

افت فشار هوا در عبور از یک بستر انجیر سبز استهبان (۲۰۰)

یاسمن امانلو^۱، علی زمردیان^۲

چکیده

انجیر سبز استهبان از اقلام مهم صادراتی ایران محسوب می شود که پیش از عرضه به بازار خشک شده و در انبار با گردش هوا تهویه می گردد. به منظور آگاهی از چگونگی افت فشار هوا در بستر انجیر در سرعت ها و دماهای مختلف هوا، یک محفظه آزمایشگاهی طراحی و ساخته شد. میوه انجیر با محتوای رطوبتی ۶ درصد بر پایه وزن تر با چگالی ظاهری $870 \frac{kg}{m^3}$ در چهار دمای ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی گراد مورد آزمایش قرار گرفت. در هر یک از آزمایش ها سرعت هوای عبوری از بستر انجیر در دامنه ۰/۳ تا ۳ متر بر ثانیه تغییر داده شد و افت فشار ناشی از آن اندازه گیری شد. معادله شد (Shedd) بین داده های مربوط به سرعت هوا و افت فشار برآزش گردید که نتایج مربوط به آن از همبستگی و دقت قابل قبولی برخوردار بود (R^2 بزرگتر از ۹۰٪ و χ^2 کوچکتر از ۰/۳۵). ضرایب این معادلات برای هر یک از دماهای اندازه گیری شده، گزارش شده است.

کلیدواژه: انجیر، سرعت جریان هوا، افت فشار هوا، دمای ثابت

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، بخش مکانیک ماشین های کشاورزی، پست الکترونیک: y.amanlou@yahoo.ie

۲- دانشیار، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، بخش مکانیک ماشین های کشاورزی

مقدمه:

انجیر سبز استهبان از خشکبار مهم ایران محسوب می شود و سهم بزرگی از صادرات محصولات باغی را به خود اختصاص داده است. ایران دومین کشور بزرگ تولید کننده این محصول ارزشمند است و از لحاظ صادرات انجیر خشک مقام اول را در دنیا دارد [۲]. در برداشت مکانیزه، این میوه در حدود ۳۰ درصد رطوبت دارد. این رطوبت بالا بایستی برای حفظ کیفیت انبارمانی محصول ۵ تا ۷ درصد کاهش یابد به این منظور و برای بهبود کیفیت انجیر از خشک کن های خورشیدی یا صنعتی استفاده می شود. مراحل مختلفی همچون پاک کردن ناخالصی ها، خشک کردن، خنک کردن و انبار داری نیز گام هایی هستند که در آنها بایستی هوا از بستر میوه عبور داده شود. انرژی لازم برای وارد کردن هوا به درون توده ای از میوه به مقدار مقاومت میوه در برابر جریان هوا بستگی دارد. بسیاری از محققان مقاومت تولید شده در برابر عبور هوا از میان بستر محصولات گوناگون همانند برنج، سیب، ذانه قهوه، دانه ذرت و بسیاری از موارد دیگر را در محدوده نسبتاً کمی از جریان هوا مورد مطالعه قرار داده اند [۱]. کریستنسن و کفمن^۱ (۲۰۰۰) افت فشار هوای در حال عبور از بستر تراشه ای چند نوع چوب را اندازه گیری کردند. آن ها اثر سرعت هوا و اندازه تراشه ها را بر روی افت فشار با یک معادله ریاضی توضیح دادند [۷]. بارینگتون و همکاران^۲ (۲۰۰۲) با آزمایشی بر روی بستر های از علوفه دریافتند که افت فشار در هر بستر تابعی از سرعت هوا، اندازه علوفه، تخلخل و عمق بستر است. همچنین دریافتند که محتوای رطوبتی ماده مورد آزمایش بر روی خاصیت عبور دهی هوای آن تأثیر می گذارد [۵]. وروبن و همکاران^۳ (۲۰۰۴) افت فشار در توده های سیب و ریشه کاسنی را اندازه گرفتند و نتایج بدست آمده را با معادله دارسی-فرچیمر^۴ برارزش کردند [۱۱]. ساسلیک^۵ (۲۰۰۴) گزارش کرد که در بستری از بذر خشخاش با افزایش سرعت هوا و عمق بستر افت فشار نیز افزایش می یابد [۸].

آلوگو و ماریا^۶ (۲۰۰۵) با آزمایش بر روی قهوه و استفاده از مدل های شد^۷، هوکیل و یک مدل تجربی برای بیان رابطه بین سرعت هوا و افت فشار ارائه و خاطر نشان کردند که این رابطه متأثر از محتوای رطوبتی و چگالی ظاهری بستر است [۳ و ۹ و ۱۰]. بیشتر محققان داده های خود را در مقیاس لگاریتمی بصورت دبی جریان هوا به ازای واحد سطح مقطع مخزن در مقابل افت فشار در بستر محصولات کشاورزی و سرعت هوا (در حالی که رطوبت و چگالی ظاهری بستر ثابت است) از معادله شد استفاده شده است :

$$\Delta P = AV^B \quad (1)$$

که در آن V نمایانگر جریان هوا، ΔP افت فشار و B و A ثابت هایی مربوط به نوع محصول می باشد. اگر معادله (۱) در مقیاس لگاریتمی رسم شود معادله بصورت یک خط مستقیم ظاهر می گردد که دارای عرض از مبدأ $(\ln A)$ و شیب B است.

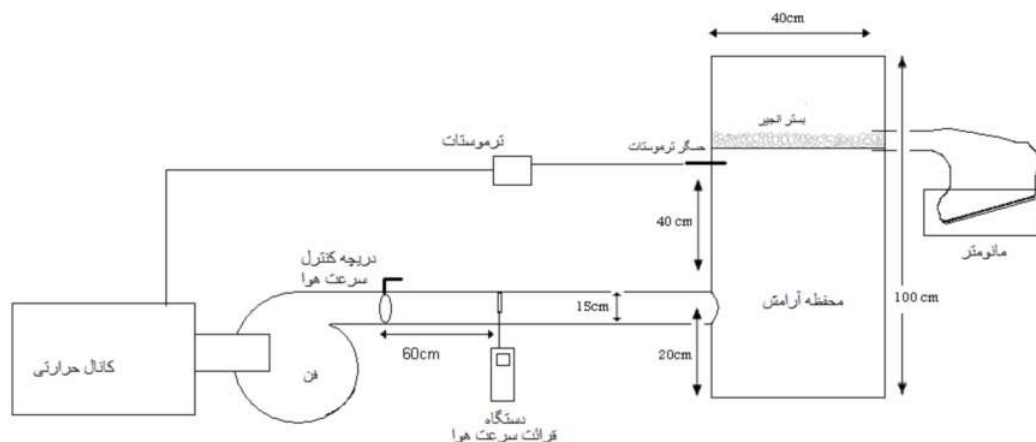
- 1-Kristensen , Kofman
- 2 -Barrington
- 3 -Verboven
- 4 -Darcy-Forchheimer
- 5 -Sacilik
- 6 -Agullo , Marenya
- 7- Shedd Equation

مواد و روش ها:

به منظور دست یابی به ضرایب A و B برای میوه انجیر یک محفظه آزمایشگاهی طراحی و ساخته شد که طرح واره آن در شکل یک آمده است. از یک توری گالوانیزه برای نگهداری توده انجیر استفاده شد. در این آزمایش انجیر بصورت تمیز شده و بدون اجسام خارجی استفاده گردید.

رطوبت نسبی هوا در طی انجام آزمایشات تقریباً ثابت و در حدود ۶۵ درصد گزارش شد. به وسیله یک فن گریز از مرکز هوا از کانال حرارتی مکیده و از طریق یک مجرا به محفظه حاوی انجیر دمیده می شد. افت فشار ناشی از عبور هوا از میان توده انجیر به وسیله یک مانومتر اندازه گیری شد.

دو سر مانومتر بر سطح بالایی و پایین بستر انجیر مماس بود و اختلاف فشار بر حسب میلی متر آب ($\pm 1 \text{ mmH}_2\text{O}$) قرائت گردید. سرعت هوا توسط سرعت سنج دقیق از نوع سیم داغ^۱ در مجرای ورودی به محفظه اندازه گیری شد. دقت این سرعت سنج هوا 0.1 m/s بود این دستگاه همچنین دارای یک دماسنج با دقت 0.1 درجه سانتی گراد بود که درجه حرارت هوای ورودی به محفظه دستگاه را ثبت می کرد.



شکل ۱- طرح واره دستگاه ساخته شده

سرعت هوا به وسیله یک دریچه قابل تنظیم که در دهانه خروجی فن تعبیه شده بود کنترل می شد. به منظور ایجاد دمای مناسب در محفظه در حین آزمایش از یک کانال حرارتی چهار کیلو واتی در دهانه ورودی فن استفاده شد. هوا پیش از ورود به سیستم توسط مکش ورودی فن از میان گرم کن های تعبیه شده در کانال حرارتی عبور کرده و سپس به محفظه حاوی انجیر دمیده می شد. کنترل دمای هوا در دماهای مورد نظر و همچنین ثابت نگاه داشتن دمای تنظیم شده در هنگام آزمایش از یک ترموستات با دقت 0.1 درجه سانتی گراد استفاده شد. حسگر این ترموستات در نزدیک ترین محل ممکن به بستر انجیر نصب شده بود تا درجه حرارت هوای ورودی به بستر انجیر با دقت زیادی کنترل گردد. تمامی اتصالات و درزها به وسیله واشر و چسب مخصوص آببندی شد.

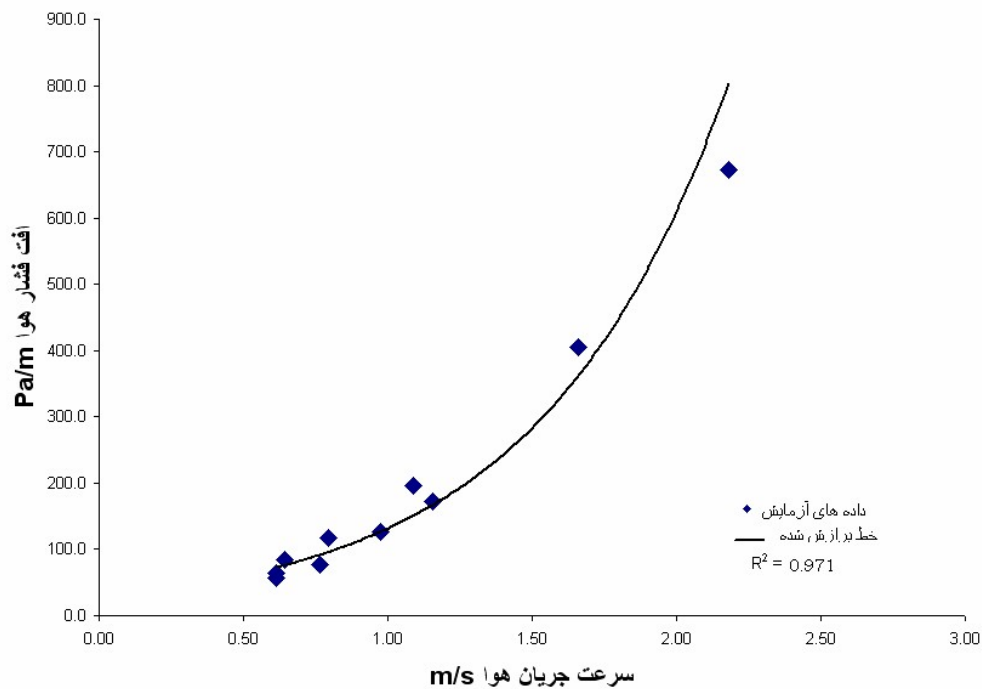
در این آزمایش سعی بر آن بود که تأثیر دما و سرعت هوا بر روی افت فشار ناشی از عبور جریان هوا از میان بستر انجیر بررسی شود. محدوده متداول برای خشک کردن و یا نگهداری انجیر مشخص شد و چهار دمای ۲۵ و ۳۰ و ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی گراد برای انجام آزمایش انتخاب گردید.

1 - Hot wire anemometer

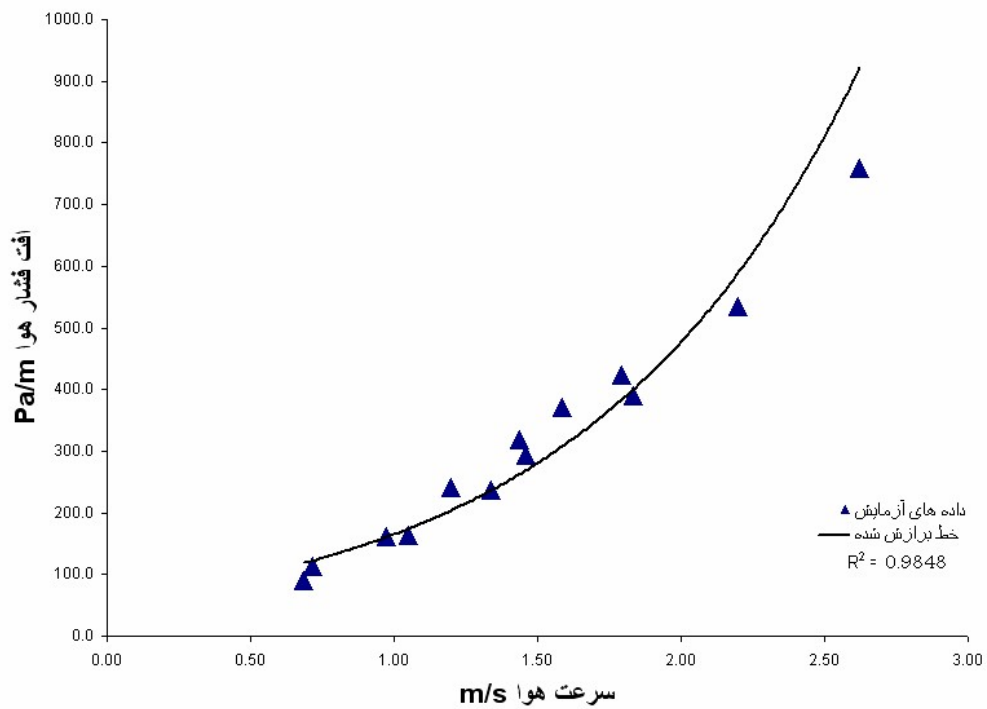
انجیر مورد آزمایش با محتوی رطوبت ۶٪ (بر پایه تر) با ضخامت ۲۵ میلی متر و چگالی ظاهری $870 \frac{kg}{m^3}$ بر روی توری تعبیه شده در داخل محفظه آزمایش قرار گرفت. این ضخامت برای خشک کن های قفسه ای که بیشتر برای انجیر مورد استفاده قرار می گیرد متداول است. در هر یک از دماهای مورد آزمایش سرعت هوا در دامنه ۰/۳ تا ۳ m/s تغییر داده شد و پس از ایستادن شرایط، سرعت هوا و افت فشار متناظر با آن قرائت شد. به منظور رعایت استاندارد (۱۹۹۶) ASAE تمامی کمیت های اندازه گیری شده بصورت آحاد متریک تنظیم شده اند [۲ و ۴].

نتایج و بحث:

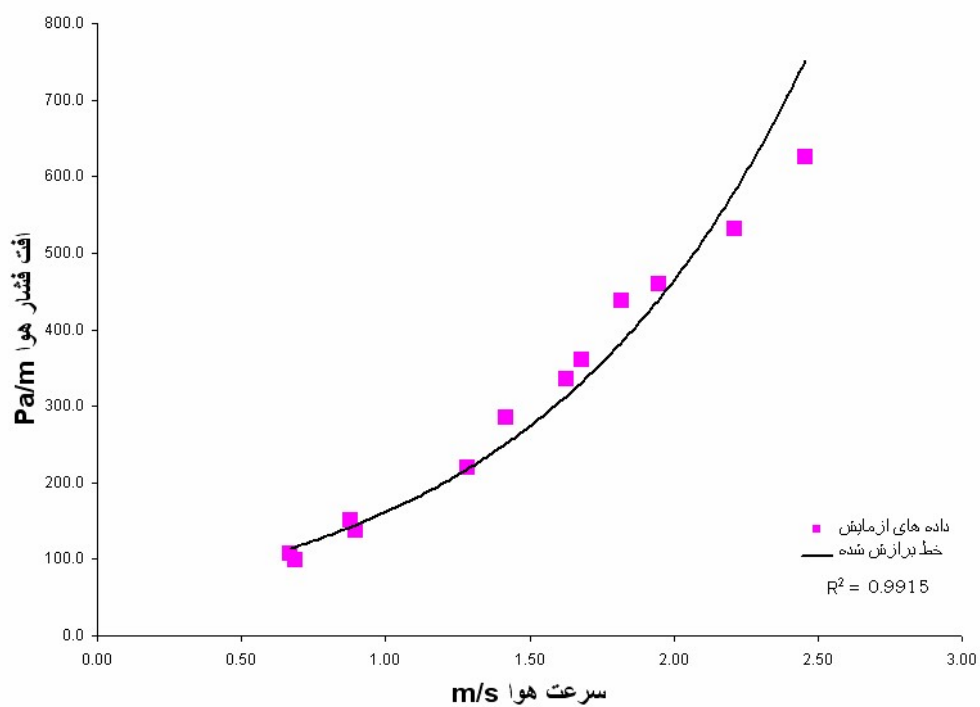
برای هر مرحله از آزمایش که در یک دمای ثابت انجام گرفت، داده های مربوط به افت فشار مقابل سرعت هوای متناظر با آن رسم شد. با استفاده از رگرسیون بر روی داده ها ضرایب A و B برای میوه انجیر در چهار دما بدست آمد. نمودار های بدست آمده از هر یک از چهار دمای مذکور در شکل های ۲ تا ۵ نشان داده شده است.



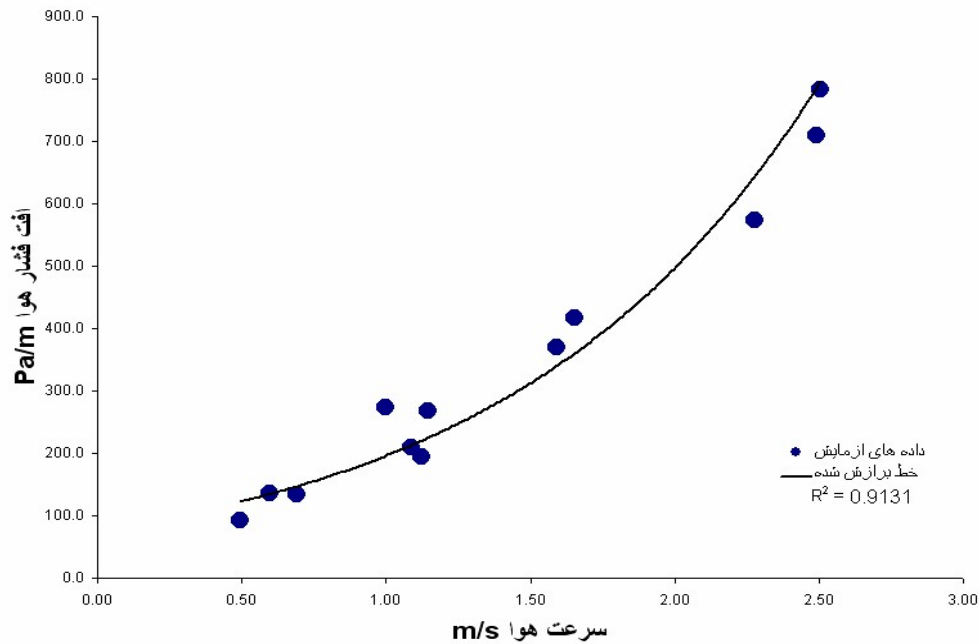
شکل ۲ داده های دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و منحنی برازش شده



شکل ۳ داده های دمایی ۲۵ درجه سانتی گراد و منحنی برازش شده



شکل ۴ داده های دمایی ۳۵ درجه سانتی گراد و منحنی برازش شده



شکل ۵ داده های دمای ۴۰ درجه سانتی گراد و منحنی برازش شده

برای اعتبار سنجی ضرایب بدست آمده، اختلاف اعداد بدست آمده از خطوط برازش شده و اعداد حاصل از آزمایش محاسبه گردید و توزیع کای اسکور^۱ (χ^2) مطابق معادله ۲ تشکیل شد و همچنین معیار $RMSE$ ^۲ نیز از معادله ۳ مورد سنجش قرار گرفت که نتایج آن در جدول زیر آمده است. در این دو معادله $P_{exp,i}$ نشانگر i امین داده مربوط به فشار در هر آزمایش و $P_{pre,i}$ مقدار بدست آمده از خط برازش شده می باشد. N تعداد مشاهده ها و p تعداد ضرایب معادله است.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (P_{exp,i} - P_{pre,i})^2}{N - p} \quad (2)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_{exp,i} - P_{pre,i})^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

روند نمودارها نشان میدهد هنگامی که سرعت هوا کم است افت فشار کمتری نیز در بستر محصول رخ می دهد که این موضوع بصورت شیب کم در ابتدای منحنی قابل مشاهده است. اما با افزایش سرعت هوا افت فشار با شیب بیشتری افزایش می یابد که این مورد نشانگر افت فشار بیشتر در سرعت های بالاتر است. با افزایش سرعت هوا انرژی بیشتری بدلیل مقاومت محصول در برابر عبور هوا و اصطکاک سطح محصول با هوا هدر می رود. این افت به صورت تقلیل انرژی جنبشی مولکول های هوا مشاهده میشود. این نتیجه با نتایج بدست آمده از تحقیقات قبلی منطبق است [۱].

1 - Chi square

2- Root Mean Square Error

دمای آزمایش (درجه سانتی گراد)	ضریب A	ضریب B	R^2	χ^2	RMSE
۲۵	۰/۰۶۷۳	۱/۸۳۷۳	۰/۹۷۱۴	۰/۱۶۷۹۱۱	۷/۰۳۰۰۰
۳۰	۰/۲۳۹۱	۱/۵۱۹۳	۰/۹۸۴۶	۰/۱۶۴۵۱۹	۸/۲۱۴۲۱
۳۵	۰/۳۵۸۳	۱/۴۱۷۱	۰/۹۹۱۵	۰/۳۵۴۶۷۳	۵/۳۵۰۳۸
۴۰	۰/۹۱۳۱	۱/۲۲۸۹	۰/۹۶۲۱	۰/۰۴۰۴۱۷	۱۵/۹۰۹۱۲

نتیجه گیری و پیشنهاد:

نتایج این آزمایش حاکی از آن است که در انجیر سبز جریان افت فشار هوای عبوری از بستر به صورت نمایی با تغییرات سرعت هوا در دمای ثابت رابطه دارد و معادلات بدست آمده برای تبیین رابطه بین سرعت ه_ا و افت فشار با داده های تجربی هماهنگ است این معادلات از همبستگی مناسب و دقت قابل قبولی برخوردار است. از اطلاعات بدست آمده از این تحقیق می توان در طراحی سیستم های تهویه در انبار های نگهداری جیر و همچنین انتخاب فن مناسب برای خشک کن های صنعتی و خورشیدی سود جست. پیشنهاد می شود این آزمایش در چند رطوبت متوال دیگر برای انجیر تکرار شود. همچنین افزایش دامنه درجه حرارت و عمق بستر می تواند اطلاعات مفیدی را فراهم آورد.

منابع:

۱. پاییس اس. و سنکویسکی جی. اس. ۱۳۸۳. خشک کردن دانه ها (اصول نظری و عملی). زمردیان ع. چاپ اول. تهران. نشر علوم کشاورزی. ۳۳۸-۳۱۳.
۲. فقیه، ح. و ثابت سروستانی، ج. ۱۳۸۰. انجیر، کاشت، داشت، برداشت. نشر راهگشا.
3. Agullo J.O., Marenya M.O.2005. Air flow resistance of parchment Arabica coffee. Biosystems Engineering.91.2.149-156.
4. ASAE.1996.Standards 1996.ASAE.
5. Barrington S., Choiniere D., Trigui M., Knight W.2002.Compast air flow resistance. Biosystems Engineering.81.4.433-441.
6. Hukill W.V., Ives N.C.1955.Radial air flow resistance of grain. Agriculture Engineering.36.332-335.
7. Kristensen E.F.,Kofman P.D. 2000.Pressure resistance to air flow during ventilation of different types of wood fuel chip. Biomass and bioenergy.18.175-180.
8. Sacilik K.2004. resistance of poppy seed to air flow. Biosystems Engineering.89.4.435-443.
9. Shedd C.K.1951.Some new data on resistance of grain to air flow. Agriculture Engineering.32.493-495.
10. Shedd C.K.1953. Resistance of grines and seed to air flow. Agriculture Engineering.34.616-619.
11. Verboven P., Hoang M.L.,Baelmans M., Nicolai B.M.2004. Air flow through beds of apple and chicory roots. Biosystems Engineering.88.1.117-125.