



نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران  
۳-۵ آذر ماه ۱۳۸۳

## بررسی پارامترهای عملیاتی بر ثابت سرعت وسینتیک خشک کردن سیب

احمد اعتمادی<sup>۱</sup>، محمود موسوی<sup>۱\*</sup>

گروه مهندسی شیمی دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد  
[mmousavi@ferdowsi.um.ac.ir](mailto:mmousavi@ferdowsi.um.ac.ir)

### چکیده

خشک کردن یکی از راههای نگهداری مواد غذایی می باشد. در کشور ما خشک کردن مواد غذایی صنعت نو پائی بوده و تحقیقات زیادی در این باره انجام نگرفته است. در این راستا در این تحقیق ابتدا یک نمونه خشک کن Batch- Through Circulation در حد پیلوت ساخته شد. داده های آزمایشگاهی مورد نیاز توسط این دستگاه بدست آمد. در این آزمایشات اثر سرعت هوا، ضخامت جسم خشک شونده و دمای هوای خشک کننده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایشات نشان می دهد که منحنی خشک شدن سیب در ناحیه شدت نزولی (falling rate period) می باشد، زیرا سرعت هوا نقش به سزائی در زمان خشک کردن در بین دو سرعت انتخاب شده ۷۵٪ و ۱/۵ متر بر ثانیه ندارد. همچنین ثابت سرعت خشک شدن در ضخامت ۶ میلیمتر کمتر از ثابت سرعت خشک شدن در ضخامت ۴ میلیمتر می باشد. مهمترین پارامتری که روی سرعت خشک شدن اثر بیشتری نسبت به دو پارامتر بالا دارد دما می باشد که ثابت سرعت خشک شدن در دمای ۸۰ °C بسیار بیشتر از دمای ۷۰ °C می باشد ولی اثر چروکیدگی سطح در دمای ۸۰ °C به مراتب بیشتر از دمای ۷۰ °C می باشد.

**کلمات کلیدی:** خشک کردن، سیب، ثابت سرعت، ضخامت، دما، سرعت

## مقدمه

یکی از قدیمی‌ترین و مهمترین روشهای نگهداری مواد غذایی کاهش رطوبت آنها می‌باشد. در اثر کاهش رطوبت امکان فساد میکروبی و آنزیمی از بین می‌رود و سرعت واکنش‌های مضر و قهوه‌ای‌شدن غیرآنزیمی به مقدار قابل توجهی کم می‌شود [۱-۳]. یکی از ویژگی‌های خشک‌کردن آن است که علاوه بر اثر حفاظتی، وزن و حجم محصول نیز به میزان چشمگیری کاهش می‌یابد و در نتیجه از هزینه حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی محصول کاسته می‌شود. خشک‌کردن مواد غذایی اغلب باعث تولید فرآورده‌هایی می‌شود که مصرف آنها راحت‌تر و آسانتر است [۳ و ۴]. از بین انواع میوه‌های مختلف می‌توان سیب را بعنوان یکی از مهمترین آنها برای تولید خشکبار انتخاب کرد. در ایران حدود ۱۶۹ هزار هکتار زمین زیر کشت سیب وجود دارد. از این باغها حدود ۲/۳۵۱/۸۸۸ تن سیب بدست می‌آید. باتوجه به این میزان تولید سیب، ایران بعد از کشورهای چین، امریکا، فرانسه، ترکیه و آلمان در رده ششم قرار دارد و کشورهای دیگر همچون لهستان، آرژانتین، ایتالیا، هندوستان در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند. در ایران استانهای آذربایجان غربی و شرقی و تهران به ترتیب با تولید ۳۴، ۱۶ و ۱۴ درصد سیب کشور در رده‌های اول تا سوم قرار دارند [۵]. سیب بصورت تازه برای تولید کمپوت، پوره، مربا، مارالاد و ... و بصورت خشک برای مصرف تنقلاتی برای دیابتی‌ها و افرادی با کلسترول خون بالا بسیار مفید می‌باشد [۶] و در صنایع نان، شیرینی، بستنی و ... کاربرد دارد [۷ و ۸]. برای تولید محصول بهتر از نظر بافت، رنگ و ... نیاز به خشک‌کردن در شرایط عملیاتی مناسب و کنترل شده می‌باشد. در نتیجه برای بدست آوردن شرایط عملیاتی مناسب در فرایند خشک‌کردن باید سینتیک خشک‌کردن ماده خشک شونده را در شرایط عملیاتی موجود بررسی نمود. سینتیک خشک‌کردن به خواص فیزیکی مواد و نحوه خشک‌کردن وابسته است. سینتیک خشک‌کردن یک محصول یک داده بسیار مهم و اساسی برای طراحی و بهینه‌سازی یک واحد صنعتی می‌باشد [۹-۱۳].

در این مقاله به بررسی اثرات ضخامت جسم، سرعت و دمای هوا بر نحوه خشک‌شدن سیب پرداخته می‌شود و مطابقت نتایج آزمایشگاهی با قانون دوم فیک (Fick's second law) بررسی می‌شود.

## تئوری خشک‌کردن

انتقال رطوبت در مواد در طی خشک‌کردن در دو مرحله اتفاق می‌افتد.

۱- از داخل جسم به سطح (انتقال رطوبت داخلی).

۲- تبخیر از سطح به هوا (انتقال رطوبت سطحی).

اگر سرعت انتقال رطوبت داخلی برابر با سرعت انتقال رطوبت سطحی باشد به این فرآیند خشک‌کردن با سرعت ثابت اطلاق می‌شود. اگر سرعت انتقال رطوبت از داخل به سطح کمتر از سرعت انتقال رطوبت سطحی باشد به آن فرآیند خشک‌شدن با سرعت نزولی اطلاق می‌شود. بسته به نوع خواص مواد و هوای خشک‌کننده می‌توان سرعت ثابت و هم سرعت نزولی را در سنتیک خشک‌کردن مشاهده کرد. در حالت کلی برای اکثر مواد غذایی خشک‌شدن با سرعت ثابت یک مرحله بسیار کوتاه می‌باشد و سریعاً به منطقه سرعت نزولی انتقال داده می‌شود [۱۲]. در مرحله سرعت نزولی سطح تبخیر بطور پیوسته از سطح جسم به سمت داخل

ماده غذایی حرکت می‌کند. سطح می‌تواند بصورت جزئی مرطوب شود که اولین منطقه نزولی ظاهر می‌شود و اگر سطح کاملاً خشک شود به آن دومین منطقه نزولی گفته می‌شود و منطقه گذرا از این دو مرحله را می‌توان نادیده گرفت [۹ و ۱۳]. اگر خشک شدن در مرحله اول سرعت نزولی اتفاق بیفتد مقاومت درونی بطور مؤثری بر سرعت خشک شدن حاکم می‌شود. درهمی هوا روی سطح می‌تواند به سرعت خشک شدن کمک کند. اگر خشک شدن در مرحله دوم سرعت نزولی باشد فقط مقاومت درونی سرعت خشک کردن را کنترل می‌کند [۱۴].

چندین مدل تئوری، نیمه تجربی و تجربی برای مدل کردن انتقال رطوبت داخلی در طی منطقه شدت نزولی گزارش شده است [۱۵ و ۱۶]. اگرچه مکانیسم واقعی انتقال رطوبت بطور کامل مشخص نیست ولی مدل تئوری نفوذ بهترین مدل می‌باشد. تمام مدل‌های موجود بنحوی از معادله قانون دوم فیک الهام گرفته و با کمی تغییر در آن بدست آمده‌اند. فرضیات حل این معادله برای این منظور عبارتند از:

۱- ضریب نفوذ با تغییر رطوبت ثابت است.

۲- جسم در طول خشک شدن ابعادش ثابت است.

۳- قطعات دارای شکل متقارن هندسی و مانند یک قطعه بی‌نهایت هستند.

برای انتقال رطوبت داخلی در طی خشک شدن قطعات بی‌نهایت با ضریب نفوذ و ابعاد ثابت از حل معادله قانون دوم فیک بصورت تحلیلی بوسیله جداسازی متغیرها معادله ذیل حاصل می‌شود:

$$\frac{X - X_e}{X_0 - X_e} = \frac{8}{p^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 p^2}{4} Fo\right) \quad (1)$$

که

$$Fo = \frac{D_{eff} t}{h_c^2} \quad (2)$$

در روابط (۱) و (۲)،  $X$  رطوبت متوسط بر مبنای خشک در هر لحظه،  $X_0$  رطوبت اولیه بر مبنای خشک،  $X_e$  رطوبت متوسط تعادلی بر مبنای خشک،  $D_{eff}$  ضریب نفوذ مؤثر رطوبت،  $t$  زمان برحسب ثانیه،  $h_c$  نصف ضخامت جسم خشک شونده هستند.

برای یک فرآیند خشک کردن طولانی،  $Fo > 0.1$ ، اولین ترم معادله (۵) برای تخمین رطوبت متوسط کافی است [۱۳، ۱۷ و ۱۸]. بنابراین:

$$MR = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} = \frac{8}{p^2} \exp\left(-p^2 \frac{Dt}{h^2}\right) \quad (3)$$

که  $MR$  نسبت رطوبت و  $h$  ضخامت جسم خشک شونده می‌باشند.

با توجه به معادله (۳)، معادله کلی سرعت خشک کردن را می‌توان بصورت معادله (۴) نوشت:

$$Y = a * \exp(-b * x) \quad (4)$$

که  $a$  و  $b$  اعداد ثابتی هستند و  $b$  ثابت سرعت خشک کردن می‌باشد.

در دوره شدت نزولی انتقال رطوبت از سطح می‌تواند توسط انتقال جرم جابجایی از یک جسم به هوا مشابه‌سازی شود در این دوره رطوبت سطح به رطوبت تعادلی خود رسیده است.

$$R = K(C_e - C_\infty) \quad (5)$$

که  $K$  ضریب انتقال جرم سطحی،  $C_e$  غلظت رطوبت سطح یا غلظت رطوبت تعادلی و  $C_\infty$  غلظت رطوبت هوا می‌باشند. با داشتن مقدار نسبی  $K$  و  $D_{eff}$  می‌توان اثر نسبی انتقال رطوبت سطحی و داخلی را توسط عدد بایوت  $Bi = \frac{h_c K}{D_{eff}}$  معلوم کرد. اگر  $Bi > 10$  باشد انتقال داخلی حاکم است و خشک‌شدن توسط خواص

ماده خشک‌شونده کنترل می‌شود. اگر  $Bi < 0.1$  باشد انتقال رطوبت سطحی حاکم است و خشک‌شدن توسط هوا در سطح ماده کنترل می‌شود.

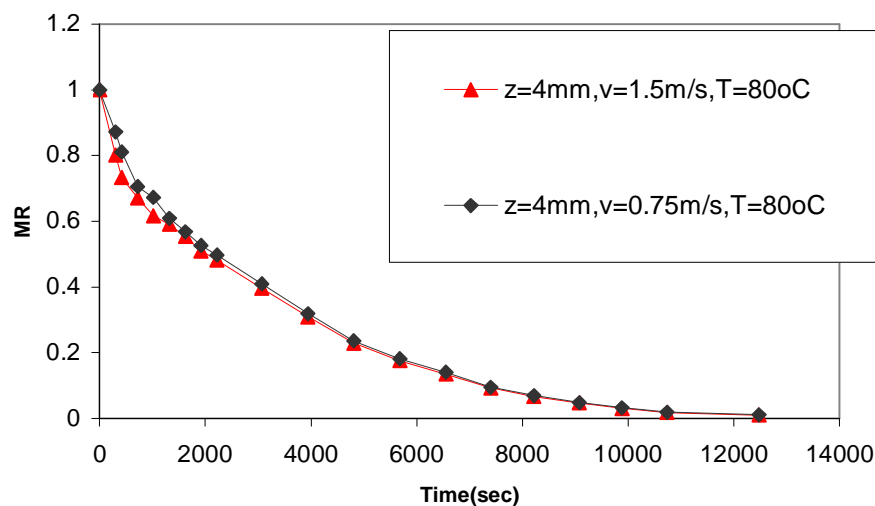
## مواد و روشها

برای انجام این تحقیق ابتدا خشک کن ناپیوسته با جریان سراسری (Batch-Through-Circulation) درحد پایلوت ساخته شد که شامل محفظه خشک کن، دمنده، محفظه هوای گرم، مشعل گازی، تابلو کنترل دما و رطوبت، سینی‌ها مشبک و توزیع کننده هوای گرم می‌باشد. سیب زرد ارومیه از سوپرمارکت خریداری گردید. برای آنکه تمام آزمایشات در شرایط یکسان انجام شود و تغییرات چندانی وجود نداشته باشد، سیب بصورت دستی سورت شد و سیب‌های یک‌اندازه با قطر تقریبی  $1 \pm 0.8$  سانتیمتر برای هر مرحله از آزمایش انتخاب شد. بعد از یک دست شدن سیبها، آنها را درون یخچال قرار داده تا شرایط نگهداری برای تمام نمونه‌ها قبل از خشک شدن یکسان باشد. برای شروع هر آزمایش ابتدا مقداری سیب را از یخچال خارج کرده و مدت ۸ ساعت در دمای محیط قرار داده تا با شرایط محیط یکسان گردد. در هر مرحله مقدار ۲۵ گرم از ماده مورد آزمایش را در آون در دمای  $105^\circ\text{C}$  قرار داده تا اینکه تغییرات رطوبت آن ناچیز گردد و نمونه را از آون خارج کرده و مدتی در دستگاه دیسیکاتور قرار داده تا خنک شود بعد نمونه را وزن کرده تا رطوبت اولیه بدست می‌آید. سپس سیب‌ها بصورت دستی هسته‌گیری و پوست کنی می‌شود و توسط دستگاه برش مدل (STIEBEL ELTRON) ساخت ایتالیا به ضخامتهای مورد نظر برش می‌خورد. برشهای تقریباً یک‌سایز، وزن شده و درون محلول متابی‌سولفیت ۰/۲ درصد برای مدت ۱۰ دقیقه قرار داده می‌شوند. این عمل از قهوه‌ای شدن ماده غذایی جلوگیری می‌کند و باعث حفظ ویتامین C و شاید ویتامین A می‌شود [۲]. نمونه‌ها از محلول کشیده شده و تا زمانی که به حدود وزن اولیه خود برسند خارج از خشک‌کن نگهداری می‌شوند. بعد از قراردادن نمونه در خشک‌کن هر ۵ دقیقه یک‌بار نمونه از خشک‌کن خارج می‌شود و توسط ترازوی دیجیتالی مدل (Fx 3200) ساخت ژاپن وزن می‌گردد. بعد از گذشت ۴۵ دقیقه هر ۱۵ دقیقه یک‌بار نمونه را توزین می‌کنیم و این کار تا جایی ادامه می‌یابد که هیچ‌گونه تغییر در وزن وجود نداشته باشد تا بتوان رطوبت تعادلی را هم بدست آورد. در این خشک‌کن دما توسط دماسنج دیجیتالی مدل PT200 ساخت شرکت

آتبین و ترموکوپل PT<sub>100</sub> آلمانی و رطوبت توسط رطوبت سنج مدل SUNWAN کره‌ای و سرعت توسط دبی‌سنج دیجیتالی مدل Testo 435 آلمانی اندازه‌گیری می‌شود. در مرحله اول خشک شدن نزولی افزایش سرعت هوا باعث افزایش ثابت سرعت خشک شدن می‌شود. در مرحله دوم خشک شدن نزولی مکانیسم کنترل کننده فقط نفوذ آب یا بخار از داخل جسم به سطح می‌باشد که معمولاً در این مرحله سطح جسم به رطوبت تعادلی یا نزدیک آن می‌رسد. لذا سرعت خشک شدن تابعی از سرعت هوا نمی‌باشد و با توجه به معادله (۴) ثابت سرعت بدست آمده تغییر چندانی ندارد. جدول (۱) راملاحظه نمایید

### نتایج و بحث نتایج

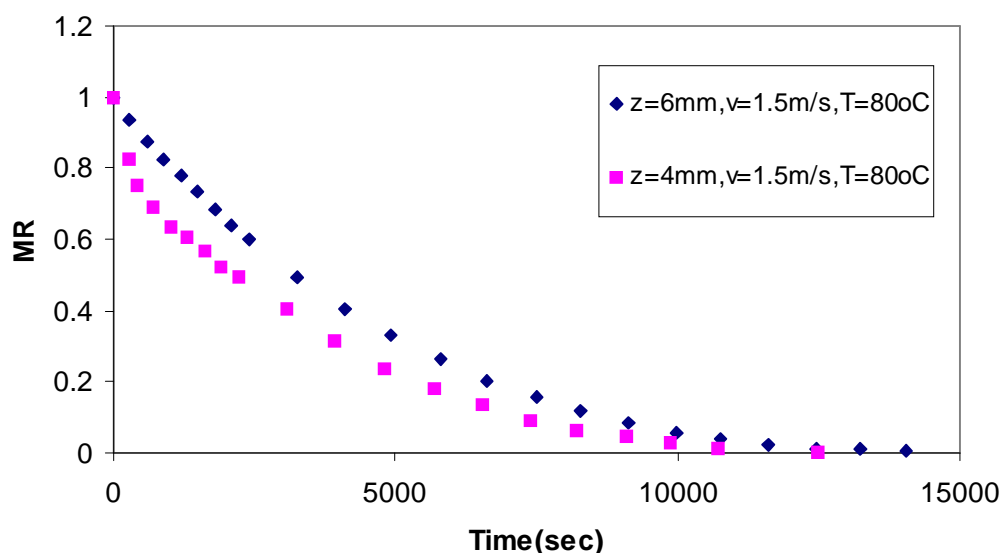
خشک شدن کند مشخصه موادی است که در منطقه نزولی خشک شدن قرار دارند. با توجه به نمودارهای موجود، خشک شدن در دو مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله اول نقاط خشک سطحی کم کم پدیدار می‌گردند و بعد از گذشت زمان سطح جسم کاملاً خشک شده و وارد مرحله دوم خشک شدن می‌شود. در این مرحله سطح خشک شدن به لایه های زیرین جسم هدایت می‌شود با توجه به شکل (۱) در ابتدای خشک شدن اگر چه نفوذ مایع یا بخار یکی از عوامل موثر کنترل کننده بر سرعت خشک کردن می‌باشد ولی بعلت وجود سطح مرطوب بر روی جسم سرعت هوا نقش موثری خواهد داشت.



جدول ۱- ثابت سرعت خشک شدن: ضخامت ۴ میلیمتر دما ۸۰ درجه سانتی گراد

سرعت هوا (متر بر ثانیه)	ثابت سرعت مرحله اول (1/hr)	ثابت سرعت مرحله دوم (1/hr)
۱/۵	۱/۱۵	۱/۵۵
۰/۷۵	۰/۸۶	۱/۵۲

باتوجه به اینکه سرعت خشک شدن در منطقه نزولی با مربع ضخامت نسبت عکس دارد. بنابراین با افزایش ضخامت سرعت خشک شدن کاهش و در نتیجه زمان نهایی خشک شدن افزایش می یابد. این افزایش زمان بدلیل زیاد شدن مسافتی است که آب یا بخار باید از داخل جسم طی کند تا خود را به سطح جسم برساند. از شکل (۲) نتیجه می شود جسمی که ضخامتش کمتر است؛ خیلی سریعتر به رطوبت نهایی خود می رسد.

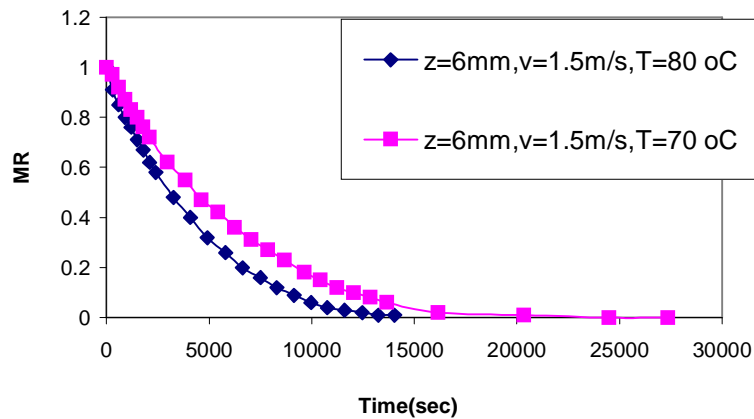

 شکل ۲- اثر تغییر ضخامت بر سینتیک خشک کردن  
 شکل ۱- اثر تغییر سرعت بر سینتیک خشک کردن

بافزایش ضخامت ثابت سرعت محاسبه شده از معادله (۴)؛ کاهش میابد که جدول (۲) بیانگر این موضوع می باشد.

جدول ۲- ثابت سرعت خشک شدن: سرعت هوا 1/5 متر بر ثانیه و دما ۸۰ درجه سانتیگراد

ضخامت (میلیمتر)	ثابت سرعت مرحله اول (1/hr)	ثابت سرعت مرحله دوم (1/hr)
۶	۰/۷۵۵	۱/۰۶۵
۴	۱/۱۵	۱/۵۵

با توجه به روابط موجود بین دما و ضریب نفوذ با افزایش دما؛ ضریب نفوذ موثر افزایش می یابد. در نتیجه ثابت سرعت افزایش یافته و زمان خشک شدن کاهش می یابد. شکل (۳) و جدول (۳) بیان کننده این موضوع می باشند.

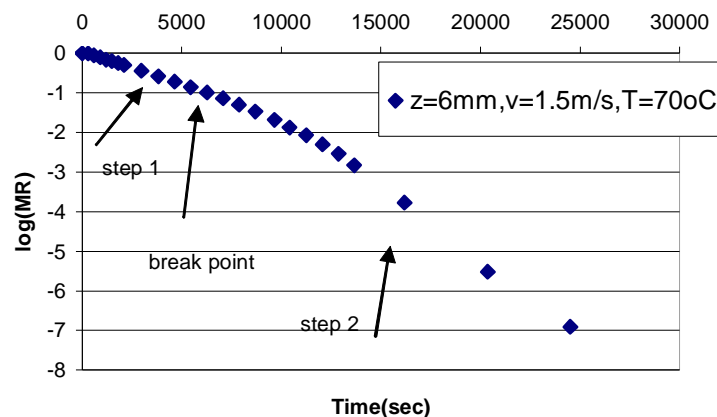


شکل ۳- اثر دما بر سینتیک خشک کردن

جدول ۳- ثابت سرعت خشک شدن: ضخامت ۶ میلیمتر و سرعت هوا ۱/۵ متر بر ثانیه

دمای هوا سانتیگراد	ثابت سرعت مرحله اول (1/hr)	ثابت سرعت مرحله دوم (1/hr)
۸۰	۰/۷۵۵	۱/۰۶۵
۷۰	۰/۵۹۰۴	۰/۸۶۴

بطور کلی با توجه به تمام نمودارها نتیجه می شود که تغییر دما بیشترین اثر را نسبت به دیگر پارامترها دارد. بعد از آن تغییر ضخامت اثر بیشتری داشته و تغییر سرعت اثر چندانی ندارد. بررسی های انجام شده بر روی داده های آزمایشگاهی نشان می دهد که خشک شدن در ناحیه نزولی دارای دو منطقه می باشد که این موضوع با توجه به شکل (۴) که در فصل مشترک یا نقطه شکست (break point) شیب منحنی تغییر می کند مورد تأیید قرار می گیرد. با توجه به این موضوع، داده های هر منطقه با معادله (۴) برازش داده شده و  $R^2$  (مربع ضریب همگرایی) و SSE (مجموع مربعات خطا) در هر ناحیه توسط نرم افزار TC (Table curve) محاسبه شده است که برای نمونه، نتایج حاصل از برازش داده های آزمایشی در شرایط سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه و ضخامت ۶ میلیمتر در جدول (۴) ارائه شده اند.



شکل ۴- تغییر شیب منحنی خشک شدن

جدول ۴- برازش داده آزمایشی با معادله (۴) ضخامت ۶ میلیمتر

دما (oC)	$R^2$	SSE	$R^2$	SSE
	(مرحله ۱)	(مرحله ۱)	(مرحله ۲)	(مرحله ۲)
۷۰	۰/۹۹۹۸۱	۰/۰۰۳۱	۰/۹۹۴۲	۰/۰۰۵۴
۸۰	۰/۹۹۸۴	۰/۰۰۴۸	۰/۹۸۹۸	۰/۰۱۶۲

از این جدول می توان نتیجه گرفت که هر چه دمای خشک کردن پایین تر باشد پدیده نفوذ بیشتر خود را نشان می دهد بنابر این قانون فیک صادق تر است. در نتیجه، دمای ۷۰ درجه سانتی گراد و همچنین ضخامت ۶ میلیمتر بهترین  $R^2$  و SSE را می دهد. با توجه به جدول بالا در مرحله دوم در هر دو دما،  $R^2$  و SSE مانند مرحله اول به یک و صفر نزدیک نیست زیرا هرچه ماده خشک تر می شود، پدیده های چروکیدگی (shrinkage) و سخت شدن سطح (case hardening) اتفاق می افتند و این پدیده ها بر فرایند خشک شدن حاکم می شوند و اثر پدیده نفوذ کاهش می یابد.

### نتیجه گیری

در خشک کردن مواد غذایی علاوه بر حفظ ارزش غذایی مهمترین عامل حفظ ساختار فیزیکی؛ شکل ظاهری و جذب مجدد آب می باشد. از این رو بررسی مکانیزم خشک شدن ماده غذایی ضروری بنظر می رسد. داده های آزمایشگاهی نشان می دهد که خشک شدن در ناحیه نزولی دارای دو منطقه و در نتیجه دو مرحله می باشد. همچنین برازش داده های آزمایشگاهی با قانون فیک بیانگر این موضوع است که دمای ۷۰ درجه سانتی گراد و ضخامت ۶ میلیمتر بهترین  $R^2$  و SSE را در دو مرحله می دهد و برای مرحله اول  $R^2 = ۰/۹۹۹۸۱$  و  $R^2 = ۰/۰۰۳۱$  و برای مرحله دوم  $R^2 = ۰/۹۹۴۲$  و  $SSE = ۰/۰۰۵۴$  می باشند. بطور کلی تغییر سرعت هوا فقط در چند دقیقه اول تاثیر مثبتی دارد. افزایش ضخامت باعث افزایش زمان خشک شدن قطعات سیب می شود. افزایش دما باعث افزایش سرعت خشک کردن می شود در نتیجه زمان خشک شدن کاهش می یابد ولی هرچه دما بالاتر رود اثر چروکیدگی و سخت شدن سطح بیشتر می شود.



مهمترین اثر عملیاتی که زمان خشک کردن را به شدت کاهش می دهد دمای هوای خشک کننده می باشد. بعد از دما ضخامت جسم خشک شونده حائز اهمیت است. بطور کلی سرعت هوا تاثیر قابل توجهی در کل فرایند ندارد.

### منابع و مراجع

1. Narsimhan, G., Singh, R.K. & weitnauer, A.C. "Food Dehydration". In hand book of Food Engineering", Eds.D.r. Heldman & D.B.Lund. NewYork, Marcel Dekker, (1992).
۲. فریزیر، ویلیام کارول، ترجمه دکتر سیدعلی مرتضوی، "میکروبیولوژی مواد غذایی" چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، پاییز ۱۳۷۹.
۳. مرتضی ملکی، شهرام دخانی، "صنایع غذایی"، جلد اول، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه شیراز، پاییز ۱۳۷۴.
4. Sabarez, H. Price, W., E. Back,P., J., & Woolf. L., A., "Modelling the kinetic of drying of d' Agen plums (Prunus domestica)."Food Chemistry, Vol 60, No 3, PP371-382,1997.
۵. راهنمای جامع کشاورزی، دامپروری، صنایع غذایی و بسته بندی، چاپ اول، ناشر: شرکت گل گندم آسیای میانه، سال ۱۳۸۱.
6. Galati, E.M., Monforte, M.T., Tri Podo, M.M., d'quino, A., & Mondello, M.R. "Antiulcer activity of opuntia Ficus indica" (L.)Mill. (Cactaceae): ultrastructure study. Journal of Ethnopharmacology, 76(1), 1-9, (2001).
7. subbulakshmi,G. .udipi, S., A. "Food processing and preservation". New Age internatinal (p) Ltd., Publishers (2001).
8. Gupta, G., S., Narang, V., A. "Agro based and processed food technology handbook". Published by: Industrial project Businesses of India, (1998).
9. Keyy. R.B. "Introduction to industrial drying operation". Oxford: pergamon press, (1978).
10. -Kiranoudis,C.,T. "Design and operational performance of conveyor-belt drying structures". Chemical engineering journal 69 27-38, (1998).
11. Kiranoudis, C., T., Maroulis, Z., B., Kouris, D., M., And Tsamparlis,M. "Design of Tray Dryers for Food Dehydration". Journal of food engineering (32) 269-291, (1997).
12. Turhan, M.Turhan, K.N., & Sahbaz, F. "Drying kinetics of red pepper" Journal of Food processing and preservation (21) 209-223, (1997).
13. Treybal, R., E. "Mass transfer operations", Third Edition. McGraw-Hill International edition, (1980).
14. Demirel, D., Turhan, M. "Air drying behavior of Dwarf Cavendish and Gros Michel banana Shice". Journal of Food Engineering 59, 1-11, (2003).
15. Rahman, S."Food properties hand book". Boca Raton, FL: CRC Press, (1995).
16. Ertekin, C., Yaldiz O." Drying of eggplant and selection of a suitable thin Layer drying model". Journal of Food Engineering, 1-11, (2003).
17. Geankoplis,C.J." Transport processes and unit operations."(3 rd ed). Englewood Cliffs,Nj,Prentice-Hall 1993.
18. McCabe, W., Smith, J.C., Harriot, P." Unit operations of chemical engineering". Fifth Edition McGraw-Hill Chemical Engineering Se.