مقاله نامه ششمین کنفرانس ملّی خلأ ایران
دانشگاه شهید چمران اهواز
۱۶ و ۱۷ بهمن ماه ۱۳۹۲

بررسی اثر شرایط خشک کردن در خلاء بر میزان مصرف انرژی

نادی، فاطمه

استادیار بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم

چکیده

خشک کردن، فرآیندی به‌شدت انرژی بر است که حدود ۱۰-۲۰٪ کل انرژی مصرفی صنعتی را در اکثر کشورهای در حال توسعه دربرمی‌گیرد. در این تحقیق انرژی مصرفی در شرایط مختلف خشک کردن در خلاء ارزیابی شد. آزمایش‌ها با برگه سیب تحت شرایط مختلف در سه سطح دما (۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس) و سه سطح فشار (۲۰، ۳۰ و ۴۰ کیلوپاسکال) انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که حداقل و حداکثر مصرف انرژی، به‌ترتیب، ۳ کیلووات-ساعت و ۹/۸ کیلووات-ساعت برای دمای ۷۰ درجه سلسیوس و فشار ۲۰ کیلوپاسکال و دمای ۵۰ درجه سیلسیوس و فشار ۲۰ کیلوپاسکال به‌دست می‌آید. مشخص شد که عامل مهمی که بر میزان مصرف انرژی تاثیرگذار است، دمای خشک‌کن می‌باشد.

.

Study of the effect of drying conditions on energy consumption in vacuum dryer

Nadi, Fatemeh

Biosystems Engineering Department

Abstract

Drying is a highly energy-intensive (consuming energy) process involving 10–20% of total industrial energy used in most developing countries. This study was conducted to evaluate energy consumption under various drying conditions in vacuum drying. Tests were conducted using apple slices in vacuum dryer at three temperature levels (50, 60 and 70 ºC) and under three pressure levels (20, 30 and 40 kPa). Experimental results showed that minimum and maximum energy consumption were obtained 3 and 9.8 kW.h for the pressure of 20 kPa and the temperature of 70 °C and the pressure of 40 kPa and the temperature of 50 °C, respectively. It was found that the important factor affecting energy consumption was drying air temperature.

Archive of SID

مقدمه

یکی از فرایندهای مهم پس از برداشت محصولات کشاورزی، خشک کردن آن‌هاست. از آن‌جا که نحوه و مدت زمان خشک کردن بر شرایط و بازده اقتصادی و میزان مصرف انرژی مورد نیاز برای خشک کردن تأثیر به‌سزایی دارد، لذا بررسی اثر شرایط خشک کردن بر انرژی مصرفی بسیار مهم است. به‌منظور بهینه-سازی مصرف انرژی، به مدیریت خشک کردن محصولات کشاورزی شامل چگونگی خشک کردن محصولات، مراحل خشک کردن، کنترل دقیق عوامل موثر بر زمان خشک کردن و . . . نیاز است[۱].

محققان مختلفی چون آکپینار و همکاران (۲۰۰۵)، کولاک و هیپاسلی (۲۰۰۷)، و کرزو و همکاران (۲۰۰۸) به تجزیه و تحلیل انرژی و اکسرژی خشک کردن محصولات مختلف پرداختند[۲-۴].

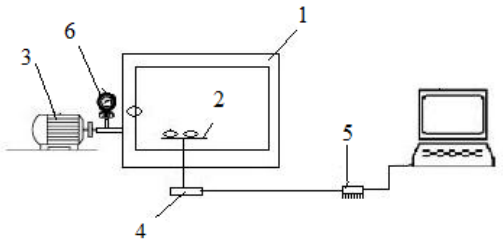
www.SID.ir

در این تحقیق اثر شرایط مختلف خشک کردن در خلاء برگه‌های نازک سیب بر میزان مصرف انرژی بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از سیب رقم گلدن دلیشز استفاده شد. پس از شستن سیب، سیب‌ها پوست کنده شد و سپس به‌وسیله دستگاه ورقه‌بر، برگه‌های سیب با ضخامت ۵ میلی‌متر تهیه شد.

برای انجام آزمایش‌ها از یک خشک‌کن خلاء آزمایشگاهی استفاده شد. برای رسیدن سیستم به حالت پایدار، کلیه آزمایش‌ها ۳۰ دقیقه بعد از روشن کردن سیستم شروع می‌شد. سپس سینی حاوی نمونه‌ها در محفظه خشک‌کن قرار داده می‌شد. ۸۰ گرم ورقه نازک سیب بر روی دو سینی توری آلومینیمی به ابعاد ۲۵×۲۵ سانتی‌متر به‌گونه‌ای ریخته شد که روی هر سینی یک لایه از محصول قرار گیرد. آن‌گاه آزمایش‌های خشک کردن در سه سطح دمایی ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد و سه سطح فشار ۲۰، ۳۰ و ۴۰ کیلو پاسکال در سه تکرار انجام شد. در طی خشک شدن، وزن برگه‌ها به‌وسیله حسگر داخل خشک‌کن که متصل به رایانه بود، اندازه-گیری و ثبت می‌شد. خشک شدن تا زمان ثابت شدن جرم ورقه-های سیب ادامه داشت.



شکل ۱ شماتیک سیستم خشک‌کن خلاء: (۱) محفظه خشک‌کن، (۲) سینی نمونه، (۳) پمپ خلاء، (٤) حسگر وزن، (٥) دیتالاگر، (٦) واحد کنترل خلاء.

مصرف انرژی در خشک کن خلاء

انرژی مصرف شده در خشک‌کن خلاء برابر با مجموع انرژی مصرف شده توسط پمپ خلاء و هیتر استفاده شده برای گرم کردن فضای خشک‌کن است(روابط ۱-۳)[۵]. مصرف انرژی توسط پمپ خلاء را میتوان از رابطه (۱) به‌دست آورد.

$$E_1 = L \times t \qquad (۱)$$

E_1 انرژی مصرف شده توسط پمپ (kw.h)، L توان نامی پمپ (kw) و t زمان خشک کردن (h) است.

انرژی مصرف شده توسط هیتر را می‌توان با رابطه (۲) به‌دست آورد.

$$E_2 = VI\cos\theta \times t \qquad (۲)$$

E_2 انرژی مصرف شده توسط هیتر، V ولتاژ و I شدت جریان الکتریکی در هیتر است.

انرژی مصرفی کل (E_t) در خشک‌کن خلاء از رابطه (۳) به‌دست می‌آید:

$$E_t = E_1 + E_2 \qquad (۳)$$

نتایج و بحث

زمان و انرژی مصرفی برای خشک کردن ورقه نازک سیب تا رسیدن به رطوبت متعادل برای هر یک از شرایط خشک شدن، به-وسیله طرح آزمایشی فاکتوریل با سه فاکتور دمای خشک‌کن و فشار خشک‌کن بر اساس بلوک کامل تصادفی با نرم افزار SPSS 18 تجزیه و تحلیل شد. مطابق جدول ۱ اثر فشار (فاکتور A)، اثر دما (فاکتور B)، و اثر متقابل فشار و دما بر روی زمان خشک شدن و انرژی مصرفی خشک کردن در سطح ۵٪ معنی‌دار گردید.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱ تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل دمای هوا و فشار خشک‌کن خلاء بر زمان خشک کردن

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
فاکتورA	۲	۱۰۰٤۲۰/٦٦۷	۵۰۲۱۰/۳۳۳	۳۲/٤۱۸**
فاکتورB	۲	۹٦٦۷٤/۰۰۰	٤۸۳۳۷/۰۰۰	۳۱/۲۰۸**
اثرمتقابل AB	٤	۳٤۰۵٤/٦٦۷	۸۵۱۳/٦٦۷	۵/٤۹۷**
خطای آزمایش	۱۸	۲۷۸۷۹/۳۳۳	۱۵٤۸/۸۵۲	

ns معنی دار نبودن آزمون F می‌باشد.
**معنی‌دار بودن آزمون F در سطح۹۵٪ می‌باشد.

میانگین زمان خشک کردن بر اساس دماها و فشارهای مختلف به‌وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شد. نتایج در جدول ۲ آورده شده است.

جدول۲: تاثیر دما و فشار روی زمان خشک کردن برگه سیب در خشک‌کن خلاء

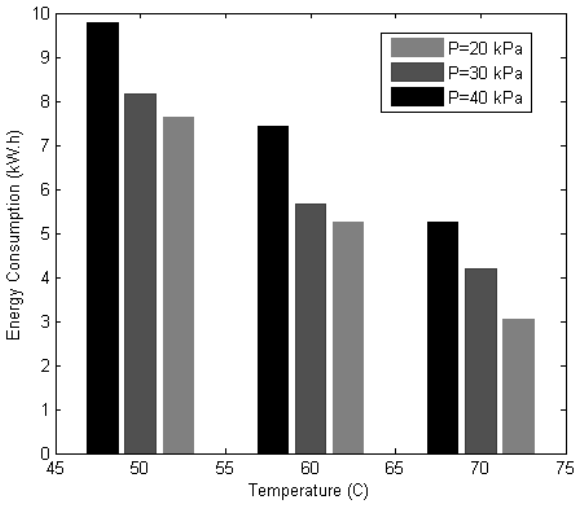
فشار (kPa)	دما ($^{\circ}C$)	زمان خشک کردن (min)
۲۰	۵۰	$۳۰۰ \pm ۰/۰۰۰^{c}$
	٦۰	$۲۸۰/٦٦۷ \pm ۵/۲۰۷^{cd}$
	۷۰	$۲۱۰ \pm ۰/۰۰۰^{d}$
۳۰	۵۰	$٤۱۳/۳۳۳ \pm ٦/٦٦۷^{b}$
	٦۰	$۳۸۳/۳۳۳ \pm ۳/۳۳۳^{b}$
	۷۰	$۲۵۵ \pm ۲/۸۸۷^{cd}$
٤۰	۵۰	$۵۳۳ \pm ٦/٦٦۷^{a}$
	٦۰	$۳۹۰ \pm ۱۰/۰۰۰^{c}$
	۷۰	$۳۱۳ \pm ۳/۳۳۳^{c}$

همانطور که در جدول ۲ آمده است:

کاهش فشار از ٤۰ به ۳۰ kPa، منجر به کاهش زمان خشک کردن در حدود ۱۱/۷٦٪ و کاهش فشار از ۳۰ به ۲۰ kPa، منجر به کاهش زمان خشک کردن در حدود ۲٤/۱٪ شد.

افزایش در دمای خشک کردن از ۵۰°C به ٦۰°C، منجر به کاهش زمان خشک شدن در حدود ۱۹/۸۱٪ و افزایش در دمای خشک کردن از ٦۰°C به ۷۰°C، منجر به کاهش زمان خشک شدن در حدود ۲۸/۱۳٪ شد.

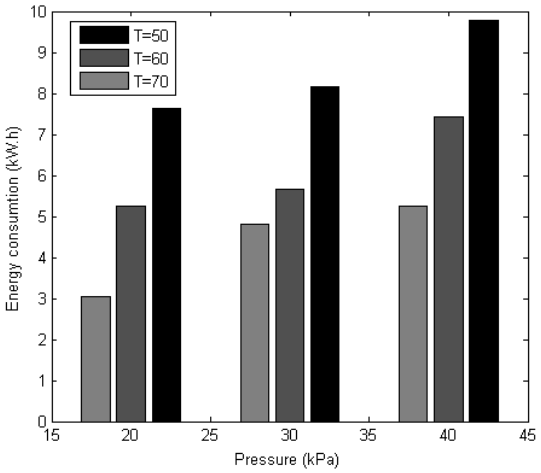
خشک کردن در بالاترین دما (۷۰°C) و کمترین فشار (۲۰ kPa) نسبت به خشک کردن در کمترین دما (۵۰°C) و بیشترین فشار (٤۰ kPa) موجب کاهش زمان خشک شدن در حدود ۷۰/۹٦٪ شد.



شکل ۲: اثر سطوح مختلف فشار بر میزان انرژی مورد نیاز برای خشک کردن

شکل ۲ نشان می‌دهد با کاهش فشار خشک‌کن خلاء، میزان مصرف انرژی کاهش می‌یابد. زیرا در فشار پائین‌تر آب در دمای کمتری می‌جوشد و تبخیر می‌شود، بنابراین کاهش فشار باعث افزایش سرعت خشک شدن و بالطبع کاهش زمان خشک کردن و میزان مصرف انرژی مورد نیاز برای فرایند خشک کردن می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲: اثر سطوح مختلف دما بر میزان انرژی مورد نیاز برای خشک کردن

شکل ۲ نشان می‌دهد با افزایش دمای خشک‌کن خلاء میزان مصرف انرژی کاهش می‌یابد. زیرا با افزایش دمای خشک‌کن اختلاف دمای بین سیال عامل و نمونه در حال خشک شدن بیشتر شده و در نتیجه محصول سریعتر خشک شده و میزان مصرف انرژی کاهش می‌یابد.

با مقایسه شکل ۲ و ۳ می‌توان دید که دما اثر شدیدتری نسبت به فشار روی میزان مصرف انرژی خشک‌کن دارد.

نتیجه‌گیری

در محدوده شرایط آزمایش شده در این تحقیق، در خشک‌کن خلاء، عامل موثر در مصرف انرژی، دمای خشک‌کن بود. افزایش دمای خشک‌کن موجب کاهش زمان خشک کردن و همچنین کاهش میزان مصرف انرژی در طی زمان خشک کردن شد. حداقل مصرف انرژی تقریبا ۳ کیلووات-ساعت و مربوط به فشار ۲۰ کیلوپاسکال و دمای ۷۰ درجه سلسیوس و حداکثر مصرف انرژی ۹/۸ کیلوات-ساعت مربوط به فشار ٤۰ کیلوپاسکال و دمای ۵۰ درجه سلسیوس به‌دست آمد.

مرجع‌ها

[1] Amer, B.M.A., Morcos, M.A. and Sabbah, M.A.; "New method for the determination of drying rates of fig fruits depending on empirical data under conditions suiting solar drying" ; in Conference of New Methods Means and Technologies for Applications of Agricultural Products. The International Conference Institute of Agricultural Engineering LUA; Raudondvaris, Lithuania (۲۰03).

[2] Corzo, O., ., Bracho, N., Vasquez, A., and Pereira, A.; "Energy and exergy analyses of thin layer drying of coroba slices"; *Journal of Food Engineering* 86, No. 2 (2008) 161-151.

[3] Akpinar, E.K., Midilli, A. and Bicer, Y.; "Energy and exergy of potato drying process via cyclone type dryer"; *Energy Conversion and Management* ٤٦, No. 15-16 (2005) 2530-2552.

[4] Colak, N. and Hepbasli, A.; "Performance analysis of drying of green olive in a tray dryer"; *Journal of Food Engineering* 80, No. 4(۲۰۰۷) 1188-1193.

[5] Motevali, A., Minaei, S. andKhoshtagaza, M.H.; "Evaluation of energy consumption in different drying methods"; *Energy Conversion and Management* 25(۲۰۱۱) 1191-1199.

Archive of SID

www.SID.ir