تعیین مقادیر رطوبت تک‌لایه برش لیمو ترش

مهدی تقی‌پور وانانی[1]، علی زمردیان[2]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شیراز

2- دانشیار بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شیراز

Mehdi1850@gmail.com

چکیده

نگهداری مواد غذایی و محصولات کشاورزی در طولانی مدت با حفظ خواص غذایی آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. خشک کردن مواد غذایی یکی از مهمترین روش‌ها برای نیل به این هدف می‌باشد. یکی از پارامترهای مهم به منظور طراحی بهینه مراحل خشک کردن و انبار کردن مواد غذایی، آگاهی از مقدار رطوبت تک‌لایه در دماهای مختلف محیط می‌باشد. در پژوهش حاضر با بکارگیری معادله‌ی بت برای مقادیر آزمایشگاهی رطوبت تعادلی برش لیمو ترش، مقادیر رطوبت تک‌لایه این محصول در سه دمای 30، 40 و 50 درجه سانتی‌گراد محاسبه گردید که این مقادیر به ترتیب 2/397٪، 2/173٪ و 1/477٪ (گرم آب بر ماده خشک) به‌دست آمدند. همچنین اثر دمای محیط بر روی مقادیر رطوبت تک‌لایه مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که با افزایش دمای محیط مقدار رطوبت تک‌لایه کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: رطوبت تک‌لایه، رطوبت تعادلی، معادله‌ی بت

مقدمه

لیمو ترش[1] با نام علمی *Citrus aurantifolia* به علت دارا بودن خواص غذایی و دارویی متعدد از اهمیت ویژه ای در بین مرکبات برخوردار است . از جمله این خواص می توان به این موارد اشاره کرد : این میوه به دلیل مواد آنتی اکسیدانی، ضد سرطان شناخته شده است، این میوه از نظر کلسیم و پتاسیم غ نی بوده و از نظر ویتامین C از سایر مرکبات پیشی گرفته و به عنوان کاهنده ی فشار خون شناخته شده است، لیموترش را می توان برای درمان نسبی رماتیسم مصرف نمود، زیرا اسید سیتریک برای اسید اوریک حلال بسیار خوبی است . بر طبق آمار سال 2010 سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد[2] (FAO) ، ایران با تولید 706800 تن در سال 2010 مقام هشتم تولید این محصول را به خود اختصاص داده‌است [FAO, 2010].

فرآیند خشک کردن لیمو ترش همانند سایر مواد غذایی، سبب کاهش فعالیت آبی و در نتیجه حفظ این محصول در مقابل فعالیت های مخرب بیولوژیکی، از قبیل فع الیت های میکروبی و آنزیمی و ه مچنین کاهش تنفس و تعرق در آن می شود، که این عم ل موجب افزایش زمان انبارداری می گردد. از پارامترهای مهم در فرآیند خشک کردن و

1 - Lime

2 - Food and Agriculture Organization

انبار داری مواد غذایی آگاهی از مقدار رطوبت تعادلی [3] در رطوبت نسبی و دماهای مختلف محیطی و همچنین مقدار رطوبت تک‌لایه[4] ماده در دماهای مختلف محیط می‌باشد [زمردیان و کاووسی، 1389].

مقدار رطوبت موجود در ماده بعد از آن که ماده مدت زمان نامحدودی را در معرض محیط ویژه ای (رطوبت نسبی و درجه حرارت خشک هوای محیط) قرار گیرد، رطوبت تعادلی (E. M. C) گویند [Zomorodian et al, 2011]. با آگاهی از مقادیر رطوبت تعادلی یک محصول در رطوبت نسبی و دماهای مخت لف محیط می توان مقادیر رطوبت تک‌لایه محصول را برای دماهای بکاربرده شده به‌دست آورد. رطوبت تک‌لایه مقدار رطوبتی است که ماده غذایی در آن رطوبت به ماکزیمم ثبات فیزیکی و ش‌یمیایی می رسد و در رطوبت های کمتر و یا بیشتر از این رطوبت ثبات کمتری را دارد [Adawiyah et al, 2012].

بر اساس تحقیقات محققین پیشین محاسبه ی رطوبت تک‌لایه به وسیله‌ی مدل بت[5] یک روش موثر برای ارزیابی ثبات مواد غذایی می‌باشد [Rahman, 2006; Adawiyah et al, 2012].

ایگوزا و ویرسدا (2006) با استفاده از معادله بت میانگین رطوبت تک‌لایه شلتوک[6] را در دامنه‌ی دمایی 40 تا 80 درجه سانتی‌گراد محاسبه کردند. همچنین زمردیان و همکاران (2011) با بکارگیری معادله بت برای مقادیر آزمایشگاهی رطوبت تعادلی، مقادیر رطوبت تک‌لایه کلزا[7] را در سه دمای 25، 35 و 45 درجه سانتی‌گراد بدست آوردند.

هدف از پژوهش حاضر، تعیین مقادیر رطوبت تک‌لایه برش لیمو ترش (رقم محلی فارس) در سه دمای 30، 40 و 50 درجه سانتی‌گراد و همچنین بررسی اثر دما بر روی مقدار رطوبت تک‌لایه می‌باشد.

مواد و روشها

لیمو ترش مورد استفاده در این پژوهش از منطقه ی جهرم فارس تهییه گردید که رطوبت اولیه ی آن 149٪ بر مبنای خشک بود. جهت استفاده در آزمایشات، محصول مورد نظر به صورت ورقه های نازک به ضخامت 4 میلیمتر درآمدند که این عمل به منظور تسریع در فرآیند خشک شدن انجام شد.

از آنجایی که تعیین مقادیر رطوبت تک‌لایه در دماهای مختلف مستلزم آگاهی از مقادیر رطوبت تعادلی در دماهای مورد نظر می باشد، ابتدا مقادیر رطوبت تعادلی دفعی برش لیمو ترش با استفاده از روش وزن سنجی به‌دست آمد. برای این منظور از یک محفظه ی کنترل شده از لحاظ شرایط ترمودینا میکی استفاده‌گردید (شکل-1). دمای درون این محفظه به وسیله ی یک گرم کن برقی مجهز به پنکه (جهت به‌هم زدن هوای درون محفظه) کنترل می‌شد. همچنین برای کنترل و تثبیت رطوبت نسبی هوای درون محفظه از محلول های نمک اشباع کلرید لیتیم (LiCl)، استات پتاسیم (KC2H3O2)، کلرید کلسیم (CaCl2)، نبترات منیزیم (MgNo3)، نیتریت سدیم (NaNO2)، کلرید سدیم (NaCl) و نیترات پتاسیم (KNo3) استفاده‌شد.

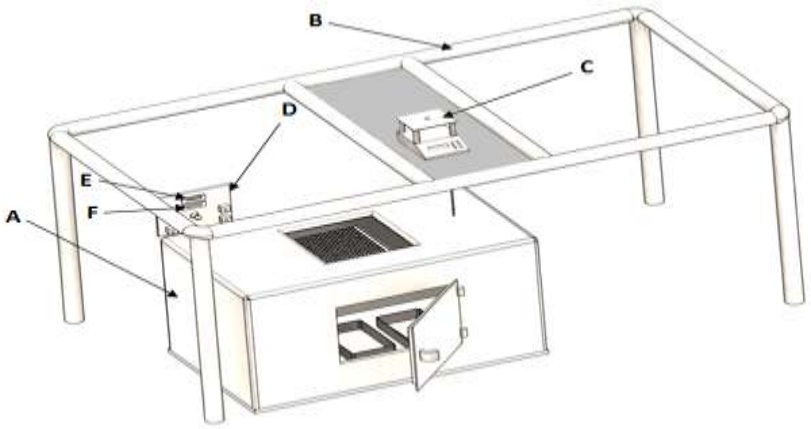
3 - Equilibrium moisture content

4 - Monolayer moisture content

5 - BET (Brunauer, Emmett and teller)

6 - Rough rice

7- Canola



شکل (1). محفظه‌ی آزمایش و تجهیزات آن

A: محفظه‌ی آزمایش؛ B: میز؛ C: ترازوی دیجیتال؛ D: تابلوی مدار الکتریکی؛ E: رطوبت‌سنج؛ F: ترموستات

عمل توزین نمونه های آزمایش توسط یک ترازوی دیجیتال مدل GF 300 با دقت $\pm$ 0/001 گرم انجام می گرفت. این ترازو مجهز به یک قلاب در زیر خود می باشد که با استفاده از این ویژگی، سبد حاوی نمونه‌ها به صورت معلق در فضای داخل محفظه قرار می گرفت و به صورت خودکار توسط ترازو توزین می‌شد. عمل توزین تا زمانی که هیچ تغییری در وزن نمونه (با تولرانس 0/005±گرم) مشاهده نمی شد، ادامه داشت . پس از به تعادل رسیدن نمونه ها در دما و رطوبت نسبی مورد نظر، محتوای رطوبت به کمک آون (دمای 105 درجه‌سانتی‌گراد و مدت 24 ساعت) و استفاده از رابطه ی (1) تعیین می‌شد [زمردیان، 1387].

$$M_{(d.b)} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \qquad (1)$$

W_1 : وزن اولیه‌ی نمونه

W_2 : وزن نمونه بعد از بیرون آوردن از آون.

آزمایشات در سه دمای 30، 40 و 50 درجه سانتی‌گراد و هفت رطوبت نسبی در محدوده ی 11٪ تا 91٪ و سه تکرار انجام شد و میانگین تکرارها به عنوان مقدار رطوبت تعادلی دفعی در هر دما و رطوبت نسبی گزارش شد.

به منظور تعیین مقادیر رطوبت تک‌لایه از معادله خطی بت استفاده گردید (رابطه‌ی (2)).

$$\frac{a_w}{m(1-a_w)} = \frac{1}{m_0 c} + \left(\frac{c-1}{m_0}\right) a_w \qquad (2)$$

که در این معادله m محتوای رطوبت تعادلی پیش‌بینی شده (بر حسب گرم آب بر گرم ماده خشک) در فعالیت آبی (a_w) داده شده می‌باشد و m_o محتوای رطوبت تک‌لایه ای (بر حسب گرم آب بر گرم ماده خشک) می‌باشد و c ثابت معادله بت می‌باشد که به درجه حرارت وابسته است.

اگر مقادیر فعالیت آبی (a_w) به عنوان متغیرهای مستقل در مقابل مقادیر $\left[\frac{a_w}{m(1-a_w)}\right]$، به عنوان متغیر وابسته، رسم شوند نمودار رگرسیون خطی منحصر به فردی با $\left[\frac{c-1}{m_o}\right]$ به عنوان شیب و $\left[\frac{1}{m_o c}\right]$ به عنوان عرض از مبدا به‌دست می آید . با حل همزمان معادلات شیب و عرض از مبدا، رطوبت تک‌لایه (m_o) و ثابت C بدست می‌آید [Mohsenin,1996].

نتایج و بحث

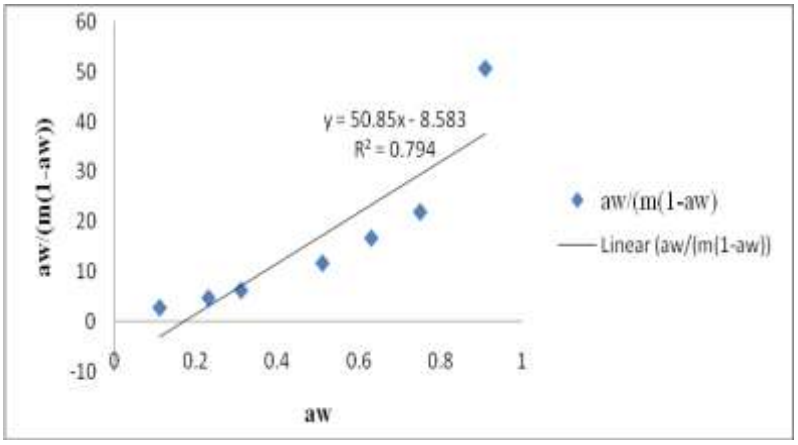
مقادیر رطوبت تک‌لایه و ثابت معادله بت با استفاده از برازش مقادیر تجربی EMC بر روی معادله‌ی خطی بت برای دماهای 30، 40 و 50 درجه سانتی‌گراد محاسبه گردید و در جدول(1) ارائه شد.

جدول (1). مقادیر رطوبت تک‌لایه‌ای (m_0) و ثابت (c) در سه دمای 30، 40 و 50 درجه‌سانتی‌گراد

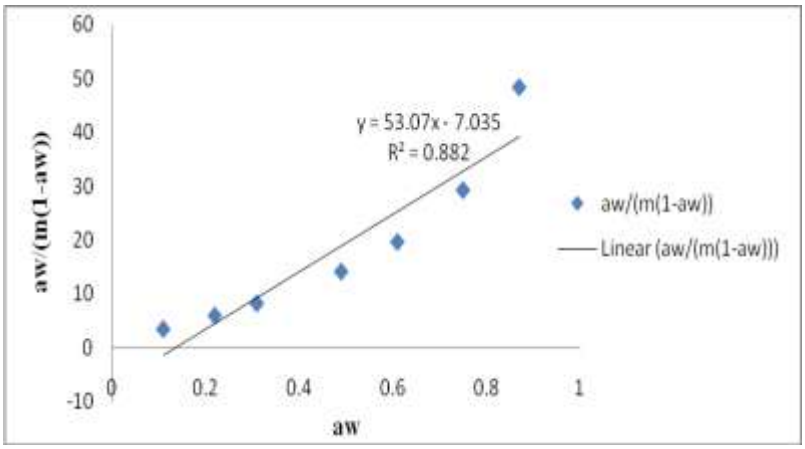
	رطوبت تک‌لایه(گرم آب/گرم ماده خشک)	ثابت c
معادله بت در دمای 30 ° C	0/023	-4/925
معادله بت در دمای 40 ° C	0/021	-6/543
معادله بت در دمای 50 ° C	/014	-7/035

همان‌طور که در جدول(1) مشاهده می شود با کاهش دمای محیط مقدار رطوبت تک‌لایه افزایش می‌یابد. این اثر را این گونه می توان توجیه کرد که با تغییر درجه حرارت محیط جنب و جوش مولکول های ماده و همین طور فاصله‌ی بین مولکول ها تغییر می کند . بنابراین جاذبه ی مولکولی تغییر می کند . این باعث می شود که با تغییر درجه حرارت مقدار آب جذب شده نیز تغییر کند [Al-Muhtaseb et al, 2004].

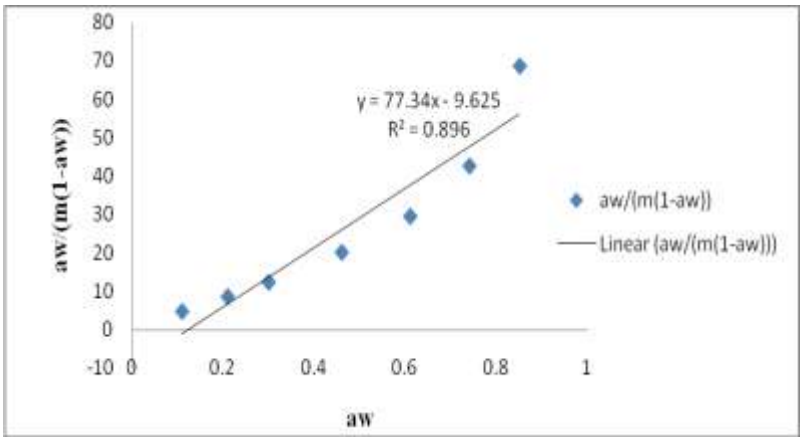
زمردیان و همکاران (2011) درطی تحقیقاتشان بر روی منحنی‌های هم‌دمای رقم لیکورد، مقدار رطوبت تک‌لایه‌ای این ماده را با کمک معادله بت در سه دمای 25، 40 و 55 درجه سانتی گراد محاسبه نمودند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش دما میزان رطوبت تک‌لایه‌ای کاهش می‌یابد. ایگوزا و ویرسدا (2006) که بر روی منحنی‌های هم دمای جذب - دفع رطوبت شلتوک تحقیق نمودند نیز رطوبت تک لایه‌ای این ماده را به کمک معادله بت به‌دست آوردند. طبق نتایج ایشان مقدار رطوبت تک‌لایه‌ای با افزایش دما کاهش می‌یابد.



شکل 2- معادله‌ی خطی بت در دمای 30 درجه سانتی‌گراد



شکل 2- معادله‌ی خطی بت در دمای 40 درجه سانتی‌گراد



شکل 4- معادله‌ی خطی بت در دمای 50 درجه سانتی‌گراد

نتیجه‌گیری

مقادیر رطوبت تک‌لایه و ثابت معادله بت با استفاده از برازش مقادیر تجربی EMC بر روی معادله‌ی خطی بت برای دماهای 30، 40 و 50 درجه سانتی‌گراد محاسبه گردید و به ترتیب d.b 0/023، 0/021، 0/014 و 4/925-، 6/543-، 7/035- بدست آمد. با توجه به مقادیر به دست‌آمده مشاهده می شود که با کاهش دمای محیط مقدار رطوبت تک‌لایه افزایش می‌یابد.

منابع

زمردیان، ع (1387). *خشک کردن دانه ها – اصول عملی و نظری . ترجمه*. تهران: انتشارات مرکز نشر علمی کشاورزی. 444 صفحه.

زمردیان، ع و کاووسی، ز (1389). "بررسی پدیده‌ی پسماند و ارزیابی رطوبت تک‌لایه ای جذب برای دانه کلزا "، *مجله بیوسیستم دانشگاه تهران*، ج (41) 1ص 27 – 25، کرج: نشریه علمی پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

Adawiyah, D. R., Soekarto, T.S. and Hariyadi, P. (2012). "Fat hydrolysis in a food model system: effect of water activity and glass transition". International Food Research Journal 19(2): 737-741 (2012).

Al-Muhtaseb, A.H., Mcminn, W. A. M. and Magee, T. R. A., (2004). "Water sorption isotherms of starch powders". Part 1: Mathematical description of experimental data. J. Food Eng. 61, 297–307.

Anonymous. "production". <http://faostat.fao.org>. Last accessed on: 8/1 /2012.

Iguza, A. and Virseda, P. (2006). "Moisture desorption isotherms of rough rice at high temperetures", Gournal of Food Engineering, Vol. 79, pp. 794-802.

Mohsenin, Nuri. N. (1996). Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach publishers.

Rahman, M.S. (2006). "State diagram of foods: Its potential use in food processing and product stability". Trends in Food Science and Technology 17: 129–141.

Zomorodian, A., Kavoosi Z. and Momenzadeh L. (2011). "Determination of EMC isotherms and appropriate mathematical models for canola", Food and Bioproducts Processing, online article.