تعیین منحنی‌های هم دمای دفع رطوبت کشمش بیدانه سفید و برازش مدل های مختلف

محمد غلامی پرشکوهی *[1]

۱-استادیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

چکیده

منحنی های هم دما در دفع رطوبت، ذخیره و بسته‌بندی مواد غذایی مفید هستند. به خاطر ترکیبات پیچیده مواد غذایی، برآورد تئوری منحنی‌های هم دما غیر ممکن بوده و اندازه‌گیری تجربی مورد نیاز می‌باشد. در این تحقیق منحنی های هم دمای دفعی کشمش بیدانه سفید در دماهای ۳۰، ٤٠، ٥٠، ٦٠، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد به روش ایستا (وزن سنجی) مطابق با دستور العمل COST 90 تعیین شد. برای ارائه مدل ریاضی مناسب به منظور توضیح رفتار تعادلی رطوبت کشمش، مدل های گاب، اسمیت، ازوین، هالسی، هندرسون و آرسی وات مورد بررسی قرار گرفت که از آن میان مدل هالسی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و مدل آرسی وات در دماهای ٤٠ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد، بهترین برازش را نشان داد. همچنین انرژی پیوندی دفع در محتوای رطوبتی مختلف تعیین شد.

کلید واژگان: کشمش، دفع، هم‌دما، رطوبت، انرژی پیوندی.

۱- مقدمه

درخت انگور که در ایران به نامهای مو یا تاک شناخته می‌شود بیش از ده گونه مختلف دارد که از آن میان سه واریته مهم که بیشتر از بقیه هستند عبارتند از انگور بیدانه سفید[1] ، انگور بیدانه قرمز[2] و موسکای اسکندریه[3]. یکی از فراورده‌های مهمی که از انگور تهیه می‌شود کشمش است. کشمش سهم مهمی را در صادرات خشکبار کشور دارا می‌باشد. از کل سهم بازار جهانی کشمش، ایران پس از ترکیه، ایالات متحده آمریکا و آمریکای جنوبی در مقام چهارم کشورهای صادر کننده این محصول در دنیا قرار دارد[۱]. در رقابت میان این کشورها چنانچه فرایند های تعیین کننده پس از برداشت مانند خشک کردن، بسته‌بندی و انبارداری بهبود یافته و بتوانند کیفیت مورد نظر مصرف کنندگان و بازارهای فروش را بر آورده سازند، در آمد ایران از فروش این محصول به مراتب افزایش خواهد یافت. تا کنون تحقیقی در مورد تعیین هم دمای دفع رطوبت برای رقم بی دانه سفید گزارش نشده است ولی برای انگور بی‌دانه سفید در دماهای پایین و در حالت جذب، تحقیقاتی توسط ضرابی و همکاران انجام شده است[۱]. در آن تحقیق منحنی‌های هم دمای جذبی در دمای ۲۰، ۳۰ و ٤٠ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید و مدل هالسی به عنوان مناسب ترین مدل برای تعیین رطوبت تعادلی ارائه شد. گاباس[4] و همکاران مدلی برای جذب آب در انگور رقم ایتالیا تعیین نمودند. آنها منحنی‌های هم دمای جذبی را در دماهای ۳۵، ٤٠، ٥٠، ٦٠، ۷۰ و ۷۵ درجه سانتی‌گراد تعیین کرده و مدل گاب را به عنوان بهترین مدل برای برازش داده‌های آزمایش معرفی کردند[۲] . طی تحقیقی در ترکیه منحنی‌های هم دمای جذب برگه زرد آلو، انجیر و کشمش در دماهای ۲۰ الی ۳٦ درجه سانتی‌گراد تعیین شد و مدل گاب به عنوان مناسب ترین مدل برای تعیین رطوبت تعادلی ارائه گردید [۳]. ساراواکوس[5] و همکاران منحنی‌های هم دمای جذبی کشمش را در دماهای ۲۰، ۲۵، ۳۰ و۳۵ تعیین نمودند و مدل آرسی وات را به عنوان بهترین مدل پیشنهاد کردند[٤].تسامی[6] و همکاران منحنی‌های همدمای جذب و دفع میوه‌های خشک شده انجیر، آلو، زردآلو

*مسئول مکاتبات : Gholamihassan@yahoo.com

1. Thompson seedless
2. Black currant
3. Muscat of Alexandariun
4. Gabbas
5. Saravacos
6. Tsami

Archive of SID

www.SID.ir

و کشمش را در دمای ۱۵، ۳۰، ٤٥، ٦٠ درجه سانتی‌گراد بدست آورده و مدل گاب را به عنوان بهترین مدل تعیین نمودند [٥].منحنی های همدما در دفع آب، ذخیره و بسته‌بندی مواد غذایی مفید هستند. متفاوت بودن ارقام انگور مناطق مختلف از نظر ترکیب شیمیایی و اثر این ترکیبات بر منحنی‌های هم دما انجام این تحقیق را برای ارقام کشمش ایران ضروری می‌سازد. در این پژوهش با استفاده از روش وزن سنجی ایستا، منحنی‌های همدمای دفعی این رقم کشمش تعیین شده و مدل ریاضی مناسب ارائه می‌گردد.

۲- مواد و روشها

۲-۱ – مواد

آزمایشها بر روی کشمش حاصل از انگور بیدانه سفید آفتابی بدون هیچ گونه آماده سازی، انجام شد. کشمش مورد نیاز از منطقه تاکستان قزوین تهیه شد. رطوبت کشمش در حدود ۱۵ درصد بر مبنای خشک بود. محلول‌های اشباع نمک مورد استفاده در این تحقیق برای تامین رطوبتهای نسبی مورد نیاز عبارت بودند از: کلرید لیتیم ($LiCl$)، استات پتاسیم(CH_3COOK)، کلرید منیزیم ($MgCl_2$)، کربنات پتاسیم (K_2CO_3)، نیترات منیزیم ($Mg(NO_3)_2$)، نیترات سدیم ($NaNO_3$)، کلرید سدیم($NaCl$) و کلرید پتاسیم(KCl) که همگی دارای درجه خلوص بالا بوده و از شرکت مرک[1] تهیه شدند. برای جلوگیری از کپک زدگی نمونه‌ها در رطوبت های نسبی بالای ۵۰ درصد و در دمای پایین ۵۰ درجه سانتی‌گراد، از تولوئن استفاده گردید. وسایل آزمایشگاهی مورد نیاز علاوه بر وسایل معمول عبارت بودند از: انکوباتور با حجم ۲۰۰ لیتر و دقت ۰/۳ درجه سانتی‌گراد، آون خلاء با قابلیت ایجاد فشار مطلق تا ۱۵۰ میلی بار، دسیکاتور، ظروف شیشه‌ای کوچک و ظروف شیشه‌ای که حاوی محلول نمک‌های اشباع بودند.

۲-۲ روشها

متداول‌ترین روشهای اندازه‌گیری رطوبت تعادلی، روشهای وزن‌سنجی، رطوبت سنجی و فشار سنجی می‌باشند که در میان روشهای نامبرده، روش وزن سنجی علی رغم زمان بر بودن آن به دلیل سادگی، عدم نیاز به تجهیزات پیچیده و دقت بالا کار برد گسترده‌تری دارد. در این پژوهش از روش وزن سنجی ایستا مطابق با دستور العمل COST90استفاده گردید[٦] .

۲-۲-۱- آماده‌سازی نمونه های آزمایش

پس از جدا کردن دم، کشمشها به قطعات ۱ تا ۲ میلیمتری برش داده شده و حدود ۵۰ گرم توزین و روی ۲ عدد پتری‌دیش ریخته شد. پتری‌دیشها به ظروف درب پلاستیکی که درون آنها تا نیمه از آب مقطر پر شده بود منتقل گردیدند. پتری‌دیشها در داخل ظروف به صورت معلق قرار گرفتند. ظروف در دمای اتاق قرار داده شدند. به دلیل رطوبت نسبی بالا در ظروف آماده‌سازی و احتمال کپک زدگی از لوله‌های مویین حاوی تولوئن که بر روی جدار داخلی ظروف نصب شده بود، استفاده گردید. پس از ۱۵ روز در فواصل زمانی یک روز در میان، پتری‌دیشها توزین شده و چنانچه اختلاف دو توزین متوالی کمتر از ۰/۰۰۱ گرم بود به تعادل رسیده بودند[٥] .

۲-۲-۲- آماده‌سازی محلولهای اشباع نمک

برای ایجاد رطوبتهای نسبی ثابت در دامنه فعالیت آبی ۰/۱۱ تا ۰/۸٤ از هشت محلول اشباع نمک استفاده شد. درصد رطوبت نسبی ایجادشده توسط نمک‌های مذکور در منابع گزارش شده است[۷] . مقادیر آن در دماهای آزمایش در جدول (۱) آمده است. برای اطمینان از باقی ماندن محلولهای نمک در حالت اشباع در حین دوره آزمایش، آماده‌سازی این محلولها در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. پس از اطمینان از اشباع بودن محلول‌ها که با تجمع بلورهای نمک در ته ظروف مشخص می‌شود، جهت کنترل آن، درب ظروف را کامل بسته و در داخل آون با بالاترین درجه آزمایش یعنی ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٦ ساعت قرار داده شد. پس از گذشت زمان مذکور در صورت وجود بلورهای نمک در ته ظروف، محلول اشباع می‌باشد در غیر اینصورت به محلولها مجددا نمک اضافه کرده و مراحل بالا تکرار شد. پس از آماده سازی محلولهای اشباع نمک، مقدار ۱۵۰ میلی لیتر از هر محلول در ظروف آزمایش ریخته شد. ظروف دارای قطر میانی ١٤ و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر بود.

1. Merck

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۱ رطوبت تعادلی و فعالیت آبی نمک های اشباع در دماهای مختلف

دما (^oC)	فعالیت آبی	رطوبت تعادلی (٪)	دما (^oC)	فعالیت آبی	رطوبت تعادلی (٪)
	٠/١١٢٨	٨/٩١		٠/١٠٩٥	٣/٨١
	٠/٢٢٥٦	٩/٢١		٠/١٧٤٧	٦/٠٥
	٠/٣٢٤٤	١١/٥٥		٠/٢٩٢٦	٨/٨
	٠/٤٣٩٦	١٥/٣١		٠/٤٢١١	١١/٢
٣٠	٠/٥٢٥٣	١٩/١١	٦٠	٠/٤٧٢٥	١١/٥٨
	٠/٧٣١٤	٣٧/٣٢		٠/٦٧٣٥	٢٧/٦٧
	٠/٧٥٢٤	٤٧/٨٨		٠/٧٤٧٣	٤٠/٤٦
	٠/٨٣٦٢	٥٥/٢٨		٠/٨٠٢٥	٤١/١٣
	٠/١١٢١	٥/٧٥		٠/١٠٧٥	١/٥٩
	٠/٢٠٦	٧/٨٤		٠/١٦٢	٤/٦٦
	٠/٣١٦	١٠/٦٥		٠/٢٧٧٧	٦/٣١
	٠/٤٣٣	١٥/٢١		٠/٤١٥٨	٨/٩٩
٤٠	٠/٥٠٥٩	١٧	٧٠	٠/٤٥٨	٩/٧١
	٠/٧١	٣٦		٠/٦٦٠٤	٢٣/٥
	٠/٧٥٠٦	٤٤/٥٥		٠/٧٤٥٧	٣٥/٨٤
	٠/٨٢٣٣	٤٨/٧٢		٠/٧٩٤٩	٣٨/٩٢
	٠/١١١	٥/٧٣		٠/١٠٥١	١/٢٧
	٠/١٨٩٢	٦/٨٢		٠/١٥٠٩	٤/٠٦
	٠/٣٠٥٤	١٠/١١		٠/٢٦٠٥	٥/٨٢
	٠/٤٢٦٨	١٥/١		٠/٤١٠٩	٨/٢٨
٥٠	٠/٤٨٨٤	١٦/٧١	٨٠	٠/٤٤٤٧	٨/٩٧
	٠/٦٩٠٤	٣٣/١٣		٠/٦٥٢٢	٢٢/٠٣
	٠/٧٤٨٩	٤٣/٥٤		٠/٧٤٤٣	٣٢/٥٧
	٠/٨١٢	٤٦/٨٤		٠/٧٨٩	٣٥/٨١

٢-٢-٣- تعیین رطوبت تعادلی

برای تسریع در انجام آزمایش ها، از دو انکوباتور به طور هم زمان استفاده گردید. ابتدا دمای مورد نظر در انکوباتورها تنظیم شده و سپس ظروف حاوی محلول های اشباع نمک، درون انکوباتورها قرار داده شد. دمای هوای داخل یکی از ظروف به عنوان شاهد توسط یک دماسنج جیوه‌ای با دقت ٠/١ درجه سانتی‌گراد به صورت جداگانه اندازه‌گیری گردید. پس از رسیدن دمای محلول درون ظروف به دمای انکوباتور، میزان ١/٥ گرم از نمونه‌های کشمش آماده شده درون ظروف کوچک شیشه‌ای که دارای قطر میانی ٤ و ارتفاع ٥ سانتی‌متر بودند ریخته شده و سپس به طور معلق در داخل ظروف محتوی محلول های اشباع نمک قرار داده شد(شکل ١). در تمام مدت آزمایش، هوای درون دستگاه توسط دماسنج کنترل می‌گردید. پس از سپری شدن ١٥ روز، اولین توزین نمونه‌ها انجام شده و توزین های بعدی در فواصل زمانی ٣ روز انجام گرفت. هنگامی که اختلاف دو توزین متوالی کمتر از ٠/٠٠١ گرم بود، آن نمونه به تعادل رسیده بود. برای به تعادل رسیدن نمونه‌ها حدود ٣ الی ٤ هفته زمان لازم بود که هرچه رطوبت نسبی پایین تر و یا دمای آزمایش بالاتر بود، این زمان کاهش پیدا می‌کرد. نمونه‌های به تعادل رسیده، برای تعیین رطوبت نهایی در آون خلاء با دمای ٧٠ درجه و فشار ١٥٠ میلی بار به مدت ٦ ساعت قرار داده شدند [٥] . سپس توزین نمونه‌ها با دقت ٠/٠٠١ گرم انجام گردید. پس از تعیین وزن خشک نمونه‌ها، با استفاده از رابطه (١) رطوبت تعادلی نمونه بر مبنای خشک تعیین گردید. کلیه آزمایشات در سه تکرار انجام گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

٢-٢-٤- تعیین انرژی پیوندی

انرژی پیوندی دفع به صورت مقدار انرژی لازم برای جدا سازی آب از ماده غذایی مازاد بر میزان انرژی لازم برای تبخیر آب آزاد تعریف می‌شود. این پارامتر یک ابزار ارزشمندی برای درک مکانیزم دفع بوده و در محل مربوط به موازنه جرم و انرژی خشک‌کنها و انبارها کاربرد دارد. رابطه ترمودینامیکی کلازیوس – کلاپیرون[1]، ارتباط بین فعالیت آب، انرژی پیوندی و دما را بیان می‌کند(رابطه ٢). از اندازه‌گیری تجربی همدماهای دفع در دماهای گوناگون، انرژی پیوندی متوسط از رسم $\ln a_w$ بر حسب $1/T$ در رطوبت های مختلف، در یک دامنه دمایی تعیین می‌شود. برای دامنه دمایی این منحنی برای هر مقدار رطوبت معمولا خط راست می‌باشد. شیب این خط E_b/R – می‌باشد[١،٢ و ٣] .

$$\frac{d(\ln aw)}{d\left(\frac{1}{T}\right)} = -\frac{E_b}{R}$$

(E_b= انرژی پیوندی و R=ثابت عمومی گازها)

٣- نتایج و بحث

٣-١- بررسی اثرات دما بر روی منحنی‌های دفع

میانگین رطوبت تعادلی حاصل از سه تکرار آزمایش و فعالیت آبی محلول‌های اشباع نمک در جدول (١) ارائه شده است. منحنی‌های هم دمای دفعی نیز در شکل (٢) ترسیم شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، افزایش دما در یک فعالیت آبی معین، مقدار رطوبت تعادلی را کاهش می‌دهد. در تمامی دماها افزایش فعالیت آبی موجب افزایش رطوبت تعادلی کشمش می‌گردد و این تغییرات در فعالیت آب بالای ٥٠ درصد بیشتر مشهود می‌باشد. همچنین در دماهای بالای ٦٠ درجه سانتی‌گراد و در فعالیت آبی پایین مقدار رطوبت تعادلی تغییر چندانی نداشته که در شکل (٢) می‌توان آن را مشاهده نمود. کشمش مانند تمام مواد غذایی که قند بالایی دارند در فعالیت آبی پایین مقدار رطوبت بیشتری می‌تواند دفع کند و در فعالیت آبی بالا دفع رطوبت کمتر می‌شود. بخش اول منحنی‌های هم دما دفعی‌که در شکل(٢) دیده می‌شود در تمام مواد غذایی دیده می‌شود و دلیل آن دفع بیشتر رطوبت موجود در قندهای کشمش است و تیزی منحنی به خاطر دفع کمتر رطوبت موجود در کشمش می‌باشد[٩].

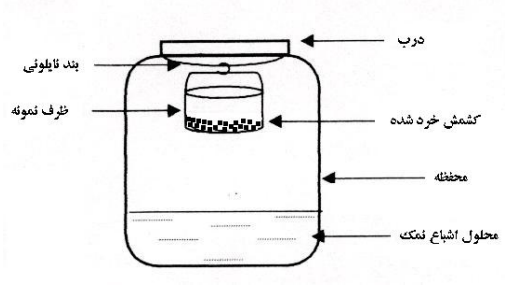
٣-٢- برازش داده‌ها

به منظور ارائه مدل مناسب برای رفتار تعادلی کشمش، مدل های ریاضی گاب، اسمیت، هندرسون، ازوین، هالسی و آرسی وات به شرح جدول(٢) در برازش داده‌های تجربی رطوبت تعادلی مورد بررسی قرار گرفتند. برای برازش داده‌ها از روش رگرسیون غیر خطی استفاده شد و به کمک نرم افزارهای آماری استاتیسیتکا[1] و اکسل[2] مدل های مذکور با داده‌ها برازش داده شدند. برای تعیین مناسب بودن برازش علاوه بر ضریب همبستگی (R^2) از سه شاخص دیگر، به شرح جدول (٣) استفاده گردید. نتایج به دست آمده از برازش مدل های مورد آزمون در دماهای ٣٠، ٤٠، ٥٠، ٦٠، ٧٠ و ٨٠ درجه سانتی‌گراد در جدول(٤) آمده است. نتایج حاصله نشان داد که در بیشتر موارد مدل های گاب، هالسی و آرسی وات، برازش قابل قبولی با داده‌های آزمایش داشته و می‌توان از آنها برای تخمین رطوبت تعادلی در دماها و رطوبت های نسبی مختلف استفاده نمود. همچنین در بین مدل ها، مدل اسمیت و هندرسون دارای ضعیف ترین برازش در دماهای مختلف بودند. در مجموع در دمای ٣٠ درجه سانتی‌گراد مدل هالسی، در دماهای ٤٠ تا٨٠ درجه سانتی‌گراد مدل آرسی وات دارای بیشترین مقدار R^2 و کمترین مقدار P، R_{MSE} و χ^2 بوده و لذا مناسب ترین مدل ها می‌باشند. شکلهای ٣ تا ٨ برازش این مدل ها را با داده‌های آزمایش در دماهای مختلف نشان می‌دهد.

رابطه ١:

$X_e=M_w-M_d/M_d$

M_w= وزن نمونه تر و M_d= وزن نمونه خشک

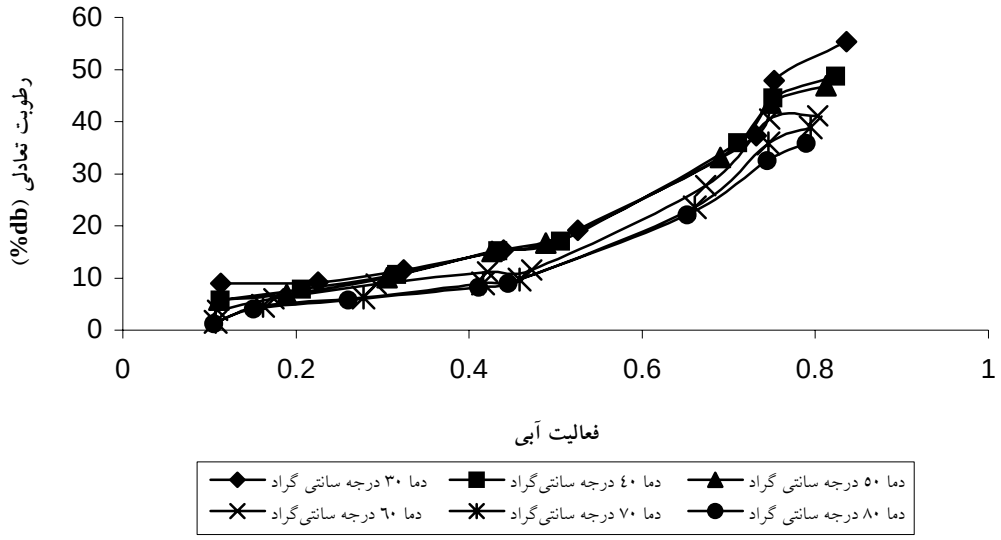


شکل ١ ظرف محلول نمک اشباع به همراه نمونه آزمای

1. Clausius – Clapeyron equation

1. Statistica
2. Excel

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۲ تاثیر دما بر رطوبت تعادلی

۳-۳- تعیین انرژی پیوندی

نتایج حاصل از تعیین انرژی پیوندی نشان می‌دهد که وقتی رطوبت کشمش افزایش می‌یابد انرژی پیوندی کاهش می‌یابد. علت آن نزدیک شدن خصوصیات آب موجود در مواد غذایی به آب آزاد می‌باشد[۲ و ۳] . در رطوبت های پایین مقدار انرژی پیوندی افزایش می‌یابد که علت آن را می‌توان به پیوند قوی بین مولکول های آب با کشمش بیان نمود. منحنی انرژی پیوندی در محتوای رطوبتی ۸ درصد تا ۲۲ درصد در شکل (۹) ترسیم شده است. با توجه به این که بهترین رطوبت کشمش ۱۶ درصد می‌باشد، مقدار انرژی پیوندی برای رسیدن به رطوبت مناسب با توجه به منحنی شکل (۹)، ۶/۳۸ KJ/mol می‌باشد.

جدول۲ مدل های مورد استفاده در تحقیق برای برازش داده‌ها

نام مدل	معادله	مرجع
گاب(GAB)	$X_e = \frac{CKM_m A_w}{(1-KA_w)(1-KA_w+CKA_w)}$	Guzey et al., 2001
اسمیت(SMITH)	$X_e = A - B\ln(1-A_w)$	Guzey et al., 2001
هندرسون(HENDERSON)	$A_w = 1-\exp\left(-AX_e{}^B\right)$	Saravacos et al., 1986
ازوین(OSWIN)	$X_e = A\left(\frac{A_w}{1-A_w}\right)^B$	Guzey et al., 2001
هالسی (HALSEY)	$X_e = \left(\frac{-A}{\ln A_w}\right)^B$	Guzey et al., 2001
آرسی وات(D`ARCY-WATT)	$X_e = \frac{ABA_w}{1+AA_w} + CA_w + \frac{DEA_w}{1-DA_w}$	Saravacos et al., 1986

جدول۳ شاخص‌های ارزیابی مدل‌های به کار برده شده در تحقیق

Archive of SID
www.SID.ir

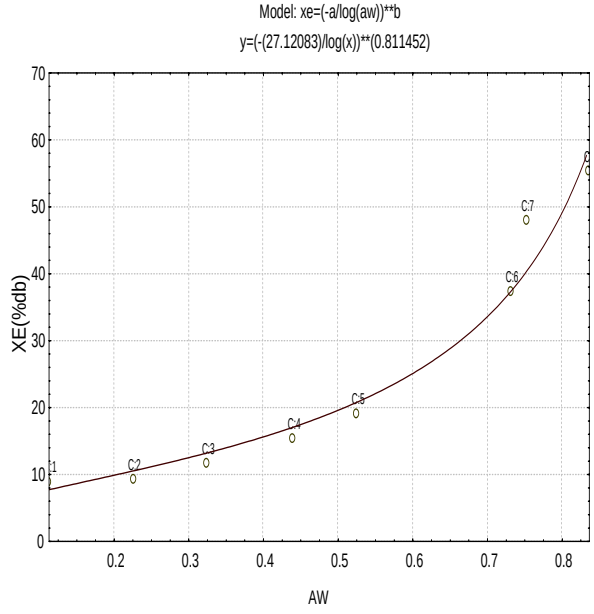
نام شاخص	رابطه	مرجع
مقدار P (P value)	$P=\frac{100}{N}\sum\left\lvert\frac{X_p-X_o}{X_o}\right\rvert$	San Martin et al., 2001
مربع کای (Chi square)	$\chi^2=\frac{1}{N-n}\sum\left(X_e-X_o\right)^2$	San Martin et al., 2001
ریشه میانگین مربعات خطا (Root mean square error)	$R_{MSE}=\sqrt{\frac{1}{N}\sum\left(X_e-X_o\right)^2}$	San Martin et al., 2001

٤- نتیجه گیری

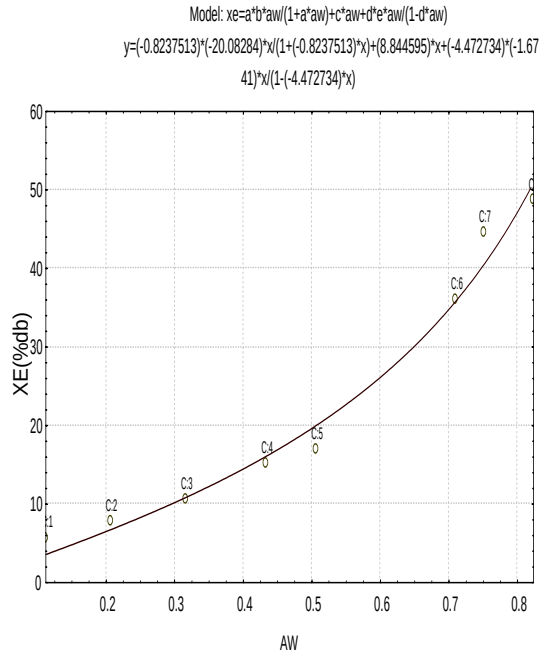
در این تحقیق رطوبت تعادلی دفعی کشمش بیدانه سفید در دماهای ٣٠، ٤٠، ٥٠، ٦٠، ٧٠ و ٨٠ با استفاده از وزن سنجی ایستا تعیین و منحنی‌های هم دما ترسیم شد. همچنین برازش داده‌ها با برخی از مدل ها نشان داد که مدل گاب، هالسی و آرسی وات می‌تواند برای تخمین رطوبت تعادلی در فعالیت آبی ٠/١١ تا ٠/٨٤ بکار رود. مقدار انرژی پیوندی در محتوای رطوبتی ١٦ درصد، ٦/٣٨ KJ/mol محاسبه شد.

نمادها

A_w=فعالیت آبی، M_w = وزن نمونه تر، M_d = وزن نمونه خشک، M_m= رطوبت تک لایه (بر مبنای خشک)، X_e= مقدار رطوبت تعادلی (بر مبنای خشک)، X_p= رطوبت تعادلی بدست آمده از مدل، X_o = رطوبت تعادلی بدست آمده از آزمایش، A,B,C,D.E= ثابتهای مدل‌ها، N= تعداد نقاط تجربی، n= تعداد ثابت های مدل، E_b = انرژی پیوندی، R= ثابت گازها، T= دما (درجه کلوین)



شکل٣ برازش مدل هالسی با داده‌های آزمایش در دمای ٣٠ درجه سانتی‌گراد



شکل٤ برازش مدل آرسی وات با داده‌های آزمایش در در دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد

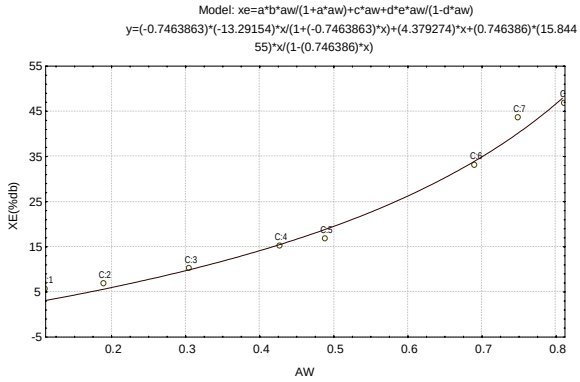
www.SID.ir

جدول٤ ضرایب مدل های برازش شده بر داده‌های آزمایش

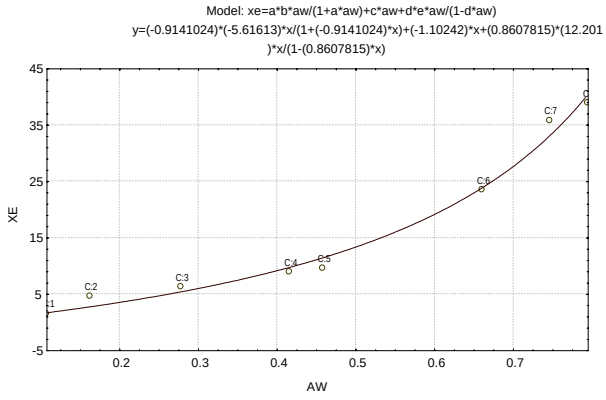
مدل	دما	A	B	C	KorD	$M_m$orE	R^2	P	R_{MSE}	χ^2
	٣٠	–	–	٣/١٤١	٠/٩٠٢	١٥/٤٨٧	٠/٩٦٩٥	١٣/٧	٣/٠٣	١٤/٧
	٤٠	–	–	٥/٨١١	٠/٩٣٨	١٢/٣٦٥	٠/٩٧٢٢	١٠/٤١	٢/٦٨	١١/٥٢
	٥٠	–	–	٧/٠٦٥	٠/٩٥٩	١١/٤٣٧	٠/٩٧٥	١٠/٨٣	٢/٤٣	٩/٤٨
گاب	٦٠	–	–	٣/٨٧٨	٠/٩٦٧	١٠/٦١	٠/٩٦٥٧	١٠	٢/٦٥	١١/٢٨
	٧٠	–	–	٣/٩٥٥	١/٠٢	٨/١٩٨	٠/٩٧٨٤	٢١	٢	٦/٤٥
	٨٠	–	–	٦/٤٦١	١/٠٥	٦/٧٢٥	٠/٩٧٧١	٣٠/٨	١/٩	٥/٧٩
	٣٠	٠/٩٠٤	٢٩/٨٤٨	–	–	–	٠/٩٦٥٩	١٥/٦٩	٣/٢٠	١٣/٦٧
	٤٠	٠/٢٥٧	٢٨/٨٧	–	–	–	٠/٩٨٠٤	١٢/٠٣	٢/٢٥	٦/٧٦
	٥٠	٠/٢٨٩	٢٨/٥٩١	–	–	–	٠/٩٨٤٥	١٠/٨٧	١/٩٢	٤/٩٤
اسمیت	٦٠	−١/٠٧٢	٢٦/٧٣٧	–	–	–	٠/٩٦٤٦	٢٠/٦٠	٢/٧٠	٩/٦٩
	٧٠	−٢/٦١٣	٢٥/٩٣٩	–	–	–	٠/٩٧٣٥	٢٨/٠٤	٢/٢٣	٦/٦١
	٨٠	٢/٢٢٣	٢٤/٠٩٣	–	–	–	٠/٩٧٩٣	٢٦/٠٧	١/٨١	٤/٣٦
	٣٠	−٠/٠٣٧	٠/٩٦٥	–	–	–	٠/٩٦٥٩	١٦/٤٥	٣/٢٢	١٣/٨١
	٤٠	−٠/٠٣٧	٠/٩٧٧	–	–	–	٠/٩٨٠٦	١٢/٥٦	٢/٢٤	٦/٧١
	٥٠	−٠/٠٣٨	٠/٩٧٨	–	–	–	٠/٩٨٤٦	١١/٤٨	١/٩٢	٤/٩١
هندرسون	٦٠	−٠/٠٦١	٠/٨٧١	–	–	–	٠/٩٧٠١	١٩/٨	٢/٤٨	٨/٢
	٧٠	−٠/٠٩٤	٠/٧٦٣	–	–	–	٠/٩٨٦١	١٦/٦٣	١/٦١	٣/٤٥
	٨٠	−٠/٠٩٥	٠/٧٧٧	–	–	–	٠/٩٩٠١	١٤/١٥	١/٢٥	٢/٠٩
	٣٠	٢٩/٨١٠	٠/٤٥٥	–	–	–	٠/٩٦٦٣	١٥/٦٣	٣/١٨	١٣/٥٣
	٤٠	٢٩/٤٩٣	٠/٤٢٩	–	–	–	٠/٩٧٩٤	١٢/٣١	٢/٢٩	٧/٠٣
	٥٠	٢٨/٩٩٣	٠/٤٣٧	–	–	–	٠/٩٨٤٠	١٠/٩٣	١/٩٦	٥/١١
ازوین	٦٠	٢١/٩٥٩	٠/٥٦٣	–	–	–	٠/٩٦٩٧	١٦/٦٤	٢/٨٨	٨/٣١
	٧٠	١٦/٢٧١	٠/٧٢٥	–	–	–	٠/٩٨٦٠	١٣/٦	١/٦٢	٣/٤٩
	٨٠	١٥/٥٧٣	٠/٧١٢	–	–	–	٠/٩٩٠٢	١٦/٢٧	١/٢٥	٢/٠٧
	٣٠	٢٧/١٢١	٠/٨١١	–	–	–	٠/٩٦٩٤	١٠/٦٠	٣/١٨	١٣/٤٨
	٤٠	٢٣/٣٢٧	٠/٨٣٠	–	–	–	٠/٩٦٤٤	١٢/٧٨	٣/٠٤	١٢/٢٩
	٥٠	٢٠/٦٨٦	٠/٨٥٤	–	–	–	٠/٩٧١٩	١١/٤٨	٢/٥٩	٨/٩٦
هالسی	٦٠	١٢/٢٠٤	٠/٩٤٩	–	–	–	٠/٩٦١٧	١٢/٦٠	٢/٨٠	١٠/٤٩
	٧٠	٧/٢٩٤	١/٠٧٩	–	–	–	٠/٩٧٨٩	٢٢/٧١	١/٩٨	٥/٢٤
	٨٠	٦/٨٥٦	١/٠٨٢	–	–	–	٠/٩٨٣	٢٦/٠٧	٢/٦٨	٣/٥٨
	٣٠	−٠/٨٤٣	−١٩/٢٧٨	٩/٣٤٥	٠/١٠٤	٢٨/٩٢٣	٠/٩٦٧٤	١٦/٠٨	٣/١٣	٢٦/١٩
	٤٠	−٠/٨٢٤	−٢٠/٠٨٢	٨/٨٤٥	−٤/٤٧٢	−١/٦٧٣	٠/٩٨٢٠	١١/٣٤	٢/١٥	١٢/٣٦
	٥٠	−٠/٧٤٦	−١٣/٢٩٢	٤/٣٧٩	٠/٧٤٦	١٥/٨٤٤	٠/٩٨٥٨	١١/٧٣	١/٨٥	٩/٠٩
آرسی وات	٦٠	−٠/٨٣٧	−٧/٦٩٢	٣/٧٩٦	٠/٨٤٣	١١/٨٥٥	٠/٩٧٢١	١١/٦٤	٢/٣٩	١٥/٢٨
	٧٠	−٠/٩١٤	−٥/٦١٦	−١/١٠٢	٠/٨٦٠	١٢/٢	٠/٩٨٧٧	١٣/٠١	١/٥٢	٦/١٤
	٨٠	−٠/٩٢١	−٦/٠٧٥	٢/٨٢٦	٠/٩١١	٧/٢٧	٠/٩٩١٠	١٠/٧٦	١/١٩	٣/٧٩

Archive of SID

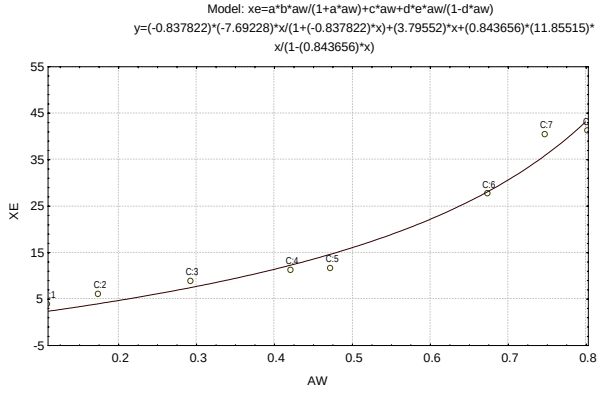
www.SID.ir



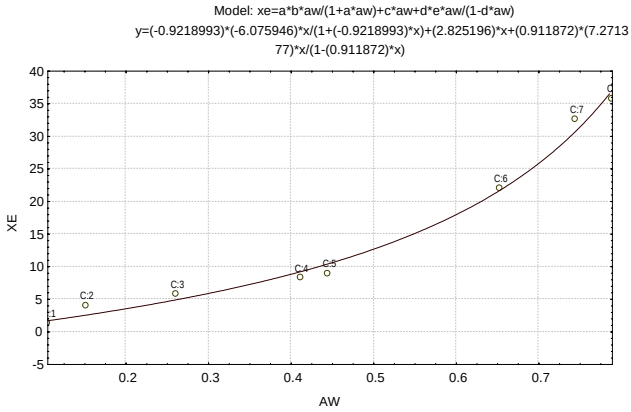
شکل ۵ برازش مدل آرسی وات با داده های آزمایش در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد



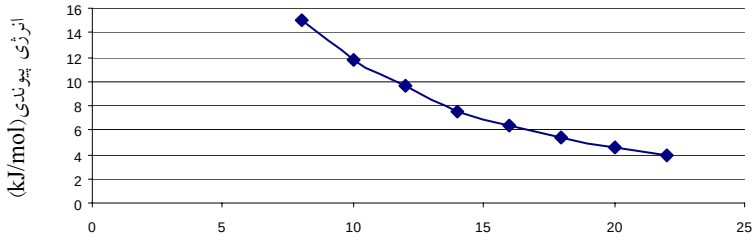
شکل۷ برازش مدل آرسی وات با داده‌های آزمایش در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد



شکل٦ برازش مدل آرسی وات با داده‌های آزمایش در دمای ٦٠درجه سانتی‌گراد



شکل۸ برازش مدل آرسی وات با داده‌های آزمایش در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد



شکل۹ مقادیر انرژی پیوندی در محتوای رطوبتی مختلف

۵- منابع

[۱] ضرابی م. تعیین پارامترهای طراحی در خشک‌کردن انگـور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی شیمی. دانـشگاه تربیت مدرس. ۱۳۷۷. صفحه ۱۰-۱٤٥.

[2] Gabas AL, Telis-Romero J, Menegalli FC. Thermodynamic models for water sorption by grape skin and pulp. Drying Technology 1999; 17(4/5): 961-974.

[3] Ayranchi E, Ayranci G, Dogantan Z. Moisture sorption isotherms of dried apricot, fig and raisin at 20ºC and 36ºC. Journal of Food Science 1990; 55(6): 1591-1593.

[4] Saravacos GD, Tsiourvas DA, Tsami E. Effect of temperature on the water adsorption isotherms of Sultana Raisins. Journal of Food Science 1986; 51(2): 381-385.

www.SID.ir

[5] Tsami E, Marinos-Kouris D, Maroulis ZB. Water sorption isotherms of Raisins, Currants, Figs, Prunes and Apricots. Journal of Food Science 1990; 55(6): 1594-1597.
[6] Spiess WE, Wolf WR. The result of cost 90 projects on water activity. In r. jowitt et al. (Ed) 1983; Pp 67-87: Applid Science Pub.
[7] Rahman S. Food Properties Handbook 1995; Pp 1-45. CRC press.
[8] Guzey D, Ozdemir M, Seyhan FG, Devres YO. Adsorption isotherms of raw and roasted hazelnuts. Drying Technology 2001; 19 (3&4): 691-699.
[9] San Martin MB, Mate JI, Fernandez T, Virseda P. Modeling adsorption equilibrium moisture characteristics of rough rice. Drying Technology 2001; 19 (3&4): 681-690.
[10] Simal S, Rosselo C, Sanches E, Canellas J. Quality of raisin treated and stored under different conditions. Journal Agriculture Food Chemistry 1996; 44:3297-3302.
[11] Vazquez G, Chenlo F, moreira R, Carballo L. Adsorption isotherms of Muscatels and Aledo grape, and influence of pretreatment on muscatel isotherm. Journal of Food Engineering 1999; 39: 409-414.

Archive of SID

www.SID.ir

Estimation of Moisture Desorption Isotherms for Thompson Seedless Raisins and Determining the Best Appropriate Model

Gholami, M.[1*]

1- Assistant Professor, Agricultural Machinery Engineering, Islamic Azad Univ. Takestan branch

Moisture desorption isotherms are useful in food dehydration, storage and packaging. Due to the complex food composition, theoretical prediction of the isotherms is not possible and experimental measurements are necessary. Moisture desorption isotherms of Thompson seedless raisins were determined at 30, 40, 50, 60, 70 and 80 ºC, using the standard static gravimetric method developed by the European cooperation project COST 90. GAB, Smith, Oswin, Halsey, Henderson and D'Arcy-Watt equation were fit the data. The experimental data were fitted well with Halsey equation at 30 ºC and 40 to 80 ºC, with D'Arcy-Watt equation. So, Isosteric heat of desorption data obtained at different moisture content.

Key Words: Raisin, Isotherm, Desorption, Moisture, Isosteric.

Archive of SID

* Corresponding author E-mail address: Gholamihassan@yahoo.com

www.SID.ir