

## کاربرد مدل Peleg در مقدار رطوبت جذب شده نخود (*Cicer. arietinum*) در

### خلال غوطه وری در آب

امین اله معصومی<sup>۱</sup> و Lope Tabil<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، گروه ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان  
اصفهان-دانشگاه صنعتی اصفهان- دانشکده کشاورزی- گروه ماشینهای کشاورزی

صندوق پستی ۸۴۱۵۶

تلفن: ۰۳۱۱-۳۹۱۳۴۹۲

دورنگار: ۰۳۱۱-۳۹۱۲۲۵۴

آدرس الکترونیکی: [masoumi@cc.iut.ac.ir](mailto:masoumi@cc.iut.ac.ir)

<sup>۲</sup> Assistante Professor, Department of Agricultural and Bioresource Engineering,  
University of Saskatchewan 57 Campus Drive, Saskatoon, SK, CANADA S7N 5A9.  
E-mail: [lope.tabil@usask.ca](mailto:lope.tabil@usask.ca)

### خلاصه

کاربرد مدل Peleg،  $M_{(t)}=M_0+t/(K_1+K_2t)$ ، به منظور تعیین مقدار رطوبت جذب شده سه نوع نخود (large kabuli, small kabuli and desi) در خلال غوطه وری آنها در آب بررسی گردیدند. آزمایشات در سه سطح درجه حرارت ۵، ۲۵ و ۴۵ سانتیگراد انجام گردید. از رویه رگرسیون نرم افزار SAS برای تعیین ضرایب  $K_1$  و  $K_2$  در مدل Peleg برای هر نمونه نخود در حرارت های مختلف استفاده گردید. آزمایشات نشان دادند که با افزایش درجه حرارت ضریب  $K_1$  بصورت خطی کاهش داشته است در حالیکه تغییرات ضریب  $K_2$  جزئی بود.

واژه های کلیدی: نخود، غوطه وری، مدل Peleg.

### مقدمه

نخود (*Cicer. arietinum*) یکی از مهمترین منابع پروتئین و نشاسته شناخته می شود که دو واریته اصلی kabuli و desi دارد. واریته kabuli دارای پوسته نازک و رنگ سفید است که در دو نوع کوچک و بزرگ می باشد. واریته desi دارای پوسته ضخیم و قهوه ای رنگ می باشد که غالباً اندازه آن از نوع دیگر کوچکتر است و بیشتر در هندوستان کشت می شود (Salunkhe et al., 1985).

خیساندن دانه ها در فرآیند پوسته گیری و پخت آنها بمنظور 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. روابط بین محتوای رطوبتی لحظه ای دانه ها و زمان غوطه وری آنها در آب توسط مدل های مختلفی بیان می شود. از بین مدل های پیشنهاد شده مدل ارائه شده توسط Peleg در سال ۱۹۸۸ این مزیت عمده را دارد که با استفاده از نتایج آزمایشگاهی جذب رطوبت مواد در حالت غوطه وری در فاصله زمانی کوتاه مدت می توان زمان به تعادل رسیدن رطوبتی آن مواد را بخوبی پیش بینی کرد. به این دلیل مدل فوق معمولاً برای توصیف خاصیت جذب رطوبتی مواد مختلف در خلال غوطه وری در آب مورد توجه و استفاده اکثر محققین بوده است (Sopade et al., 1994; Hung et al., 1993; Turhan et al., 2002).

مدل ارائه شده توسط Peleg بشرح زیر بیان می شود:

$$M_t = M_0 \pm \frac{t}{K_1 + K_2 t} \quad (1)$$

که در آن:

$M_t$ : محتوای رطوبتی در زمان  $t$  پس از غوطه وری بز حسب درصد

$M_0$ : محتوای رطوبتی اولیه مواد بر حسب درصد

$t_1$ : ثابت غوطه وری (ساعت)

$K_1$ : ثابت نرخ جذب آب Peleg  $\left(\frac{1}{\text{درصد}}\right)$

$K_2$ : ثابت ظرفیت Peleg  $\left(\frac{1}{\text{درصد}}\right)$  می باشد.

هدف تحقیق حاضر تعیین ضرایب Peleg برای نخودهای (chico) small kabuli و large kabuli و desi در سه

درجه حرارت ۵، ۲۵ و ۴۵ درجه سانتیگراد می باشد.

## مواد و روشها

انواع دانه های نخود (small and large kabuli و desi) از مرکز جمع آوری دانه های کانادا

(Canadian Select Grains Ltd. of Eston, SK, Canada) تهیه شدند. تا زمان آزمایش نمونه ها در اتاق سرد با دمای

۵ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. رطوبت اولیه نمونه قبل از آزمایش بر اساس استاندارد AACC 44-15A تعیین شدند (AACC, 1999). به منظور حذف اثر اندازه دانه ها در میزان جذب آب، نمونه های آزمایشی از دانه های متوسط انتخاب شدند.

معمولاً نخود در دمای تقریبی ۵۵ درجه سانتیگراد به حالت ژلاتینی در می آید (Turhan et al., 2002). آزمایشات با آب مقطر در دماهای ۵ درجه، ۲۵ درجه و ۴۵ درجه سانتیگراد برای هر کدام از نمونه ها انجام گردیدند. قبل از هر آزمایش نمونه، 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 پنج دانه از دانه ها با اندازه متوسط بطور تصادفی انتخاب و با ترازوی آزمایشگاهی وزن می شدند و در ظروف شیشه ای حاوی ۲۰۰ میلی گرم آب مقطر قرار می گرفتند. پس از مدت زمان معینی دانه ها از ظرف بیرون آورده می شدند و پس از خشک کردن رطوبت سطحی دانه ها توسط دستمال کاغذی حوله ای مجدداً وزن می شدند. از کرنومتر دیجیتالی و ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم مدل (Ohous Scale Crop., Model G160 D. W. Germany) برای اندازه گیری زمان غوطه وری و جرم دانه ها قبل و بعد از هر مرحله غوطه وری استفاده گردید.

آزمایشات برای هر نمونه در سه تکرار انجام گردید. فاصله زمانی هر مرحله به ترتیب پس از غوطه وری ۵ دقیقه، ۱۰ دقیقه، ۱۵ دقیقه، ۳۰ دقیقه و یک ساعت بود که تا آخر آزمایش در فواصل یک ساعت از یکدیگر اندازه گیری شدند. با بازنویسی رابطه (۱) می توان آنرا بشکل رابطه رگرسیونی خطی (رابطه ۲) درآورد. با معلوم بودن محتوای رطوبت اولیه ( $M_0$ )، رطوبت لحظه ای ( $M_t$ ) و زمان غوطه وری ( $t$ ) ضرایب مدل Peleg توسط نرم افزار SAS بدست آمدند.

$$\frac{t}{(M_t - M_0)} = k_1 + k_2 \quad (2)$$

برحسب آزمایشات انجام شده توسط Peleg (1988)، نقاطی که جذب اندک رطوبت در مراحل اولیه غوطه وری را نشان می دادند حذف گردیدند. هم چنین اطلاعات جمع آوری شده پس از حل شدن بیشتر از ۱٪ جرم اولیه دانه ها

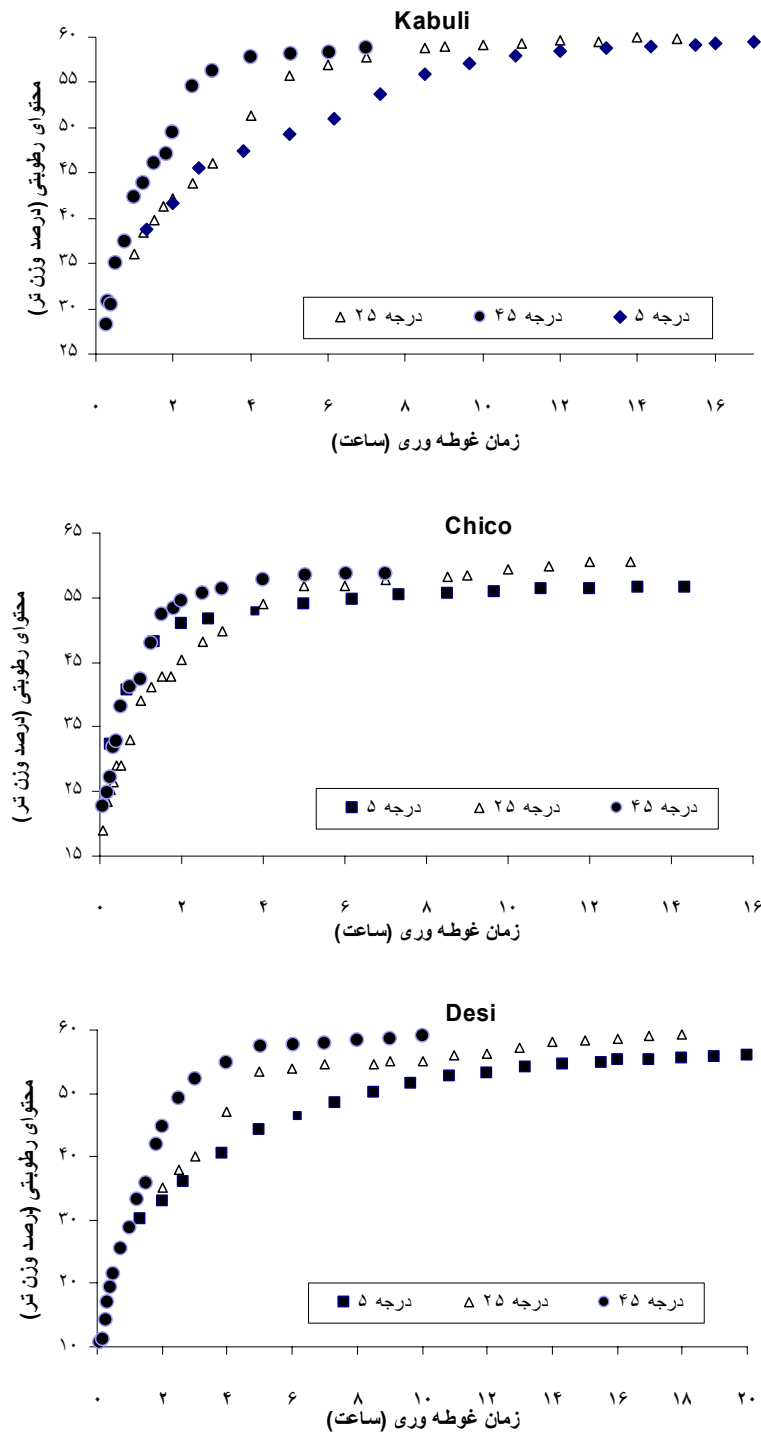
در آب که ناشی از غوطه وری بیش از حد معینی است، نادیده گرفته شدند. به این منظور در هر مرحله مقدار مواد جامد حل شده در آب با اندازه گیری جرم مخصوص محلول و آب مقطر کنترل گردیدند. با محاسبه ضرایب مدل Peleg در دماهای مختلف ارتباط بین آنها و دماهای مورد آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند.

## نتایج

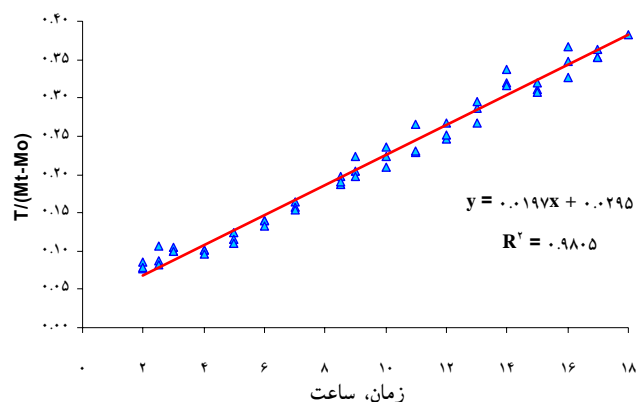
محتوای رطوبتی اولیه نمونه های مورد آزمایش به ترتیب ۹/۸۵، ۱۰/۲۵ و ۱۰/۲۷ در صد بر مبنای وزن تر برای نخودهای Large kabuli, small Kabuli (chico) و desi بدست آمدند که در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری نداشتند. شکل ۱ افزایش محتوای رطوبتی دانه های نخود مورد آزمایش را در خلال زمان غوطه وری نشان می دهد. منحنی جذب رطوبت 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. (Turhan et al., 2002; Sayar et al., 2001 and Sopade and Obeka, 1990).

شکل ۲ اطلاعات مربوط به دوره ای از زمان غوطه وری نخود desi را نشان می دهد که جهت برآزش مدل Peleg بکار رفته است. اطلاعات جمع آوری شده نشان داد که رطوبت جذب شده در خلال ۲ ساعت اول غوطه وری نخود desi در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد بسیار اندک بوده است. همچنین با کنترل تغییرات جرم مخصوص محلول نسبت به جرم مخصوص آب مقطر، مقدار مواد جامد حل شده نخود desi در آب در طی آزمایش مشخص شد که با غوطه وری نمونه ها پس از ۱۸ ساعت بیشتر از ۱٪ جرم اولیه نمونه ها در آب ۲۵ درجه سانتیگراد حل گردید. بنابراین مطابق روش Peleg در سال ۱۹۸۸ اطلاعات جمع آوری شده بیشتر از ۲ ساعت و کمتر از ۱۸ ساعت در تعیین ضرایب مدل Peleg برای نخود desi در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد استفاده گردیدند. روش مشابه برای سایر انواع نخودهای مورد آزمایش در دماهای متفاوت بکار گرفته شد و محدوده اطلاعات مفید جهت برآزش مدل Peleg برای هر کدام از نخودهای مورد آزمایش تعیین گردیدند. برخی از محققین قبلی مشابه روش فوق عمل نموده اند مانند Sayar et al. در سال ۲۰۰۱ از اطلاعات مربوط به ۱۱ ساعت و ۷ ساعت غوطه وری برای نخود در دماهای ۲۰ و ۴۰ درجه سانتیگراد استفاده کردند. همچنین Turhan et al. در سال ۲۰۰۲ برای نخود در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد

اطلاعات مربوط به مدت ۷ ساعت زمان غوطه وری را بکار برد.



شکل ۱. مشخصات جذب رطوبت توسط انواع نخودهای مورد آزمایش طی غوطه وری



شکل ۲. منحنی خطی مدل Peleg در جذب رطوبت توسط نخود Desi طی شرایط غوطه وری در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد.

به این ترتیب اطلاعات در محدوده های خاصی مورد استفاده قرار گرفتند و مدل Peleg بر آنها برازش گردیدند. به این منظور با استفاده از رویه رگرسیون نرم افزار SAS و مرتب کردن اطلاعات جمع آوری شده مطابق رابطه ۲ ضرایب  $k_1$  و  $k_2$  برای انواع نخودهای مورد آزمایش در دماهای مختلف غوطه وری بدست آمدند که در جدول ۱ ارائه گردیده است. به منظور ارزیابی مدل برازش شده بر اطلاعات جمع آوری شده، مقادیر محتوای رطوبتی پیش بینی شده توسط مدل در مقابل مقادیر اندازه گیری شده در آزمایش رسم شدند و ضریب تغییرات ( $R^2$ ) آنها در جدول ۱ گزارش گردیدند که همگی بیشتر از ۰/۹۰ بود.

نتایج نشان داد که تغییر ضریب  $k_1$  با افزایش دمای شرایط غوطه وری سیر نزولی داشته است (شکل ۳). همچنین اثر افزایش دما بر تغییرات ثابت ظرفیت ( $k_2$ ) در مدل Peleg بسیار جزئی و کاهنده بوده است. نتایج مشابه برای لوبیا چشم بلبلی و نخود به ترتیب توسط Sopade et al. در سال ۱۹۹۲ و Turhan در سال ۲۰۰۲ گزارش شده است.

## بحث

نتایج بدست آمده در آزمایش حاضر بطور خلاصه عبارتند از:

۱- پیش بینی محتوای رطوبت جذب شده انواع نخودهای مورد آزمایشی در طی زمان غوطه وری در آب با

دماهای مختلف توسط مدل Peleg قابل قبول بودند.

۲- بر حسب نوع نخود و دمای شرایط غوطه وری محدوده معینی از اطلاعات در برازش کردن مدل Peleg بکار گرفته شد.

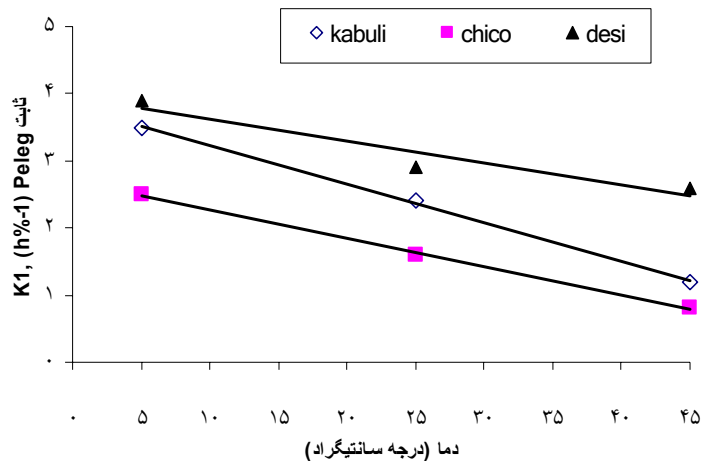
۳- ضریب نرخ ثابت  $k_1$  در مدل Peleg برای انواع نخودهای مورد آزمایش با افزایش دما بطور خطی کاهش یافت.

۴- دمای مورد آزمایش تأثیر بسیار جزئی بر ضریب  $k_2$  در مدل Peleg داشت.

جدول ۱. ضرایب ثابت مدل Peleg و ضریب تغییرات  $R^2$  برای محتوای رطوبتی انواع نخودهای

مورد آزمایش در شرایط غوطه وری در دماهای مختلف.

| $R^2$ | $K_2, (\%^{-1})$     | $K_1, (\% \text{ ساعت}^{-1})$ | دما، (درجه سانتیگراد) | نوع نخود             |
|-------|----------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|
|       |                      |                               |                       | large kabuli         |
| ۰/۸۶۹ | $۱/۹ \times ۱۰^{-۲}$ | $۳/۵ \times ۱۰^{-۲}$          | ۵                     |                      |
| ۰/۹۹۷ | $۱/۸ \times ۱۰^{-۲}$ | $۲/۴ \times ۱۰^{-۲}$          | ۲۵                    |                      |
| ۰/۹۹۵ | $۱/۸ \times ۱۰^{-۲}$ | $۱/۲ \times ۱۰^{-۲}$          | ۴۵                    |                      |
|       |                      |                               |                       | small kabuli (chico) |
| ۰/۹۸۶ | $۲/۰ \times ۱۰^{-۲}$ | $۲/۵ \times ۱۰^{-۲}$          | ۵                     |                      |
| ۰/۹۹۷ | $۱/۹ \times ۱۰^{-۲}$ | $۱/۶ \times ۱۰^{-۲}$          | ۲۵                    |                      |
| ۰/۹۹۶ | $۱/۹ \times ۱۰^{-۲}$ | $۰/۸ \times ۱۰^{-۲}$          | ۴۵                    |                      |
|       |                      |                               |                       | Desi                 |
| ۰/۹۵۹ | $۱/۹ \times ۱۰^{-۲}$ | $۴/۴ \times ۱۰^{-۲}$          | ۵                     |                      |
| ۰/۹۸۱ | $۱/۹ \times ۱۰^{-۲}$ | $۲/۹ \times ۱۰^{-۲}$          | ۲۵                    |                      |
| ۰/۹۸۷ | $۱/۷ \times ۱۰^{-۲}$ | $۲/۶ \times ۱۰^{-۲}$          | ۴۵                    |                      |



شکل ۲. تأثیر دمای شرایط غوطه وری بر ضریب ثابت  $k_1$  در مدل Peleg برای انواع

نخودهای مورد آزمایش طی غوطه وری

## سپاسگزاری

نویسندگان از حمایت و خدمات پشتیبانی آقای B.Crerar کارشناس گروه

Agricultural and Bioresource Engineering دانشگاه ساسکاتون در فراهم آوردن مقدمات

آزمایش قدردانی و تشکر می نمایند. همچنین از مقامات زیربط در وزارت علوم، تحقیقات و

فناوری جمهوری اسلامی ایران که در اعزام نویسنده اول به کانادا نقش مؤثر داشتند قدردانی

می گردد. هزینه تحقیق حاضر توسط مرکز تحقیقات استراتژیکی و توسعه کشاورزی کانادا

تأمین گردید که بدینوسیله تشکر می گردد.

## منابع

- 1- AACC. Methods 44-15A, Moisture – air – oven. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*, The Association, St. Paul (1999).
- 2- Hung, T. V., L. H. Liu, R.G. Black, M. A. Trehwella. 1993. Water absorption in chickpea (*C.arietnum*) and field pea (*P. sativum*) cultivars using the Peleg model. *Journal of Food Science*. 58 (4): 848-852.
- 3- Peleg, M. 1988. An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Jurnal of Food science* 53:1216-1219.
- 4- Salunkhe. D. K., S. S. Kadam and J. K. chavan. 1985. Postharvest Biotechnology of Legumes.



Florida: CRC Press.

- 5- SAS 2001. *SAS Users' Guide: Statistics*. Version 8.2 Statistical Analysis System, Inc., Raleigh, NC.
- 6- 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.
- 7-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.
- 8- 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.
- 9- Turhan, M., S. Sayar, and S. Gunasekaran. 2002. Application of Peleg model to study water absorption in chickpea during soaking. *Jurnal of Food science* 53:153-159.