

## مطالعه و مدل سازی فرآیند جذب رطوبت دانه های جو

معین کمالی<sup>1</sup>، سید جلیل رضوی<sup>2</sup>، مرتضی صادقی<sup>2</sup>

1 - دانشجوی سابق کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی

اصفهان

2 - استادیار، گروه ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

اصفهان 83111-84156

jrazavi@cc.iut.ac.ir

### چکیده

خیساندن دانه ها در فرآیند پوسته گیری و پخت آنها به منظور نرم شدن پوسته و هسته آنها و جذب رطوبت معمول می باشد. مقدار آب جذب شده توسط دانه های مختلف در مدت زمان غوطه وری در آب متفاوت است. هم چنین دمای آب در میزان رطوبت جذب شده تأثیر دارد. در این تحقیق، فرآیند جذب رطوبت سه رقم جو (ریحان 03، فجر و MB862) در خلال غوطه وری آنها در آب در سه سطح دمای 10، 20 و 45 سانتی گراد و در سه تکرار انجام گردید. منحنی های تغییرات محتوای رطوبتی بر حسب زمان، نسبت رطوبت بر حسب زمان و محتوای رطوبتی برای هر تیمار مورد مطالعه قرار گرفت. برای مدل سازی داده های جذب رطوبت از 10 مدل تجربی استفاده شد و بر اساس بالاترین ضریب تبیین و کمترین مقدار ریشه میانگین مربعات خطا، مدل ورما با ضریب تبیین بیشتر از 0/996 و ریشه میانگین مربعات خطای کمتر از 0/0107 به عنوان مناسب ترین مدل برای توصیف فرآیند جذب رطوبت دانه های جو انتخاب شد.

کلمات کلیدی: جو، جذب رطوبت، ضریب انتشار، مدل سازی تجربی.

### مقدمه

دانه جو یکی از غلات مهم در سراسر جهان است که به دلیل داشتن نشاسته قابل هضم بالا به عنوان یک منبع اصلی انرژی در جیره غذایی دام به کار می رود. نشاسته اصلی ترین قسمت دانه جو است که با میزان پروتئین آن نسبت عکس دارد. کل ماده غذایی قابل هضم دانه جو 80 تا 84 درصد ماده خشک آن است. یکی از روش های ساده و ارزان فرآوری که در اکثر گاوداری های کشورمان مورد استفاده قرار می گیرد آسیاب کردن دانه جو است [Hunt, 1996]. این روش به دلایلی مطلوب نمی باشد. اولاً آسیاب کردن دانه جو باعث هدر رفتن مقداری از مواد غذایی به صورت گرد و غبار می شود، ثانیاً آسیاب کردن باعث می شود تا قسمتی از جو بیش از حد نیاز خرد شود و به صورت آرد درآید. این ذرات ریز در شکمبه زود تر از ذرات درشت تخمیر می شوند و باعث افزایش اسیدهای چرب فرار در شکمبه می شوند که این امر کاهش PH شکمبه را به همراه دارد و به دنبال آن اختلالات متابولیکی نظیر اسیدوز را موجب می گردد. همچنین به کاهش هضم فیبرها می انجامد. به همین دلایل از روش فرآوری جو غلتک بخاری استفاده می گردد که بدلیل گران بودن سیستم بخاردهی (دیگ بخار و ستون بخار)، بدنبال روش جایگزینی مانند خیساندن به همراه حرارت دهی می باشند [Yang et al., 2000]. خیساندن دانه ها در فرآیند پوسته گیری و پخت آنها به منظور نرم شدن پوسته و هسته آنها و جذب رطوبت معمول می باشد. مقدار آب جذب شده توسط دانه

های مختلف در مدت زمان غوطه‌وری در آب متفاوت است. هم چنین دمای آب در میزان رطوبت جذب شده تأثیر دارد. یکی از روشهای پیش‌بینی فرآیندهای جذب و دفع رطوبت، مدل سازی این فرایندها می‌باشد. یکی از روشهای آسان و مرسوم مدل‌سازی استفاده از مدل‌های تجربی است که می‌توانند در خصوص پدیده‌های پیچیده به افزایش درک یا تولید دانش جدید کمک کنند. در این نوع مدل‌سازی از جزء به کل پی برده می‌شود و ماهیت آن استخراج اطلاعات بسیار سودمند از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری و بدون داشتن دانش پیشین از فرآیند می‌باشد. داده‌ها در این نوع مدل‌سازی تنها منبع اطلاعات در دسترس است [Tijssens et al., 2001]. علی‌رغم این واقعیت که این مدل‌ها، توصیف فیزیکی پدیده‌ها را ارای نمی‌کنند، ولی برای اهداف طراحی در موارد پیچیده مفیدند.

مدل هندرسون و پاییس برای مدل‌سازی فرآیند خشک‌کردن ذرت، گندم و برنج استفاده شده است. در این مدل فرض بر این است که کل فرآیند خشک‌کردن، فقط در مرحله سرعت نزولی خشک‌کردن رخ می‌دهد. مدل دو جمله‌ای<sup>1</sup> برای توصیف روند جذب رطوبت سویا و لوبیای سفید استفاده شده است [اصیاد، 1384]. مدل پیچ اصلاح شده<sup>2</sup> بطور گسترده در تعیین خصوصیات جذب رطوبت و خشک‌کردن ورقه‌های سیب زمینی، دانه‌های برنج، سویا، ذرت و جو استفاده شده است.

هدف از انجام این تحقیق مدل‌سازی فرآیند جذب رطوبت سه رقم مهم جو شامل ریحان 03، فجر و MB862 طی غوطه‌وری آنها در آب در دماهای مختلف به منظور تعیین زمان مناسب این فرآیند برای تولید جو پرک جهت تغذیه دام می‌باشد.

## مواد و روشها

سه واریته جو (ریحان 03، فجر و MB-863) از مرکز جمع آوری دانه‌های مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان اصفهان تهیه شد. رطوبت اولیه نمونه قبل از آزمایش بر اساس استاندارد ASAE S352.2 DEC97 تعیین شدند [ASAE, 1998]. به منظور حذف اثر اندازه دانه‌ها در میزان جذب آب، نمونه‌های آزمایشی از دانه‌های متوسط انتخاب شدند. آزمایش‌های مربوط به منحنی‌های جذب رطوبت دانه‌های جو با آب مقطر در دماهای 10، 20 و 45 درجه سانتی‌گراد برای هر کدام از نمونه‌ها انجام گردیدند. قبل از هر آزمایش، آب و ظروف بکار رفته در آزمایش برای چندین ساعت در دمای مورد آزمایش قرار گرفتند تا دمای آنها با محیط آزمایش یکسان گردد. در هر آزمایش نمونه‌های 10 گرمی بطور تصادفی انتخاب و با ترازوی آزمایشگاهی وزن شدند و در ظروف فومی حاوی 200 میلی گرم آب مقطر قرار گرفتند. پس از مدت زمان معینی دانه‌ها از ظرف بیرون آورده شدند و پس از خشک کردن رطوبت سطحی دانه‌ها توسط دستمال کاغذی حوله‌ای، مجدداً وزن شدند. از کرنومتر دیجیتالی برای اندازه‌گیری زمان غوطه‌وری استفاده شد. وزن نمونه‌ها طی فرآیند رطوبت دهی نیز در فاصله‌های زمانی مشخص توسط ترازوی دیجیتال (با نشان تجاری AND، مدل GF-400 ساخت کشور ژاپن) با دقت 0/001 گرم اندازه‌گیری و ثبت شد و در رسم نمودارهای محتوی رطوبتی- زمان و نسبت رطوبت- زمان مورد استفاده قرار گرفت. آزمایشات برای هر نمونه در سه تکرار انجام گردید. فاصله زمانی هر مرحله به ترتیب پس از غوطه‌وری 5، 10، 15، 30 دقیقه و یک ساعت بود که تا آخر آزمایش در فواصل یک ساعت از یکدیگر اندازه‌گیری شدند.

<sup>1</sup>Two-term

<sup>2</sup> Modified Page

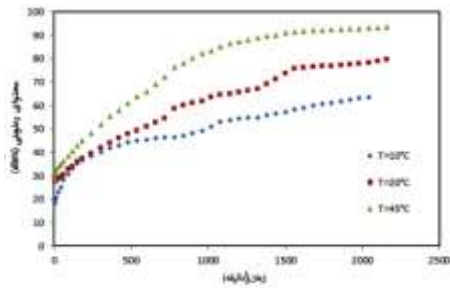
به منظور مدل سازی تجربی سینتیک جذب رطوبت از ده مدل تجربی و نیمه تجربی جذب و افت رطوبت محصولات کشاورزی استفاده شد. این مدل ها شامل مدل پیچ، هندرسون و پاییس، لگاریتمی، دو جمله ای، دو جمله ای نامی، وانگ و سینگ، دیفیوژن، هندرسون و پاییس اصلاح شده، میدیلی و ورما بودند (جدول 1). داده های اندازه گیری شده بر مدل های انتخابی به کمک نرم افزار متلب برازش و ضرایب هر مدل بدست آمد. انطباق بین داده های اندازه گیری شده و پیش بینی شده توسط مدل های مزبور بر مبنای مقایسه ضریب تبیین بیشتر و نیز ریشه میانگین مربعات خطای (RMSE) کمتر انجام شد [اکبری، 1385].

جدول 1- مدل های تجربی شناخته شده برای پیش بینی فرآیند جذب رطوبت لایه نازک محصولات کشاورزی

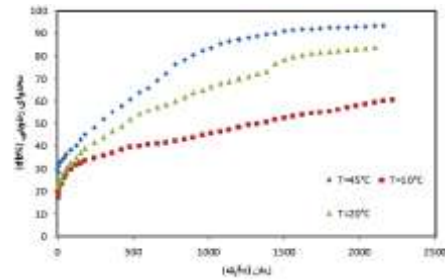
نام مدل	فرمول
نیوتن	$MR = \exp(-kt)$
پیچ	$MR = \exp(-kt^n)$
هندرسون و پاییس	$MR = a \exp(-kt)$
لگاریتمی	$MR = a \exp(-kt) + c$
دو جمله ای	$MR = a \exp(-k_1 t) + b \exp(-k_2 t)$
دو جمله ای نامی	$MR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kat)$
وانگ و سینگ	$MR = 1 + at + bt^2$
دیفیوژن	$MR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kbt)$
هندرسون و پاییس اصلاح شده	$MR = a \exp(-k_1 t) + b \exp(-k_2 t) + c \exp(-k_3 t)$
میدیلی و همکاران	$a \exp(-kt^n) + bt$
ورما و همکاران	$a \exp(-k_1 t) + (1-a) \exp(-k_2 t)$

### 3- نتایج و بحث

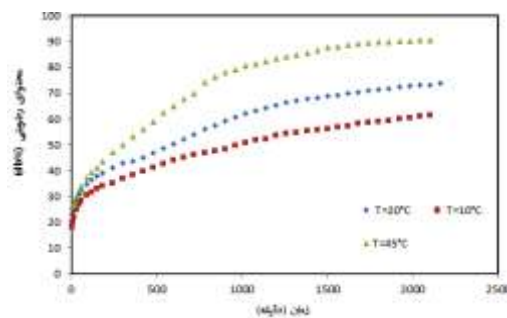
محتوای رطوبتی اولیه نمونه های مورد آزمایش به ترتیب 8/89، 8/22 و 8/62 در صد بر مبنای وزن خشک به ترتیب برای واریته های ریحان 03، فجر و MB-863 بدست آمدند که در سطح 5٪ اختلاف معنی داری نداشتند. شکل 1 افزایش محتوای رطوبتی دانه جو فجر، MB-863 و ریحان مورد آزمایش را در خلال زمان غوطه وری نشان می دهند. منحنی جذب رطوبت نشان می دهد که با افزایش دمای آب و محیط آزمایشی، شدت جذب رطوبت افزایش یافته است. نتیجه مشابه برای انواع دانه های بقولات مانند نخود، لوبیای چشم بلبلی، سویا و نخودفرنگی توسط محققین گزارش شده است [Sopade et al., 1994; Masumi et al., 2003; Sayar et al., 2001; Sopade et al., 1990].



(MB-863)



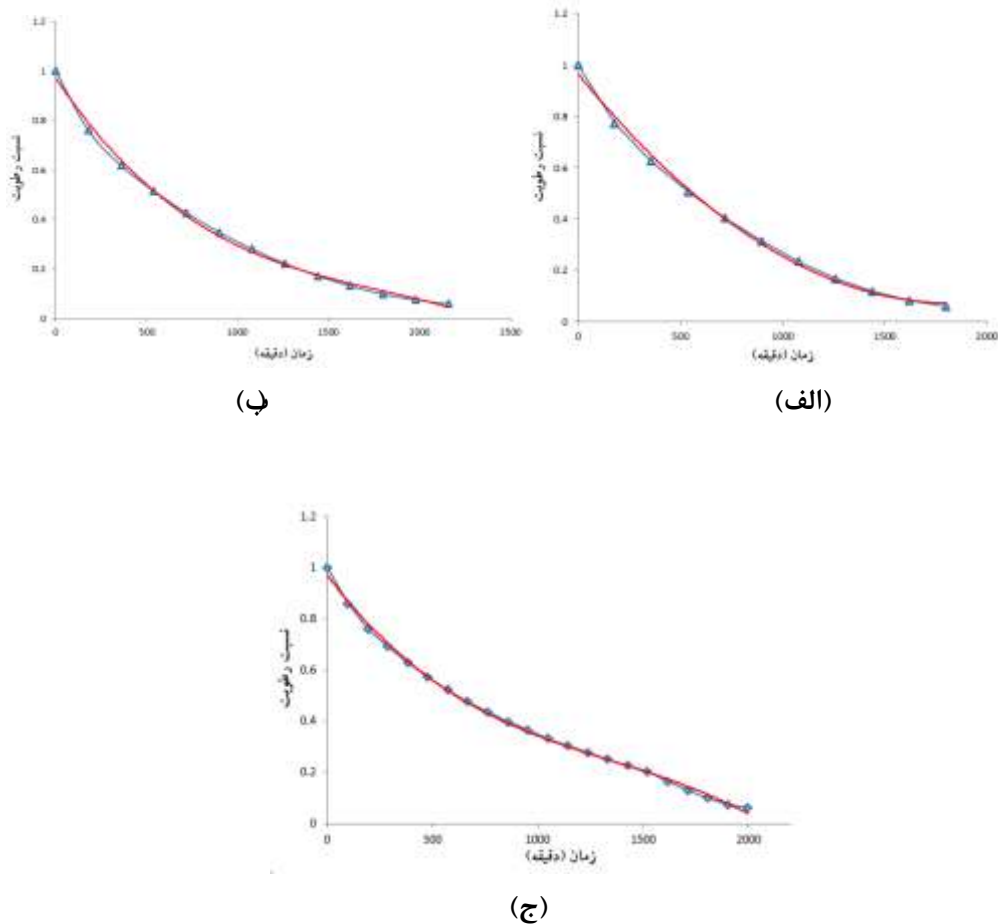
(فجر)



(ریحان)

شکل 1- مشخصات جذب رطوبت توسط واریته های جو مورد آزمایش طی غوطه‌وری

نتیجه برازش روند جذب رطوبت دانه های جو واریته ریحان در سطوح دمایی 10 و 20 درجه سانتی‌گراد به مدل تجربی نشان داده شده در جدول 1 حاکی از آن است که در تمامی مدل‌ها مقدار ضریب تبیین بیشتر از 90 درصد و ریشه میانگین مربعات خطا کمتر از 0/0968 می‌باشد. بنابراین تمامی مدل‌های تجربی مورد نظر فرآیند جذب رطوبت دانه های جو را به خوبی پیش‌بینی کرده و هم‌خوانی خوبی با داده‌های آزمایشگاهی دارند. به‌رحال، بر اساس بالاترین ضریب تبیین و کمترین مقدار ریشه میانگین مربعات خطا، مدل ورما با ضریب تبیین بیشتر از 0/9987 و ریشه میانگین مربعات خطای کمتر از 0/01030 به عنوان مناسب‌ترین مدل برای توصیف فرآیند جذب رطوبت دانه های جو انتخاب شد. برازش مدل ورما به عنوان مناسب‌ترین مدل برای پیش‌بینی نسبت رطوبت دانه‌های جو به داده‌های آزمایشگاهی جذب رطوبت در شکل 2- الف تا ج نشان داده شده است.



شکل 2- مقادیر پیش بینی شده نسبت رطوبت بر حسب زمان توسط مدل ورما و نسبت رطوبت بدست آمده از داده های آزمایشی فرآیند جذب رطوبت دانه جو وارسته ریحان در دماهای (الف)  $10^{\circ}\text{C}$  - (ب)  $20^{\circ}\text{C}$  - (ج)  $45^{\circ}\text{C}$

## منابع

- اکبری، ع. 1385. مطالعه مقایسه ای خشک کردن گوجه فرنگی با روش های سنتی و خورشیدی با همرفت طبیعی، پایان نامه کارشناسی ارشد صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- رضوی، م. ع.، و ر.، اکبری. 1385. خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- صیاد، م. 1384. اثر دما و سرعت هوای خشک کن روی سینتیک خشک کردن ورقه های سیب به صورت لایه نازک، پایان نامه کارشناسی ارشد صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- هاشمی، م. 1370. تغذیه دام و طیور و آبزیان. انتشارات فرهنگ جامع تهران. صفحه 904.
- ASAE Standard (S 352.2). 1998. Method of determining and expressing particle size of chopped forage material by screening. St. Joseph. MI: ASAE.
- Crank, J. 1975. The Mathematics of Diffusion, 2<sup>nd</sup> ed., Oxford University Press, London.
- Cunningham, S.E., W.A.M. McMinn, T.R.A. Magee, P.S. Richardson. 2008. Experimental study of rehydration kinetics of potato Cylinders. *Food and Bioproducts processing*, 86: 15-24.

- Hironaka, R., K. A. Beauchmine, T. J. Lysyk. 1992. The effect of thickness of steam rolled barley on its utilization by beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, 59:395-402.
- Hunt, C. W. 1996. Factors affecting the feeding quality of barley for ruminants. *Anim. Feed Sci. Tech*, 62:37-48.
- Masumi, A. A. and L. Tabil. 2003. Water absorption in chickpea (*C. arietinum*) cultivars during soaking. *Soils & Crops 2003 meeting*, February 17-18, 2003 Saskatoon, SK, Canada.
- Sayar, S., M. Turhan. and S. Gunasekaran. 2001. Analysis of chickpea soaking by simultaneous water transfer and water-starch reaction. *Jurnal of Food science*, 50:91-98.
- Sopade, P. A. and G. A. Obekpa. 1990. Modelling water absorption in soybean, cowpea and peanuts at three temperatures using Peleg's equation. *Jurnal of Food science*, 55 (4):1084-1087.
- Sopade, P. A., E. S. Ajisegiri and G. N. Okonmah. 1994. Modelling water absorption characteristics of some Nigerian varieties of cowpea during soaking. *Tropical Science*, 34: 297-305.
- Tijksens, L., M. M. M. L. A. T. M., Hertog, and B. M., Nicolai. 2001. *Food Process Modelling*. Woodhead publishing Limited, New York.
- Turhan, M., S. Sayar, and S. Gunasekaran. 2002. Application of Peleg model to study water absorption in chickpea during soaking. *Journal of Food science*, 53:153-159.
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemine, L. M. Roda. 2000. Effect of barley grain processing on extent of digestion and milk production of lactating cows. *J. Dairy Sci*, 83:559-568.