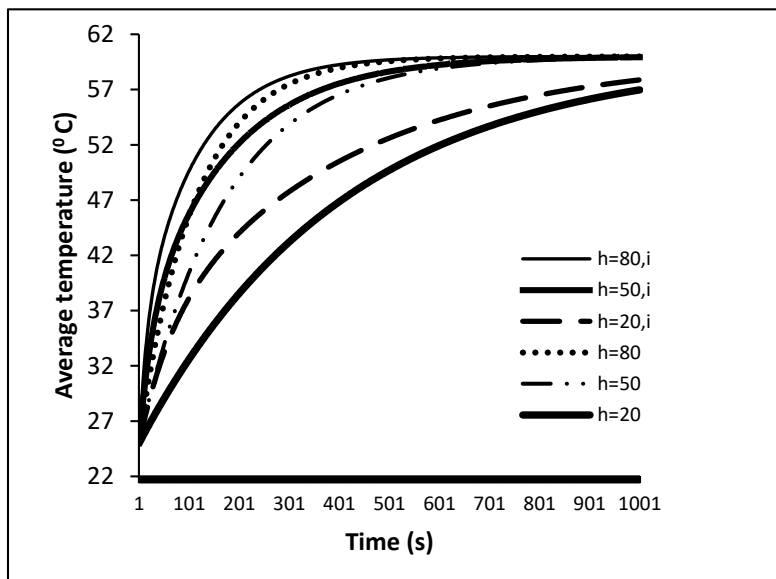


Fig.3-Variations of grain temperature versus drying time for air temperature of 60°C (under different convective conditions, with and without inert particles)

شکل ۳- تغییرات متوسط دمای دانه ذرت در اثر پیشرفت فرایند خشک شدن در حالت های همرفتی مختلف تحت دمای هوای خشک

کننده ۶۰°C با و بدون کمک ذرات حامل انرژی (مرادی م. و زمردیان ع. ۱۳۹۲)

میانگین دمای محصول در طول فرایند خشک شدن در حالت های مختلف در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- میانگین دمای دانه ذرت در حالت های مختلف خشک شدن

table 1- Mean grain temperature of corn in different drying conditions

Temperatur of drying air (°C)	40	40(i)	50	50(i)	60	60(i)
Convection (w/m <sup>2</sup> °c) coefficient						
20	34.404	35.703	40.674	42.839	46.944	49.947
50	37.424	38.046	45.708	46.743	53.991	55.441
80	38.302	38.717	47.170	47.860	56.039	57.004

(مرادی م. و زمردیان ع. ۱۳۹۲). لازم به توضیح است که حرف i نشان دهنده کاربرد ذرات حامل انرژی می باشد. جدول بیانگر این است که در

ضرایب همرفتی کمتر و دمای هوای خشک کننده بیشتر، اثر کاربرد ذرات حامل انرژی محسوس تر است. زیرا در دمای هوای خشک کننده ۶۰ درجه



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



سانتی گراد و ضریب همرفتی ۲۰ وات بر مترمربع درجه سانتی گراد اختلاف بین میانگین دمای دانه ذرت در حالتی که ذرات حامل انرژی به کارگرفته شود با حالتی که ذرات حامل انرژی استفاده نشود، در مقایسه با حالت های دیگر بیشتر است.

آنها پس از پیش بینی تغییرات دمای دانه ذرت حین خشک شدن ضریب انتشار رطوبت را داخل دانه در حالت های مختلف محاسبه کردند. مقادیر محاسبه شده برای این ضریب در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- میانگین ضریب انتشار رطوبتی دانه ذرت در حالت های مختلف خشک شدن

Table 2-Mean corn grain moisture diffusion coefficient in different drying conditions

Temperatur of drying air(°C)	40	40(i)	50	50(i)	60	60
Convection (w/m <sup>2</sup> °c) coefficient						
20	10 <sup>-11</sup> ×6.35	6.64×10 <sup>-11</sup>	8×10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-10</sup> 8.58×11	1×10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-10</sup> 1.103×10
50	10 <sup>-11</sup> ×7.06	10 <sup>-11</sup> ×7.2	10 <sup>-10</sup> ×9.47 <sub>11</sub>	10 <sup>-10</sup> ×9.76 <sub>11</sub>	10 <sup>-10</sup> 1.26×11	1.31×10 <sup>-11</sup>
80	7.26×10 <sup>-11</sup>	7.36×10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-10</sup> 9.91×11	10 <sup>-10</sup> 1.01×10	10 <sup>-10</sup> 1.33×10	1.37×10 <sup>-10</sup>

(مرادی م. و زمردیان ع. ۱۳۹۲)

در تحقیق دیگری در سال ۱۳۹۴ سینتیک خشک شدن دانه های ذرت به کمک شبکه عصبی مصنوعی در یک خشک کن پیوسته جریان مخالف مجهز به ذرات بی اثر بدست آمد. انجام کار به این شکل بود که شش نرون در لایه ورودی که شامل پارامترهای نرخ جریان جرمی هوای خشک کننده، دمای هوا، نسبت کاربرد ذرات بی اثر، ارتفاع محل نمونه برداری، نرخ جریان جرمی دانه های خروجی از مخزن و زمان تعریف شد و مقدار محتوای رطوبت دانه ذرت به عنوان تنها نرون در لایه خروجی، مدل سازی شد (مرادی م. دهقانی م. ۱۳۹۴).

در سال ۲۰۱۴ فرایند خشک شدن دانه ذرت در خشک کن پیوسته جریان مخالف همراه با ذرات بی اثر حامل انرژی به روش آنالیز ابعادی نیز با موفقیت مدل سازی شد (Moradi et al., 2014).

همچنین در پژوهشی که روی نرخ خشک شدن نشاسته انجام شد، اثر سرعت و دمای هوای ورودی و نسبت جرم نشاسته به جرم ذرات بی اثر در یک خشک کن بستر سیال بررسی شد. طبق نتایج به دست آمده افزایش سرعت و دمای هوا موجب افزایش نرخ خشک شدن می شود و افزایش نسبت جرمی محصول به ذرات بی اثر موجب کاهش ملایم نرخ خشک شدن خواهد شد. نرخ خشک شدن بیشترین مقدار را در تخلخل مطلوب بستر (۰/۶) از خودش نشان می دهد (Lee & Kim:1999).

یک بررسی آزمایشگاهی برای خشک کردن ۵ نوع از مواد شامل ترکیبات بتون، در یک بستر سیال به کمک مواد بی اثر انجام شد. نتایج آزمایشات نشان دادند که استفاده از ماده بی اثر، انتقال حرارت و انتقال جرم را افزایش داده و در نتیجه موجب افزایش ضریب حجمی انتقال حرارت می شود، ولی افت فشار در مقایسه با حالتی که از ذرات بی اثر استفاده نمی شود، بیشتر خواهد بود. همچنین ظرفیت خشک شدن و بازدهی حرارتی با افزایش دمای هوای ورودی افزایش یافت (Wey et al.1996).



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



در مطالعه دیگری در سال ۲۰۰۶، رفتار خشک شدن ذرت و نخود سبز در یک خشک‌کن بستر سیال همراه با ذرات حامل انرژی بی اثر (مه‌ره‌های شیشه‌ای و گوی‌های استیل با قطر ۲/۷) بررسی شد. در این بررسی اثر قطر ذرات جامد، نوع جنس ذرات، مقدار جرمی ذرات، سرعت هوا و دمای هوا روی نرخ خشک‌شدن محصول مورد توجه قرار گرفت و در نهایت برای پیش‌بینی نرخ خشک شدن و تغییرات دمایی ذرات جامد کروی شکل در حال خشک کردن، یک مدل ریاضی مطرح شد. آنها دریافتند که حضور ذرات بی‌اثر نرخ خشک شدن را افزایش می‌دهد و کاهش قطر ماده جامد در حال خشک شدن، افزایش رسانایی حرارتی ماده‌ی بی‌اثر و افزایش دمای هوا، نرخ خشک شدن را افزایش می‌یابد. آنها همچنین دریافتند که در خشک‌کن بستر سیال، سرعت هوا، مقدار ذرات بی‌اثر و سطح رطوبت اولیه تاثیر محسوسی روی نرخ خشک شدن نخواهد گذاشت. نتایج تجربی این تحقیق نشان داد که افزایش نسبت جرمی مواد جامد در حال خشک شدن به جرم ذرات بی‌اثر، نرخ خشک شدن را کاهش می‌دهد (Hatamipour & Mowla 2006).

تحقیق دیگری در سال ۲۰۱۴ روی خشک کردن برگ‌های گیاه کفیر لایم انجام شد. این گیاه به عنوان یک خوش‌بو کننده و یکی از ترکیبات مورد استفاده در مواد غذایی است. در این بررسی، فرایند خشک‌شدن برگ‌های این گیاه در خشک‌کن بستر سیال تحت تاثیر ۴ سطح از ذرات بی‌اثر از جنس ماسه به نسبت‌های (بدون ذرات، ۰،۰۲، ۰،۰۴، ۰،۱ و ۰،۰۱) از نسبت جرمی برگ‌های گیاه به ذرات ماسه‌ای آزمایش شد. آنها دریافتند که حضور ذرات ماسه‌ای نرخ خشک شدن را افزایش می‌دهد و هر چه نسبت جرمی برگ‌های کفیر لایم به ذرات ماسه افزایش یابد، نرخ خشک شدن کاهش می‌یابد (Tasirin et al. 2014).

در تحقیق دیگری که در سال ۱۳۹۲ انجام گرفت خشک شدن قطعات استوانه‌ای هویج به همراه ذرات حامل انرژی بی‌اثر در خشک‌کن بستر سیال مورد آزمایش قرار گرفت. ذرات بی‌اثر از جنس‌های فولادی، شیشه‌ای و پلی‌اتیلنی بودند و از قطرهای مختلف و با نسب‌های جرمی مختلف بودند. طبق نتایج به دست آمده حضور هر چه بیشتر ذرات حامل انرژی هم به عنوان ذخیره‌کننده‌ی انرژی حرارتی و هم به عنوان تسهیل‌کننده سیالیت توده‌ی محصول در حال خشک شدن تاثیر مثبتی بر فرایند خشک شدن محصول دارد و همچنین ضریب هدایت بالاتر این ذرات باعث افزایش نرخ خشک شدن هویج خواهد شد. (نکوئی، حسین؛ محمدرضا زمانی؛ مصطفی انصاری اسفنگره و عیسی کرمی، ۱۳۹۲)

در مطالعه‌ی دیگر در سال ۱۳۹۲ فرایند خشک شدن سیب‌زمینی در یک خشک‌کن بستر سیال شبیه‌سازی شد. این آزمایش با حضور گوی‌هایی از جنس‌های شیشه، فولاد و پلی‌اتیلن به عنوان ذرات بی‌اثر بود که بر اساس نتایج به دست آمده حضور ذرات بی‌اثر و ضریب هدایت حرارتی هر چه بیشتر آنها اثر چشمگیری بر نرخ فرایند خشک کردن سیب‌زمینی داشت. (نکوئی، حسین؛ محمدرضا زمانی؛ مصطفی انصاری اسفنگره و نسرين کشاورز، ۱۳۹۲)

در یک بررسی دیگر که روی قطعات استوانه‌ای لوبیا سبز در یک خشک‌کن بستر سیال همراه با ذرات بی‌اثر از جنس‌های فولاد، شیشه و پلی اتیلن انجام گرفت حضور مثبت ذرات بی‌اثر و افزایش ضریب هدایت حرارتی آنها روی تسریع فرایند خشک شدن تایید شد. (عباسی سورکی، بهروز و داریوش مولا، ۱۳۸۷)

در سال ۱۳۸۷ بررسی دیگری روی خشک شدن هویج در بستر سیال با حضور ذرات بی‌اثر نشانگر اثر مثبت کاهش قطر و افزایش ضریب حرارتی موجب تسریع فرایند خواهد شد. (حاتمی پور، م. س. و مولا، د. ۱۳۸۴)

در تحقیق دیگری که در سال ۲۰۰۱ انجام گرفت، فرایند خشک شدن سوسپانسیون خون اسپری شده روی ذرات بی‌اثر بررسی شد و از ذرات بی‌اثر به عنوان راهکاری برای نازک شدن این سوسپانسیون‌ها و تسریع فرایند خشک‌شدن آنها معرفی شد (Costa Jr et al. 2001).

همچنین در سال ۲۰۰۳ فرایند خشک شدن هویج با خشک‌کن بستر سیال به همراه ذرات بی‌اثر از جنس‌های فولاد و شیشه در اندازه‌های ۲،۷ تا ۶،۵ میلی‌متر بررسی شد و حضور ذرات بی‌اثر و افزایش ضریب هدایت حرارتی نرخ خشک شدن را تسریع بخشید ولی اندازه ذرات بی‌اثر تاثیر معناداری روی این فرایند نداشت (Hatamipour & Mowla 2006).

در سال ۲۰۰۷ نیز در یک بررسی آزمایشگاهی، تاثیر انتخاب مناسب اندازه و جنس ذرات بی‌اثر بر ویژگی‌های محصول و بازدهی خشک‌کن را



گزارش دادند. نتیجه این تحقیق بیانگر اثر انتخاب مناسب ذرات بی‌اثر بر ساده شدن فلوجارت تولید و کاهش هزینه‌های مورد نیاز و مصرف انرژی خواهد شد (Kutsakova 2007).

#### نتایج:

طبق گزارش‌های ارائه شده می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از ذرات بی‌اثر در خشک‌کن‌های بستر جهنده و بستر سیال، اثربخش بوده و ضریب هدایت حرارتی و مقدار این ذرات از عوامل تاثیرگذار روی انتقال حرارت بیشتر به محصول و افزایش سیالیت توده محصول می‌باشند و همچنین اندازه ذرات در نرخ خشک شدن اثری ندارد. همچنین از این ذرات در خشک کردن مواد غذایی با حالت خمیری نیز می‌توان استفاده کرد. با ارسال ذرات بی‌اثر به داخل توده محصول، دمای محصول بدون این که از منبع گرمایی ثانویه‌ای کمک گرفته شود بالاتر رفته و این افزایش دما موجب می‌شود ضریب انتشار رطوبت محصول بهبود یافته و لذا سریع‌تر خشک شود. این پدیده به این دلیل اتفاق می‌افتد که ذرات حامل انرژی انتخاب شده دارای رسانایی بالاتر و ظرفیت گرمایی پایین‌تری نسبت به مواد غذایی بوده، در نتیجه حرارت را خیلی سریع جذب کرده و در زمان کمی به توده محصول منتقل می‌نمایند. از جدول ۱ می‌توان دریافت که در ضرایب همرفتی کمتر و دمای هوای خشک‌کننده بیشتر، اثر کاربرد ذرات حامل انرژی محسوس‌تر است. زیرا در دمای هوای خشک‌کننده ۶۰ درجه سانتی‌گراد و ضریب همرفتی ۲۰ وات بر مترمربع درجه سانتی‌گراد، اختلاف بین میانگین دمای دانه ذرت در حالتی که ذرات حامل انرژی به کار گرفته شود با حالتی که ذرات حامل انرژی استفاده نشود، در مقایسه با حالت‌های دیگر بیشتر است.

#### منابع

- Moradi, M., & Zomorodian A (2009). Evaluating Kinetics of Solar Drying for Cuminum cyminum in Mixed and Indirect-mode Conditions. *Journal of Water and Soil Science* 13 (48):273-282
- Moradi, M., Zomoradiyan, A.(2013) Feasibility study of the drying process of corn seeds with the aid of inert particles. *Journal of Agricultural Machinery Mechanics* 2 (3): 9-18(Persian)
- Moradi, M., & Dehghani, M.(2015) Modeling of drying kinetics of corn grains in a continuous dryer equipped to inert particles using artificial neural network. *9th National Congress of Agricultural Machinery Engineering (Biosystem mechanics) and mechanization Campus of Agriculture and Natural Resources of Tehran University, Karaj*(Persian)
- Karparvar fard, S.H., Moradi, M., & Zomorodian, A. (2014) Kinetics of continuous drying of corn grains mixed with inert energy carrier particles using dimensional analysis. *1st National Conference on Harvest and Postharvest Novel Technologies of Agricultural Products*.
- Hatamipour M. S & Mowla D. ,(2003). Experimental and Theoretical Investigation of Drying of Carrots in a Fluidized Bed with Energy Carrier, *Drying Technology: An International Journal*, 21:1, 83-101
- Nekooie, h., zamani, m., Ansari, e., & keshavarz, n.,(2013). Theoretical and empirical study of potato drying in fluid bed dryer with inert particles in the presence of infrared radiation. *The first conference of process engineering in the oil, gas, petrochemical and energy industries*, Tehran, both intellectuals of chemistry(Persian)
- basi sooraki, mowla, b., & mowla, d.,(2008). Investigation of the Effect of Inert Particles on the Drying of Green Beans in a Discrete Fluidized Dryer, *The 12th National Iranian Chemical Engineering Congress*, Tabriz, Iran Chemical Engineering Society.