

## تاثیر تیمارهای مختلف بر تغییر رنگ و مدلسازی ریاضی رفتار خشک شدن ترخینه در خشک‌کن هوای داغ

فریده طباطبایی یزدی<sup>۱\*</sup>، آرش قیصران پور<sup>۲</sup>، بهروز علیزاده بهبهانی<sup>۲</sup>، سید علی مرتضوی<sup>۳</sup> و محبت محبی<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۲

<sup>۱</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

<sup>۳</sup> استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

\*مسئول مکاتبه: Email: tabatabai@um.ac.ir

### چکیده

ترخینه از محصولات سنتی تخمیری غرب ایران است. پژوهش حاضر به منظور ارائه اطلاعات بیشتر جهت بهبود شرایط خشک کردن ترخینه انجام شد. در این پژوهش، تاثیر فاکتورهای مدت زمان پخت گندم (۰، ۱ و ۳/۵ ساعت)، دمای خشک کردن (۷۰، ۸۰ و ۹۰°C)، زمان خشک کردن (۳۰ تا ۹۰ دقیقه) و دانه‌بندی (ریز، متوسط، درشت) بر روند خشک شدن ترخینه، بررسی شد. برای توضیح رفتار خشک شدن ترخینه، مدل‌های ریاضی مختلفی به کار رفت. تغییرات رنگ ترخینه با استفاده از نرم‌افزار ایمیج جی تعیین شد. در اوایل خشک شدن مقدار  $L^*$  به سرعت کاهش و  $b^*$  به سرعت افزایش می‌یابد اما هر دو در ادامه به ثبات نسبی می‌رسند.  $a^*$  ابتدا اندکی کاهش یافت اما در ادامه بسته به نوع نمونه ممکن است افزایش یابد یا اینکه ثابت بماند. نتایج نشان داد که در دمای ۷۰°C، برای نمونه‌ی بسیار پخته مدل لگاریتمی پیشگویی بهتری جهت مدل سازی انتقال جرم داشت و برای نمونه‌های خام و پخته، مدل دو جمله‌ای مناسب بود. در دمای ۸۰ و ۹۰°C برای نمونه‌ی بسیار پخته، مدل دو جمله‌ای و برای سایر نمونه‌ها، مدل میدلی و همکاران بهترین برآزش را داشت. رفتار خشک شدن ترخینه کاملاً تحت تاثیر متغیرهای ذکر شده قرار داشت. جهت افزایش سرعت تولید و بهبود رنگ ترخینه، یک ساعت پخت گندم و خشک کردن در دمای ۸۰°C پیشنهاد می‌شود.

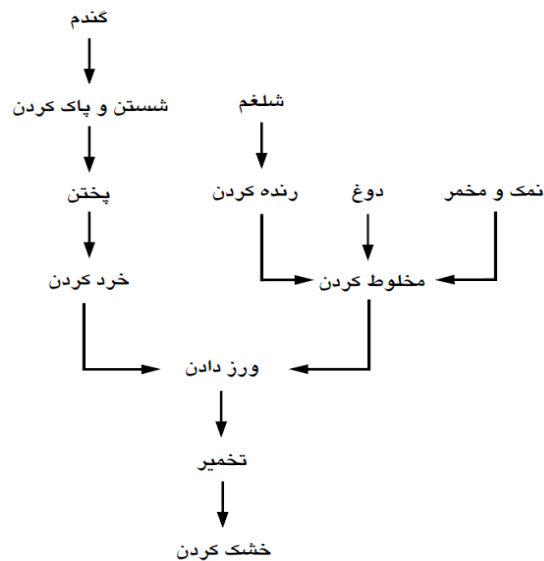
### واژگان کلیدی: ترخینه، خشک‌کردن، مدلسازی ریاضی، رنگ

### مقدمه

در استان‌های غربی ایران مثل کرمانشاه، ایلام، لرستان و کردستان تهیه و مصرف می‌شود (تاج آبادی و همکاران ۲۰۱۰). در فرهنگ آندراج از ترخینه نام برده شده است. این فراورده در بخش‌های کرد نشین

کلمه‌ی ترخینه واژه‌ای است ایرانی که به نوعی غذای سنتی تخمیری اشاره دارد. ترخینه به نام‌های دیگری مثل ترخوانه، ترخنه و کشکینه نیز معروف است و غالباً

در روزهای سرد زمستان استفاده می‌گردد که به اعتقاد مردم خاصیت درمانی برای سرماخوردگی در این روزها دارد. مصرف ترخینه گاهی به صورت یک غذای کامل و گاهی به عنوان سوپ یا دسر به همراه غذاهای دیگر انجام می‌شود. روش تولید سنتی ترخینه در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱- نمودار تولید ترخینه

پژوهش‌هایی که تاکنون درباره‌ی ترخینه به اجرا در آمده، بر خواص تغذیه‌ای و ویژگی‌های میکروبیولوژیکی آن متمرکز بوده است. (ایبانگلو و همکاران ۲۰۰۲) به بررسی تاثیر پختن خمیر ترهانا بر رفتار خشک شدن آن پرداختند. نتایج نشان داد که با پختن خمیر ترهانا به مدت ۱۰ دقیقه، زمان خشک شدن کاهش یافت. (موهاپاترا و همکاران ۲۰۰۵) مدلسازی ریاضی خشک شدن گندم نیم پز را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که خشک شدن گندم نیم پز در مرحله‌ی نرخ کاهنده‌ی خشک شدن رخ می‌دهد و مدل مناسب برای خشک شدن آن مدل دو جمله‌ای می‌باشد. هیالگو و همکاران (۲۰۰۷) در باره مدلسازی ریاضی خشک کردن ماست چکیده، تحقیقاتی را انجام دادند. نتایج به دست آمده بیانگر آن بود که مدل میدلی و همکاران دارای بیشترین تطابق با داده‌های تجربی است. رافعی

کشورهایی مثل ترکیه (ترهانا<sup>۱</sup>) و عراق (کوشوک<sup>۲</sup>) نیز تولید می‌گردد (بهناساوی و همکاران ۲۰۰۴ و اکینسی ۲۰۰۵ و هایاتا و همکاران ۲۰۰۲ و کارا گوزلو و همکاران ۲۰۰۸). مواد تشکیل دهنده‌ی ترخینه شامل دوغ، بلغور گندم، شلغم، خمیر ترش، نمک، سبزیجات معطر، گوجه‌فرنگی، به و انواع فلفل می‌باشد. با توجه به شواهد تاریخی شاید بتوان ترخینه را به عنوان اولین غذای نیمه آماده ایران شناخت. خصوصیات کیفی و ارگانولپتیکی ترخینه نظیر بافت، بو، عطر و طعم به عوامل مختلفی از جمله کیفیت مواد اولیه، کیفیت میکروبی آن و شرایط خشک شدن بستگی دارد. مطالعاتی که روی غذاهای شبیه به ترخینه انجام شده است نشان می‌دهد که ترخینه دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی است و می‌توان آن به عنوان منبع خوبی از پروتئین، ویتامین‌ها و مواد معدنی استفاده کرد. بسیاری از مواد مغذی ترخینه نظیر ویتامین‌ها و اسیدهای آلی در حین تخمیر ترخینه تولید می‌شوند (ایبانگلو و همکاران ۱۹۹۵ و سنگان و همکاران ۲۰۰۹ و تورانتاس و همکاران ۲۰۱۰). ترخینه به علت دارا بودن رطوبت کم (۶-۹٪) و همچنین pH پایین (۴٫۲-۳٫۸) محیط نامناسبی جهت رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و عامل فساد می‌باشد به همین علت می‌توان آن را بدون هیچ مشکلی تا دو سال نگهداری کرد (ایبانگلو و همکاران ۱۹۹۵ و یلماز و همکاران ۲۰۱۰). تولید و مصرف ترخینه به علت تغییر شیوه‌ی معیشت مردم کاهش پیدا کرده است اما هنوز در میان روستاییان و عشایر مثل سابق متداول است زیرا به راحتی حمل و نقل و ذخیره می‌شود. در تابستان پس از اتمام مراحل تخمیر ترخینه و قبل از خشک کردن از آن استفاده می‌کنند. طعم ترخینه قبل از خشک کردن آن، ترش بوده و در بافت آن حباب‌های زیادی وجود دارد که ناشی از تخمیر می‌باشد. اما پس از خشک شدن از آن به عنوان ماده اولیه تهیه سوپ ترخینه جهت مصرف

1-Tarhana

2-kushuk

کردن (از ۳۰ تا ۹۰۰ دقیقه) و دانه بندی (ریز، متوسط و درشت) بر، مدلسازی ریاضی، تغییرات رنگ و رفتار خشک شدن ترخینه در خشک کن هوای داغ بود تا اطلاعات مربوط به رفتار ریاضی خشک شدن ترخینه تکمیل شوند زیرا آخرین مرحله‌ی تهیه‌ی ترخینه خشک کردن می‌باشد و در طراحی یک خشک کن جهت تولید صنعتی ترخینه، انرژی مورد نیاز و دانستن ویژگی‌های محصول تولیدی مانند ویژگی‌های رنگی آن، اهمیت زیادی دارد و موارد ذکر شده تحت تاثیر مستقیم نحوه‌ی کاهش رطوبت ترخینه هستند (عباسی و همکاران ۲۰۱۰).

(۲۰۰۵) در مطالعه‌ای که بر روی مدلسازی آماری خشک شدن بستر نازک گندم رقم تجن داشت بیان کرد که مدل رگرسیونی چندگانه با دقت خوبی توسط مدل دو جمله‌ای نمایی بر داده‌های آزمایشگاهی برازش شد. هیرا و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی که درباره‌ی تاثیر اندازه‌ی ذرات آرد بر روی کیفیت کیک برنج بدون گلوتن انجام دادند اعلام کردند که دانه بندی در تعدادی از فرمولاسیون‌های کیک برنج باعث تاثیر بر رنگ شده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر فاکتورهای مدت زمان پختن گندم (صفر، یک و سه و نیم ساعت)، دمای خشک کردن (۷۰، ۸۰ و ۹۰ °C)، زمان خشک

جدول ۱- نسبت اجزای مختلف تشکیل دهنده خمیر ترخینه

نوع نمونه	مواد اولیه				
	گندم	دوغ	شلغم	نمک	خمیر ترش
بسیار پخته	۱۵۰ گرم	۲۵۰ گرم	۵۰ گرم	۳ گرم	۳ گرم
پخته	۱۵۰ گرم	۴۲۵ گرم	۵۰ گرم	۳ گرم	۳ گرم
خام	۱۵۰ گرم	۲۲۵ گرم	۵۰ گرم	۳ گرم	۳ گرم

درب آن‌ها، در دمای ۲۰ °C به مدت سه روز تخمیر شدند. برای اعمال دانه بندی گندم مورد استفاده در تهیه ترخینه از الک‌هایی با مش‌های ۱۴، ۱۶ و ۳۵ استفاده شد. در دانه بندی درشت از پایین الک ۱۴ و بالای الک ۱۶، دانه بندی متوسط از پایین الک ۱۶ و بالای الک ۳۵ و برای دانه بندی ریز از پایین الک ۳۵ استفاده شد. برای اعمال تیمار میزان پخت گندم، نمونه‌ها در سه زمان (۰، ۱ و ۳/۵ ساعت) پخته شدند و نمونه‌های تهیه شده از آنها به ترتیب خام، پخته و بسیار پخته نام گرفتند. جهت خشک کردن نمونه‌های ترخینه از خشک کن غیرمداوم کابینتی مدل (Soroush) مجهز به ۳ سینی مشبک استفاده شده است در این دستگاه سرعت هوا ثابت و برابر ۱٫۵ m/s بود. شرایط دمایی در این خشک کن متغیر است و می‌توان با ترموکوپل تعبیه شده داخل

## مواد و روش‌ها

### مواد

در این پژوهش، مواد اولیه‌ی مورد نیاز در تهیه‌ی ترخینه (گندم، دوغ، مخمر نانوايي، شلغم و نمک) از سوپرمارکت‌های شهر مشهد خریداری شد.

### تولید ترخینه

نسبت اجزای تشکیل دهنده‌ی ترخینه در جدول (۱) آمده است. شلغم پس از رنده شدن، با دوغ، نمک و خمیر ترش مخلوط شد، سپس به آن بلغور گندم نیز اضافه گشت و به مدت سه دقیقه با دست خوب ورز خورد تا خمیر ترخینه تشکیل شود. نمونه‌ها در کیسه‌های پارچه‌ای ریخته شد تا آب اضافی آن‌ها خارج شود و در ظروف شیشه‌ای قرار گرفت و پس از پوشیده شدن

کیلوگرم ماده‌ی خشک) است. در حل معادله‌ی فوق فرض بر آن شد که  $m_e$  (رطوبت تعادل) برابر با صفر است (عباسی و همکاران ۲۰۱۰).

### جدول ۲- مدل‌های خشک کردن

نام مدل	فرمول
نیوتن	$f(x) = \exp(-kt)$
پیچ	$f(x) = \exp(-kt^n)$
هندرسون و پابیس	$f(x) = a \exp(-kt)$
لگاریتمی	$f(x) = a \exp(-kt) + c$
دوجمله‌ای	$f(x) = a \exp(-kt) + b \exp(-gt)$
دوجمله‌ای نمایی	$f(x) = a \exp(-kt) + \exp(-mt)$
تقریب پخش	$f(x) = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kbt)$
میدیلی و همکاران	$f(x) = a \exp(-kt^n) + bt$
ورما و همکاران	$f(x) = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-gt)$
وانگ سینگ	$f(x) = 1 + at + bt^2$

### تعیین تغییرات رنگ ترخینه

برای تعیین تغییرات رنگ ترخینه در حین خشک شدن، هر نیم ساعت یک بار از نمونه‌ها عکس گرفته شد و سپس با استفاده از نرم افزار ایمیج جی شاخص‌های رنگی  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  به دست آمد (شهیدی و همکاران ۲۰۱۲).

### آنالیز آماری

آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار جهت آزمایشات خشک کردن استفاده شد. آنالیز واریانس نیز برای تعیین اثر فاکتورهای مختلف (میزان پخت گندم، دانه بندی، دما و زمان خشک کردن) بر ویژگی‌های ترخینه با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیز برای مقایسه‌ی میانگین‌ها در سطح ۵٪ استفاده گردید. کلیه‌ی نمودارها با نرم افزار اکسل کشیده شدند.

دستگاه، دمای آن را کنترل کرد. در حدود ۶۰ گرم از هر نمونه، داخل پلیت ریخته شد به طوری که ضخامت نمونه‌ها به ۱۱ میلی‌متر رسید و در سه دمای مختلف (۷۰، ۸۰ و ۹۰ °C) تا رسیدن به نسبت رطوبت ۰/۶۴ خشک شدند. وزن کردن نمونه‌ها هر نیم ساعت یک بار انجام شد.



شکل ۲- خشک کن و اجزای آن

### مدلسازی ریاضی فرآیند خشک کردن

بیشترین مدل‌های تجربی که برای خشک کردن محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد شامل ۱۰ مدل است (جدول ۲).

در این مدل‌ها منحنی‌های خشک کردن از رسم تغییرات نسبت رطوبت بر حسب زمان خشک کردن حاصل می‌شود. جهت برآزش داده‌های آزمایشگاهی از نرم افزار MATLAB R2010a استفاده شد. قرص‌های ترخینه به صورت یک لایه نازک با ضخامت متوسط ۱۱ میلی‌متر در نظر گرفته شدند. پارامتر بدون بعد نسبت رطوبت به روش زیر اندازه‌گیری شد.

$$MR = \frac{(X_t - X_e)}{(X_0 - X_e)} \quad (1)$$

که در رابطه فوق  $X_0$  محتوای رطوبتی نمونه‌ها قبل از خشک کردن (کیلوگرم آب/کیلوگرم ماده‌ی جامد) و  $X_t$  محتوای رطوبتی نمونه در هر زمان (کیلوگرم آب/

## نتایج و بحث

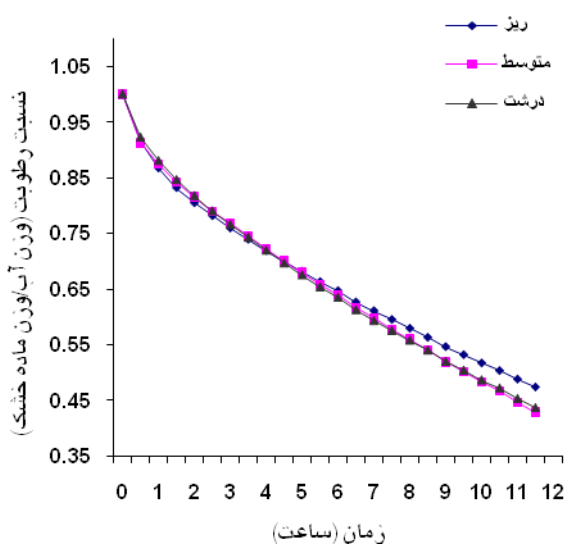
تأثیر دانه بندی، مدت پخت گندم و دمای خشک کردن روی زمان مورد نیاز برای خشک شدن نمونه‌های ترخینه

همان طور که در (جدول ۳) آمده است با افزایش دما، زمان خشک شدن تمامی نمونه‌های ترخینه کاهش یافت که در تطابق با نتایج حاصل از اکثر مطالعاتی است که بر روی محصولات کشاورزی انجام شده است.

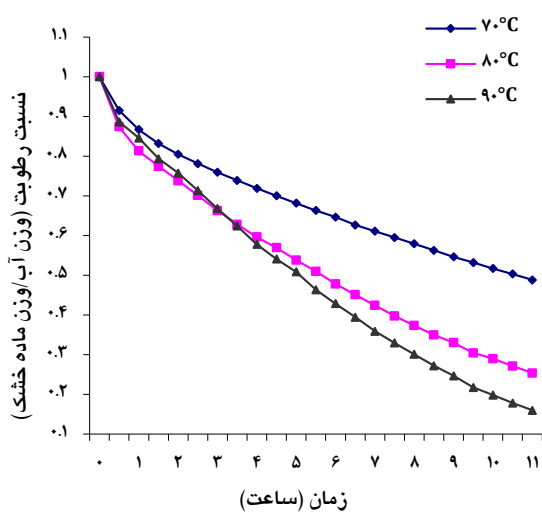
جدول ۳- زمان خشک شدن نمونه‌های ترخینه

زمان خشک شدن (دقیقه)	مشخصات نمونه		دمای خشک شدن (°C)
	زمان پخت گندم (ساعت)	دانه بندی	
۹۰۰±۳۰	ریز		۷۰
۶۹۰±۱۷	متوسط	۰	
۶۹۰±۱۷	درشت	۱	
۳۹۰±۱۷	متوسط	۳/۵	۸۰
۴۸۰±۱۵	متوسط	۰	
۴۰۵±۱۵	درشت	۱	
۳۶۰±۱۲	متوسط	۳/۵	۹۰
۴۳۵±۲۰	متوسط	۰	
۴۱۵±۲۲/۳	ریز	۱	
۳۱۵±۱۲	متوسط	۳/۵	
۳۳۰±۱۲/۵	درشت		
۲۹۰±۹/۳	متوسط		
۳۰۰±۸/۷	متوسط		

۷۰ به  $80^{\circ}\text{C}$  در نمونه‌های خام می‌باشد که در تمامی موارد بیش از ۳۵٪ زمان خشک شدن را کاهش داد، در حالی که با افزایش دما از  $80^{\circ}\text{C}$  به  $90^{\circ}\text{C}$  حداکثر کاهش زمان خشک شدن در نمونه‌های خام به ۳۲٪ می‌رسید. در نمونه‌های پخته و بسیار پخته عکس این حالت اتفاق می‌افتد به طوری که با افزایش دمای خشک شدن از ۷۰ به  $80^{\circ}\text{C}$  حداکثر ۹٫۴٪ کاهش زمان مشاهده شد اما از  $80^{\circ}\text{C}$  به  $90^{\circ}\text{C}$ ، حداقل مقدار کاهش زمان خشک شدن ۱۹٪ بود.



شکل ۳- تأثیر دانه بندی بر روند خشک شدن ترخینه



شکل ۴- تأثیر دمای هوا بر روند خشک شدن ترخینه

با افزایش دما قابلیت جذب رطوبت در هوا افزایش یافته و تبادل رطوبت محصول در حال خشک شدن با هوای اطراف بهتر انجام می‌گیرد و رطوبت تعادلی نیز کاهش می‌یابد (گزار ۲۰۰۹ و غلامی و همکاران ۲۰۰۹).

بیشترین تأثیر افزایش دما در تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن مربوط به افزایش دمای خشک کن از

### تاثیر دانه بندی، مدت زمان پخت گندم، دما و زمان خشک کردن بر پارامترهای رنگ

نتایج مرتبط با پارامترهای رنگ در (جدول ۴) آورده شده است. طبق این نتایج، به طور کلی با افزایش ابعاد دانه‌ها از ریز به متوسط، مقادیر  $\Delta E$  و  $L^*$  افزایش اما  $b^*$  و  $a^*$  به صورت معنی‌داری کاهش یافت.

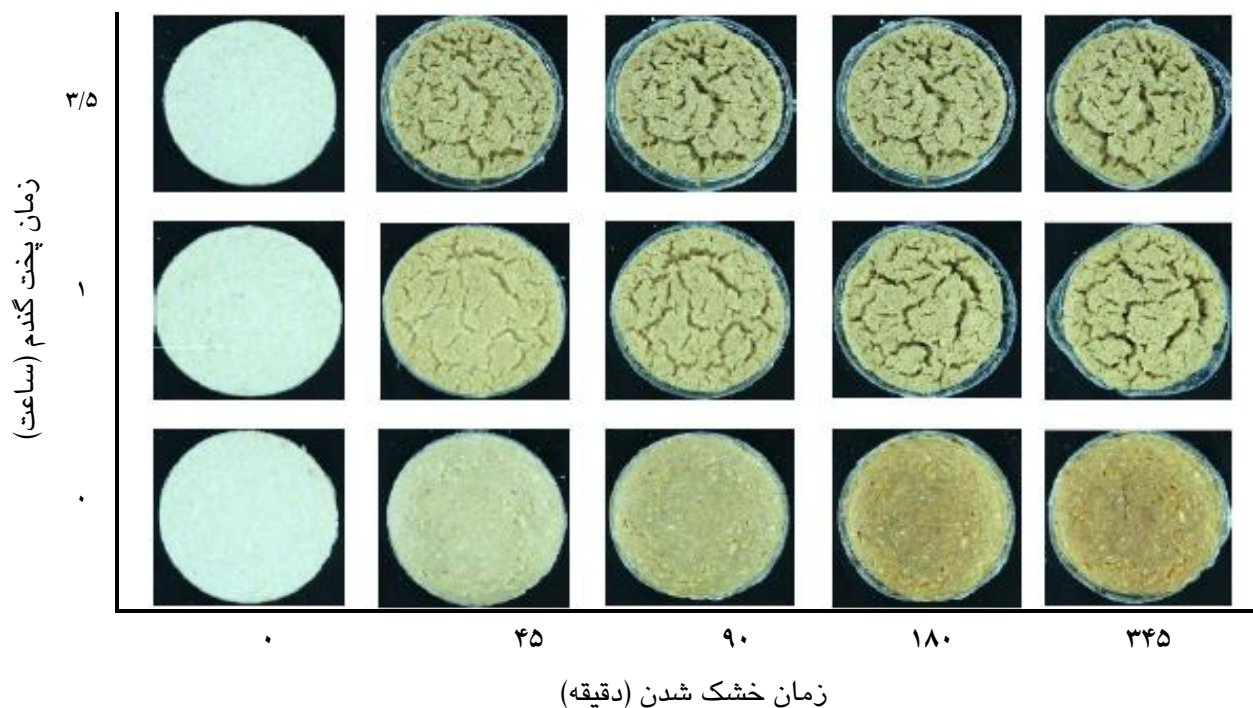
در اثر بالا رفتن دمای خشک کن، تغییرات پارامترهای رنگی نامنظم می‌شود. به طور کلی با افزایش دمای خشک‌کن از  $70^\circ\text{C}$  به  $80^\circ\text{C}$  مقادیر  $\Delta E$  و  $L^*$  افزایش اما  $b^*$  و  $a^*$  کاهش یافت و با افزایش دمای خشک‌کن از  $80^\circ\text{C}$  به  $90^\circ\text{C}$ ،  $\Delta E$  و  $L^*$  کاهش یافت در حالی که  $a^*$  و  $b^*$  افزایش یافتند.

در حین فرایند خشک شدن در تمام نمونه‌ها مقدار  $L^*$  ابتدا به سرعت کاهش یافت و در ادامه به ثبات نسبی رسید، پارامتر  $b^*$  پس از یک افزایش سریع در ساعت اولیه‌ی خشک کردن تقریباً ثابت شد. ثبات نسبی پارامتر  $L^*$  و  $b^*$  به دنبال تغییر سریع آن پس از ساعات اولیه‌ی خشک شدن، علاوه بر واکنش مایلارد (ایبانگلو و همکاران ۲۰۰۲ و کاهویگلو و همکاران ۲۰۱۰) می‌تواند به این دلیل باشد که نسبت دوغ به بلغور گندم در ابتدای خشک شدن زیاد است به همین خاطر رنگ سفید دوغ غالب است اما در ادامه‌ی فرایند خشک شدن و با تبخیر آب، نسبت حجمی دوغ به گندم کاهش یافته و رنگ زرد بلغور گندم نمایان‌تر می‌شود و چون میزان تبخیر آب در اوایل فرایند خشک شدن بیشتر است و همچنین مقدار زیادی از آب تبخیر شده مربوط به سطح محصول می‌باشد، به همین خاطر یک افزایش سریع در میزان  $b^*$  (شاخص زرد به آبی) و یک کاهش سریع در میزان  $L^*$  (شاخص سفیدی به سیاهی) محصول مشاهده می‌شود و در ادامه‌ی فرایند خشک شدن،  $L^*$  و  $b^*$  ثابت می‌ماند. پارامتر  $a^*$  طی خشک شدن ترخینه،

ابتدا اندکی کاهش یافت اما در ادامه بسته به نوع نمونه ممکن است افزایش یابد یا اینکه ثابت بماند.

با افزایش اندازه‌ی ذرات به طور کلی میزان  $L^*$  افزایش و میزان  $a^*$  و  $b^*$  کاهش می‌یابد. این امر ممکن است به علت افزایش واکنش قهوه‌ای شدن در اثر کاهش اندازه‌ی ذرات باشد. هیرا و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی که بر روی تاثیر اندازه ذرات بر کیفیت کیک برنج اسفناجی و یه‌ای انجام دادند اعلام کردند که رنگ کیک با توجه به نوع کیک و نوع مواد اولیه‌ی مورد استفاده ممکن است تحت تاثیر اندازه‌ی ذرات آرد قرار بگیرد و پارامترهای رنگی را افزایش یا کاهش دهد.

با افزایش دمای خشک کردن از  $80^\circ\text{C}$  به  $90^\circ\text{C}$  میزان  $L^*$  کاهش، اما  $a^*$  و  $b^*$  افزایش می‌یابد. مهمترین تاثیر دما بر رنگ محصول خشک شده مربوط به تسریع واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در اثر افزایش دما در محصول می‌باشد (0 هیرا و همکاران ۲۰۱۲). که این امر مطابق با نتایج به دست آمده توسط کاهویگلو و همکاران (۲۰۱۰) بود که با افزایش دمای خشک کردن گندم پخته شده، مشاهده کردند که میزان  $L^*$  کاهش یافت. اما با افزایش دما از  $70^\circ\text{C}$  به  $80^\circ\text{C}$  مقدار فاکتور  $L^*$  افزایش ولی میزان  $a^*$  و  $b^*$  کاهش پیدا نمود. که این امر با نتایج به دست آمده توسط کاهویگلو و همکاران (۲۰۱۰) مغایرت داشت. علت تفاوت بوجود آمده ممکن است به خاطر وجود دوغ در بافت ترخینه و همچنین طولانی‌تر بودن مدت خشک شدن ترخینه در دمای  $70^\circ\text{C}$  درجه باشد که در نتیجه شرایط برای انجام فرایند قهوه‌ای شدن به میزان بیشتری فراهم شده است.



شکل ۵- تأثیر زمان پخت گندم بر تغییرات ظاهری ترخینه در هنگام خشک شدن

جدول ۴- مقادیر مختلف پارامترهای رنگ پس از پایان فرایند خشک شدن ترخینه

L*	a*	b*	ΔE	مشخصات نمونه		دمای خشک شدن (°C)
				زمان پخت گندم (ساعت)	دانه بندی	
۵۲/۸۷±۴	-۶/۳۸±۰/۳۹	۲۲/۳۹±۱/۹	۵۷/۷±۴/۴	ریز		
۶۰/۸۰±۵	-۹/۹۵±۰/۴	۲۶/۰۱±۲/۳	۶۶/۹±۵/۴	متوسط	۰	
۶۳/۰۶±۴/۴	-۱۲/۲۶±۰/۳۸	۲۲/۷۵±۲/۱	۶۸/۱±۴/۷	درشت		۷۰
۶۳/۳۷±۳/۵	-۱۳/۷۲±۰/۳۸	۲۰/۴۵±۱/۳	۶۸±۳/۵۷	متوسط	۱	
۶۱/۱۸±۴	-۱۲/۹۴±۰/۴	۱۸/۹۶±۱/۶	۶۵/۴±۴/۱	متوسط	۳/۵	
۶۷/۰۲±۳/۹	-۱۰/۱۴±۰/۳۹	۲۲/۵۷±۱/۲	۷۱/۴۴±۴	ریز		
۷۱/۷۴±۴	-۱۲/۸۲±۰/۴	۲۰/۳۹±۱	۷۵/۶۸±۴	متوسط	۰	
۸۰/۸۲±۴/۵	-۱۳/۳۵±۰/۴۱	۱۷/۱۹±۱/۱	۷۴/۰۹±۴/۵	درشت		۸۰
۶۶/۹۲±۳	-۱۲/۳۳±۰/۴	۱۶/۲۲±۰/۹	۶۵/۹۵±۳	متوسط	۱	
۶۵/۹۲±۴	-۱۲/۲۳±۰/۴	۱۶/۶۱±۰/۸	۶۹/۰۸±۳/۹	متوسط	۳/۵	
۵۲/۴۲±۴	-۵/۲۴±۰/۳۸	۲۴/۵۵±۰/۹	۵۸/۱۳±۴	ریز		
۶۱/۶۵±۳,۵	-۱۰/۲۷±۰/۳۹	۲۶/۴۹±۰/۹	۶۷/۸۹±۳/۵	متوسط	۰	
۶۲/۳۷±۴	-۱۲/۶۴±۰/۳۸	۲۱/۴۷±۱	۶۷/۱۷±۴	درشت		۹۰
۶۲/۸۷±۳/۲	-۱۳/۵۲±۰/۴۱	۲۰/۷۲±۰/۵	۶۷/۵۷±۳	متوسط	۱	
۶۱/۲۴±۴	-۱۲/۸۳±۰/۳۹	۱۸/۵۱±۰/۵	۶۵/۲۵±۳/۸	متوسط	۳/۵	

### نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این پژوهش بیانگر آن است که در اثر پختن گندم سرعت خشک شدن ترخینه افزایش می‌یابد. اگر فرایند خشک شدن در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  انجام شود رنگ ترخینه روشن‌تر باقی می‌ماند. بنا براین می‌توان گفت که جهت کاهش زمان تولید ترخینه و روشن تر بودن رنگ آن یک ساعت پخت گندم و خشک شدن در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  توصیه می‌شود.

### تقدیر و تشکر

بدین وسیله از مهندس منصوری نژاد و خانم بانو میرانی که در تهیه‌ی نمونه‌ها به ما کمک کردند، همچنین از مهندس قزوینی و خانم مهندس افشاریان به خاطر کمک در انجام آزمایشات قدردانی می‌شود. مقاله حاضر مستخرج از طرح پژوهشی با کد ۲/۲۶۸۵۴ در جلسه ۳۲۴ با عنوان بررسی شرایط تولید و ویژگی‌های اسنک تخمیری پفینه (تولید شده از ترخینه) می‌باشد، نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد که در فراهم نمودن هزینه‌های مالی این طرح ما را یاری نمودند صمیمانه تشکر کنند.

پختن گندم تاثیر معنی‌داری بر روی پارامتر  $L^*$  نداشت اما بین پارامترهای  $a^*$  و  $b^*$  تفاوت معنی‌داری ایجاد کرد. به طور کلی در اثر پختن گندم مقدار  $b^*$  کاهش یافت. اما تغییرات  $a^*$  منظم نبود و با افزایش زمان پخت ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت.

### برازش داده‌های تجربی با مدل‌های ریاضی

در شروع فرایند خشک‌کردن، رطوبت اولیه ترخینه و نرخ از دست دادن رطوبت زیاد بود، ولی به تدریج با گذشت زمان، محتوای رطوبت آن کاهش پیدا کرد و به همین دلیل، سرعت کاهش رطوبت نیز کم شد. ترخینه، رطوبت عمده خود را در ساعات ابتدایی فرایند خشک کردن از دست می‌دهد و برای از دست دادن رطوبت باقیمانده زمان بیشتری لازم است. سرعت کاهش رطوبت در نمونه‌های خام کمتر از نمونه‌های پخته بود. داده‌های به دست آمده از خشک کردن نمونه‌های مختلف ترخینه با ۱۰ مدل معروف در زمینه‌ی خشک کردن برازش شدند. بهترین مدل انتخاب شده در (جدول ۵) آورده شده است. برای انتخاب بهترین مدل از بین مدل‌های موجود از پارامترهای آماری مربع ضریب همبستگی ( $R^2$ ) و مجموع مربعات خطا (SSE) و متوسط مربع خطای داده‌ها (RMSE) استفاده شد. هرچه  $R^2$  به یک نزدیکتر و مجموع مربعات خطا کوچکتر باشد مدل همخوانی بهتری با داده‌های آزمایشگاهی دارد و به عنوان مدل مناسب انتخاب گردیده است.

در دمای  $70^{\circ}\text{C}$  برای نمونه‌های خام و پخته، مدل دو جمله‌ای و برای نمونه‌ی بسیار پخته مدل لگاریتمی بهترین برازش را به خود اختصاص داد. رافعی و همکاران (۲۰۰۵) بهترین مدل برای خشک کردن گندم در دمای  $70^{\circ}\text{C}$  را مدل دو جمله‌ای نمایی دانستند. در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  و  $90^{\circ}\text{C}$  مدل مناسب تمام نمونه‌ها به جز نمونه‌ی بسیار پخته، میدلی کوک و همکاران بود که بیشترین همخوانی را با داده‌های تجربی داشت ولی مدل مناسب نمونه‌ی بسیار پخته، مدل دو جمله‌ای تشخیص داده شد.



جدول ۵- برآزش داده‌های تجربی خشک کردن نمونه‌های ترخینه در شرایط مختلف دمایی با بهترین مدل از بین ده مدل نظری انتخاب شده

ثوابت مدل						مشخصات نمونه						
c	g	n	b	k	a	SSE	Adjusted R-square	RMSE	مدل انتخاب شده	دانه بندی	زمان پخت گندم (ساعت)	دمای خشک شدن (°C)
	۰/۰۵۴۹		۰/۹۲۰۷	۱/۷۶	۰/۲۵۱۶	۰/۰۰۰۰۳۱۴	۰/۹۹۹۸	۰/۰۰۱۲۵۴	دوجمله‌ای	ریز		
	۰/۰۶۵۳		۰/۹۶۶۶	۴/۶۴۴	۰/۶۵۷۹	۰/۰۰۰۰۶۵۱۲	۰/۹۹۸۷	۰/۰۰۵۷۰۶	دوجمله‌ای	متوسط	.	
	۰/۰۶۴۸		۰/۹۶۲۴	۲/۴۲	۰/۲۲۹۲	۰/۰۰۰۰۹۶۶	۰/۹۹۹۸	۰/۰۰۲۱۹۸	دوجمله‌ای	درشت		۷۰
	۰/۳۷۰۴		۰/۵۸۴۱	۰/۲۳۵۹	۱/۶۵۸	۰/۰۰۲۳۹۶	۰/۹۹۸۴	۰/۰۱۰۹۵	دوجمله‌ای	متوسط	۱	
۰/۱۰۱				۰/۱۴۹۲	۱/۱۷۷	۰/۰۰۰۸۲۹۸	۰/۹۹۹۴	۰/۰۰۶۴۴۱	لگاریتمی	متوسط	۳/۵	
		۰/۱۷۱۴	۰/۰۳۲۲	۰/۷۵۷۸	۱/۹۶۱	۰/۰۰۲۷۲۳	۰/۹۹۷۵	۰/۰۱۱۱۲	میدلی و همکاران	ریز		
		۰/۶۹۷۳	۰/۰۱۹۳	۰/۱۵۰۴	۱/۰۸۷	۰/۰۰۲۱۲	۰/۹۹۸۲	۰/۰۰۹۸۱۷	میدلی و همکاران	متوسط	.	
		۰/۸۲۴۷	۰/۰۱۲۲۹	۰/۱۵۹۸	۱/۰۷	۰/۰۰۳۸۱۹	۰/۹۹۷۲	۰/۰۱۳۱۸	میدلی و همکاران	درشت		۸۰
		۱/۳۱۲	۰/۰۰۷۳۱۳	۰/۱۵۱۹	۱/۰۴۵	۰/۰۰۱۱۱۸	۰/۹۹۹۳	۰۰۷۱۲۷	میدلی و همکاران	متوسط	۱	
	۰/۲۲۷۷		۱/۱۱۲	۰/۰۶۵۰۴	۰/۰۰۰۰۱۴۲	۰/۰۰۳۳۴۷	۰/۹۹۷۹	۰/۰۱۲۱۵	دوجمله‌ای	متوسط	۳/۵	
		۰/۸۸۶۲	۱/۰۵۶	۰/۱۲۵۶	۱/۰۵۶	۰/۰۰۲۰۷۹	۰/۹۹۸۳	۰/۰۱۰۴۶	میدلی و همکاران	ریز		
		۱/۰۶۱	۰/۰۰۶۴۶۴	۰/۱۲۷۵	۱/۰۴۴	۰/۰۰۱۸۸۶	۰/۹۹۸۶	۰/۰۰۹۹۶۳	میدلی و همکاران	متوسط	.	
		۱/۰۶۵	۰/۰۰۵۸۱	۰/۱۲۷۷	۱/۰۴	۰/۰۰۴۶۰۸	۰/۹۹۶۷	۰/۰۱۵۱۸	میدلی و همکاران	درشت		۹۰
		۱/۳۶۸	۰/۰۰۹۳۰۵	۰/۱۷	۱/۰۴۳	۰/۰۰۱۸۰۶	۰/۹۹۸۸	۰/۰۰۹۷۵۱	میدلی و همکاران	متوسط	۱	
	۰/۲۹۶		۰/۵۲۵۷	۰/۰۰۰۲۰۶	۱/۱۷۴	۰/۰۰۴۳۸۷	۰/۹۹۶۹	۰/۰۱۵۲	دوجمله‌ای	متوسط	۳/۵	

## منابع مورد استفاده

- Abbasi S, Mousavi M, Mohebbi M, 2010. Mathematical modeling of onion drying process using hot airdryer. *Iranian Food Science and Technology Research Journal* 6: 229-234.
- Bahnasawy A H, Shenana M E, 2004. A mathematical model of direct sun and solar drying of some fermented dairy products (Kishk). *Journal of Food Engineering* 61:309-319.
- Ekinci R, 2005. The effect of fermentation and drying on the water-soluble vitamin content of Tarhana, a traditional Turkish cereal food. *Food Chemistry* 90: 127-132.
- Gazar H, 2009. Modeling Drying Kinetics of Canola in Fluidized Bed Dryer. *Iranian Journal of Biosystems Engineering* 2: 175-184.
- Gholami M, Rashidi M, 2009. Influence of temperature, air velocity and pretreatments on drying of black currant grape. *Journal Food Science and Technology* 6: 13-22.
- Hayaloglu AA, Karabulut I, Alpaslan M, Kelbaliyev G, 2007. Mathematical modeling of drying characteristics of strained yoghurt in a convective type tray-dryer. *Journal of Food Engineering* 78: 109-117.
- Hayata M, Alpaslan M, Bayasar A, 2002. Effect of drying methods on functional properties of Tarhana: awheat flour-yogurt mixture. *Journal of Food Science* 67: 740-744.
- Hera DL, Martinez M, Oliete B, Gomez M, 2012. Influence of Flour Particle Size on Quality of Gluten-Free Rice Cakes. *Food and Bioprocess Technology* 5: 1-9.
- Ibanoglu S, Ainsworth P, Wilson G, Hayes G, 1995. The effect of fermentation conditions on the nutrients and acceptability of Tarhana. *Food Chemistry* 53: 143-147.
- Ibanoglu S, Maskan M, 2002. Effect of cooking on the drying behaviour of Tarhana dough, a wheat flour-yoghurt mixture. *Journal of Food Engineering* 54:119-123.
- Kahyaoglu L, Sahin S, Sumnu G, 2010. Physical properties of parboiled wheat and bulgur produced using spouted bed and microwave assisted spouted bed drying. *Journal of Food Engineering* 98: 159-169.
- Karagozlu N, Ergonul B, Karagozlu C, 2008. Microbiological attributes of instant Tarhana during fermentation and drying Bulgarian. *Journal of Agricultural Science* 14: 535-541.
- Mohapatra D, Srinivasarao P, 2005. A thin layer drying model of parboiled wheat. *Journal of Food Engineering* 66: 513-518.
- Padshah M, 1957. *Farhang Anandraj*. Tehran: Khayyam press: first ed. pp 1070.
- Rafiee S, Maghsoudlou Y, 2005. Simulation of wheat (Tagan) kernel drying kinetics model. *International Journal of Food Science and Technology* 2: 49-58.
- Sengun I, Nielsen D, Karapinar M, Jakobsen M, 2009. Identification of lactic acid bacteria isolated from Tarhana, a traditional Turkish fermented food. *International Journal of Food Microbiology* 135: 105-111.
- Shahidi F, Mohebbi M, Noshad M, Ehtiai A, Fathi M, 2012. Effect of osmosis and ultrasound pre-treatment on some quality characteristics of dried banana using hot air dryer. *Iranian Food Science and Technology Research Journal* 7: 263-272.
- Tajabadi M, Bahrami H, Zyari Z. Tarkhineh, 2010. Source of probiotic lactic acid bacteria. *Journal of Biological Sciences of Islamic Azad University of Zanjan* 41: 1-8.
- Turantaş F, Kemahlioğlu K, 2010. Fate of some pathogenic bacteria and molds in Turkish Tarhana during fermentation and storage period. *Journal Food Science and Technology* 49: 601-607.
- Yilmaz M, Sert D, Demir M, 2010. Rheological properties of Tarhana soup enriched whit whey concentrate as a function of concentration and temperature. *Journal of Texture Studies* 41:863-878.

## Influence of some pretreatments on color change and mathematical modeling of hot air drying of Tarkhineh

F Tabatabaie Yazdi<sup>1\*</sup>, A Ghaitaranpour<sup>2</sup>, B Alizadeh Behbahani<sup>2</sup>, A Mortazavi<sup>3</sup> and M Mohebbi<sup>1</sup>

Received: July 03, 2013 Accepted: January 12, 2014

<sup>1</sup>Associate Professor, Department of Food Science and technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>2</sup>PhD Student, Department of Food Science and technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>3</sup>Professor, Department of Food Science and technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

\*Corresponding Author Email: tabatabai@um.ac.ir

### Abstract

Tarkhineh is one of the traditional products of western part of Iran. This study was carried out in order to obtain more information on drying behavior of Tarkhineh and find ways to improve drying condition. The influence of wheat cooking time (0, 1 and 3.5 hours), drying temperature (70, 80 and 90 °C), drying time (from 30 to 900 minutes) and bulgur particle size (fine, medium, coarse) on drying behavior of Tarkhineh were studied. Different mathematical models were applied to explain the drying behavior of Tarkhineh. Color changes of Tarkhineh were determined by Image J software. At the beginning of the drying process, the L\* decreased while b\* increased rapidly, however both reached a relative stable amount subsequently. a\* slightly decreased initially but depending on the type of sample either increased or remained constant then. The results indicated that at 70 °C, the Logarithmic model presented better predictions for modeling of mass( moisture) transfer than for ultra cooked samples but for raw and cooked samples, the Two-term model were appropriate. At 80 and 90 °C, the Two-term model was the best descriptive for ultra cooked samples but for raw and cooked samples, the Midilli-Kucuk model was appropriate. Mentioned variables had major effect on the drying behavior of Tarkhineh. For increasing the production rate and improving the color of Tarkhineh, cooking of wheat for one hour and drying at 80°C can be recommended.

**Keywords:** Tarkhineh, Drying, Mathematical modeling, Color