



مدل کردن جذب آب توسط جو در خلال غوطه وری

معین کمالی^۱، امین اله معصومی^۲ و سید جلیل رضوی^۲

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

masoumi@cc.iut.ac.ir

چکیده

خیساندن دانه‌ها در فرآیند پوسته‌گیری و پخت آنها به منظور نرم شدن پوسته و هسته آنها و جذب رطوبت معمول می‌باشد. مقدار آب جذب شده توسط دانه‌های مختلف در مدت زمان غوطه وری در آب متفاوت است. هم‌چنین دمای آب در میزان رطوبت جذب شده تأثیر دارد. کاربرد مدل Peleg، $M_{(t)}=M_0+t/(K_1+K_2t)$ ، به منظور تعیین مقدار رطوبت جذب شده سه نوع جو (ریحان ۰۳، فجر و MB862) در خلال غوطه وری آنها در آب با دماهای مختلف بررسی گردیدند. آزمایشات در سه سطح درجه حرارت ۱۰، ۲۰ و ۴۵ سانتی‌گراد و در سه تکرار انجام گردید. از رویه رگرسیون نرم افزار SAS برای تعیین ضرایب K_1 و K_2 در مدل Peleg برای هر نمونه جو در حرارت‌های 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.

واژه‌های کلیدی: جو، غوطه وری، مدل Peleg.

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 می‌رود. نشاسته اصلی ترین قسمت دانه جو است که با میزان پروتئین آن نسبت عکس دارد کل ماده غذایی قابل هضم دانه جو ۸۰ تا ۸۴ درصد ماده خشک آن است. یکی از روش‌های ساده و ارزان فرآوری که در اکثر گاوداری‌های کشورمان مورد استفاده قرار می‌گیرد آسیاب کردن دانه جو است (Hunt et al., 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 در آید. این ذرات ریز در شکمبه زودتر 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)، 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 غوطه وری در آب متفاوت است. هم چنین دمای آب در میزان رطوبت جذب شده تأثیر دارد. 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) و (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 ($\frac{1}{\text{درصد}}$)

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

هدف تحقیق حاضر تعیین ضرایب Peleg برای جوهای (ریحان ۰۳، فجر و MB862) در سه درجه حرارت ۲۰، ۱۰، ۰

و ۴۵ درجه سانتی‌گراد می باشد.

مواد و روشها

انواع دانه های جو (ریحان ۰۳، فجر و MB862) از مرکز جمع آوری دانه های مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان

اصفهان تهیه شدند. رطوبت اولیه نمونه قبل از آزمایش بر اساس استاندارد ASAE S352.2 DEC97 تعیین شدند

(ASAE, 1997). به منظور حذف اثر اندازه دانه‌ها در میزان جذب آب، نمونه‌های آزمایشی از دانه های متوسط انتخاب

شدند.

معمولاً جو در دمای تقریبی ۵۸-۶۴ درجه سانتی‌گراد به حالت ژلاتینه در می آید (Yang et al., 2000) آزمایشات

با آب مقطر در دماهای ۱۰ درجه، ۲۰ درجه و ۴۵ درجه سانتی‌گراد برای هرکدام 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 نمونه ها ۱۰ گرمی بطور تصادفی انتخاب و با ترازوی آزمایشگاهی وزن می شدند و در ظروف

فومی 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 (۰/۰۰۱ گرم) برای اندازه‌گیری زمان غوطه وری و جرم دانه ها قبل و بعد از هر

مرحله غوطه‌وری 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. بامعلوم 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.

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

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.

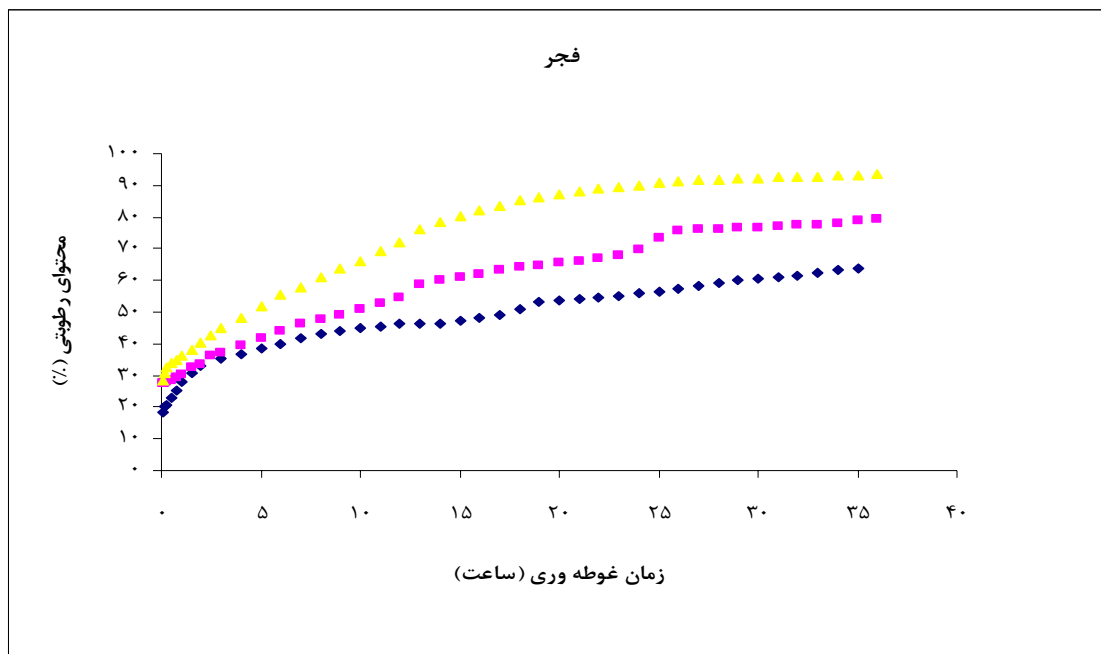
نتایج و بحث

محتوای رطوبتی اولیه نمونه های مورد آزمایش به ترتیب ۸/۸۹، ۸/۲۲ و ۸/۶۲ در صد بر مبنای وزن خشک به ترتیب برای جوهای (ریحان ۰۳، فجر و MB862) بدست آمدند که در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری نداشتند.

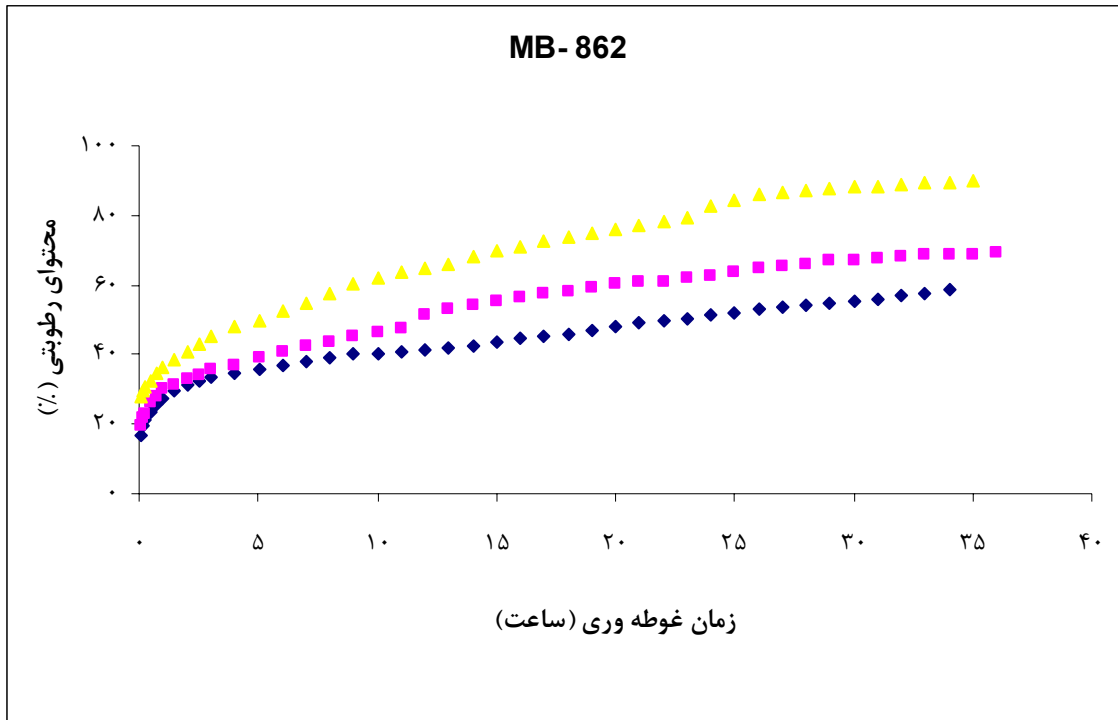
شکل های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب افزایش محتوای رطوبتی دانه جو فجر، ریحان و MB-862 مورد آزمایش را در خلال زمان غوطه وری نشان می دهند. منحنی جذب رطوبت نشان می دهد که با افزایش دمای آب و محیط آزمایشی، شدت جذب رطوبت افزایش یافته است. نتیجه مشابه برای انواع دانه های بقولات مانند نخود، لویبای چشم بلبلی، سویا و نخودفرنگی توسط محققین گزارش شده است (Turhan et al., 2002; Sayar et al., 2001 and Sopade and Obeka, 1990).

شکل ۴ اطلاعات مربوط به دوره ای از زمان غوطه وری جو را نشان می دهد که جهت برآزش مدل Peleg بکار

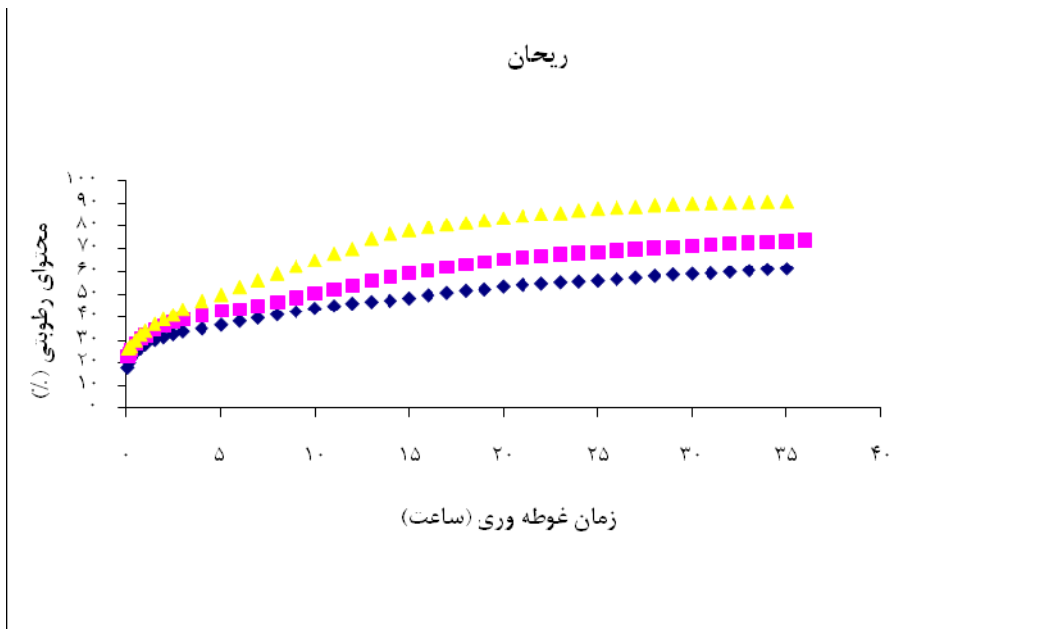
رفته است. با کنترل تغییرات جرم مخصوص محلول نسبت به جرم مخصوص آب مقطر، مقدار مواد جامد حل شده جو در آب در طی آزمایش مشخص شد که با غوطه وری نمونه ها پس از ۳۳ ساعت بیشتر از ۱٪ جرم اولیه نمونه ها در آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد حل گردید. بنابراین مطابق روش Peleg در سال ۱۹۸۸ به منظور خطی شدن رابطه بین زمان و محتوای رطوبتی نمونه ها از داده های بیشتر از ۳ ساعت و کمتر از ۳۳ ساعت در تعیین ضرایب مدل Peleg برای جو ریحان در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد استفاده گردیدند. روش مشابه برای سایر انواع جوهای مورد آزمایش در دماهای متفاوت بکار گرفته شد و محدوده اطلاعات مفید جهت برازش مدل Peleg برای هر کدام از جوهای مورد آزمایش تعیین گردیدند. برخی از محققین قبلی مشابه روش فوق عمل نموده اند مانند (Masoumi, 2003) از اطلاعات مربوط به ۲ تا ۱۸ ساعت غوطه وری برای نخود، واریته های (large kabuli, small kabuli and desi) 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.



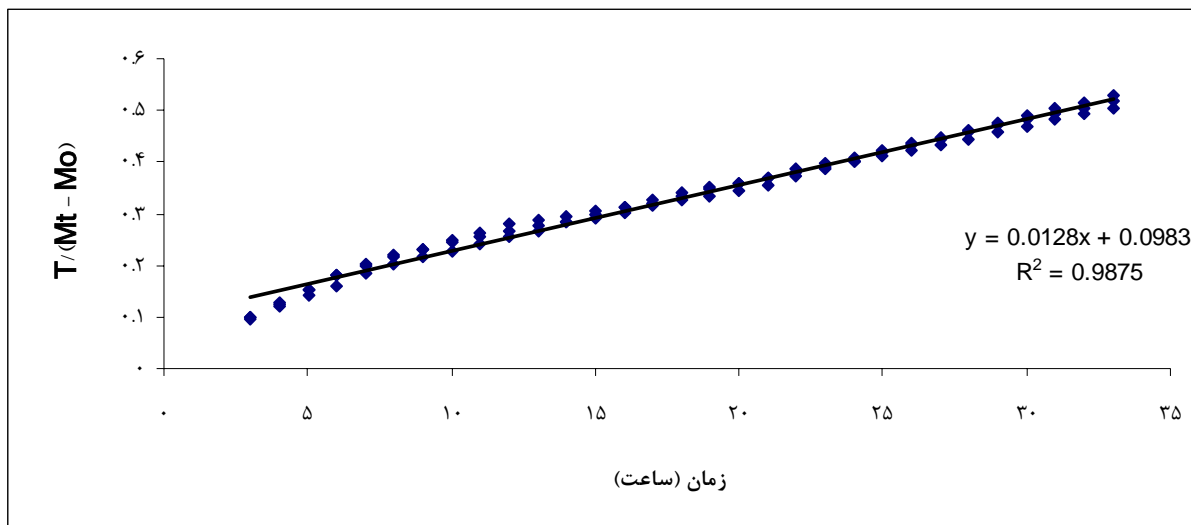
شکل ۱. مشخصات جذب رطوبت توسط جو فجر مورد آزمایش طی غوطه‌وری، ۱۰°C ◆، ۲۰°C ■، ۴۵°C ▲



شکل ۲. مشخصات جذب رطوبت توسط جو MB-862 مورد آزمایش طی غوطه وری، 45°C ▲، 20°C ■، 10°C ◆



شکل ۳. مشخصات جذب رطوبت توسط جو ریحان مورد آزمایش طی غوطه وری، 45°C ▲، 20°C ■، 10°C ◆



شکل ۴. منحنی خطی مدل Peleg در جذب رطوبت توسط جو (ریحان) طی شرایط غوطه وری

در دمای ۲۰ 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 جوهای 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 ۵). همچنین اثر افزایش دما بر تغییرات ثابت ظرفیت (k_2) در مدل Peleg کاهنده بوده است (شکل ۶). نتایج مشابه برای لوبیا چشم بلبلی و نخود به ترتیب توسط Sopade et al. در سال ۱۹۹۲ و Turhan در سال ۲۰۰۲ و همچنین برای سه رقم نخود توسط Masoumi and Tabil در سال ۲۰۰۳ گزارش شده است.

جدول ۱. ضرایب ثابت مدل Peleg و ضریب تغییرات R^2 برای محتوای رطوبتی انواع جوهای مورد آزمایش در شرایط

غوطه وری در دماهای مختلف.

R^2	K_2 , (۱/درصد)	K_1 , (۱/درصد)	دما، (درجه سانتی گراد)	نوع جو
ریحان				
۰/۹۲۱	$۱/۶۸ \times ۱۰^{-۲}$	$۱۰/۷۵ \times ۱۰^{-۲}$	۱۰	
۰/۹۲۰	$۱/۲۹ \times ۱۰^{-۲}$	$۹/۸۳ \times ۱۰^{-۲}$	۲۰	
۰/۹۶۳	$۰/۹۸ \times ۱۰^{-۲}$	$۷/۳۳ \times ۱۰^{-۲}$	۴۵	
فجر				
۰/۹۰۱	$۱/۶ \times ۱۰^{-۲}$	$۱۱/۲۵ \times ۱۰^{-۲}$	۱۰	
۰/۹۲۴	$۱/۱۳ \times ۱۰^{-۲}$	$۱۰/۸۹ \times ۱۰^{-۲}$	۲۰	
۰/۹۴۷	$۰/۹۳ \times ۱۰^{-۲}$	$۶/۹۹ \times ۱۰^{-۲}$	۴۵	
MB_862				
۰/۸۷۱	$۱/۸۵ \times ۱۰^{-۲}$	$۱۱/۴۵ \times ۱۰^{-۲}$	۱۰	
۰/۹۳۲	$۱/۴ \times ۱۰^{-۲}$	$۱۰/۵۸ \times ۱۰^{-۲}$	۲۰	
۰/۹۲۰	$۱/۰۶ \times ۱۰^{-۲}$	$۷/۵۵ \times ۱۰^{-۲}$	۴۵	

نتیجه گیری

بطور خلاصه نتایج بدست آمده در آزمایش حاضر عبارتند از:

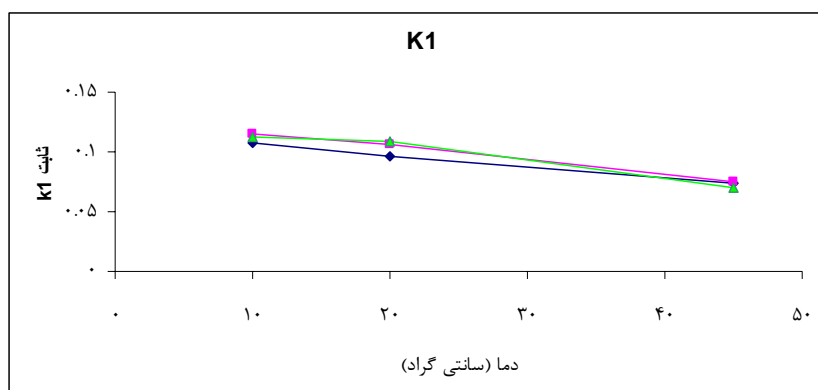
۱- پیش بینی محتوای رطوبت جذب شده انواع جوهای مورد آزمایشی در طی زمان غوطه وری در آب با دماهای

مختلف توسط مدل Peleg قابل قبول بودند.

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

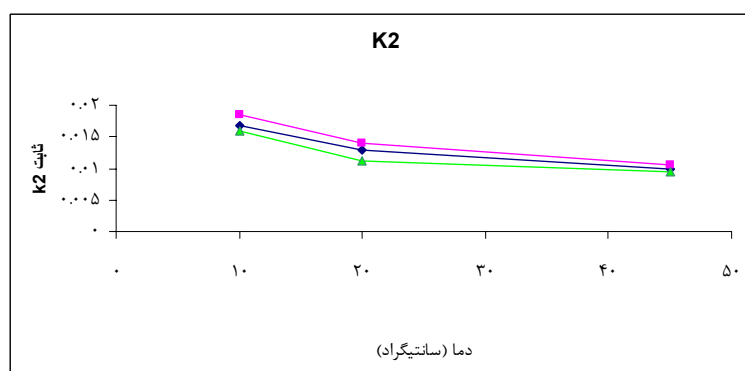
۳- برای ضریب ثابت k_2 در مدل Peleg برای انواع جوهای مورد آزمایش با افزایش دما روند نزولی با شیب خیلی کم مشاهده گردید.

۴- با افزایش درجه حرارت، ضریب K_1 برای انواع جوهای مورد آزمایش بطور خطی کاهش یافت.



شکل ۵. تأثیر دمای شرایط غوطه وری بر ضریب ثابت k_1 در مدل Peleg برای انواع

جوهای مورد آزمایش طی غوطه‌وری، ▲ فجر، ■ MB-862، ◆ ریحان



شکل ۶. تأثیر دمای شرایط غوطه وری بر ضریب ثابت k_2 در مدل Peleg برای انواع

جوهای مورد آزمایش طی غوطه‌وری، ▲ فجر، ■ MB-862، ◆ ریحان

- 1- ASAE Standards, 46th ed. 1999. S352.2: Moisture measurement - unground grain and seeds. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- 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- 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.
- 4- Peleg, M. 1988. An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Jurnal of Food science* 53:1216-1219.
- 5- Salunkhe. D. K., S. S. Kadam and J. K. chavan. 1985. Postharvest Biotechnology of Legumes. Florida: CRC Press.
- 6- SAS 2001. *SAS Users' Guide: Statistics*. Version 8.2 Statistical Analysis System, Ink., Raleigh, NC.
- 7- 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.
- 8-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.
- 9- 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.
- 10- 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.
- 11- Yang, W. Z., K. A. Beauchemine, and 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
- 12- Hunt, C. W. 1996. Factors affecting the feeding quality of barley for ruminants. *Anim. Feed Sci. tech.* 62:37-48.

Modelling water absorption characteristics of barley during soaking

ABSTRACT

Grain soaking in dehauling and cooking processes for the purpose of pericarp softening and water absorption is an ordinary practice. Rate of grain water absorption varies with soaking time. Also water temperature could vary the state of water absorption. The Peleg model $M_{(t)} = M_o + t/(K_1 + K_2 t)$ was used to describe the sorption process in various barley cultivars (Fajr30, MB-862 and Reyhan03) at 10, 20 and 45°C temperatures. To eliminate size effect on water absorption, medium size samples were studied. SAS PROC REG was used to determine the rate constant K_1 , and capacity constant K_2 in the Peleg model. Experiments indicated that with increase water temperature constant K_1 decrease linearly while constant K_2 variations were non-significant.

Key words: barley, soaking, Peleg model