

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

محمد غلامی پرشکوهی<sup>۱\*</sup>

۱-استادیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

## چکیده

منحنی های هم دما در دفع رطوبت، ذخیره و بسته بندی مواد غذایی مفید هستند. به خاطر ترکیبات پیچیده مواد غذایی، برآورد تئوری منحنی های هم دما غیر ممکن بوده و اندازه گیری تجربی مورد نیاز می باشد. در این تحقیق منحنی های هم دمای دفعی کشمش بیدانه سفید در دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی گراد 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 سانتی گراد و مدل آرسی وات در دماهای ۴۰ تا ۸۰ درجه سانتی گراد، بهترین برآزش را نشان داد. همچنین انرژی پیوندی دفع در محتوای رطوبتی مختلف تعیین شد.

**کلید واژگان:** کشمش، دفع، هم دما، رطوبت، انرژی پیوندی.

## ۱- مقدمه

همکاران انجام شده است [۱]. در آن تحقیق منحنی های هم دمای جذبی در دمای ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی گراد تعیین گردید و مدل هالسی به عنوان مناسب ترین مدل برای تعیین رطوبت تعادلی ارائه شد. گاباس<sup>۴</sup> و همکاران مدلی برای جذب آب در انگور رقم ایتالیا تعیین نمودند. آنها منحنی های هم دمای جذبی را در دماهای ۳۵، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۷۵ درجه سانتی گراد تعیین کرده و مدل گاب را به عنوان بهترین مدل برای برآزش داده های آزمایش معرفی کردند [۲]. طی تحقیقی در ترکیه منحنی های هم دمای جذب برگه زرد آلو، انجیر و کشمش در دماهای ۲۰ الی ۳۶ درجه سانتی گراد تعیین شد و مدل گاب به عنوان مناسب ترین مدل برای تعیین رطوبت تعادلی ارائه گردید [۳]. ساراواکوس<sup>۵</sup> و همکاران منحنی های هم دمای جذبی کشمش را در دماهای ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ تعیین نمودند و مدل آرسی وات را به عنوان بهترین مدل پیشنهاد کردند [۴]. تسامی<sup>۶</sup> و همکاران منحنی های هم دمای جذب و دفع میوه های خشک شده انجیر، آلو، زرد آلو

درخت انگور که در ایران به نامهای مو یا تاک شناخته می شود بیش از ده گونه مختلف دارد که از آن میان سه واریته مهم که بیشتر از بقیه هستند عبارتند از انگور بیدانه سفید<sup>۱</sup>، انگور بیدانه قرمز<sup>۲</sup> و موسکای اسکندریه<sup>۳</sup>. یکی از فراورده های مهمی که از انگور تهیه می شود کشمش است. کشمش سهم مهمی را در صادرات خشکبار کشور دارا می باشد. 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، بسته بندی 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 بی دانه سفید در دماهای پایین و در حالت جذب، تحقیقاتی توسط ضرابی و

\*مسئول مکاتبات : Gholamihassan@yahoo.com

4. Gabbas  
5. Saravacos  
6. Tsami

1. Thompson seedless  
2. Black currant  
3. Muscat of Alexandariun



به دلیل سادگی، عدم نیاز به تجهیزات پیچیده و دقت بالا کار برد گسترده تری دارد. در این پژوهش از روش وزن سنجی ایستا مطابق با دستور العمل COST90 استفاده گردید [6].

## ۲-۲-۱- آماده سازی 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 پتری دیش ریخته شد. پتری دیشها به ظروف درب پلاستیکی که درون آنها تا نیمه از آب مقطر پر شده بود منتقل گردیدند. پتری دیشها در داخل ظروف به صورت معلق قرار گرفتند. ظروف در دمای اتاق قرار داده شدند. به دلیل رطوبت نسبی بالا در ظروف آماده سازی و احتمال کپک زدگی از لوله های موین حاوی تولوئن که بر روی جدار داخلی ظروف نصب شده بود، استفاده گردید. پس از ۱۵ روز در فواصل زمانی یک روز در میان، پتری دیشها توزین شده و چنانچه اختلاف دو توزین متوالی کمتر از ۰/۰۰۱ گرم بود به تعادل رسیده بودند [5].

## ۲-۲-۲- آماده سازی محلولهای اشباع نمک

برای ایجاد رطوبتهای نسبی ثابت در دامنه فعالیت آبی ۰/۱۱ تا ۰/۸۴ از هشت محلول اشباع نمک استفاده شد. درصد رطوبت نسبی ایجاد شده توسط نمک های مذکور در منابع گزارش شده است [7]. مقادیر آن در دماهای آزمایش در جدول (۱) آمده است. برای اطمینان از باقی ماندن محلولهای نمک در حالت اشباع در حین دوره آزمایش، آماده سازی این محلولها در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد انجام گرفت. پس از اطمینان از اشباع بودن محلولها که با تجمع بلورهای نمک در ته ظروف مشخص می شود، جهت کنترل آن، درب ظروف را کامل بسته و در داخل آن با بالاترین درجه آزمایش یعنی ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۶ ساعت قرار داده شد. پس از گذشت زمان مذکور در صورت وجود بلورهای نمک در ته ظروف، محلول اشباع می باشد در غیر اینصورت به محلولها مجدداً 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 ۱۴ و ارتفاع ۱۳ سانتی متر بودند.

و کشمش را در دمای ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ درجه سانتی گراد بدست آورده و مدل گاب را به عنوان بهترین مدل تعیین نمودند [5]. منحنی های هم دما در دفع آب، ذخیره و بسته بندی مواد غذایی مفید هستند. متفاوت بودن ارقام انگور مناطق مختلف از نظر ترکیب شیمیایی و اثر این ترکیبات بر منحنی های هم دما انجام این تحقیق را برای ارقام کشمش ایران ضروری می سازد. در این پژوهش با استفاده از روش وزن سنجی ایستا، منحنی های هم دمای دفعی این رقم کشمش تعیین شده و مدل ریاضی مناسب ارائه می گردد.

## 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. محلول های اشباع نمک مورد استفاده در این تحقیق برای تامین رطوبتهای نسبی مورد نیاز عبارت بودند از: کلرید لیتیم ( $\text{LiCl}$ )، استات پتاسیم ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ )، کلرید منیزیم ( $\text{MgCl}_2$ )، کربنات پتاسیم ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ )، نیترات منیزیم ( $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ )، نیترات سدیم ( $\text{NaNO}_3$ )، کلرید سدیم ( $\text{NaCl}$ ) و کلرید پتاسیم ( $\text{KCl}$ ) که همگی دارای درجه خلوص بالا بوده و از شرکت مرک<sup>۱</sup> تهیه شدند. برای جلوگیری از کپک زدگی نمونه ها در رطوبت های نسبی بالای ۵۰ درصد و در دمای پایین ۵۰ درجه سانتی گراد، 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 سانتی گراد، آن خلاء با قابلیت ایجاد فشار مطلق تا ۱۵۰ میلی بار، دسیکاتور، ظروف شیشه ای کوچک و ظروف شیشه ای که حاوی محلول نمک های اشباع بودند.

### ۲-۲ روشها

متداول ترین روشهای اندازه گیری رطوبت تعادلی، روشهای وزن سنجی، رطوبت سنجی و فشار سنجی می باشند که در میان روشهای نامبرده، روش وزن سنجی علی رغم زمان بر بودن آن

جدول ۱ رطوبت تعادلی و فعالیت آبی نمک های اشباع در دماهای مختلف

رطوبت تعادلی (%)	فعالیت آبی	دما (°C)	رطوبت تعادلی (%)	فعالیت آبی	دما (°C)
۳/۸۱	۰/۱۰۹۵		۸/۹۱	۰/۱۱۲۸	
۶/۰۵	۰/۱۷۴۷		۹/۲۱	۰/۲۲۵۶	
۸/۸	۰/۲۹۲۶		۱۱/۵۵	۰/۳۲۴۴	
۱۱/۲	۰/۴۲۱۱		۱۵/۳۱	۰/۴۳۹۶	
۱۱/۵۸	۰/۴۷۲۵	۶۰	۱۹/۱۱	۰/۵۲۵۳	۳۰
۲۷/۶۷	۰/۶۷۳۵		۳۷/۳۲	۰/۸۳۱۴	
۴۰/۴۶	۰/۷۴۷۳		۴۷/۸۸	۰/۷۵۲۴	
۴۱/۱۳	۰/۸۰۲۵		۵۵/۲۸	۰/۸۳۶۲	
۱/۵۹	۰/۱۰۷۵		۵/۷۵	۰/۱۱۲۱	
۴/۶۶	۰/۱۶۲		۷/۸۴	۰/۲۰۶	
۶/۳۱	۰/۲۷۷۷		۱۰/۶۵	۰/۳۱۶	
۸/۹۹	۰/۴۱۵۸		۱۵/۲۱	۰/۴۳۳	
۹/۷۱	۰/۴۵۸	۷۰	۱۷	۰/۵۰۵۹	۴۰
۲۳/۵	۰/۶۶۰۴		۳۶	۰/۷۱	
۳۵/۸۴	۰/۷۴۵۷		۴۴/۵۵	۰/۷۵۰۶	
۳۸/۹۲	۰/۷۹۴۹		۴۸/۷۲	۰/۸۲۳۳	
۱/۲۷	۰/۱۰۵۱		۵/۷۳	۰/۱۱۱	
۴/۰۶	۰/۱۵۰۹		۶/۸۲	۰/۱۸۹۲	
۵/۸۲	۰/۲۶۰۵		۱۰/۱۱	۰/۳۰۵۴	
۸/۲۸	۰/۴۱۰۹		۱۵/۱	۰/۴۲۶۸	
۸/۹۷	۰/۴۴۴۷	۸۰	۱۶/۷۱	۰/۴۸۸۴	۵۰
۲۲/۰۳	۰/۶۵۲۲		۳۳/۱۳	۰/۶۹۰۴	
۳۲/۵۷	۰/۷۴۴۳		۴۳/۵۴	۰/۷۴۸۹	
۳۵/۸۱	۰/۷۸۹		۴۶/۸۴	۰/۸۱۲	

## ۲-۲-۳- 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 ۰/۱ درجه سانتی‌گراد به صورت جداگانه اندازه‌گیری گردید. پس از رسیدن دمای محلول درون ظروف به دمای انکوباتور، میزان ۱/۵ گرم از نمونه‌های کشمش آماده شده درون ظروف کوچک شیشه‌ای که دارای قطر میانی ۴ و ارتفاع ۵ سانتی‌متر بودند ریخته شده و سپس به طور معلق در داخل ظروف محتوی محلول های اشباع نمک قرار داده شد (شکل ۱). در تمام مدت آزمایش، هوای درون دستگاه توسط دماسنج کنترل می‌گردید.

پس از سپری شدن ۱۵ روز، اولین توزین نمونه‌ها انجام شده و توزین های بعدی در فواصل زمانی ۳ روز انجام گرفت. هنگامی که اختلاف دو توزین متوالی کمتر از ۰/۰۰۱ گرم بود، آن نمونه به تعادل رسیده بود. برای به تعادل رسیدن نمونه‌ها حدود ۳ الی ۴ 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 آن خلاء با دمای ۷۰ درجه و فشار ۱۵۰ میلی بار به مدت ۶ ساعت قرار داده شدند [۵]. سپس توزین نمونه‌ها با دقت ۰/۰۰۱ گرم انجام گردید. پس از تعیین وزن خشک نمونه‌ها، با استفاده از رابطه (۱) رطوبت تعادلی نمونه بر مبنای خشک تعیین گردید. کلیه آزمایشات در سه تکرار انجام گرفت.



## ۲-۲-۴- 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<sup>۱</sup>، ارتباط بین فعالیت آب، انرژی پیوندی و دما را بیان می‌کند (رابطه ۲). 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 معمولاً خط راست می‌باشد. شیب این خط  $E_b/R$  - می‌باشد [۲، ۳].

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

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

## ۳- نتایج و بحث

## ۳-۱- بررسی اثرات دما بر روی منحنی‌های دفع

میانگین رطوبت تعادلی حاصل از سه تکرار آزمایش و فعالیت آبی محلول‌های اشباع نمک در جدول (۱) ارائه شده است. منحنی‌های هم دمای دفعی نیز در شکل (۲) 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 ۵۰ درصد بیشتر مشهود می‌باشد. همچنین در دماهای بالای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و در فعالیت آبی پایین مقدار رطوبت تعادلی تغییر چندانی نداشته که در شکل (۲) 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 دفعی که در شکل (۲) دیده می‌شود در تمام مواد غذایی دیده می‌شود و دلیل آن دفع بیشتر رطوبت موجود در قندهای

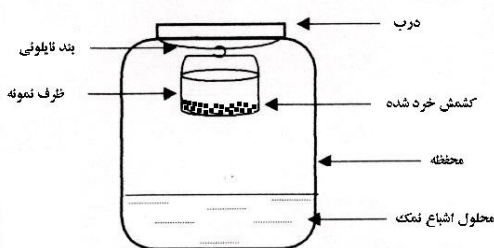
کشمش است و تیزی منحنی به خاطر دفع کمتر رطوبت موجود در کشمش می‌باشد [۹].

## ۳-۲- 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 (۲) 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 استاتستیکا<sup>۱</sup> و اکسل<sup>۲</sup> 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 (۳) استفاده گردید. نتایج به دست آمده از برازش مدل های مورد آزمون در دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد در جدول (۴) 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 ۳۰ درجه سانتی‌گراد مدل هالسی، در دماهای ۴۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد مدل آرسی وات دارای بیشترین مقدار  $R^2$  و کمترین مقدار  $P$ ،  $R_{MSE}$  و  $\chi^2$  بوده و لذا مناسب ترین مدل ها می‌باشند. شکلهای ۳ تا ۸ برازش این مدل ها را با داده‌های آزمایش در دماهای مختلف نشان می‌دهد. رابطه ۱:

$$X_e = M_w - M_d / M_d$$

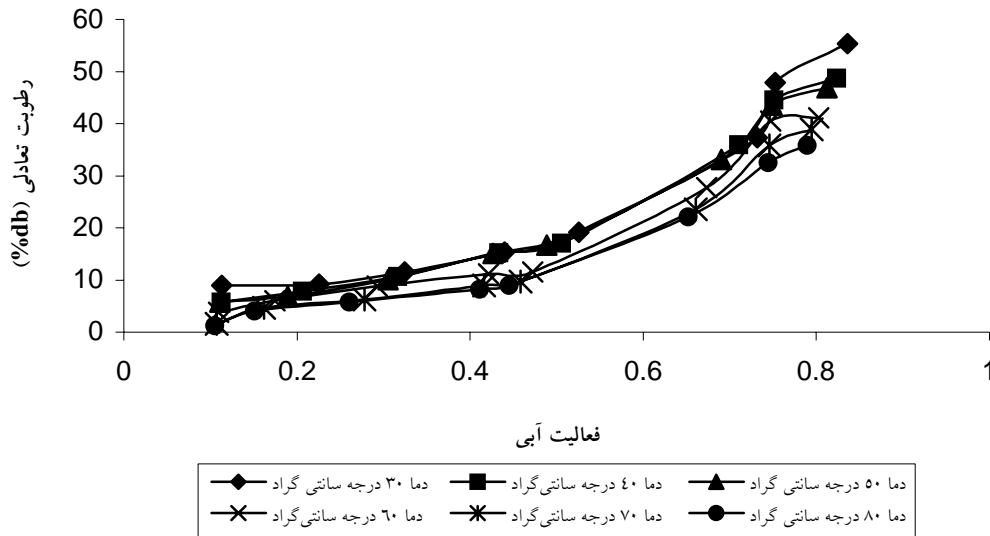
$M_w$  = وزن نمونه تر و  $M_d$  = وزن نمونه خشک



شکل ۱ ظرف محلول نمک اشباع به همراه نمونه آزمایش

1. Statistica  
2. Excel

1. Clausius - Clapeyron equation



شکل ۲ تاثیر دما بر رطوبت تعادلی

### ۳-۳- تعیین انرژی پیوندی

نتایج حاصل از تعیین انرژی پیوندی نشان می دهد که وقتی رطوبت کشمش افزایش می یابد انرژی پیوندی کاهش می یابد. علت آن نزدیک شدن خصوصیات آب موجود در مواد غذایی به آب آزاد می باشد [۲ و ۳]. در رطوبت های پایین مقدار انرژی پیوندی افزایش می یابد که علت آن را می توان 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 می باشد، مقدار انرژی پیوندی برای رسیدن به رطوبت مناسب با توجه به منحنی شکل (۹)  $6.38 \text{ KJ/mol}$  می باشد.

جدول ۲ مدل های مورد استفاده در تحقیق برای برازش داده ها

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

جدول ۳ شاخص های ارزیابی مدل های به کار برده شده در تحقیق

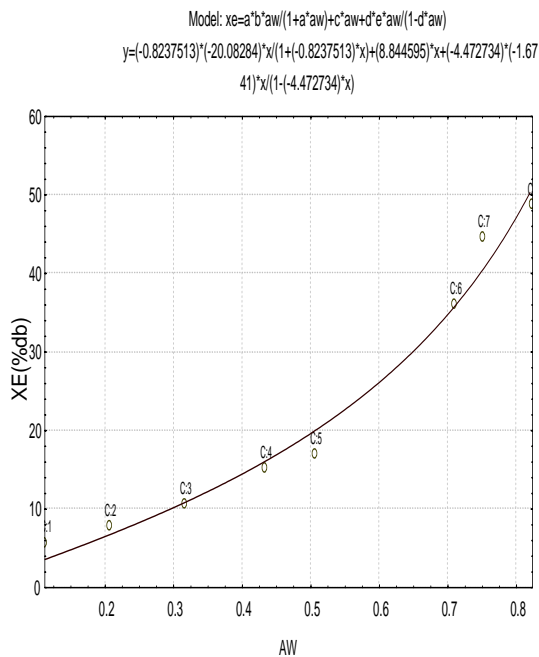
مرجع	رابطه	نام شاخص
San Martin et al., 2001	$P = \frac{100}{N} \sum \left  \frac{X_p - X_o}{X_o} \right $	مقدار P (P value)
San Martin et al., 2001	$\chi^2 = \frac{1}{N-n} \sum (X_e - X_o)^2$	مربع کای (Chi square)
San Martin et al., 2001	$R_{MSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (X_e - X_o)^2}$	ریشه میانگین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

## ۴- نتیجه گیری

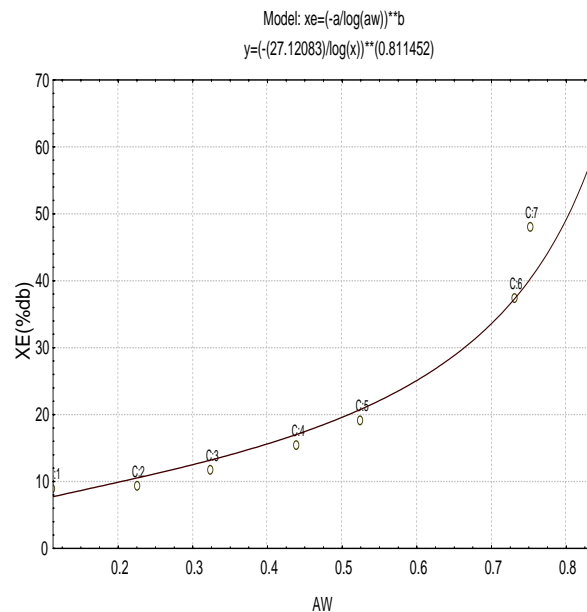
در این تحقیق رطوبت تعادلی دفعی کشمش بیدانه سفید در دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ با استفاده از وزن سنجی ایستا تعیین و منحنی‌های هم دما ترسیم شد. همچنین برآزش داده‌ها با برخی از مدل‌ها نشان داد که مدل گاب، هالسی و آرسی وات می‌تواند برای تخمین رطوبت تعادلی در فعالیتهای آبی ۰/۱۱ تا ۰/۸۴ بکار رود. مقدار انرژی پیوندی در محتوای رطوبتی ۱۶ درصد، ۶۳۸ 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 ثابت‌های مدل،  $E_b$  = انرژی پیوندی،  $R$  = ثابت گازها،  $T$  = دما (درجه کلون)



شکل ۴ برآزش مدل آرسی وات با داده‌های آزمایش در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد

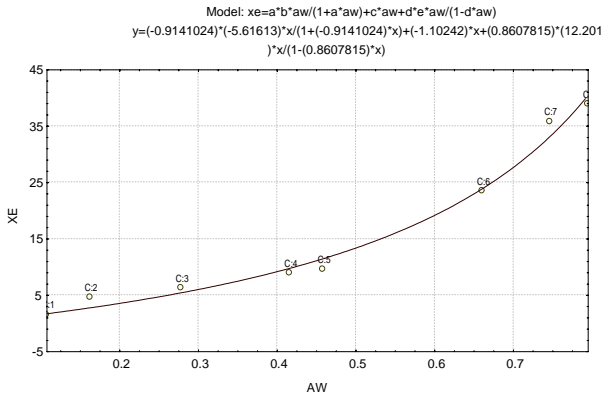


شکل ۳ برآزش مدل هالسی با داده‌های آزمایش در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد



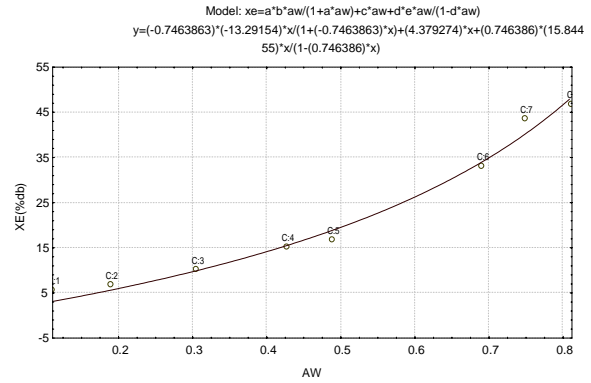
جدول ۴ ضرایب مدل های برازش شده بر داده های آزمایش

$\chi^2$	R <sub>MSE</sub>	P	R <sup>2</sup>	M <sub>m</sub> orE	KorD	C	B	A	دما	مدل
۱۴/۷	۳/۰۳	۱۳/۷	۰/۹۶۹۵	۱۵/۴۸۷	۰/۹۰۲	۳/۱۴۱	-	-	۳۰	گاب
۱۱/۵۲	۲/۶۸	۱۰/۴۱	۰/۹۷۲۲	۱۲/۳۶۵	۰/۹۳۸	۵/۸۱۱	-	-	۴۰	
۹/۴۸	۲/۴۳	۱۰/۸۳	۰/۹۷۵	۱۱/۴۳۷	۰/۹۵۹	۷/۰۶۵	-	-	۵۰	
۱۱/۲۸	۲/۶۵	۱۰	۰/۹۶۵۷	۱۰/۶۱	۰/۹۶۷	۳/۸۷۸	-	-	۶۰	
۶/۴۵	۲	۲۱	۰/۹۷۸۴	۸/۱۹۸	۱/۰۲	۳/۹۵۵	-	-	۷۰	
۵/۷۹	۱/۹	۳۰/۸	۰/۹۷۷۱	۶/۷۲۵	۱/۰۵	۶/۴۶۱	-	-	۸۰	
۱۳/۶۷	۳/۲۰	۱۵/۶۹	۰/۹۶۵۹	-	-	-	۲۹/۸۴۸	۰/۹۰۴	۳۰	اسمیت
۶/۷۶	۲/۲۵	۱۲/۰۳	۰/۹۸۰۴	-	-	-	۲۸/۸۷	۰/۲۵۷	۴۰	
۴/۹۴	۱/۹۲	۱۰/۸۷	۰/۹۸۴۵	-	-	-	۲۸/۵۹۱	۰/۲۸۹	۵۰	
۹/۶۹	۲/۷۰	۲۰/۶۰	۰/۹۶۴۶	-	-	-	۲۶/۷۳۷	-۱/۰۷۲	۶۰	
۶/۶۱	۲/۲۳	۲۸/۰۴	۰/۹۷۳۵	-	-	-	۲۵/۹۳۹	-۲/۶۱۳	۷۰	
۴/۳۶	۱/۸۱	۲۶/۰۷	۰/۹۷۹۳	-	-	-	۲۴/۰۹۳	۲/۲۲۳	۸۰	
۱۳/۸۱	۳/۲۲	۱۶/۴۵	۰/۹۶۵۹	-	-	-	۰/۹۶۵	-۰/۰۳۷	۳۰	هندرسون
۶/۷۱	۲/۲۴	۱۲/۵۶	۰/۹۸۰۶	-	-	-	۰/۹۷۷	-۰/۰۳۷	۴۰	
۴/۹۱	۱/۹۲	۱۱/۴۸	۰/۹۸۴۶	-	-	-	۰/۹۷۸	-۰/۰۳۸	۵۰	
۸/۲	۲/۴۸	۱۹/۸	۰/۹۷۰۱	-	-	-	۰/۸۷۱	-۰/۰۶۱	۶۰	
۳/۴۵	۱/۶۱	۱۶/۶۳	۰/۹۸۶۱	-	-	-	۰/۷۶۳	-۰/۰۹۴	۷۰	
۲/۰۹	۱/۲۵	۱۴/۱۵	۰/۹۹۰۱	-	-	-	۰/۷۷۷	-۰/۰۹۵	۸۰	
۱۳/۵۳	۳/۱۸	۱۵/۶۳	۰/۹۶۶۳	-	-	-	۰/۴۵۵	۲۹/۸۱۰	۳۰	ازوین
۷/۰۳	۲/۲۹	۱۲/۳۱	۰/۹۷۹۴	-	-	-	۰/۴۲۹	۲۹/۴۹۳	۴۰	
۵/۱۱	۱/۹۶	۱۰/۹۳	۰/۹۸۴۰	-	-	-	۰/۴۳۷	۲۸/۹۹۳	۵۰	
۸/۳۱	۲/۸۸	۱۶/۶۴	۰/۹۶۹۷	-	-	-	۰/۵۶۳	۲۱/۹۵۹	۶۰	
۳/۴۹	۱/۶۲	۱۳/۶	۰/۹۸۶۰	-	-	-	۰/۷۲۵	۱۶/۲۷۱	۷۰	
۲/۰۷	۱/۲۵	۱۶/۲۷	۰/۹۹۰۲	-	-	-	۰/۷۱۲	۱۵/۵۷۳	۸۰	
۱۳/۴۸	۳/۱۸	۱۰/۶۰	۰/۹۶۹۴	-	-	-	۰/۸۱۱	۲۷/۱۲۱	۳۰	هالسی
۱۲/۲۹	۳/۰۴	۱۲/۷۸	۰/۹۶۴۴	-	-	-	۰/۸۳۰	۲۳/۳۲۷	۴۰	
۸/۹۶	۲/۵۹	۱۱/۴۸	۰/۹۷۱۹	-	-	-	۰/۸۵۴	۲۰/۶۸۶	۵۰	
۱۰/۴۹	۲/۸۰	۱۲/۶۰	۰/۹۶۱۷	-	-	-	۰/۹۴۹	۱۲/۲۰۴	۶۰	
۵/۲۴	۱/۹۸	۲۲/۷۱	۰/۹۷۸۹	-	-	-	۱/۰۷۹	۷/۲۹۴	۷۰	
۳/۵۸	۲/۶۸	۲۶/۰۷	۰/۹۸۳	-	-	-	۱/۰۸۲	۶/۸۵۶	۸۰	
۲۶/۱۹	۳/۱۳	۱۶/۰۸	۰/۹۶۷۴	۲۸/۹۲۳	۰/۱۰۴	۹/۳۴۵	-۱۹/۲۷۸	-۰/۸۴۳	۳۰	آرسی وات
۱۲/۳۶	۲/۱۵	۱۱/۳۴	۰/۹۸۲۰	-۱/۶۷۳	-۴/۴۷۲	۸/۸۴۵	-۲۰/۰۸۲	-۰/۸۲۴	۴۰	
۹/۰۹	۱/۸۵	۱۱/۷۳	۰/۹۸۵۸	۱۵/۸۴۴	۰/۷۴۶	۴/۳۷۹	-۱۳/۲۹۲	-۰/۷۴۶	۵۰	
۱۵/۲۸	۲/۳۹	۱۱/۶۴	۰/۹۷۲۱	۱۱/۸۵۵	۰/۸۴۳	۳/۷۹۶	-۷/۶۹۲	-۰/۸۳۷	۶۰	
۶/۱۴	۱/۵۲	۱۳/۰۱	۰/۹۸۱۷۷	۱۲/۲	۰/۸۶۰	-۱/۱۰۲	-۵/۶۱۶	-۰/۹۱۴	۷۰	
۳/۷۹	۱/۱۹	۱۰/۷۶	۰/۹۹۱۰	۷/۲۷	۰/۹۱۱	۲/۸۲۶	-۶/۰۷۵	-۰/۹۲۱	۸۰	



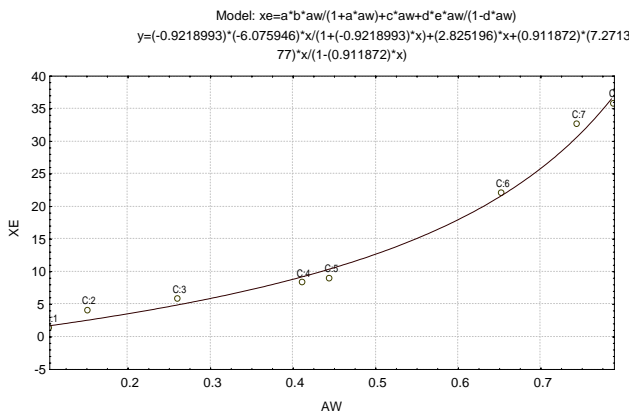
شکل ۷ برازش مدل آرسی وات با داده های آزمایش در دمای

۷۰ درجه سانتی گراد



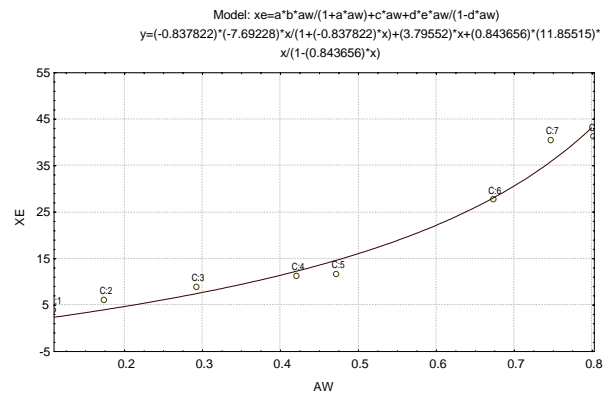
شکل ۵ برازش مدل آرسی وات با داده های آزمایش در

دمای ۵۰ درجه سانتی گراد



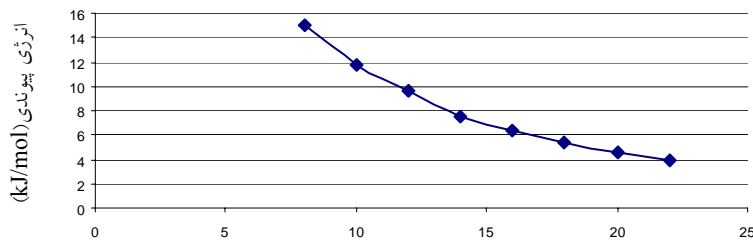
شکل ۸ برازش مدل آرسی وات با داده های آزمایش در دمای

۸۰ درجه سانتی گراد



شکل ۶ برازش مدل آرسی وات با داده های آزمایش در دمای

۶۰ درجه سانتی گراد



شکل ۹ مقادیر انرژی پیوندی در محتوای رطوبتی مختلف

## ۵- منابع

- [3] Ayranchi E, Ayranci G, Dogantan Z. Moisture sorption isotherms of dried apricot, fig and raisin at 20°C and 36°C. 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.

- [۱] ضرابی م. تعیین پارامترهای طراحی در خشک کردن انگور. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی شیمی. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۷۷. صفحه ۱۰-۱۴۵.
- [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.

- [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.
- [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: Applied 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.

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

Gholami, M.<sup>1\*</sup>

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 °C, 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 °C and 40 to 80 °C, with D'Arcy-Watt equation. So, Isosteric heat of desorption data obtained at different moisture content.

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

---

\* Corresponding author E-mail address: [Gholamihassan@yahoo.com](mailto:Gholamihassan@yahoo.com)