

## بررسی تاثیر متغیرهای خشک کردن بر خصوصیات کیفی پسته رقم اوحدی

مهدی کاشانی نژاد<sup>۱</sup>، سید علی مرتضوی<sup>۲</sup>، علی اکبر سیف کردی<sup>۳</sup> و یحیی مقصودلو<sup>۴</sup>

۱، ۴، استادیاران دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲، استاد دانشگاه فردوسی مشهد ۳، استاد دانشگاه صنعتی شریف

تاریخ پذیرش مقاله ۸۳/۹/۴

### خلاصه

خشک کردن یکی از مهمترین مراحل فرآوری پسته است و بهینه سازی آن باعث بهبود کیفیت محصول نهایی می‌شود. تغییر پارامترهای درجه حرارت، سرعت جریان و رطوبت نسبی هوا تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر خصوصیات کیفی، شیمیایی و میکروبی پسته خشک دارد. در این پژوهش با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل، اثر متغیرهای درجه حرارت در چهار سطح، سرعت جریان هوا در سه سطح و رطوبت نسبی هوا در دو سطح بر خصوصیات شیمیایی (اسیدهای چرب آزاد و اندیس پراکسید)، حسی (وضعیت ظاهری، میزان خندان بودن، سفتی، شیرینی، تندی، برشته بودن و پذیرش کلی)، فیزیکی (درصد پسته‌های مغز شده، درصد مغزهای شل شده و درصد خندان شدن) و میکروبی (آفلاتوکسین) پسته رقم اوحدی بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد درجه حرارت هوا مهمترین عامل در کنترل خصوصیات کیفی پسته در حین خشک کردن است. تاثیر درجه حرارت و سرعت جریان هوا بر تعدادی از خصوصیات کیفی معنی دار بود در حالیکه اثر رطوبت نسبی هوا (در محدوده آزمایش شده) معنی دار نبود. با افزایش درجه حرارت میزان اسیدهای چرب آزاد و اندیس پراکسید در نمونه‌ها افزایش یافت. فرآیند خشک کردن تاثیر قابل توجهی بر میزان خندان بودن پسته‌ها داشت و با افزایش درجه حرارت مقدار خندان بودن افزایش یافت. فرآیند خشک کردن تاثیری بر مقدار آفلاتوکسین نمونه‌ها نداشت. در نهایت با در نظر گرفتن خصوصیات کیفی بررسی شده، شرایط بهینه (درجه حرارت، سرعت جریان هوا و رطوبت نسبی) برای خشک کردن پسته بدست آمد.

**واژه‌های کلیدی:** خشک کردن، پسته، خصوصیات شیمیایی، خصوصیات حسی، خصوصیات فیزیکی،

آفلاتوکسین

### مقدمه

پسته یکی از محصولات عمده صادراتی ایران است و کشور ما اولین تولید کننده و صادر کننده آن در جهان است. ارزش غذایی بالا و خندان بودن پسته باعث گسترش مصرف آن به صورت خام و برشته در نقاط مختلف جهان شده است. در دهه اخیر به دلیل افزایش سطح زیر کشت پسته در جهان و تنوع پسته عرضه شده به بازارهای جهانی، رقابت شدیدی بین کشورهای صادر کننده به وجود آمده است. افزایش

کیفیت بهداشتی و پایین بودن میزان آفلاتوکسین و خصوصیات ظاهری پسته (خندان بودن و رنگ پوست استخوانی) و بسته‌بندی مناسب از فاکتورهای مهم در این زمینه محسوب می‌شود. مغز پسته حاوی مقدار قابل توجهی چربی (۶۰-۵۰ درصد) به ویژه اسیدهای چرب غیر اشباع (اسید لینولئیک، لینولنیک و اولئیک) می‌باشد که برای رژیم غذایی ضروری هستند (۷، ۱۲، ۱۳). پسته ایران به دلیل شرایط مناسب اقلیمی مرغوبیت بالایی دارد و تسریع در فرآوری بعد از برداشت به ویژه

مراحل پوست‌گیری و خشک کردن اهمیت زیادی در کیفیت آن دارد.

بهینه‌سازی مراحل مختلف فرآوری پسته نقش قابل توجهی در دستیابی به کیفیت مطلوب، افزایش صادرات و درآمد ارزی کشور دارد. خشک کردن یکی از مراحل مهم فرآوری پسته است. در این مرحله رطوبت پسته از ۴۰-۳۷ درصد به ۶-۵ درصد کاهش یافته و قابلیت انبارداری آن افزایش می‌یابد. چنانچه این مرحله بخوبی انجام نشود و عوامل موثر در خشک کردن (درجه حرارت، سرعت جریان و رطوبت نسبی هوا) بطور صحیح کنترل نشود، علاوه بر کاهش کیفیت محصول نهایی، شرایط برای فعالیت کپک‌های تولید کننده آفلاتوکسین مهیا شده و میزان آلودگی آن افزایش می‌یابد.

در حین فرآیند خشک کردن، واکنش‌های نامطلوبی (به ویژه اکسیداسیون) ممکن است در خشک‌بارها رخ دهد که به علت تشکیل طعم و رنگ‌های نامطلوب باعث افت کیفیت این محصولات می‌شود (۲). مهمترین واکنش‌های اکسایشی در مواد غذایی خشک شده مربوط به اکسیداسیون لیپیدها است. اکسیداسیون لیپیدها در مواد غذایی عمدتاً به اسیدهای چرب غیر اشباع مربوط می‌شود و غالباً از نوع خودبخودی هستند یعنی ترکیبات حاصل از اکسیداسیون خود به عنوان کاتالیزور واکنش عمل کرده و سرعت واکنش با گذشت زمان افزایش می‌یابد (۵). از آنجا که پسته حاوی مقدار زیاد چربی و غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع می‌باشد، نسبت به اکسیداسیون بسیار حساس است.

هیدروپراکسیدها که ترکیبات اصلی اکسیداسیون چربی‌ها می‌باشند به ترکیبات ثانویه‌ای مثل آلدئیدها، الکل‌ها، کتون‌ها یا اسیدها تجزیه شده و رنگ و طعم نامطلوبی را در ماده غذایی به وجود می‌آورند. پراکسیدها، رادیکالهای آزاد اسیدهای چرب و ترکیبات ثانویه ذکر شده قادرند با پروتئین‌ها و ویتامین‌ها واکنش داده و باعث از بین رفتن ارزش تغذیه‌ای و خصوصیات کاربردی ترکیبات ماده غذایی گردند (۵).

فرآیند خشک کردن تاثیر قابل توجهی بر کیفیت محصول خشک شده و قیمت آن دارد. محصولاتی که در درجه حرارت

پایین تر خشک می‌شوند، خاصیت انبارمانی بهتری دارند اگر چه زمان خشک کردن آنها طولانی‌تر است. فعالیت آبی پائین‌تر اگر چه رشد میکروارگانیسم‌ها را متوقف کرده و یا به تأخیر می‌اندازد اما شدت اکسیداسیون لیپیدها را افزایش می‌دهد (۲). از این رو بدست آوردن شرایط بهینه خشک کردن پسته برای جلوگیری از افت کیفیت محصول نهایی ضروری است. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر متغیرهای مختلف خشک کردن (درجه حرارت، سرعت جریان و رطوبت نسبی هوا) بر خصوصیات شیمیایی (اسیدهای چرب آزاد و اندیس پراکسید)، حسی (وضعیت ظاهری، میزان خندان بودن، سفتی، شیرینی، تندی، برشته بودن و پذیرش کلی)، فیزیکی (درصد پسته‌های مغز شده، درصد مغزهای شل شده و درصد خندان شدن) و میکروبی (آفلاتوکسین) پسته می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

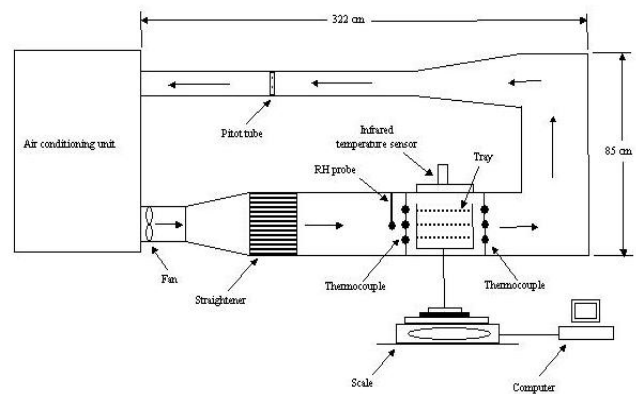
در این تحقیق از پسته رقم اوحدی (یکی از ارقام تجاری ایران) استفاده گردید که از یک شرکت کشت و صنعت پسته در کرمان تهیه شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌های پسته بصورت آماری از داخل باغ، مراحل مختلف فرآوری شامل پوست‌گیری، جداسازی پسته‌های پوک و نارس توسط جریان هوا و شستشو در ترمینال ضبط این شرکت کشت و صنعت انجام شد. پس از اندازه‌گیری مقدار رطوبت اولیه، در پاکت‌های پلی‌اتیلن دو لایه بسته‌بندی و در یخچال نگهداری شدند. در این پژوهش فقط از پسته‌های خندان و با اندازه یکسان استفاده گردید. قبل از انجام آزمایش، مقدار رطوبت پسته‌ها در محدوده ۳۶-۳۷ درصد (بر مبنای وزن مرطوب) تنظیم گردید. برای این منظور نمونه‌ها را در یک ظرف شیشه‌ای قرار داده و مقدار محاسبه شده آب مقطر به آنها افزوده شد. پس از مخلوط کردن نمونه‌ها با آب، نمونه‌ها به مدت ۱۰ روز در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا به رطوبت تعادلی برسند. در طول دوره نگهداری در فواصل زمانی معین همزدن و تکان دادن نمونه‌ها ادامه یافت (۸،۹).

شکل ۱ نمودار شماتیک خشک‌کن مورد استفاده برای

بعد از سینی‌های خشک‌کن (۵ ترموکوپل قبل و ۵ ترموکوپل بعد از سینی‌ها) نصب شده بود. علاوه بر این، برای اندازه‌گیری رطوبت نسبی هوا، سنسوری قبل از سینی‌ها نصب گردیده بود. برای جلوگیری از تبادل حرارتی، محفظه خشک‌کن توسط یک لایه فایبرگلاس به ضخامت  $50/8 \text{ mm}$  عایق شده بود. سینی‌ها توسط یک میله فلزی بر روی ترازوی دیجیتالی قرار گرفته و تغییرات وزن نمونه در حین خشک کردن ثبت می‌گردید. کلیه سنسورها به کامپیوتر متصل شده و اطلاعات آنها توسط نرم‌افزار LABVIEW 6.0 (National Instruments, Austin, TX) در کامپیوتر ثبت می‌گردید.

هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر متغیرهای مختلف خشک کردن بر خصوصیات کیفی پسته بود. این متغیرها شامل درجه حرارت، سرعت جریان و رطوبت نسبی هوای خشک‌کردن بودند. متغیرها و محدوده آنها به گونه‌ای انتخاب گردید تا شرایط خشک کردن پسته در خشک‌کن‌های تجاری را به طور کامل در بر گیرد. از این رو آزمایشات در چهار درجه حرارت ( $^{\circ}\text{C}$ ) ۷۰، ۵۵، ۴۰، ۲۵، سه سرعت جریان هوا ( $0/5$ ،  $1/5$ ،  $1$  m/s) و دو رطوبت نسبی مختلف (۲۰ و ۵ درصد) انجام شدند. برای کاهش میزان خطا در آزمایشات، هر آزمایش خشک کردن سه بار تکرار گردید. بدین ترتیب نمونه‌های پسته ۷۲ بار در قالب طرح فاکتوریل (سه فاکتور) کاملاً تصادفی خشک شدند. قبل از شروع هر آزمایش خشک کردن، ۶۰۰ گرم نمونه پسته از یخچال خارج شده و پس از قرار دادن در پاکت پلاستیکی در محیط آزمایشگاه گذاشته شد تا دمای نمونه‌ها به درجه حرارت محیط ( $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) برسد. علاوه بر این قبل از شروع هر مرحله از خشک کردن، دستگاه خشک‌کن زودتر روشن شده و اجازه داده می‌شد تا به شرایط هوای مورد نظر برسد و برای پایداری سیستم به مدت ۲ ساعت در این حالت باقی ماند. سپس نمونه‌های پسته به صورت یک لایه بر روی سینی‌ها پخش شده و در داخل محفظه خشک‌کن قرار گرفت. فرآیند خشک کردن به محض رسیدن مقدار رطوبت نمونه‌ها به ۵ درصد (بر مبنای وزن مرطوب) قطع شد. سپس نمونه‌ها در پلاستیک‌های شفاف بسته‌بندی شده و در دمای صفر درجه سانتی‌گراد و شرایط

خشک کردن نمونه‌های پسته را نشان می‌دهد. این خشک‌کن شامل بخش‌های مرطوب کننده هوا، دمنده سانتریفوژی، محفظه خشک‌کن و سینی‌های خشک‌کن بود که توسط محققین دانشگاه ساسکاچوان ساخته شده بود. بخش مرطوب کننده هوا Bryant Manufacturing Model AH-213, BMA, Inc., (Ayer, MA) از محفظه‌ای با ابعاد داخلی  $711 \times 965 \times 711 \text{ mm}^3$  و خارجی  $965 \times 1425 \times 965 \text{ mm}^3$  تشکیل شده بود. این دستگاه قادر بود هوایی با درجه حرارت  $17-$  تا  $200$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵ تا ۹۸ درصد تولید کند و حاوی میکروپروسورهایی با دقت دمای  $\pm 0/25^{\circ}\text{C}$  و رطوبت نسبی  $2 \pm$  درصد برای کنترل شرایط هوای خروجی بود.



شکل ۱- شماتیک خشک کن مورد استفاده برای خشک کردن پسته

پس از مرطوب شدن هوا در محفظه مرطوب کننده و رسیدن به شرایط مورد نظر، هوای مرطوب شده توسط دمنده سانتریفوژی (Model VA7D32, American cool air corporation, Jacksonville, FL) به داخل محفظه خشک کن دمیده می‌شد. سرعت دمنده سانتریفوژی با یک ترانزیستور الکترونیکی قابل کنترل بود و از اینرو سرعت جریان هوا در محدوده  $0-5 \text{ m/s}$  قابل تغییر بود.

سینی‌های خشک‌کن (سه سینی) که از شبکه‌های توری مانند ساخته شده بودند در بخش میانی محفظه خشک‌کن قرار گرفته و هوا پس از عبور از لوله‌های یکنواخت کننده (برای یکنواخت کردن جریان هوا) بر سینی‌ها دمیده می‌شد. ۱۰ ترموکوپل از نوع T برای اندازه‌گیری درجه حرارت هوای قبل و

بدون نور تا هنگام انجام آزمایشات شیمیایی و کیفی نگهداری شدند.

-

برای اندازه‌گیری رطوبت، نمونه‌ها در دمای  $10.3 \pm 2^\circ\text{C}$  به مدت ۳ ساعت در آون قرار گرفتند تا کاملاً خشک شده و تغییرات وزن مرطوب بر اساس اختلاف وزن نمونه‌ها قبل و بعد از خشک کردن اندازه‌گیری شد. مقدار اسیدهای چرب آزاد و اندیس پراکسید نمونه‌های پسته خشک شده، بر اساس روش کاشانی نژاد و همکاران (۶) اندازه‌گیری گردید.

برای ارزیابی خصوصیات حسی از آزمون پانل استفاده گردید. برای این منظور ۱۰ پانلیست در گروه سنی ۳۰-۱۵ انتخاب گردید که توضیحات کافی در مورد صفات مورد بررسی، نحوه قضاوت در مورد تیمارها، دادن امتیاز و مواردی که قبل و در بین آزمون باید رعایت کنند، به آنها ارائه گردید. ارزیابی صفات بر مبنای مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای صورت گرفت. ۱۲ ساعت قبل از انجام آزمون نمونه‌ها در درجه حرارت محیط قرار گرفتند تا دمای آنها به حرارت محیط برسد. در هنگام آزمون از هر تیمار ۳ عدد پسته به صورت تصادفی درون ظرف قرار گرفته و یک کد سه رقمی به صورت تصادفی به هر ظرف داده شد. به هنگام دادن نمونه‌ها به پانلیست‌ها، کلیه شرایط لازم برای اجرای آزمون پانل مثل رنگ و شرایط محل رعایت شد. صفات مورد بررسی و تعاریف آنها به صورت زیر بودند:

وضعیت ظاهری<sup>۱</sup>: میزان مطلوبیت رنگ پوست استخوانی پسته. نحوه ارزیابی از بسیار بد با نمره یک تا بسیار خوب با نمره پنج بود.

میزان خندان بودن<sup>۲</sup>: میزان دهان باز بودن دو لبه پوست استخوانی پسته و نحوه ارزیابی مشابه صفت فوق بود.

سفتی<sup>۳</sup>: میزان نیروی مورد نیاز برای نفوذ در پسته در اولین گاز توسط دندان آسیاب و نحوه ارزیابی از بسیار کم تا بسیار زیاد بود.

شیرینی<sup>۴</sup>: منظور از این صفت «احساس طعم مشابه شکر» می‌باشد و نحوه ارزیابی مشابه صفت سفتی بود.

تندی<sup>۵</sup>: طعم و مزه نامطلوب مشابه روغن اکسید شده یا کهنه و مشابه صفت سفتی ارزیابی گردید.

برشته بودن<sup>۶</sup>: طعم پختگی وقتی که یک ماده در معرض حرارت قرار گیرد و مشابه صفت سفتی ارزیابی گردید.

پذیرش کلی<sup>۷</sup>: میزان مطلوبیت کلی نمونه با در نظر گرفتن تمامی صفات فوق و نحوه ارزیابی از بسیار بد با نمره یک تا بسیار خوب با نمره پنج بود (۴،۶،۱۰).

برای بررسی تاثیر فرآیند خشک کردن بر خندان شدن پسته، قبل از فرآیند خشک کردن ۱۰۰ عدد دانه پسته بصورت تصادفی انتخاب و علامت گذاری گردید. میزان خندان بودن دانه‌های پسته (فاصله بین دو لبه پوست استخوانی) با استفاده از کولیس دیجیتالی الکترونیکی Mitutyو (351-500) اندازه‌گیری شد. این عمل پس از خشک کردن دانه‌های پسته نیز تکرار شده و بدین ترتیب درصد افزایش خندان شدن بدست آمد. علاوه بر این درصد پسته‌های مغز شده و درصد مغزهای شل شده (مغزهایی که در داخل پوسته استخوانی آزادند) نیز در این ۱۰۰ دانه پسته محاسبه گردید.

میزان آفلاتوکسین نمونه‌های اولیه و نمونه‌های خشک شده در تعدادی از تیمارها به کمک دستگاه HPLC اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری میزان آفلاتوکسین نمونه‌های اولیه در ۵ تکرار انجام شد. برای اندازه‌گیری آفلاتوکسین، ۷۵ گرم نمونه پسته توسط مخلوط کن Hobart VCM40 به مدت ۳ دقیقه به طور کامل خرد شده و پس از چند مرحله جداسازی توسط محلول کلرور سدیم (۵ درصد)، مخلوط استونیتریل: آب (۱۶:۸۴)، متانول: آب (۲۰:۸۰) و اسید تری فلئورواستیک اسید، توسط دستگاه HPLC مطابق روش ارائه شده توسط Schatzkis (۱۱) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری آفلاتوکسین از ستون Chromosphere C<sub>18</sub> فاز

3. Firmness  
4. Sweetness  
5. Rancidity  
6. Roastness  
7. Overall palatability

1. Shell appearance  
2. Splitting

نشان می‌دهد. اندیس پراکسید در پسته‌های خشک شده با دمای ۲۵°C، سرعت جریان هوا ۱ m/s و رطوبت نسبی ۵ درصد، نسبت به پسته‌های خشک شده با سایر تیمارها پایین‌تر بود. داده‌های بدست آمده در محدوده ۰/۳۸۲-۰/۱۶۸ میلی‌اکی والان گرم در کیلوگرم قرار داشت که کمتر از میزان استاندارد پراکسید (۱) در پسته (۱ میلی‌اکی‌والان گرم در کیلوگرم) بود.

جدول ۱- تأثیر متغیرهای خشک کردن بر خصوصیات

شیمیایی پسته		
کد	اسیدهای چرب آزاد (درصد)	اندیس پراکسید (meq/kg)
T <sub>۱</sub> - H <sub>۱</sub> - V <sub>۱</sub>	۰/۳۳۳ <sup>ab</sup>	۰/۱۹۵ <sup>g</sup>
T <sub>۱</sub> - H <sub>۱</sub> - V <sub>۲</sub>	۰/۳۱۶ <sup>abcde</sup>	۰/۱۶۸ <sup>g</sup>
T <sub>۱</sub> - H <sub>۱</sub> - V <sub>۳</sub>	۰/۳۰۴ <sup>abcde</sup>	۰/۲۱۵ <sup>fg</sup>
T <sub>۱</sub> - H <sub>۲</sub> - V <sub>۱</sub>	۰/۳۵۷ <sup>a</sup>	۰/۲۰۳ <sup>g</sup>
T <sub>۱</sub> - H <sub>۲</sub> - V <sub>۲</sub>	۰/۳۲۳ <sup>abcd</sup>	۰/۱۷۵ <sup>g</sup>
T <sub>۱</sub> - H <sub>۲</sub> - V <sub>۳</sub>	۰/۳۲۰ <sup>abcd</sup>	۰/۱۹۵ <sup>g</sup>
T <sub>۲</sub> - H <sub>۱</sub> - V <sub>۱</sub>	۰/۲۶۲ <sup>defg</sup>	۰/۲۶۵ <sup>ef</sup>
T <sub>۲</sub> - H <sub>۱</sub> - V <sub>۲</sub>	۰/۲۷۰ <sup>cdefg</sup>	۰/۲۵۴ <sup>ef</sup>
T <sub>۲</sub> - H <sub>۱</sub> - V <sub>۳</sub>	۰/۲۶۵ <sup>cdefg</sup>	۰/۲۸۰ <sup>de</sup>
T <sub>۲</sub> - H <sub>۲</sub> - V <sub>۱</sub>	۰/۲۷۱ <sup>cdefg</sup>	۰/۲۸۵ <sup>cde</sup>
T <sub>۲</sub> - H <sub>۲</sub> - V <sub>۲</sub>	۰/۲۶۴ <sup>defg</sup>	۰/۲۶۵ <sup>ef</sup>
T <sub>۲</sub> - H <sub>۲</sub> - V <sub>۳</sub>	۰/۲۶۱ <sup>defg</sup>	۰/۲۸۸ <sup>cde</sup>
T <sub>۲</sub> - H <sub>۳</sub> - V <sub>۱</sub>	۰/۲۲۶ <sup>fg</sup>	۰/۳۱۸ <sup>bcde</sup>
T <sub>۲</sub> - H <sub>۳</sub> - V <sub>۲</sub>	۰/۲۳۵ <sup>fg</sup>	۰/۳۲۷ <sup>abcd</sup>
T <sub>۲</sub> - H <sub>۳</sub> - V <sub>۳</sub>	۰/۲۳۲ <sup>fg</sup>	۰/۳۴۵ <sup>abc</sup>
T <sub>۲</sub> - H <sub>۴</sub> - V <sub>۱</sub>	۰/۲۱۴ <sup>g</sup>	۰/۳۳۰ <sup>abcd</sup>
T <sub>۲</sub> - H <sub>۴</sub> - V <sub>۲</sub>	۰/۲۵۴ <sup>efg</sup>	۰/۳۲۱ <sup>abcde</sup>
T <sub>۲</sub> - H <sub>۴</sub> - V <sub>۳</sub>	۰/۲۸۵ <sup>bcddef</sup>	۰/۳۲۹ <sup>abcd</sup>
T <sub>۳</sub> - H <sub>۱</sub> - V <sub>۱</sub>	۰/۳۲۷ <sup>abc</sup>	۰/۳۸۲ <sup>a</sup>
T <sub>۳</sub> - H <sub>۱</sub> - V <sub>۲</sub>	۰/۳۰۳ <sup>abcde</sup>	۰/۳۴۵ <sup>abc</sup>
T <sub>۳</sub> - H <sub>۱</sub> - V <sub>۳</sub>	۰/۳۳۳ <sup>ab</sup>	۰/۳۵۲ <sup>ab</sup>
T <sub>۳</sub> - H <sub>۲</sub> - V <sub>۱</sub>	۰/۳۱۵ <sup>abcde</sup>	۰/۳۸۱ <sup>a</sup>
T <sub>۳</sub> - H <sub>۲</sub> - V <sub>۲</sub>	۰/۳۱۳ <sup>abcde</sup>	۰/۳۸۲ <sup>a</sup>
T <sub>۳</sub> - H <sub>۲</sub> - V <sub>۳</sub>	۰/۳۴۳ <sup>ab</sup>	۰/۳۲۷ <sup>abcd</sup>

تیمارهایی که دارای حروف یکسان هستند از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

T = °C T = °C T = °C T = °C V = / m/s  
 V = / m/s V = / m/s H = % RH H = % RH

معکوس با اندازه ذرات ۵ میکرون و ابعاد ۱۰۰×۴۶ میلی‌متر (Chrompack Cat. No. 28268) با سرعت تزریق ۲۰ میکرولیتر استفاده گردید. سرعت جریان حلال ۰/۵ میلی‌لیتر در دقیقه بود. مقادیر آفلاتوکسین بر اساس B<sub>۱</sub>+G<sub>۱</sub> گزارش گردید که تقریباً ۹۰ درصد آن B<sub>۱</sub> بود.

اثر متغیرهای مختلف خشک کردن (درجه حرارت، رطوبت نسبی و سرعت جریان هوا) بر خصوصیات کیفی پسته با استفاده از روش آنالیز واریانس در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی (سه فاکتوره) بررسی گردید. سپس میانگین تیمارهای مختلف با استفاده از روش دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. در نهایت با مقایسه تأثیر تیمارهای اعمال شده بر خصوصیات کیفی، شرایط بهینه برای خشک کردن پسته بدست آمد.

### نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده برای اسیدهای چرب آزاد پسته‌های خشک شده تحت شرایط مختلف نشان داد که فقط درجه حرارت خشک کردن اثر معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر میزان اسیدهای چرب آزاد داشت و تأثیر سرعت جریان و رطوبت نسبی هوا معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین‌ها که توسط آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده، در جدول ۱ مشاهده می‌شود. میزان اسیدهای چرب آزاد در پسته‌های خشک شده با دمای ۵۵°C، سرعت جریان هوا ۱ m/s و رطوبت نسبی ۵ درصد، نسبت به سایر تیمارها کمتر بود، اگر چه اختلاف معنی‌داری بین بسیاری از تیمارها وجود نداشت. محدوده داده‌های بدست آمده بین ۰/۲۱۴ تا ۰/۳۵۷ درصد بود که کمتر از حداکثر میزان مجاز اسیدهای چرب آزاد (۵ درصد) بود.

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که تأثیر درجه حرارت و سرعت جریان هوا بر میزان پراکسید پسته‌های خشک شده معنی‌دار بود (P<۰/۰۱) در حالی که رطوبت نسبی هوا تأثیر معنی‌داری بر میزان پراکسید نمونه‌ها نداشت. جدول ۱ میانگین‌های مقایسه شده با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد را

-

جریان هوا بر وضعیت ظاهری معنی دار نبود. جدول ۲ میانگین امتیازات وضعیت ظاهری را که توسط آزمون دانکن (۵ درصد) مقایسه شده‌اند نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود پسته‌های خشک شده با دمای پایین ( $25^{\circ}\text{C}$  و  $40^{\circ}\text{C}$ ) و سرعت جریان هوای پایین ( $1\text{ m/s}$  و  $0/5$ ) وضعیت ظاهری بهتری داشتند.

دامنه امتیازات داده شده به وضعیت ظاهری نمونه‌ها بین  $4/67 - 2/67$  قرار داشت. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که تنها رطوبت نسبی محیط اثر معنی داری ( $P < 0/05$ ) بر وضعیت ظاهری پسته دارد و استفاده از رطوبت نسبی بالاتر ترجیح داده می‌شود. اما اثر درجه حرارت و سرعت

جدول ۲- تاثیر متغیرهای خشک کردن بر خصوصیات حسی پسته.

کد	وضعیت ظاهری	میزان خندان بودن	سفتی	شیرینی	تندی	برشته بودن	پذیرش کلی
$T_1 - H_1 - V_1$	۴/۳۳ <sup>a</sup>	۴/۰۰ <sup>ab</sup>	۴/۳۳ <sup>ab</sup>	۳/۰۰ <sup>abc</sup>	۱/۳۳ <sup>ab</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۳/۳۳ <sup>bcde</sup>
$T_1 - H_1 - V_2$	۴/۰۰ <sup>ab</sup>	۴/۰۰ <sup>ab</sup>	۳/۶۷ <sup>abc</sup>	۳/۳۳ <sup>ab</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۴/۰۰ <sup>abc</sup>
$T_1 - H_1 - V_3$	۴/۳۳ <sup>a</sup>	۴/۰۰ <sup>ab</sup>	۳/۶۷ <sup>abc</sup>	۳/۳۳ <sup>ab</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۴/۳۳ <sup>ab</sup>
$T_1 - H_2 - V_1$	۴/۶۷ <sup>a</sup>	۳/۶۷ <sup>b</sup>	۴/۳۳ <sup>ab</sup>	۳/۶۷ <sup>a</sup>	۱/۳۳ <sup>ab</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۳/۶۷ <sup>abcd</sup>
$T_1 - H_2 - V_2$	۴/۳۳ <sup>a</sup>	۳/۶۷ <sup>b</sup>	۴/۶۷ <sup>a</sup>	۲/۶۷ <sup>bc</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۳/۶۷ <sup>abcd</sup>
$T_1 - H_2 - V_3$	۴/۳۳ <sup>a</sup>	۴/۰۰ <sup>ab</sup>	۴/۰۰ <sup>ab</sup>	۳/۳۳ <sup>ab</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۳۳ <sup>ab</sup>	۴/۳۳ <sup>ab</sup>
$T_2 - H_1 - V_1$	۴/۶۷ <sup>a</sup>	۳/۶۷ <sup>b</sup>	۳/۶۷ <sup>abc</sup>	۳/۰۰ <sup>abc</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۳۳ <sup>ab</sup>	۴/۰۰ <sup>abc</sup>
$T_2 - H_1 - V_2$	۴/۰۰ <sup>ab</sup>	۴/۳۳ <sup>ab</sup>	۳/۳۳ <sup>abcd</sup>	۳/۳۳ <sup>ab</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۴/۰۰ <sup>abc</sup>
$T_2 - H_1 - V_3$	۳/۶۷ <sup>ab</sup>	۴/۰۰ <sup>ab</sup>	۴/۰۰ <sup>abc</sup>	۳/۰۰ <sup>abc</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۳/۶۷ <sup>abcd</sup>
$T_2 - H_2 - V_1$	۴/۳۳ <sup>a</sup>	۴/۳۳ <sup>ab</sup>	۳/۶۷ <sup>ab</sup>	۲/۶۷ <sup>bc</sup>	۱/۶۷ <sup>a</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۴/۶۷ <sup>a</sup>
$T_2 - H_2 - V_2$	۳/۶۷ <sup>ab</sup>	۴/۶۷ <sup>ab</sup>	۴/۰۰ <sup>ab</sup>	۳/۰۰ <sup>abc</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۳۳ <sup>ab</sup>	۴/۳۳ <sup>ab</sup>
$T_2 - H_2 - V_3$	۴/۰۰ <sup>ab</sup>	۴/۳۳ <sup>ab</sup>	۴/۰۰ <sup>ab</sup>	۳/۰۰ <sup>abc</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۴/۶۷ <sup>a</sup>
$T_2 - H_3 - V_1$	۴/۳۳ <sup>a</sup>	۴/۳۳ <sup>ab</sup>	۳/۰۰ <sup>bcd</sup>	۳/۳۳ <sup>ab</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۴/۰۰ <sup>abc</sup>
$T_2 - H_3 - V_2$	۳/۳۳ <sup>ab</sup>	۴/۶۷ <sup>ab</sup>	۳/۶۷ <sup>abc</sup>	۲/۳۳ <sup>c</sup>	۱/۶۷ <sup>a</sup>	۱/۳۳ <sup>ab</sup>	۳/۰۰ <sup>cde</sup>
$T_2 - H_3 - V_3$	۲/۶۷ <sup>b</sup>	۵/۰۰ <sup>a</sup>	۳/۳۳ <sup>abcd</sup>	۳/۰۰ <sup>abc</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۳۳ <sup>ab</sup>	۲/۳۳ <sup>c</sup>
$T_3 - H_1 - V_1$	۴/۰۰ <sup>ab</sup>	۵/۰۰ <sup>a</sup>	۳/۳۳ <sup>abcd</sup>	۳/۰۰ <sup>abc</sup>	۱/۳۳ <sup>ab</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۳/۳۳ <sup>bcde</sup>
$T_3 - H_1 - V_2$	۴/۳۳ <sup>a</sup>	۴/۶۷ <sup>ab</sup>	۲/۰۰ <sup>d</sup>	۳/۰۰ <sup>abc</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۶۷ <sup>a</sup>	۳/۰۰ <sup>cde</sup>
$T_3 - H_1 - V_3$	۴/۰۰ <sup>ab</sup>	۴/۳۳ <sup>ab</sup>	۲/۳۳ <sup>cd</sup>	۲/۳۳ <sup>c</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۳/۰۰ <sup>cde</sup>
$T_3 - H_2 - V_1$	۲/۶۷ <sup>b</sup>	۵/۰۰ <sup>a</sup>	۳/۳۳ <sup>abcd</sup>	۳/۰۰ <sup>abc</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۲/۶۷ <sup>de</sup>
$T_3 - H_2 - V_2$	۳/۶۷ <sup>ab</sup>	۵/۰۰ <sup>a</sup>	۳/۶۷ <sup>abc</sup>	۳/۳۳ <sup>ab</sup>	۱/۶۷ <sup>a</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۳/۶۷ <sup>abcd</sup>
$T_3 - H_2 - V_3$	۳/۳۳ <sup>ab</sup>	۵/۰۰ <sup>a</sup>	۳/۳۳ <sup>abcd</sup>	۳/۰۰ <sup>abc</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۳۳ <sup>ab</sup>	۳/۶۷ <sup>abcd</sup>
$T_3 - H_3 - V_1$	۴/۶۷ <sup>a</sup>	۴/۳۳ <sup>ab</sup>	۲/۳۳ <sup>cd</sup>	۳/۰۰ <sup>abc</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۲/۶۷ <sup>de</sup>
$T_3 - H_3 - V_2$	۳/۶۷ <sup>ab</sup>	۵/۰۰ <sup>a</sup>	۳/۶۷ <sup>abc</sup>	۳/۰۰ <sup>abc</sup>	۱/۳۳ <sup>ab</sup>	۱/۳۳ <sup>ab</sup>	۳/۳۳ <sup>bcde</sup>
$T_3 - H_3 - V_3$	۳/۶۷ <sup>ab</sup>	۵/۰۰ <sup>a</sup>	۳/۶۷ <sup>abc</sup>	۲/۳۳ <sup>c</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۳/۶۷ <sup>abcd</sup>

تیمارهایی که دارای حروف یکسان هستند از نظر آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

$$T_1=25^{\circ}\text{C}, T_2=40^{\circ}\text{C}, T_3=55^{\circ}\text{C}, T_4=70^{\circ}\text{C}, V_1=0/5\text{ m/s}, V_2=1/0\text{ m/s}, V_3=1/5\text{ m/s}, H_1=5\% \text{ RH}, H_2=20\% \text{ RH}$$

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل امتیاز تندی نمونه‌های پسته خشک شده در شرایط مختلف نشان داد که تنها سرعت جریان هوا تأثیر معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) بر میزان تندی نمونه‌های پسته داشت و پسته‌های خشک شده در سرعت جریان هوا  $m/s$  ۱/۵ تندی کمتری داشتند. محدوده امتیازات داده شده به تندی نمونه‌های پسته بین ۱-۱/۶۷ بودند یعنی بین بسیار کم و کم قرار داشت. در جدول ۲ میانگین امتیازات تندی را که توسط آزمون دانکن (۵ درصد) مقایسه شده‌اند مشاهده می‌شود و در اکثر موارد پانلیست‌ها به نمونه‌های پسته خشک شده امتیاز بسیار کم داده‌اند. امتیاز پانلیست‌ها با نتایج حاصل از آزمون شیمیایی تطابق داشت به طوری که به دلیل پائین بودن مقدار پراکسید، مزه تندی در نمونه‌ها مشاهده نشد.

**برشته بودن:** محدوده امتیازات پانلیست‌ها به میزان برشته بودن نمونه‌های پسته بین ۱-۱/۶۷ بود یعنی میزان برشته بودن نمونه‌های پسته بین بسیار کم تا کم قرار داشت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که متغیرهای خشک کردن تأثیر معنی‌داری بر میزان برشته بودن نمونه‌های پسته نداشتند. جدول ۲ میانگین امتیازات برشته بودن را که توسط آزمون دانکن (۵ درصد) مقایسه شده‌اند نشان می‌دهد و در اکثر موارد پانلیست‌ها به نمونه‌های پسته خشک شده امتیاز ۱ (بسیار کم) داده‌اند.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل امتیاز پذیرش کلی نمونه‌های پسته خشک شده در شرایط مختلف نشان داد که تنها درجه حرارت هوا اثر معنی‌داری ( $P < 0/01$ ) بر میزان پذیرش کلی نمونه‌های پسته داشت و پسته‌های خشک شده در دمای  $40^{\circ}C$  امتیاز بیشتری کسب کردند. اما سرعت جریان هوا و رطوبت نسبی هوا اثر معنی‌داری بر پذیرش کلی نداشتند. محدوده امتیازات پانلیست‌ها به پذیرش کلی نمونه‌های پسته بین ۲/۳۳-۴/۶۷ بودند. جدول ۲ میانگین امتیازات پذیرش کلی را که توسط آزمون دانکن (۵ درصد) مقایسه شده‌اند نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که اکثر نمونه‌ها امتیاز بالاتر از متوسط را کسب کرده‌اند یعنی در مجموع کیفیت پسته‌های خشک شده با روش‌های مختلف بالاتر از حد متوسط نظرات مصرف کنندگان می‌باشد.

دامنه امتیازات داده شده به میزان خندان بودن پسته‌های خشک شده بین ۳/۶۷-۵ قرار داشت. تجزیه و تحلیل امتیاز پانلیست‌ها نشان داد که اثر درجه حرارت هوا بر میزان خندان بودن پسته‌ها کاملاً معنی‌دار بود ( $P < 0/01$ ) به طوری که با افزایش درجه حرارت خشک کردن میزان خندان شدن افزایش یافت. اما سرعت جریان هوا و رطوبت نسبی هوا اثر معنی‌داری بر میزان خندان بودن نداشت اگر چه امتیازات مربوط به سرعت جریان هوا  $m/s$  ۱ (بالاتر بود). جدول ۲ میانگین امتیازات میزان خندان بودن را که توسط آزمون دانکن (در سطح ۵ درصد) مقایسه شده‌اند نشان می‌دهد. اکثر پانلیست‌ها به میزان خندان بودن نمونه‌ها امتیاز خوب تا بسیار خوب دادند و اختلاف معنی‌داری بین آنها دیده نشد.

دامنه امتیازات داده شده به سفتی نمونه‌های پسته بین ۴/۶۷ - ۲ قرار داشت. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که درجه حرارت هوا اثر معنی‌داری ( $P < 0/01$ ) بر میزان سفتی نمونه‌های پسته خشک شده داشت و پسته‌هایی که به ترتیب با دماهای ۲۵ و  $40^{\circ}C$  خشک شده اند سفت‌تر از پسته‌های خشک شده با دمای ۵۵ و  $70^{\circ}C$  بودند. اما سرعت جریان هوا و رطوبت نسبی هوا اثر معنی‌داری بر میزان سفتی نمونه‌های پسته نداشتند. میانگین امتیازات سفتی که توسط آزمون دانکن (۵ درصد) مقایسه شده‌اند در جدول ۲ مشاهده می‌شود. پسته‌های خشک شده با دمای  $25^{\circ}C$ ،  $m/s$  ۱ و ۲۰ درصد رطوبت نسبی سفتی بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشتند اگر چه بین میانگین‌های مختلف اختلاف معنی‌داری دیده نشد.

محدوده امتیازات داده شده به شیرینی نمونه‌های پسته بین ۲/۳۳-۳/۶۷ قرار داشت. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که هیچکدام از متغیرهای خشک کردن تأثیر معنی‌داری بر میزان شیرینی نمونه‌های پسته خشک شده ندارند. با این حال پسته‌های خشک شده در دمای پائین‌تر ( $25^{\circ}C$  و  $40^{\circ}C$ ) و سرعت جریان هوای پایین‌تر و رطوبت نسبی کمتر شیرینی کمتری داشتند. میانگین امتیازات شیرینی که توسط آزمون دانکن (۵ درصد) مقایسه شدند در جدول ۲ آورده شده است. اگر چه بین این میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما پسته‌های خشک شده با دمای  $25^{\circ}C$ ،  $m/s$  ۰/۵ و ۲۰ درصد رطوبت نسبی شیرین‌تر از بقیه بودند.

-

بیشتر بوده است. حد استاندارد پسته‌های مغز شده بر اساس استاندارد ایران ۱ درصد می‌باشد (۱) که در بعضی از شرایط خشک کردن بیشتر از این بوده است.

-

جدول ۴ میزان آفلاتوکسین در نمونه‌های اولیه و پسته‌های خشک شده با تعدادی از تیمارها را نشان می‌دهد. حد مجاز آفلاتوکسین با توجه به استاندارد کشورهای مختلف فرق می‌کند. بر اساس استاندارد ایران حد مجاز آفلاتوکسین  $B_1$  و کل به ترتیب ۵ و ۱۵ ppb است در حالیکه در بسیاری از کشورها به ویژه اتحادیه اروپا کمتر از این مقدار است (به ترتیب ۲ و ۴ ppb). همانگونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود مقدار آفلاتوکسین در نمونه‌های پسته کمتر از حد استاندارد بود و فرآیند خشک شدن تاثیری بر میزان آفلاتوکسین نداشت.

بر اساس گزارش FAO علت بالا بودن میزان آفلاتوکسین در نمونه‌های پسته عمدتاً مربوط به پسته‌های زود خندان و پسته‌های آلوده به آفت کرم نارنجی است. پسته‌های زود خندان بیشترین مقدار آفلاتوکسین را به خود اختصاص می‌دهند و گاهی اوقات تا ۹۹ درصد آفلاتوکسین شناسایی شده مربوط به آنهاست. پسته‌های آلوده به آفت کرم نارنجی نیز به کپک آسپرژیلوس فلاووس یا پارازیتیکوس بسیار حساس می‌باشند و تا ۸۴ درصد آفلاتوکسین شناسایی شده را شامل شده‌اند. معمولاً میزان آفلاتوکسین در پسته‌های طبیعی (غیر آلوده) کمتر از ۲ ppb است اما در پسته‌های زود خندان یا آلوده به آفت کرم نارنجی بیشتر از ۲۰ و گاهی اوقات به بالاتر از ۱۰۰۰ ppb می‌رسد (۳). بدین ترتیب در صورت عدم وجود پسته‌های زود خندان یا آلوده به آفت کرم نارنجی در محموله پسته و یا جداسازی آنها قبل از عرضه به بازار، میزان آفلاتوکسین در نمونه‌های پسته بسیار پایین و یا حتی صفر خواهد بود. به همین دلیل در گزارشات ارائه شده توسط بسیاری از محققین، در اکثر نمونه‌ها آفلاتوکسینی مشاهده نشده و یا کمتر از ۲ ppb بوده است (۳).

: تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده

برای میزان شل شدن مغز پسته‌های خشک شده تحت شرایط مختلف نشان داد که کلیه متغیرهای خشک کردن (درجه حرارت، سرعت جریان و رطوبت نسبی هوا) اثر معنی‌داری ( $P < 0/01$ ) بر میزان شل شدن مغز پسته داشتند، به طوری که با افزایش درجه حرارت میزان شل شدن نمونه‌های پسته تا ۵۱/۶۷ درصد افزایش یافت که علت آن افزایش خندان شدن پسته‌ها با افزایش درجه حرارت بود. میزان شل شدن نمونه‌ها در رطوبت نسبی ۵ درصد بیشتر از رطوبت نسبی ۲۰ درصد بود و تاثیر سرعت جریان هوا ۱ و  $1/5$  m/s بیشتر از  $0/5$  m/s بود. جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین‌ها را که توسط آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده نشان می‌دهد. میزان شل شدن مغز پسته در نمونه‌های خشک شده در دمای  $25^{\circ}\text{C}$ ، رطوبت نسبی ۲۰ درصد و سرعت جریان هوای  $0/5$  یا  $1$  m/s کمتر از سایر موارد بود.

: جدول ۳ میزان خندان بودن

دانه‌های پسته قبل و بعد از فرآیند خشک کردن و درصد افزایش خندان بودن پسته‌های خشک شده با تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده نشان داد که درجه حرارت و سرعت جریان هوا اثر معنی‌داری ( $P < 0/01$ ) بر افزایش درصد خندان شدن پسته‌ها داشتند، به طوری که با افزایش درجه حرارت و سرعت جریان هوا درصد خندان بودن افزایش یافت. در کلیه تیمارها میزان خندان بودن افزایش یافت و در محدوده ۱۲۲-۵۶/۳۷ درصد متغیر بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن نشان داد که درصد افزایش خندان بودن نمونه‌های پسته در شرایط  $70^{\circ}\text{C}$ ،  $1$  و  $5$  درصد رطوبت نسبی بیشتر از سایر موارد بود.

: جدول ۳ تاثیر عوامل خشک کردن بر

درصد مغزهای جدا شده را نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده نشان داد که درجه حرارت هوا اثر معنی‌داری ( $P < 0/01$ ) بر میزان جدا شدن مغز پسته داشت. همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود فقط در دماهای  $55$  و  $70^{\circ}\text{C}$  مغزهای پسته جدا شده‌اند که البته تاثیر دمای  $70^{\circ}\text{C}$



جدول ۳- تأثیر متغیرهای خشک کردن بر خصوصیات فیزیکی پسته.

کد	خندان بودن قبل از خشک کردن (mm)	خندان بودن بعد از خشک کردن (mm)	افزایش خندان بودن ( درصد )	شل شدن مغز پسته ( درصد )	جدا شدن مغز پسته ( درصد )
T - H - V	/	/ a	/ cde	/ def	/ d
T - H - V	/	/ ab	/ def	/ def	/ d
T - H - V	/	/ abc	/ bcd	/ def	/ d
T - H - V	/	/ i	/ g	/ f	/ d
T - H - V	/	/ h	/ bcde	/ f	/ d
T - H - V	/	/ a	/ bcde	/ bcde	/ d
T - H - V	/	/ gh	/ def	/ def	/ d
T - H - V	/	/ efgh	/ abc	/ def	/ d
T - H - V	/	/ bcde	/ abc	/ cde	/ d
T - H - V	/	/ cdef	/ efg	/ bcd	/ d
T - H - V	/	/ efgh	/ bcde	/ cde	/ d
T - H - V	/	/ efgh	/ abc	/ ef	/ d
T - H - V	/	/ fgh	/ fg	/ ef	/ d
T - H - V	/	/ abc	/ abcd	/ a	/ c
T - H - V	/	/ abc	/ abc	/ a	/ a
T - H - V	/	/ defg	/ bcde	/ bcde	/ d
T - H - V	/	/ efg	/ bcde	/ def	/ d
T - H - V	/	/ efg	/ bcde	/ def	/ d
T - H - V	/	/ abc	/ bcde	/ bcde	/ a
T - H - V	/	/ a	/ ab	/ a	/ d
T - H - V	/	/ abc	/ abc	/ abc	/ d
T - H - V	/	/ abc	/ ab	/ a	/ b
T - H - V	/	/ abcd	/ abc	/ a	/ d
T - H - V	/	/ a	/ bcd	/ ab	/ d

تیمارهایی که دارای حروف یکسان هستند از نظر آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

$$T_1=25^{\circ}\text{C}, T_2=40^{\circ}\text{C}, T_3=55^{\circ}\text{C}, T_4=70^{\circ}\text{C}, V_1=0.5\text{ m/s}, V_2=1.0\text{ m/s}, V_3=1.5\text{ m/s}, H_1=5\% \text{ RH}, H_2=20\% \text{ RH}$$

جدول ۴- میزان آفلاتوکسین در نمونه‌های اولیه و نمونه‌های خشک شده

نمونه تیمار شده	نمونه اولیه	محصول
/	/	درجه حرارت هوا (°C)
/	/	رطوبت نسبی هوا ( درصد )
/	/	آفلاتوکسین (µg/kg)

۱- درجه حرارت هوا مهمترین عامل در کنترل خصوصیات کیفی پسته در حین فرآیند خشک کردن پسته است.

۲- درجه حرارت و سرعت جریان هوای خشک کردن اثر معنی داری بر پاره‌ای از خصوصیات کیفی پسته رقم اوحدی دارند در حالیکه اثر رطوبت نسبی (در محدوده آزمایش شده) معنی دار نمی‌باشد.

۳- با افزایش درجه حرارت میزان اسیدهای چرب آزاد در نمونه‌های خشک شده افزایش یافت، اگرچه مقدار آن در کلیه نمونه‌ها کمتر از حداکثر میزان مجاز اسیدهای چرب آزاد (۰/۵٪) بود.

( meq/kg ) .

۵- در نمونه‌های خشک شده هیچگونه طعم تندی یا برشتهگی مشاهده نشد.

۶- در بین خصوصیات حسی بیشترین تاثیر در میزان خندان بودن مشاهده گردید و با افزایش درجه حرارت میزان خندان بودن افزایش یافت.

۷- در دماهای ۵۵ و ۷۰°C جدا شدن مغز پسته مشاهده گردید که گاهی اوقات بیشتر از حد استاندارد (۰/۱٪) بود.

۸- متغیرهای خشک کردن بر میزان آفلاتوکسین تاثیری نداشتند.

### سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از دپارتمان Agricultural Bioresorce Engineering & دانشگاه ساسکاچوان کانادا به دلیل فراهم نمودن امکانات و تجهیزات لازم برای انجام آزمایشات تشکر و قدردانی کنند. علاوه بر این از آقای دکتر لوپه تابیل عضو هیات علمی دانشگاه ساسکاچوان کانادا به دلیل همکاری در این طرح و حمایت‌های علمی قدردانی می‌گردد.

آفلاتوکسین از مایکوتوکسین‌هایی است که مقاومت حرارتی بسیار بالایی دارد به طوری که در دماهای معمولی تخریب نمی‌شود و بهترین شرایط برای تولید آن دمای ۳۰-۲۵°C و رطوبت نسبی ۹۵-۸۵ درصد است. بدین ترتیب در خشک کن‌های صنعتی که از دمای ۷۰-۵۰°C و رطوبت نسبی پایین (کمتر از ۲۰ درصد) استفاده می‌شود، نه امکان تخریب آفلاتوکسین و نه امکان رشد کپک و تولید آفلاتوکسین وجود دارد. اما در خشک کردن آفتابی، در صورت بالا بودن رطوبت هوا و طولانی بودن زمان خشک کردن امکان تولید آفلاتوکسین وجود دارد. در خشک کن‌های صنعتی نیز در صورت یکنواخت نبودن توزیع حرارت و هوا و عدم کنترل شرایط خشک کردن، پسته‌ها به طور یکنواخت خشک نشده و چنین حالتی ممکن است به وجود آید.

جهت تعیین شرایط بهینه خشک کردن، تیمارهای اعمال شده با استفاده از شاخص‌های کیفی و با در نظر گرفتن زمان و شدت خشک شدن مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس تفاوت معنی داری که بین میانگین خصوصیات حاصل از تیمارهای مختلف وجود داشت، به تیمارها امتیاز داده شد. در نهایت بر اساس مجموع امتیازات کسب شده، شرایط بهینه برای خشک کردن پسته بدست آمد. شرایط بهینه تیمارهایی بودند که بیشترین امتیاز را کسب کرده‌اند یعنی:

دمای ۷۰°C، سرعت جریان هوا ۱/۵ m/s و رطوبت نسبی ۵ درصد.

دمای ۷۰°C، سرعت جریان هوا ۱ m/s و رطوبت نسبی ۲۰ درصد.

دمای ۴۰°C، سرعت جریان هوا ۱/۵ m/s و رطوبت نسبی ۲۰ درصد.

دمای ۴۰°C، سرعت جریان هوا ۱ m/s و رطوبت نسبی ۵ درصد.

بر اساس این پژوهش نتایج زیر برای خشک کردن پسته رقم اوحدی بدست آمد:

### REFERENCES

### منابع مورد استفاده

۱. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۶. پسته، ویژگی‌ها. استاندارد ملی ایران، شماره ۱۵.

2. Fennema, O. 1985. Chemical changes in food during processing. An Overview. In: Chemical changes in food during processing. T. Richardson & J. W. Fineley (ed.), AVI Publishing Company Inc., Westport, CT., pp.1-16.
3. Joint FAO/WHO food standards program. 2002. Discussion paper on aflatoxins in pistachios. 34 session, Rotterdam, The Netherlands, 11-15 March.
4. Kader, A. A., C. M. Heintz, J. M. Labavitch, & H. L. Rae. 1982. Studies related to the description and evaluation of pistachio nut quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 107(5): 812-816.
5. Karel, M. 1985. Control of lipid oxidation in dried foods. In: Concentration and drying of foods. D. MacCarthy (ed.), Elsevier Applied Science Publishers, New York, pp.37-51.
6. Kashani Nejad, M., L. Tabil, A. Mortazavi, & A. Safe Kordi. 2003. Effect of drying methods on quality of pistachio nut. Drying Technology, 21(5), 821-838.
7. Maskan, M. & S. Karatas. 1998. Fatty acid oxidation of pistachio nuts stored under various atmospheric conditions and different temperatures. Journal of the Science of Food and Agriculture, 77, 334-340.
8. Palipane, K. B. & R. S. Driscoll. 1994. The thin layer drying characteristics of macadamia in-shell nuts and kernels. Journal of Food Engineering, 23, 129-144.
9. Pathak, P. K., Y. C. Agrawal, & B. P. N. Singh. 1991. Thin layer drying model for rapeseed. Transactions of ASAE 34(6), 2505-2508.
10. Piggott, J. R. 1986. Statistical Procedures in Food Research. Elsevier Applied science, New York.
11. Schatzki, T. F. & J. L. Pan. 1996. Distribution of aflatoxin in pistachios. 3. Distribution in pistachio process streams. Journal of Agricultural Food Chemistry, 44, 1076-1084.
12. Shokraii, E. H. 1977. Chemical composition of the pistachio nuts (*Pistacia vera* L.) of Kerman, Iran. J. Food Sci., 42, 244-245.
13. Shokraii, E. H. & A. Esen, 1988. Composition, Solubility and electrophoretic patterns of protein isolated from kerman pistachio nuts (*Pistacia vera* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 36, 425-429.