

تأثیر پارامترهای دما و سرعت جابجایی هوا بر زمان خشک شدن و

شاخص های کیفی پسته^۱

حمید رضا گازر، سعید مینائی^۲

۱- چکیده:

یکی از مهمترین مراحل فرآوری پسته، مرحله خشک کردن است. در این مرحله، رطوبت محصول از حدود ۵۰ درصد به کمتر از ۵ درصد بر مبنای وزن خشک کاسته می شود تا محصول قابلیت ماندگاری مناسب در انبار را پیدا نماید. بررسی اثرات پارامترهای مؤثر در این فرایند می تواند نقش مهمی در تعیین زمان خشک کردن و نیز حفظ کیفیت محصول ایفا نماید. در این تحقیق اثر تغییرات دما در سه سطح ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه سانتیگراد و سرعت جابجایی هوای گرم در سه سطح ۱/۵، ۲/۰ و ۲/۵ متر بر ثانیه بر روی زمان خشک شدن و شاخص های کیفی محصول پسته نظیر تغییرات در مقدار پروتئین، چربی و عدد پراکسید در دو رقم از پسته های ایران به نامهای کله قوچی و فندقکی مطالعه گردید. همچنین از طریق آزمون چشایی میزان تأثیر دما در سه سطح ذکر شده بر روی طعم پسته های خشک شده بررسی گردید. نتایج آماری به دست آمده برای هر دو رقم پسته نشان داد که تغییرات دما و سرعت جابجایی هوا اثر معنی داری بر روی زمان خشک شدن پسته دارند و افزایش درجه حرارت از ۶۰ به ۹۰ درجه سانتیگراد می تواند تا حدود ۳۷ درصد زمان خشک شدن را کاهش دهد. از نظر کیفی تغییرات دما و سرعت جابجایی هوا تأثیر معنی داری بر روی مقدار پروتئین و چربی محصول پسته ندارند. با افزایش دما مقدار عدد پراکسید بطور معنی داری افزایش می یابد، لیکن این افزایش که برای دمای ۹۰ درجه سانتیگراد حداکثر ۰/۵۵ میلی اکی والان بر کیلوگرم می باشد، کمتر از حد مجاز برای پسته است. همچنین از این تحقیق نتیجه گیری شد که طعم پسته های خشک شده در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد نزد مصرف کنندگان از مقبولیت بیشتری برخوردارند.

۲- واژه های کلیدی:

خشک کردن، پسته کله قوچی، پسته فندقکی، شاخص های کیفی، آزمون چشایی.

۱- برگرفته از پایان نامه دکتری با عنوان "بررسی و ارزیابی پارامترهای مؤثر در طراحی خشک کنهای پسته ایرانی" واحد

علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی.

۲- به ترتیب دانشجوی سابق دکتر مکانیک ماشینهای کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی،

دورنگار: ۰۲۶۱-۲۷۰۶۲۷۷، پیام نگار: hgazor@yahoo.com و عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی

۳- پیشگفتار:

پسته یکی از محصولات مهم صادراتی کشور ایران است و سهم عمده‌ای در درآمدهای غیر نفتی برای کشور دارد. برای حفظ کیفیت محصول و جلوگیری از فساد و بروز ضایعات در این محصول، بایستی پسته پس از برداشت در زمانی کوتاه و در حداکثر ۲۴ ساعت فرآوری و برای خشک شدن آماده گردد. کل مدت زمان برداشت و فرآوری این محصول در یک فصل زراعی حدود یک ماه می‌باشد. یکی از مهمترین مراحل فرآوری پسته، رطوبت زدایی و یا به اصطلاح خشک کردن است. در این مرحله رطوبت دانه از ۵۰ درصد به حدود ۴ الی ۶ درصد کاهش داده می‌شود تا برای نگهداری در مدت های طولانی مناسب باشد [۷]. استاندارد (۱۳۷۶) متذکر می‌گردد که پسته خشک به پسته ای گفته می‌شود که رطوبت آن حداکثر ۶ درصد باشد. همچنین میزان عدد پراکسید مجاز روغن استخراجی در پسته‌های فراوری شده حداکثر ۱ میلی اکسی والان برکیلو گرم می‌باشد [۲].

در مراحل ابتدایی فرایند خشک شدن، سرعت رطوبت زدایی از دانه سریع است، زیرا در این مدت رطوبت از لایه‌های درونی به سطح دانه آمده و از آنجا به وسیله جریان هوای گرم از سطح دانه جدا می‌شود. با گذشت زمان، عمل انتقال رطوبت از لایه‌های درونی و مغز دانه به سطح آن، در مدت زمان بیشتری انجام می‌گیرد. به همین دلیل روند خشک شدن کاهش و زمان آن افزایش پیدا می‌کند و شیب منحنی تغییرات رطوبت در واحد زمان کم می‌شود. این مرحله از

فرایند انرژی زیادی را مصرف نموده و زمان بر می‌باشد [۵]. کمانگر و همکاران (۱۹۷۵) طی تحقیقی بر روی ویژگیهای روغن پسته‌های ایرانی نتیجه گیری کردند که پس از خشک کردن پسته‌ها تا رطوبت حدود ۲/۵ تا ۴/۱ درصد مقدار روغن استحصالی از ۱۰۰ گرم مغز پسته بین ۵۵/۲ تا ۶۰/۵ گرم می‌باشد. در گزارشی از محمدخانی (۱۳۷۴) میزان چربی و پروتئین در ۱۰۰ گرم مغز پسته به ترتیب ۵۳/۸ و ۲۰ گرم اعلام گردیده است. حسینی شکرانی (۱۹۷۷) با تحقیقی بر روی ترکیبات آلی پسته رقم کرمان، مقدار چربی مغز پسته را ۵۷ درصد و میزان پروتئین آن را ۲۰/۸ درصد گزارش نمود. کمانگر و فرسام (۱۹۷۷) با بررسی ۹ گونه از رقمهای اصلی پسته ایران میزان پروتئین و چربی موجود در مغز پسته را به ترتیب ۱۵/۰ تا ۲۱/۲ درصد و ۵۵/۲ تا ۶۰/۵ درصد گزارش کردند. در تحقیق آگار و همکاران (۱۹۹۷) بر روی پسته‌های ارقام ایران و ترکیه اعلام شد که مقدار چربی در پسته‌های ارقام ایران ۴۷/۶۵ تا ۶۳/۳۱ درصد و در پسته‌های ارقام ترکیه ۴۸/۵۵ تا ۵۸/۵۰ درصد می‌باشد. قادر و همکاران (۱۹۸۲) طی یک تحقیق میزان خواص کیفی پسته را در چهار رقم به نامهای کرمان، برونته، ترابونلا^۳ و رد آلبو^۴ مورد ارزیابی قرار داده و نتیجه‌گیری کردند که پسته کرمان دارای چربی کمتر از سه رقم دیگر می‌باشد. میزان پروتئین‌ها در هر چهار رقم ذکر شده مشابه بوده و اختلاف معنی داری نداشته‌اند. با انجام آزمون های حسی مشخص شد پسته کرمان دارای درجه سختی بیشتر، و تلخی، تردی

می‌کند و به اصطلاح گفته می‌شود "روغن تند شده" است. عواملی که در تسریع اکسیداسیون تأثیر دارند عبارتند از حرارت، نور، اشعه ماورابنفش، رطوبت هوا و فلزات [۴]. امیدی و همکاران (۱۳۷۵) طی تحقیقی بر روی خشک کردن ذرت در آزمایشگاه نشان دادند تغییرات دما در محدوده ۵۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد و ضخامت محصول در محدوده ۳ تا ۷ سانتیمتر هیچگونه اثر معنی داری بر روی تغییرات پروتئین و روغن ندارند.

مسکن و کاراتاس (۱۹۹۹) در رابطه با زمان ماندگاری در انبار پسته گزارش کردند که در محدوده دمایی ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد تغییرات عدد پراکسید در ۶ ماه اول دوره انبارداری ناچیز است. با گذشت ۶ ماه، در نمونه‌هایی که در دماهای بالاتر و شرایط محیط قرار داشتند عدد پراکسید بزرگتر بوده است. توکلی پور (۱۳۷۹) با انجام تحقیقی بر روی خشک کردن پسته رقم عباسعلی به وسیله هوای گرم در دماهای ۴۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد، دریافت که اثر تغییرات دما بر مقدار پروتئین و چربی پسته معنی دار نیست، لیکن افزایش دما بر روی بالا رفتن عدد پراکسید معنی دار می‌باشد. اگر عملیات خشک کردن در خلأ انجام شود، عدد پراکسید تغییرات معنی داری نمی‌کند. علاوه بر آن، در شرایط یکسان دوره ماندگاری در انبار، اگر دمای انبار افزایش یابد میزان پراکسید تشکیل شده در پسته افزایش خواهد یافت.

و قند کمتری نسبت به ارقام دیگر است. همچنین نامبردگان گزارش کردند که برای ماندگاری در انبار و نگهداری تا حدود ۱۲ ماه در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد بهترین میزان رطوبت در پسته‌های خشک شده ۴ الی ۶ درصد می‌باشد.

قادر (۱۹۸۵) گزارش کرد خشک کردن پسته در کالیفرنیا عمدتاً در دمای ۶۰ تا ۷۱ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ الی ۱۴ ساعت انجام می‌شود. البته با توجه به میزان رطوبت اولیه پسته و کارایی سیستم تا دمای ۹۳ درجه نیز می‌توان پسته را خشک نمود که در این میزان دما، زمان خشک شدن تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. چنانچه در دمای بین ۷۱ تا ۹۳ درجه سانتیگراد اقدام به خشک کردن محصول شود، ترک خوردگی در مغز پسته‌ها به میزان ۲ تا ۶ درصد افزایش می‌یابد. در حال حاضر، عملیات خشک کردن پسته در دو مرحله انجام می‌شود. ابتدا پسته به مدت ۳ ساعت در دمای ۸۲ درجه سانتیگراد قرار می‌گیرد تا رطوبت آن به حدود ۱۲ الی ۱۳ درصد برسد، پس از آن با استفاده از هوا با دمای ۴۹ درجه سانتیگراد و کمتر در مدت زمان ۲۴ الی ۴۸ ساعت پسته را تا مرز ۴ الی ۶ درصد خشک می‌کنند. در کارگاههای کوچک پسته را فقط در یک مرحله به مدت ۸ ساعت در دمای ۶۰ تا ۶۶ درجه سانتیگراد خشک کرده و رطوبت آن به حدود ۵ درصد می‌رسد [۷].

عدد پراکسید شاخص اکسیداسیون چربی‌ها و روغن است و برای نشان دادن روند اکسیداسیون مواد چرب از آن استفاده می‌شود. در اثر اکسیداسیون روغن طعم و بوی آن تغییر

اهداف تحقیق:

اثرات پارامترهای ذکر شده برای هر رقم به صورت جداگانه بررسی خواهد شد. پسته‌های مورد آزمایش از باغات پسته واقع در منطقه زرنند ساوه برداشت شده و قبل از انجام آزمایش پوست سبز آنها برداشته شده است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از طرح آماری کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل و در سه تکرار استفاده گردید و پس از تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسه میانگین‌های به دست آمده به وسیله آزمون دانکن در سطح ۱٪ یا ۵٪ انجام شده است.

برای تعیین چگونگی علاقه‌مندی مصرف‌کنندگان پسته به تغییرات طعم ایجاد شده ناشی از افزایش دما در فرایند خشک کردن پسته، از آزمون چشایی استفاده به عمل آمد. برای این کار ابتدا پسته‌های هر رقم به طور مجزا در سه سطح دمای ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه سانتیگراد و سرعت هوای ۱/۵ متر بر ثانیه خشک گردیده پس از آن با استفاده از دستورالعمل آزمون مصرف‌کننده گرا با مقیاس ۵ درجه ای نمونه‌های آزمایشی بین ۱۰۰ نفر مصرف‌کننده پسته برای آزمون توزیع شد [۸]. پس از آن اعلام نظر هر فرد در رابطه با علاقه‌مندی به طعم به وجود آمده در فرم مربوطه به صورت کیفی علامت گذاری و مطابق با جدول شماره ۱ امتیاز دهی گردید. داده‌های به دست آمده با استفاده از طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین‌های به دست آمده به وسیله آزمون دانکن در سطح ۱٪ انجام شد و نتایج آن در بخش‌های بعد ارائه گردیده است.

با توجه به بازدید منطقه ای از خشک کنهای پسته در استان کرمان و کاربرد دماهای ۴۵ تا ۷۰ درجه سانتیگراد برای خشک کردن پسته، تحقیقات انجام شده بر روی عملیات خشک کردن این محصول و بررسی خواص آن در دماهای پائین [۶، ۷ و ۱۳] و نیز با توجه به با ارزش بودن زمان در فراوری پسته و دستیابی به یک زمان بهینه برای خشک کردن پسته در دماهای زیادتر از ۶۰ درجه سانتیگراد، در این تحقیق تأثیر دماهای بالا و سرعت‌های جابجایی هوای گرم بر روی تغییرات زمان خشک شدن، پروتئین، چربی و عدد پراکسید در دو نوع پسته کله قوچی و فندق‌کی که از ارقام مهم پسته صادراتی در ایران می باشند، بررسی می گردد. همچنین تأثیر دما بر روی میزان محصول پسندی مصرف‌کنندگان نسبت به طعم ایجاد شده در پسته نیز پژوهش می‌شود.

۴- مواد و روشها:

در این تحقیق تأثیر دما در سه سطح ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه سانتی گراد، تغییرات سرعت جابجایی هوا در سه سطح ۱/۵، ۲/۰ و ۲/۵ متر بر ثانیه در ضخامت تک لایه بر روی زمان خشک شدن، تغییرات میزان پروتئین، چربی و عدد پراکسید دو رقم از پسته‌های ایران به نام های کله قوچی و فندق‌کی بررسی گردید. به دلیل اختلاف در ارزش اقتصادی رقم‌های مختلف پسته در استان کرمان عملیات فرآوری هر رقم به صورت جداگانه انجام می‌شود. بدین دلیل در این تحقیق

جدول شماره ۱- امتیازدهی به مشخصه‌های کیفی در آزمون چشایی پسته

امتیاز	مشخصه وصفی	ردیف
۵	علاقه‌مندی خیلی زیاد	۱
۴	علاقه‌مندی زیاد	۲
۳	علاقه‌مندی متوسط	۳
۲	علاقه‌مندی کم	۴
۱	عدم علاقه‌مندی	۵

کیلن (Kiln dryer) ساخت داخل کشور، به‌کارگرفته شد. این خشک‌کن‌ها برای خشک کردن میوه‌جات و سبزی مناسب بوده و دارای صفحه‌ای مشبک است که جریان هوای گرم از بخش زیرین به محصول در حال خشک شدن برخورد می‌کند (شکل شماره ۱). این خشک‌کن‌ها از طریق یک ثابت داده‌ها به رایانه متصل است. در فواصل ۱۵ دقیقه ای اقدام به داده برداری (وزن‌کشی نمونه‌ها) گردید، این عمل تا زمانی که نتایج سه توزین پیاپی مساوی شود ادامه می‌یافت. پس از آن با استفاده از وزن نهایی نمونه‌ها که به وسیله آون خشک شده بود و رابطه زیر تغییرات میزان رطوبت نمونه‌ها در طول آزمایش به دست آمد [۵].

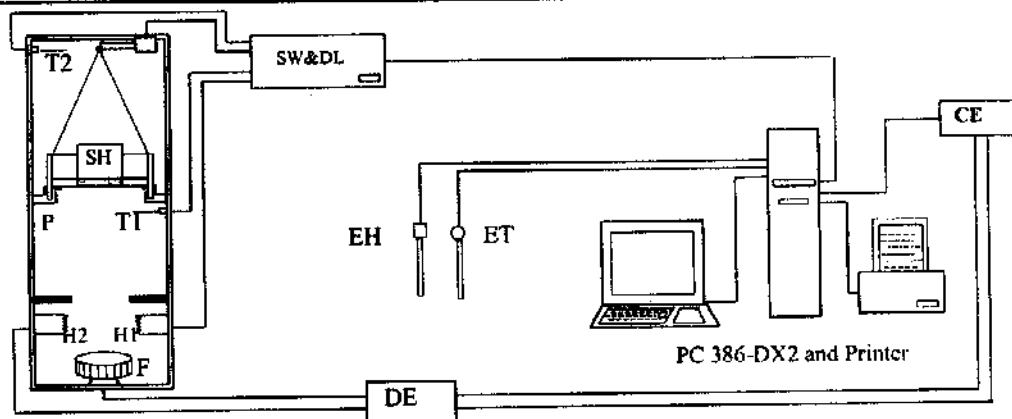
$$m.c. = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

W_1 = وزن نمونه در هر زمان از آزمایش (گرم)

W_2 = وزن نهایی نمونه (گرم)

$m.c.$ = درصد رطوبت (بر پایه خشک)

برای اندازه‌گیری رطوبت موجود در پسته‌های آزمایشی از روش وزنی استفاده شد. نمونه‌ها به مدت ۶ تا ۸ ساعت در یک آون^۱ خلأ با فشار منفی ۹۰۰- میلی بار و دمای ۷۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند تا وزن آنها ثابت گردید [۶] و [۱۲]. مقدار رطوبت اولیه برای پسته کله قوچی ۵۷ تا ۶۲ درصد و برای پسته فندقی ۵۱ تا ۵۵ درصد بر پایه وزن خشک به دست آمد. ظروف آزمایش عبارت بودند از یک استوانه دارای صفحه مشبک در کف که پسته بصورت تک لایه در آن قرار داده می‌شد. برای اندازه‌گیری سرعت جابجایی هوای گرم در خشک‌کن از دستگاه سرعت سنج هوا مدل AM-4201 لوترون (Lutron) استفاده شد. با کاربرد دماسنج- رطوبت سنج مدل HT-3003 لوترون در طول مدت آزمایشها تغییرات دمای آزمایشگاه ۲۸-۲۳ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی هوای محیط ۳۵-۲۰٪ اندازه‌گیری شد. عملیات خشک کردن در پژوهشکده کشاورزی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران انجام شد و برای این منظور سه عدد خشک‌کن آزمایشگاهی از نوع



شکل شماره ۱-: طرح خشک کن آزمایشگاهی

در این شکل:

۱. (F) دمنده ۲. (H1) مولد گرما ۱ ۳. (H2) مولد گرما ۲ ۴. (SH) استوانه حامل نمونه ۵. (TI) دماسنج قبل از استوانه حامل نمونه ۶. (T2) دماسنج بعد از استوانه حامل نمونه ۷. (L) بار سنج (لود سل) ۸. (SW) کلید های فرمان (سونیچر) ۹. (DL) ثبات داده ها ۱۰. (CE) سیستم کنترل الکترونیکی ۱۱. (DE) سیستم راه انداز الکترونیکی خشک کن ۱۲. (EH) حسگر اندازه گیری رطوبت محیط ۱۳. (ET) حسگر اندازه گیری دمای محیط ۱۴. (P) پارافین مایع

۶۷۲۵ در نظر گرفته شد [۱۱]. برای اندازه گیری میزان چربی کل در پسته از روش سوکسله و دستگاه سوکسله اتوماتیک مدل گرهارت (Gerhardt) به کار برده شد. برای اندازه گیری عدد پراکسید در نمونه های آزمایشی از روش ذکر شده در استاندارد ملی شماره ۴۱۷۹ استفاده گردید [۳].

۵- یافته ها:

- نتایج به دست آمده در رابطه با زمان خشک شدن پسته

تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده نشان می دهد که در هر دو رقم پسته کله قوچی و فندق، تغییرات پارامترهای دما و سرعت جابجایی هوا اثر بسیار معنی داری (در سطح احتمال ۱٪) بر روی زمان خشک شدن پسته دارد (جدول شماره ۲).

با توجه به تحقیقات انجام شده، مبنای محاسبات زمان تا هنگام رسیدن رطوبت پسته به میزان حدود ۱۱ ± ۵ درصد بر پایه وزن خشک می باشد [۶]، [۷] و [۱۲].

اندازه گیری سه پارامتر پروتئین، چربی کل و عدد پراکسید در بخش تحقیقات صنایع غذایی موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به شرح زیر انجام گرفت:

برای اندازه گیری مقدار پروتئین در پسته ها از روش ماکرو کجلدال و دستگاه اتوماتیک کجلتک مدل ۱۰۳۰ (KJELTEC 1030) استفاده شد. اصول کار در این روش، تعیین مقدار ازت کل در نمونه مورد آزمایش است و با در نظر گرفتن ضریب پروتئین، مقدار پروتئین موجود در ماده غذایی قابل محاسبه می شود [۴]. با در نظر گرفتن تحقیق انجام شده توسط حسینی شکرایی (۱۹۷۷) ضریب پروتئین برای مغز پسته

جدول شماره ۲- نتایج تجزیه واریانس زمان خشک شدن پسته های کله قوچی و فندقی

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
فندقی	کله قوچی		
۲۴۲۳۳/۳۳**	۲۸۲۳۳/۳۳**	۲	دما
۸۰۸/۳۳**	۱۴۰۸/۳۳**	۲	سرعت هوا
۳۳/۳۳ n.s	۸۳/۳۳ n.s	۴	سرعت هوا X دما
۳۳/۳۳	۶۶/۶۶	۱۸	خطا
-	-	۲۶	کل
۳/۵۷	۴/۳۲	-	ضریب تغییرات (%)

** = وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪

n.s = عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪

جدول شماره ۳- مقایسه میانگین های زمان خشک شدن تیمارهای پسته کله قوچی به روش دانکن

۹۰	۷۵	۶۰	دما (درجه سانتیگراد)
			سرعت هوا (متر بر ثانیه)
۲۰۵ ^c	۲۴۵ ^c	۳۲۵ ^a	۱/۵
۱۹۵ ^f	۲۳۰ ^{cd}	۳۰۵ ^b	۲
۱۹۰ ^f	۲۲۰ ^{cd}	۲۹۰ ^b	۲/۵

حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ می باشد.

جدول شماره ۴- مقایسه میانگین های زمان خشک شدن تیمارهای پسته فندقی به روش دانکن

۹۰	۷۵	۶۰	دما (درجه سانتیگراد)
			سرعت هوا (متر بر ثانیه)
۱۷۵ ^e	۲۲۰ ^c	۲۸۰ ^a	۱/۵
۱۶۵ ^{ef}	۲۰۵ ^d	۲۵۵ ^b	۲
۱۶۰ ^f	۲۰۰ ^d	۲۵۰ ^b	۲/۵

حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ می باشد.

دما اثر بسیار معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر مقدار عدد پراکسید دارد و تغییرات سرعت هوا بر روی این شاخص اثر معنی داری نداشته است. همچنین اثر متقابلی بین عوامل دما و سرعت هوا مشاهده نشد. نتیجه گیری فوق تا دمای ۷۰ درجه سانتیگراد برای خشک کردن پسته رقم عباسعلی توسط توکلی پور (۱۳۷۹) و همچنین در خشک کردن ذرت توسط امیدی و همکاران (۱۳۷۵) نیز گزارش شده است.

- نتایج به دست آمده در رابطه با شاخص های کیفی

- تغییرات پروتئین، چربی و عدد پراکسید
نتایج تجزیه واریانس انجام شده به روی داده های آزمایش در جداول شماره ۵ و ۶ آمده است. به طوریکه مشاهده می شود برای هر دو رقم، تغییرات دما و سرعت هوا در فرایند خشک کردن، اثر معنی داری بر روی مقدار پروتئین و چربی موجود در پسته ندارند لیکن تغییرات

جدول شماره ۵- نتایج تجزیه واریانس تغییرات پروتئین، چربی و عدد پراکسید در پسته کله قوچی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		پروتئین	چربی
دما	۲	۱/۲۵ ^{n.s.}	۲/۱۶ ^{n.s.}
سرعت هوا	۲	۲/۶۴ ^{n.s.}	۰/۹۳۶ ^{n.s.}
سرعت هوا × دما	۴	۵/۳۳ ^{n.s.}	۲/۹۷۹ ^{n.s.}
خطا	۱۸	۱/۶۷	۲/۰۸۱
کل	۲۶	-	-
ضریب تغییرات (%)	-	۵/۳۶	۶/۷۷

** = وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ n.s. = عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪

جدول شماره ۶- نتایج تجزیه واریانس تغییرات پروتئین، چربی و عدد پراکسید در پسته فندقی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		پروتئین	چربی
دما	۲	۰/۹۳ ^{n.s.}	۵/۶۸ ^{n.s.}
سرعت هوا	۲	۰/۰۸ ^{n.s.}	۰/۶۸ ^{n.s.}
سرعت هوا × دما	۴	۰/۳۸ ^{n.s.}	۴/۳۶ ^{n.s.}
خطا	۱۸	۰/۶۲۱	۳/۶۷
کل	۲۶	-	-
ضریب تغییرات (%)	-	۵/۷۸	۳/۷۸

** = وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ n.s. = عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪

آگار و همکاران (۱۹۹۷) نیز گزارش شده است. در هر دو رقم ملاحظه می شود که با افزایش دما و در هر سه سرعت هوا عدد پراکسید روندی افزایشی دارد و مقدار آن به ۰/۲۵۸ میلی اکی والان بر کیلوگرم در پسته کله قوچی و ۰/۵۵۰ میلی اکی والان بر کیلوگرم در پسته فندق می رسد (جدول ۷ و ۸).

میزان پروتئین به دست آمده در پسته های کله قوچی از ۱۹/۴۷ تا ۲۱/۳۷ درصد و در پسته های فندق از ۱۹/۲۷ تا ۲۰/۶۳ درصد می باشد. همچنین مقدار چربی به دست آمده در پسته های کله قوچی از ۴۹/۴۳ تا ۵۱/۸۳ درصد و در پسته های فندق از ۴۹/۹۷ تا ۵۳/۱۰ درصد می باشد. مشابه مقادیر ذکر شده توسط کمانگر و همکاران (۱۹۷۵)، حسینی شکرایی (۱۹۷۷) و

جدول شماره ۷- مقایسه میانگین های عدد پراکسید در تیمارهای پسته کله قوچی به روش دانکن

۹۰	۷۵	۶۰	دما (درجه سانتیگراد)	
			سرعت هوا (متر بر ثانیه)	
۰/۲۳۷ ^{abc}	۰/۱۷۰ ^{bcd}	۰/۰۳۳ ^e	۱/۵	
۰/۲۵۸ ^a	۰/۱۴۰ ^d	۰/۰۲۰ ^e	۲	
۰/۲۴۰ ^{bc}	۰/۱۶۰ ^{cd}	۰/۰۲۰ ^e	۲/۵	

حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ می باشد

جدول شماره ۸- مقایسه میانگین های عدد پراکسید در تیمارهای پسته فندق به روش دانکن

۹۰	۷۵	۶۰	دما (درجه سانتیگراد)	
			سرعت هوا (متر بر ثانیه)	
۰/۵۲۳ ^a	۰/۲۱۳ ^b	۰/۰۱۷ ^c	۱/۵	
۰/۵۱۰ ^a	۰/۲۳۰ ^b	۰/۰۲۳ ^c	۲	
۰/۵۵۰ ^a	۰/۲۵۷ ^b	۰/۰۰۰ ^c	۲/۵	

حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ می باشد

(جدول ۹) مشخص گردید که تغییرات دما بر روی طعم هر دو رقم پسته اثر معنی داری در سطح ۱٪ داشته است. این بدان معنی است که افزایش دما موجب تغییرمیزان علاقه‌مندی مصرف کنندگان به طعم پسته خشک، شده است.

- تغییرات طعم ناشی از افزایش دمای خشک کردن پسته

با توجه به انجام آزمون چشایی و نتایج تجزیه واریانس مربوط به طعم پسته‌های خشک شده در دماهای ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه سانتیگراد

جدول شماره ۹- نتایج آنالیز واریانس علاقه‌مندی به طعم در پسته‌های کله قوچی و فندق

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
فندق	کله قوچی		
۱/۰۵۷ ^{n.s.}	۱/۰۱۹ ^{n.s.}	۹۹	تکرار
۱۳/۴۸۰ ^{**}	۹/۷۴۳ ^{**}	۲	دما
۰/۹۷۸	۱/۰۶۰	۱۹۸	خطا
-	-	۲۹۹	کل
۲۶/۲۱	۲۴/۸۸	-	ضریب تغییرات (٪)

** = وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪

n.s. = عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪

جدول شماره ۱۰- مقایسه میانگین های نمره علاقه‌مندی به طعم در تیمارهای پسته کله قوچی به روش دانکن

دما (درجه سانتیگراد)	۶۰	۷۵	۹۰
نمره طعم ایجاد شده	۳/۲۴ ^b	۳/۷۳ ^a	۳/۱۵ ^b

حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ می باشد

جدول شماره ۱۱- مقایسه میانگین های نمره علاقه‌مندی به طعم در تیمارهای پسته فندق به روش دانکن

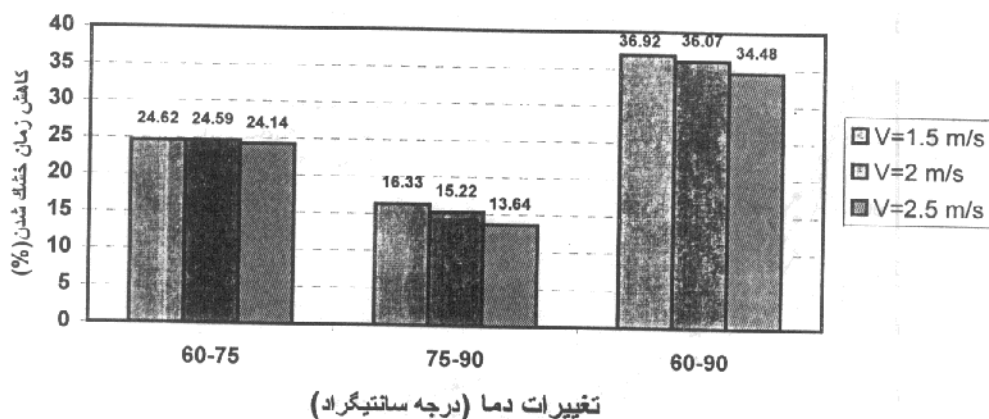
دما (درجه سانتیگراد)	۶۰	۷۵	۹۰
نمره طعم ایجاد شده	۳/۰۸ ^b	۳/۷۶ ^a	۳/۱۸ ^b

حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ می باشد

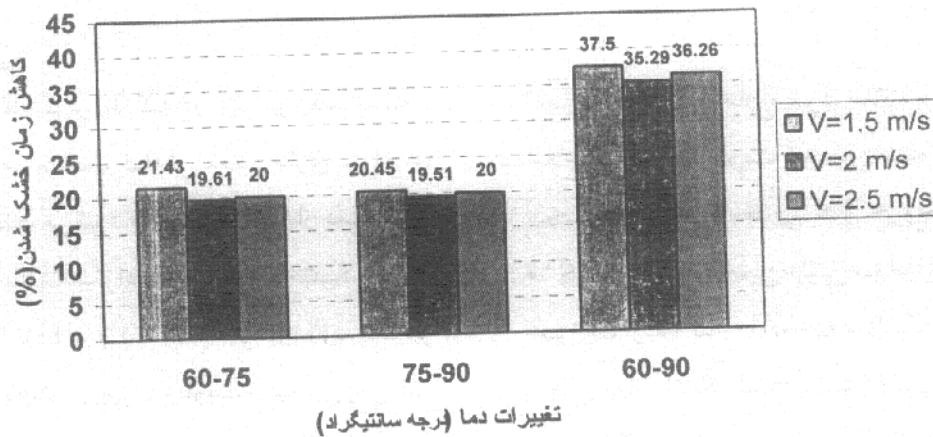
۷- کاوش:

به سرعت از سطح خارج شود. علاوه بر آن تجمع املاح حاصل از رطوبت تبخیر شده از سطح و سخت تر شدن لایه سطحی عمل خروج رطوبت مشکل می شود. به همین دلیل با افزایش درجه حرارت از ۷۵ به ۹۰ درجه سانتیگراد، درصد کاهش زمان خشک شدن پسته کمتر از افزایش دمای ۶۰ به ۷۵ درجه سانتیگراد می باشد. همانگونه که انتظار می رفت بیشترین تأثیر در کاهش زمان خشک شدن در افزایش دمای ۶۰ به ۹۰ درجه سانتیگراد وجود دارد، این پدیده می تواند به دلیل افزایش جنبش مولکولی رطوبت (آب) موجود در محصول در اثر گرما و افزایش سرعت تبخیر پسته باشد. در این حالت، روند خشک شدن سریع تر شده و زمان خشک شدن کاهش می یابد (جداول ۳ و ۴). مشابه نتایج فوق برای پسته عباسعلی نیز در محدوده دمای ۴۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد گزارش شده است [۶].

ملاحظه گردید که در هر دو رقم پسته، افزایش دما باعث کاهش معنی داری در زمان خشک شدن می شود و با تغییر مقدار دما از ۶۰ به ۹۰ درجه سانتیگراد مدت زمان خشک شدن حدود ۳۵ تا ۴۰ درصد کاهش می یابد، این تأثیر به دلیل تفاوت در میزان رطوبت اولیه و روش کار رطوبت دهی برای هردو پسته یکسان نبوده و اختلاف آن در تغییر دما از ۶۰ به ۷۵ درجه برای پسته کله قوچی مشخص تر می باشد (شکل های شماره ۲ و ۳). در اکثر موارد افزایش دما از ۶۰ به ۷۵ درجه سانتیگراد دارای تأثیر بیشتری از افزایش ۷۵ به ۹۰ درجه سانتیگراد در تسریع روند و کاهش زمان خشک شدن پسته دارد، زیرا در هنگام افزایش دما از ۷۵ به ۹۰ درجه، سطح پسته به سرعت خشک شده و در آن چروکیدگی ایجاد می شود، این موضوع باعث می شود منافذ سطحی کوچکتر از قبل شده و رطوبت داخل پسته نتواند



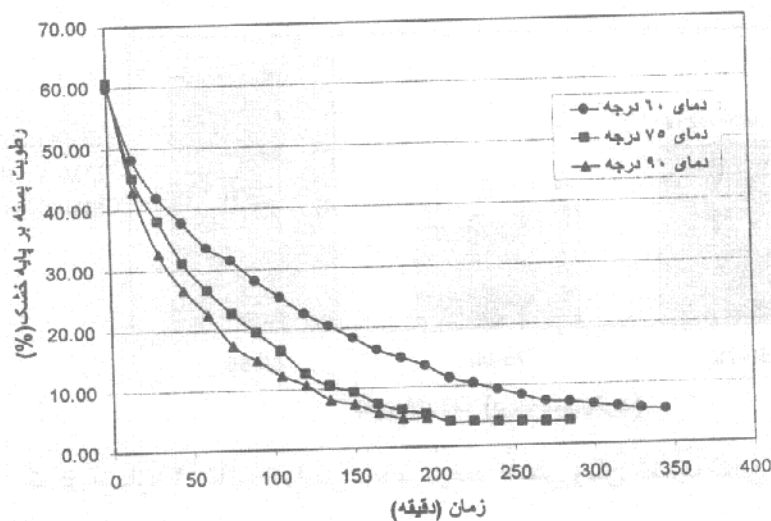
شکل شماره ۲- تأثیر افزایش دما بر درصد کاهش زمان خشک شدن پسته کله قوچی



شکل شماره ۳- تأثیر افزایش دما بر درصد کاهش زمان خشک شدن پسته فندقی

تقریباً هر سه منحنی به حالت افقی نزدیک می‌شوند. دلیل این پدیده آن است که در مراحل ابتدایی فرایند، رطوبت از سطح پسته خارج می‌شود. با تبخیر رطوبت از سطح آن میزان رطوبت لایه‌های درونی شروع به حرکت به سمت سطح و خارج شدن از آن می‌کنند. در این مرحله تأثیر دما بر سرعت خارج شدن رطوبت از لایه‌های درونی زیاد است و سبب بروز اختلاف در شیب منحنی‌های پدید آمده می‌شود.

به عنوان نمونه برای نشان دادن نحوه تأثیر افزایش دما در فرایند خشک شدن محصول پسته در سرعت هوای ۲/۵ متر برثانیه از شکل‌های ۴ و ۵ استفاده شده است. همان گونه که در هر دو شکل مشخص می‌باشد، در مراحل اولیه خشک شدن، اختلاف شیب موجود در منحنی‌های مربوط به سه سطح دما کم است لیکن با گذشت زمان، در دماهای بالاتر تا مراحل آخر فرایند شیب منحنی زیاد است و در مراحل پایانی

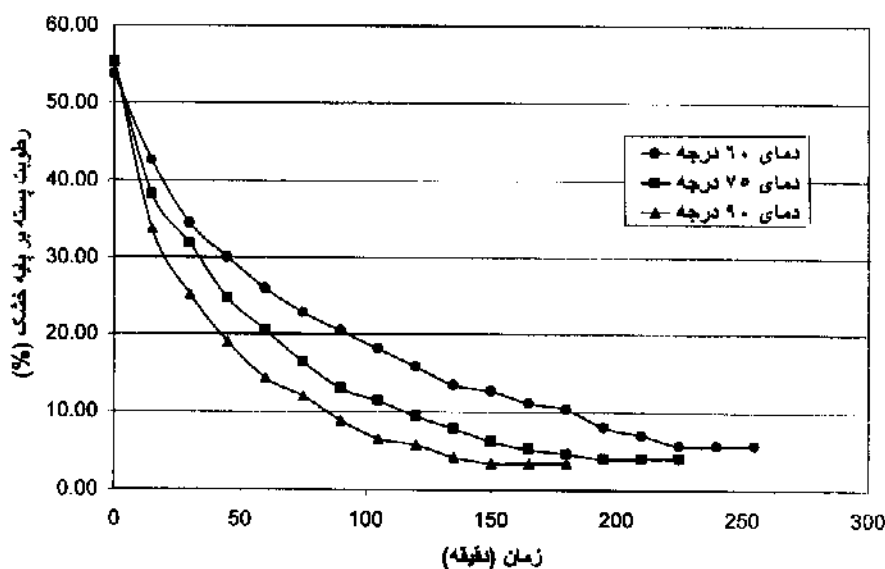


شکل ۴- تغییرات روند خشک شدن پسته کله قوچی با افزایش دما در سرعت هوای ۲/۵ متر بر ثانیه

در دماهای ۴۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد در پسته عباسعلی نیز مشاهده شده است [۶].

مقایسه میانگین های بیان شده در جداول ۳ و ۴ نشان می دهد که افزایش سرعت هوا موجب کاهش زمان خشک شدن برای هر دو رقم پسته گردیده ولی میزان کاهش زمان برای دو رقم یکسان نمی باشد. این تأثیر برای هر رقم در دماهای مختلف متفاوت بوده و بیشترین تأثیر آن برای هر دو رقم در تغییر سرعت از ۱/۵ به ۲/۵ متر بر ثانیه و کمترین تأثیر برای تغییر سرعت از ۲/۰ به ۲/۵ متر بر ثانیه می باشد. بدین دلیل، نتیجه گیری می شود که در مقایسه بین دو سرعت فوق با توجه به عدم وجود اختلاف معنی دار و نیز مصرف انرژی کمتر برای سرعت ۲/۰ متر بر ثانیه، بهتر است که از آن سرعت در فرایند خشک کردن پسته استفاده نمود.

در مراحل پایانی، با کاهش رطوبت به حداقل ممکن، اختلاف شیب منحنی ها کم شده و هر سه منحنی به حالت افقی نزدیک می شوند که بیانگر رسیدن پسته به حالت تعادل رطوبتی با محیط داخل خشک کن است. همچنین ملاحظه می گردد که منحنی های مربوط به دماهای ۷۵ و ۹۰ درجه سانتیگراد به یکدیگر نزدیک می باشند و این مسئله در پسته کله قوچی بارزتر می باشد. همانگونه که بیان گردید به دلیل شرایط داخلی دانه و تفاوت نفوذپذیری رطوبت از لایه های داخلی به سطح در دماهای مختلف و همچنین بدلیل چروکیدگی های سطحی سریع در دماهای بالا و کوچک شدن منافذ سطحی پسته ملاحظه می شود که اختلاف روند تغییرات بین دو دمای ذکر شده به اندازه اختلاف هر کدام از آنها با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد نمی باشد. این موارد

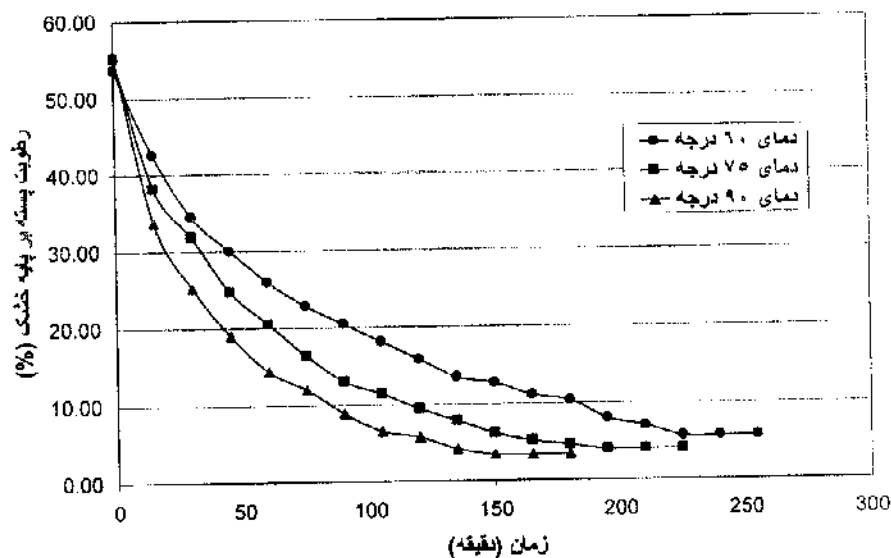


شکل شماره ۵- تغییرات روند خشک شدن پسته فندقی با افزایش دما در سرعت هوای ۲/۵ متر بر ثانیه

در دماهای ۴۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد در پسته عباسعلی نیز مشاهده شده است [۶].

مقایسه میانگین های بیان شده در جداول ۳ و ۴ نشان می دهد که افزایش سرعت هوا موجب کاهش زمان خشک شدن برای هر دو رقم پسته گردیده ولی میزان کاهش زمان برای دو رقم یکسان نمی باشد. این تأثیر برای هر رقم در دماهای مختلف متفاوت بوده و بیشترین تأثیر آن برای هر دو رقم در تغییر سرعت از ۱/۵ به ۲/۵ متر بر ثانیه و کمترین تأثیر برای تغییر سرعت از ۲/۰ به ۲/۵ متر بر ثانیه می باشد. بدین دلیل، نتیجه گیری می شود که در مقایسه بین دو سرعت فوق با توجه به عدم وجود اختلاف معنی دار و نیز مصرف انرژی کمتر برای سرعت ۲/۰ متر بر ثانیه، بهتر است که از آن سرعت در فرایند خشک کردن پسته استفاده نمود.

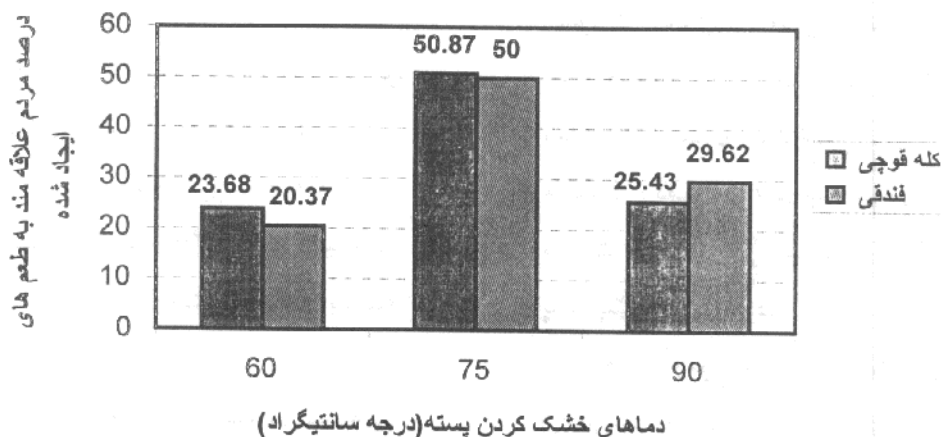
در مراحل پایانی، با کاهش رطوبت به حداقل ممکن، اختلاف شیب منحنی ها کم شده و هر سه منحنی به حالت افقی نزدیک می شوند که بیانگر رسیدن پسته به حالت تعادل رطوبتی با محیط داخل خشک کن است. همچنین ملاحظه می گردد که منحنی های مربوط به دماهای ۷۵ و ۹۰ درجه سانتیگراد به یکدیگر نزدیک می باشند و این مسئله در پسته کله قوچی بارزتر می باشد. همانگونه که بیان گردید به دلیل شرایط داخلی دانه و تفاوت نفوذپذیری رطوبت از لایه های داخلی به سطح در دماهای مختلف و همچنین بدلیل چروکیدگی های سطحی سریع در دماهای بالا و کوچک شدن منافذ سطحی پسته ملاحظه می شود که اختلاف روند تغییرات بین دو دمای ذکر شده به اندازه اختلاف هر کدام از آنها با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد نمی باشد. این موارد



شکل شماره ۵- تغییرات روند خشک شدن پسته فندقی با افزایش دما در سرعت هوای ۲/۵ متر بر ثانیه

در فرایند خشک کردن پسته موجب افزایش عدد پراکسید شده لیکن آثار تندی محسوسی در آن مشاهده نمی شود. پسته فندقی در مقابل تغییرات دما حساسیت بیشتری نسبت به پسته کله قوچی دارد و تغییرات دما بر روی افزایش عدد پراکسید مشخص تر است. نتایج به دست آمده در رابطه با تأثیر دما بر روی افزایش عدد پراکسید در تحقیق مسکن و کاراتاس (۱۹۹۹) نیز بر روی انبارداری پسته مشاهده گردیده است.

از مقایسه میانگین های حاصله در تیمارهای آزمایشی برای هر دو رقم پسته در جداول ۷ و ۸ نتیجه گیری می شود که با افزایش دما، عدد پراکسید در هر دو رقم پسته افزایش می یابد، که البته این افزایش کمتر از حد مجاز ذکر شده در استاندارد (۱ میلی اکی والان بر کیلوگرم) می باشد [۱]، در پسته فندقی بیشتر از کله قوچی بوده و در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به حدود ۰/۵۵ میلی اکی والان بر کیلوگرم می رسد. این نتیجه بیانگر آن است که افزایش دما تا ۹۰ درجه سانتی گراد



شکل شماره ۸- علاقه مندی مصرف کنندگان به طعم پسته های خشک شده (%)

و درصد گیری انجام شده در شکل شماره ۸ نتیجه گیری می شود که حدود ۵۰ درصد از مصرف کنندگان مایل به مصرف پسته خشک شده در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد می باشند. این در حالی است که بین ۲۰ تا ۲۴ درصد از افراد مایل به مصرف پسته خشک شده در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد بوده و بین ۲۵ تا ۳۰ درصد نیز تمایل به مصرف پسته خشک شده در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد دارند. این نتایج بیانگر

از مقایسه میانگین های مربوط به تیمارهای مندرج در جداول ۱۰ و ۱۱ نتیجه گیری می شود پسته هایی که در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد خشک می شوند، از نظر طعم دارای مقبولیت بیشتری در مقایسه با دو دمای دیگر می باشند. بین پسته هایی که در دماهای ۶۰ و ۹۰ درجه سانتیگراد خشک می شوند از نظر مقبولیت مصرف اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. از مقایسه نمرات داده شده توسط گروه آزمون کننده

به ۰/۲۵۸ میلی اکی والان بر کیلوگرم می‌رسد.

۴. حدود ۵۰ درصد از مصرف کنندگان، طعم

پسته‌های خشک شده در دمای ۷۵ درجه

سانتی گراد را ترجیح می دهند و ۲۷/۵۳

درصد از افراد مایل به مصرف پسته خشک

شده با دمای ۹۰ درجه سانتی گراد می باشند.

تنها بین ۲۰/۳۷ تا ۲۳/۶۸ درصد از

مصرف کنندگان متمایل به طعم پسته خشک

شده در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد می باشند.

این بدان معنی است که طعم‌های برشته

مقبولیت بیشتری نزد مصرف کنندگان دارد.

۵. با توجه به نتایج به دست آمده در رابطه با

زمان خشک شدن و شاخص های کیفی در

محصول، دمای ۷۵ درجه سانتی گراد و

سرعت هوا ۲ متر بر ثانیه برای خشک کردن

پسته پیشنهاد می شود.

۶. با توجه به آزمون چشایی پیشنهاد می شود

ارقام مختلف پسته در دمای ۹۰ درجه

سانتی گراد نیز خشک شده و جهت مصرف

به بازار عرضه شود.

۷. پیشنهاد می شود در تحقیقات

بعدی پسته‌های خشک شده در

دماهای ۷۵ و ۹۰ درجه سانتیگراد از نظر

دوره ماندگاری در انبار بررسی

شوند.

آنست که مصرف کنندگان پسته عموماً علاقمند به

مصرف پسته با طعم برشته می باشند، که این

مسئله شاید به دلیل قدمت و گستردگی مصرف

آجیل و خشکبار در کشور باشد.

۷- توصیه و پیشنهاد:

با توجه به آزمایش‌ها و تحلیل های انجام

شده، موارد زیر نتیجه گیری و پیشنهاد می شود:

۱. افزایش دما و سرعت جابجایی هوای گرم از

عوامل موثر در فرایند خشک شدن پسته بوده

و می توان با افزایش دمای خشک کن از ۶۰

به ۹۰ درجه سانتی گراد زمان فرایند را به

حدود ۳۷٪ تنزل داد. مقدار این کاهش برای

افزایش دما از ۶۰ به ۷۵ درجه سانتیگراد به

۲۴٪ هم می‌رسد. همچنین با اضافه شدن

سرعت هوا از ۱/۵ به ۲/۵ متر بر ثانیه، در

حدود ۱۰٪ از زمان خشک شدن پسته

کاهش می‌یابد.

۲. مقدار پروتئین و چربی موجود در پسته با

تغییرات دما و سرعت هوای گرم خشک کن

تغییر نکرده و در حدود مقادیر ذکر شده در

منابع منتشره باقی می ماند.

۳. در فرایند خشک شدن پسته، با افزایش دما

از ۶۰ به ۹۰ درجه سانتیگراد، مقدار عدد

پراکسید بالا می‌رود. این مقدار در پسته

فندقی به حدود ۰/۵۵ و در پسته کله قوچی

۸- منابع:

- ۱- امید، طیبه، منوچهر وثوقی و زهره حمیدی اصفهانی (۱۳۷۵)، "بهبینه سازی پارامترهای خشک کن سیلویی ذرت"، مجموعه مقالات نهمین کنگره ملی صنایع غذایی ایران، تهران.
- ۲- بی نام (۱۳۷۶)، "پسته- ویژگیها"، استاندارد شماره ۱۵، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، کرج.
- ۳- بی نام (۱۳۷۷)، "اندازه گیری عدد پراکسید در روغن‌ها و چربیهای خوراکی"، استاندارد شماره ۴۱۷۹، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، کرج.
- ۴- پروانه، ویدا (۱۳۷۱)، "کنترل کیفی و آزمایشهای شیمیایی مواد غذایی"، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- ۵- پهلوانزاده، حسن (۱۳۷۷)، "خشک کردن، اصول، کاربرد و طراحی (تألیف استرامیلو کودرا)", انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- ۶- توکلی پور، حمید (۱۳۷۹)، "بهبینه سازی روشهای خشک کردن و انبارداری پسته"، پایان نامه دکتری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.
- ۷- درویشیان، محمود (۱۳۷۸)، "کشت و تولید پسته (تألیف لونیز فرگوسن)", نشر فرهنگ آیندگان، تهران.
- ۸- قاضی زاده، میترا و سید علیرضا رازقی (۱۳۷۷)، "روشهای ارزیابی حسی مواد غذایی"، انتشارات انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی شهید بهشتی، تهران.
- ۹- محمدخانی، عبدالرحمان (۱۳۷۴)، "تشریح شماره ۵۲ سازمان کشاورزی استان اصفهان"، اصفهان.
- 10- Agar, I.T., S. Kafkas, N. Kaska and A. Sheibani, (1997). "Lipid characteristics of Turkish and Iranian pistachio kernels". Dept. of Horticulture. Faculty of Agriculture, University Cukurova. Adana. Turkey.
- 11- Hosseini Shokraii, E. (1977). "Chemical composition of the pistachio nut (*Pistacia Vera L.*) of Kerman, Iran". J. of Food Science. 42: 244-245.
- 12- Kader, A. A., C. M. Heintz, J. M. Labvitch and H. L. Rac, (1982). "Studies related to the description and evaluation of pistachio nut quality". Journal of the American Society for Horticultural Science. 107(S): 812-816.
- 13-Kader, A. A. (1985). "Postharvest Technology of Crops". Pistachio Commission publisher. pp: 170-174. California. USA.
- 14- Kamangar.T, F. Farrohi and M. Mehran, (1975). "Characteristics of pistachio kernel oils from Iranian cultivars". Journa of the American oil Chemists. Society, 52(12): 512-513.
- 15- Kamangar.T and H. Farsam, (1977). "Composition of pistachio kernels of various Iranian Origins". Journal of Food Science, 42(4): 1135-1136.
- 16- Maskan. M and S. Karatas. (1999). "Storage stability of whole splite pistachio nuts (*pistacia vera L.*) at various condition". Food Chemistry, 66. pp: 227-233.

Influence of Temperature and Air Velocity on Drying Time and Quality Parameters of Pistachio (*pistacia vera* L.)

H.R. Gazor and S. Minaee

Drying is one of the important steps in pistachio processing. In this step kernel moisture content is decreased from 50 to less than 5 percent (d.b.) which will result in suitable condition for storage. Study of effective parameters in pistachio drying plays an important role in drying time and kernel quality. In this research, a mono layer of pistachios was dried at three different temperatures (60, 75 and 90 °C), and three levels of drying air velocity (1.5, 2 and 2.5 m/s). Changes of drying time, protein, fat and peroxide value were investigated for two pistachio varieties: Kalehghouchi and Fandoghi. Also sensory tests were used to check flavor of pistachios dried at the three temperature levels (60, 75 and 90 °C). Statistical analysis of results indicated that: increasing the temperature to 90°C reduced drying time down to 37 percent and caused a change in pistachio flavour. Sensory tests indicated a consumer preference for pistachios dried at 75°C. If the air velocity is increased from 1.5 to 2.5 m/s, drying time reduces about 10 percent. Changes in temperature and air velocity have no significant effects on protein and fat content of pistachios, but if temperature reaches 90°C, peroxide value will increase to 0.55 meq/kg, which is within the permissible limit for processed pistachios.

Key words: Drying, Kalehghouchi Pistachio, Fandoghi Pistachio, Quality Parameters, Sensory Test