

اثر پیش‌تیمار زمان خلاء و رها سازی در فشار اتمسفر بر ویژگی‌های فیزیکی برش‌های قارچ دکمه‌ای خشک شده با هوای گرم

مستانه طاهر قاسمی*^۱، نارملا آصفی^۲ و بهمن پاسبان اسلام^۳

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۲۲

^۱ کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی آذربایجان شرقی، تبریز

^۲ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

^۳ دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی - باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

* مسئول مکاتبه: Email: m_taherghassemi@yahoo.com

چکیده

قارچ‌های خوراکی به صورت تازه ماندگاری پایینی دارند. بنابراین به‌کارگیری راهکارهای عملی برای افزایش ماندگاری آنها برای بهبود و توسعه تولید ضروری می‌باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر پیش‌تیمار اشباعیت با آب نمک تحت خلاء بر خواص فیزیکی قارچ دکمه‌ای خشک شده با هوای گرم انجام شد. ابتدا شرایط اشباع با آب نمک تحت خلاء در زمان‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ دقیقه فرایند برای نمونه‌های قارچ ایجاد شد. سپس مرحله خشک کردن نهایی با هوای گرم در دمای 60°C روی نمونه‌های پیش‌تیمار شده و نمونه شاهد صورت گرفت. در نهایت درصد چروکیدگی، تخلخل کل بافت، درصد وزنی جذب مجدد آب بافت، رنگ و سفتی بافت تعیین شدند. نتایج نشان دادند که زمان اعمال خلاء اثر معنی‌داری بر درصد چروکیدگی بافت، تخلخل بافت، درصد آب‌گیری مجدد، سفتی بافت و رنگ نمونه‌های خشک شده داشت. به طوری که با افزایش زمان اعمال خلاء، سفتی بافت و چروکیدگی کم‌تر شد، تخلخل افزایش و رنگ نمونه‌ها بهبود یافت. زمان باقی‌ماندن در فشار اتمسفر نیز اثرات معنی‌دار و مشابه زمان اعمال خلاء با شدت کمتر روی صفات مورد مطالعه را نشان داد. درصد آب‌گیری مجدد بافت‌ها با افزایش زمان اعمال خلاء کاهش و برعکس با افزایش زمان باقی‌ماندن در شرایط فشار اتمسفر، افزایش یافت. زمان‌های بهینه اعمال شرایط خلاء و باقی‌ماندن در فشار اتمسفر برای حفظ کیفیت قارچ دکمه‌ای خشک شده، به ترتیب ۲۰ تا ۲۴ و ۲۲ تا ۲۵ دقیقه به دست آمد.

واژگان کلیدی: خشک کردن، زمان خلاء، قارچ دکمه‌ای

مقدمه

(شجاعی، ۱۳۹۲). قارچ‌ها از فسادپذیری بالایی برخوردار بوده و پس از برداشت شروع به تغییر رنگ می‌کنند (رسولی قهرودی و همکاران، ۱۳۸۹؛ گیری و پراساد،

قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) یکی از پرمصرف‌ترین گونه‌های قارچ‌های خوراکی است

(۲۰۰۷). برای افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت قارچ‌های خوراکی، روش‌های خشک‌کردنی که با حداقل هزینه و حداکثر کیفیت محصول را نگهداری کنند، مناسب خواهند بود (تورتو، ۲۰۱۰). این موضوع در مورد روش‌های خشک کردن قارچ خوراکی دکمه‌ای به‌علت حساسیت بافت‌ها، مهمتر است (رسولی و همکاران، ۱۳۸۹). روش اشباع مواد غذایی در خلاء، نفوذ مستقیم مواد به ساختار متخلخل محصول را امکان‌پذیر می‌کند. همچنین در این روش تغییرات ترکیبی و ساختاری محصول به حداقل می‌رسد (فیتو و همکاران، ۱۹۹۶) و محصولات با ارزش غذایی بالاتر (غذاهای عملگرا) و ساختاری یکنواخت، فراوری می‌شوند (گراس و همکاران، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲). نتایج مطالعات گراس و همکاران (۲۰۰۱) در مورد اعمال شرایط اشباع در خلاء برای افزایش کیفیت محصولات فرآوری شده نشان داد که استفاده از فشار ۵۰ میلی‌بار برای غنی‌سازی سبزی‌ها با کلسیم در مورد بادمجان و قارچ دکمه‌ای مناسب است. آلوارز و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که نفوذ مواد اسمزی به لایه‌های درونی بافت‌ها، در اثر کاهش فشار در آنها صورت می‌گیرد. این روش مشکلات حاصل از باقی‌ماندن مواد اسمزی در سطح ماده غذایی مانند مقاومت در برابر انتقال جرم و کریستالیزاسیون در طی فرایندهای تکمیلی که در نمونه‌های فرآوری شده در شرایط فشار اتمسفر رخ می‌دهد را نخواهد داشت. مالتینی و همکاران (۱۹۹۳) اثر پیش‌فرایند خلاء را در فرایند خشک کردن میوه‌ها در هوای داغ مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که این روش باعث تولید محصولاتی با بافت نرم‌تر می‌گردد. به‌طور کلی نفوذ بیشتر مواد اسمزی به درون نمونه‌ها باعث بهبود سختی بافت می‌شود. توریجانی و برتولو (۲۰۰۷) نشان دادند که استفاده از کاهش فشار در آب‌گیری اسمزی موجب افزایش پایداری رنگدانه‌ها طی مراحل تکمیلی خشک‌کردن و همچنین افزایش انبارمانی محصول می‌شود. فیتو و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که انتقال رطوبت و مقدار چروکیدگی در خشک‌کردن با

هوای داغ در اثر ورود گلوکز به داخل بافت سیب در خلاء به شدت کاهش می‌یابد. نفوذ ترکیبات قند به داخل بافت سلولی باعث تغییر رفتارهای خشک شدن سیب گردید. بارات و همکاران (۲۰۰۱) نیز تاثیر قابل ملاحظه تلقیح خلاء در فشار ۱۸۰ میلی بار به مدت ۵ دقیقه را در افزایش نفوذ عامل اسمزی به درون برش‌های سیب تایید کردند. آلامورا (۲۰۰۰) در پژوهش خود نشان داد که در میوه‌های با رنگ روشن‌تر، به دلیل خارج شدن هوا از بافت در مرحله خلاء و کاهش غلظت اکسیژن، حساسیت نسبت به قهوه‌ای شدن آنزیمی در آنها کاهش یافته و میوه‌ها رنگ طبیعی‌تری خواهند داشت. سالواتوری و همکاران (۱۹۹۷) با بررسی رفتار برخی میوه‌ها (واریته‌های مختلف سیب، توت فرنگی، کیوی، انبه و هلو) در طول اعمال تیمار خلاء، مشاهده کردند که با تداوم تیمار خلاء در میوه‌های متخلخل با افزایش زمان خلاء به بیش از ۵ دقیقه (۱۰ و ۱۵ دقیقه) تغییری در افزایش حجم و میزان تخلخل آنها به وجود نیامد و فقط افزایش زمان فشار اتمسفر، باعث تغییر ویژگی‌های مذکور گردید. به‌طور کلی اثر زمان نفوذ و اعمال شرایط خلاء برای افزایش تخلخل موثر کمتر از اثر زمان رهاسازی و فشار اتمسفری ارزیابی گردید. در مطالعه دیگری نتایج بررسی پاسخ سبزی‌های هویج، چغندرلبویی، بادمجان، قارچ دکمه‌ای و صدفی و کدو سبز به اعمال خلاء از نظر میزان تغییر شکل و تخلخل موثر نشان داد که رفتار آنها به‌جز قارچ دکمه‌ای مشابه بوده و در زمان کوتاهی از اعمال خلاء، به حداکثر تورم خود رسیدند و سپس گذشت زمان (به‌استثنای قارچ دکمه‌ای) تاثیر معنی‌داری در تغییر تورم نداشت (گراس و همکاران، ۲۰۰۲).

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر زمان‌های مختلف اعمال خلاء و سپس زمان رها سازی در اتمسفر روی برخی خواص فیزیکی (رنگ، چروکیدگی، تخلخل، سفتی بافت و جذب مجدد آب) برش‌های قارچ خوراکی خشک شده در هوای داغ انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز طی سال ۱۳۹۳ به اجرا درآمد.

مواد و تجهیزات مورد استفاده

قارچ دکمه‌ای خوراکی مورد استفاده از کشت و صنعت آسیا تهیه گردید. برای آماده سازی محلول‌های اسمزی از کلرید سدیم و اسید سیتریک با درجه خوراکی و آب مقطر استفاده شد. همه مواد شیمیایی مورد استفاده دارای درجه خلوص بالای ۹۹ درصد بود.

آماده سازی نمونه‌ها

قارچ‌های با اندازه برابر و کلاهک حدود ۲/۵ سانتی‌متر انتخاب و پس از شستن و خشک نمودن آب سطحی چسبیده به نمونه‌ها با کاغذ صافی، ساقه آنها جدا شده و با چاقو از وسط نصف شدند. برای آماده سازی محلول اسمزی، مقدار ۵۰ گرم کلرید سدیم و ۵ گرم اسید سیتریک وزن شده در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل گردید. سپس ۲۰ گرم از نمونه در ۱۰۰ میلی لیتر محلول آماده شده قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- طرح مرکب مرکزی (دراگه شده توسط نرم‌افزار

(Minitab16)

ردیف	زمان خلاء (دقیقه)	زمان رها سازی در اتمسفر (دقیقه)
۱	۵	۵
۲	۲۵	۵
۳	۵	۲۵
۴	۲۵	۲۵
۵	۵	۱۵
۶	۲۵	۱۵
۷	۱۵	۵
۸	۱۵	۲۵
۹	۱۵	۱۵
۱۰	۱۵	۱۵
۱۱	۱۵	۱۵
۱۲	۱۵	۱۵
۱۳	۱۵	۱۵

بعد از قرار گرفتن نمونه‌ها در فشار خلاء، مجدداً به فشار اتمسفر برگردانده و بعد از اتمام زمان‌های مورد نظر مطابق جدول یک از محلول خارج شده و برای شستشوی نمک باقی‌مانده در سطح، با آب مقطر آبکشی شدند. پس از حذف رطوبت سطحی با کاغذ صافی، نمونه‌ها وزن شده و برای خشک شدن به صورت لایه نازک (چیدن یک ردیف روی سینی) در آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از رسیدن رطوبت نمونه‌ها به وزن ثابت، از آون خارج شده و در کیسه پلاستیکی در بسته نگهداری شدند تا آزمون‌های کمی و کیفی روی آنها صورت گیرد. برای افزایش دقت آزمایش‌ها، از هر تیمار، آزمایش در ۵ تکرار انجام شد و میانگین آنها به عنوان نتیجه آزمایش گزارش گردید.

آزمون‌های مربوط به تعیین شاخص‌های مورد مطالعه شامل:

۱- تعیین رطوبت اولیه: درصد رطوبت براساس رابطه (۱-۱) تعیین شد.

$$M = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad [1-1]$$

m_1 : جرم اولیه و m_2 : جرم نمونه بعد از رسیدن به وزن ثابت

۲- محاسبه چروکیدگی: درصد چروکیدگی با استفاده از روش جابجایی مایع با پیکنومتر و تولوئن صورت گرفته (رسولی قهرودی و همکاران، ۱۳۸۹) و با استفاده از رابطه (۲-۱) تعیین گردید (شیدایی پوردیزجی، ۱۳۹۰ و فیتو و همکاران، ۲۰۰۱).

$$sh = \frac{V_0 - V_t}{V_0} \times 100 = \left(1 - \frac{V_t}{V_0}\right) \times 100 \quad [2-1]$$

V_0 : حجم اولیه نمونه و V_t : حجم نمونه در پایان فرآیند، برحسب سانتی‌متر مکعب

۳- محاسبه تخلخل: تخلخل کل (Porosity) از فرمول (۳-۱) محاسبه شد:

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_B}{\rho_s}\right) \times 100 \quad [3-1]$$

بافت نمونه‌ها، ۲ گرم نمونه خشک شده در ۳۰ میلی لیتر آب مقطر در بشر ۱۰۰ میلی لیتری قرار داده شد و به مدت ۱۵ دقیقه آب گیری مجدد انجام گرفت. سپس نمونه‌ها از آب خارج شده و با دستگاه بافت سنج با پروب استوانه‌ای با قطر ۶/۴ میلی‌متر مورد آزمون نفوذ سنجی قرار گرفتند (امام جمعه و همکاران، ۱۳۸۷ و شولکا و سینک، ۲۰۰۷).

تجزیه و تحلیل آماری

بررسی اثرات مستقل و متقابل زمان اعمال شرایط خلاء و اثرات باقی ماندن در فشار اتمسفر بر صفات مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Minitab16 و روش سطح پاسخ (Response surface method, RMS) صورت گرفت. در این طرح ابتدا بر اساس آزمایش‌های مقدماتی (داده‌ها نمایش داده نشده است)، دامنه تغییرات فاکتورها برای متغیرهای مستقل تعیین گردیدند. پس از جمع‌آوری داده‌ها جهت برآزش مدل‌های چند جمله‌ای درجه دوم برای پاسخ‌های مورد مطالعه از آنالیز رگرسیون استفاده گردید.

نتایج و بحث

اثر پیش‌تیمارهای مختلف بر در صد چروکیدگی

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس روی درصد چروکیدگی نشان داد که زمان اعمال خلاء (X_1) اثر معنی‌دار روی چروکیدگی محصول داشت (جدول ۲). که در شکل ۱ نیز این تاثیر مشاهده می‌شود. با افزایش زمان اعمال خلاء، درصد چروکیدگی کاهش یافت. فیتو و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که مقدار چروکیدگی در خشک کردن با هوای داغ در اثر ورود گلوکز به داخل بافت سیب در نتیجه تلقیح خلاء به شدت کاهش می‌یابد. قربانی و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند آب گیری اسمزی باعث کاهش ضریب چروکیدگی نسبت به تیمار شاهد شد. نتایج تحقیق امام جمعه و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد که اعمال پیش تیمار آب گیری اسمزی روی گوجه فرنگی‌های خشک شده با هوا ضمن جلوگیری از تخریب

ϵ : تخلخل کل، ρ_B : چگالی ظاهری و ρ_s : چگالی واقعی نمونه

چگالی ظاهری نمونه با محاسبه حجم با پیکنومتر و تولوئن و اندازه‌گیری وزن نمونه‌ها و تقسیم وزن بر حجم به دست آمد و چگالی واقعی آنها از رابطه (۲-۳) محاسبه شد (گراس و همکاران، ۲۰۰۲، یان و همکاران، ۲۰۰۸):

$$\rho_s = 1590(1 + 0/590 \times X_w) - 1 \quad [3-2]$$

X_w : درصد رطوبت نمونه

۴- محاسبه در صد وزنی جذب مجدد آب: ۲ گرم نمونه خشک شده در ۳۰ میلی لیتر آب مقطر در دمای آزمایشگاه به مدت ۲ ساعت غوطه ور شد، سپس رطوبت سطحی نمونه‌ها گرفته شد و مجدداً وزن شدند. براساس رابطه (۱-۴) درصد وزنی جذب مجدد آب محاسبه گردید (شولکا و سینک، ۲۰۰۷):

$$r = \left(\frac{M_t}{M_0} \right) \times 100 \quad [4-1]$$

r : درصد جذب مجدد آب، M_t : جرم نمونه بعد از جذب آب (گرم) و M_0 : جرم نمونه خشک (گرم)

۵- اندازه گیری شاخص‌های رنگ (رنگ سنجی): تعیین فاکتورهای L , a و b در یک نقطه از هر نمونه (در مجموع ۵ نقطه) توسط نرم افزار فتوشاپ نسخه ۶۴ انجام گرفت. سپس مقایسه رنگ نمونه‌ها با استفاده از روش یام و پایاداکیس (۲۰۰۴) انجام گرفت. ΔE شاخص میزان تغییر رنگ نسبت به نمونه شاهد از رابطه (۱-۵) تعیین شد.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L_i)^2 + (a_0 - a_i)^2 + (b_0 - b_i)^2} \quad [5-1]$$

L_0 : میزان روشنایی در نمونه شاهد، L_i : میزان روشنایی در نمونه خشک شده با تیمار i طبق جدول پاسخ، a_0 : میزان رنگ سبز تا قرمز در نمونه شاهد، a_i : میزان رنگ سبز تا قرمز در نمونه خشک شده با تیمار i طبق جدول پاسخ، b_0 : میزان رنگ آبی تا زرد نمونه شاهد و b_i : میزان رنگ آبی تا زرد در نمونه خشک شده با تیمار i طبق جدول پاسخ می‌باشند.

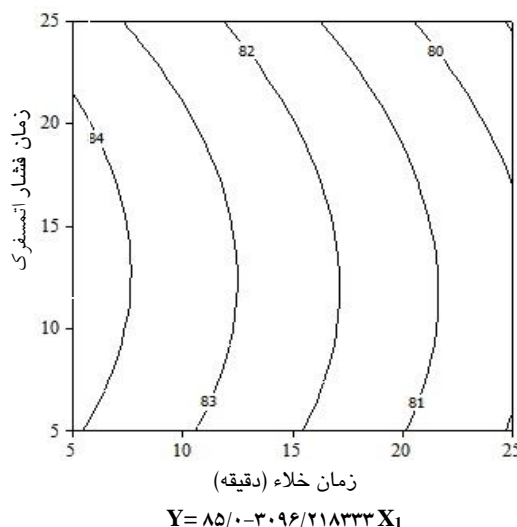
۶- اندازه گیری سفیدی بافت: برای اندازه گیری سفیدی

گسترده ساختار سلولی، باعث کاهش چروکیدگی محصول خشک شده می‌گردد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) مدل چروکیدگی

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F احتمال	P احتمال
مدل	۵	۳۱/۴۶۴۹	۶/۲۹۳۰	۹/۲۵	۰/۰۰۵
زمان خلاء (X_1)	۱	۲۸/۶۰۱۷	۲۸/۶۰۱۷	۴۲/۰۳	۰/۰۰۰
زمان رها سازی در فشار اتمسفر (X_2)	۱	۰/۹۸۴۱	۰/۹۸۴۱	۱/۴۵	۰/۲۶۸
X_1^2	۱	۰/۰۲۵۷	۰/۰۲۵۷	۰/۰۴	۰/۸۵۱
X_2^2	۱	۱/۳۹۸۴	۱/۳۹۸۴	۲/۰۶	۰/۱۹۵
X_1X_2	۱	۰/۰۴۴۱	۰/۰۴۴۱	۰/۰۶	۰/۸۰۶
باقی مانده	۷	۴/۷۶۳۰	۰/۶۸۰۴	-	-
خطای محض	۴	۱/۳۶۴۳	۰/۳۴۱۱	-	-

عدم تطابق ($R^2=۰/۹۸$)



شکل ۱- اثر مستقل و متقابل زمان اعمال خلاء و زمان باقی ماندن در فشار اتمسفریک روی درصد چروکیدگی ($R^2_{adj} = ۰/۹۸$)

داد (شکل ۲). گزارش شده ساختار جامد ماده بیشتر از میزان تخلخل اولیه بر پاسخ محصولات به شرایط اشباع خلاء اثر گذار بود (سالواتوری، ۱۹۹۷).

اثر پیش تیمارهای مختلف بر درصد آبیگری مجدد نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (۴) نشان داد که اثر تیمارهای مورد مطالعه روی آبیگری مجدد معنی دار بود. همچنین اثر متقابل بین زمان‌های مختلف اعمال خلاء و باقی ماندن در فشار اتمسفر معنی دار بود.

اثر پیش تیمارهای مختلف بر تخلخل بافت

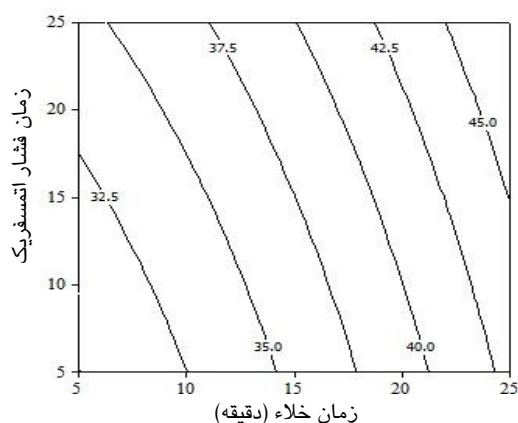
نتایج حاصل از جدول ۳ نشان دادند بیشترین تاثیر معنی دار پیش تیمارها روی تخلخل بافت به ترتیب مربوط به فاکتورهای زمان اعمال خلاء (X_1) و پس از آن مربوط به زمان باقی ماندن در فشار اتمسفریک (X_2) بود. همچنین اثر متقابل بین زمان‌های مختلف اعمال خلاء و باقی ماندن در فشار اتمسفریک تاثیر معنی داری روی تخلخل نشان نداد (جدول ۳).

نتایج نشان داد با افزایش زمان اعمال خلاء و فشار اتمسفریک تخلخل بافت قارچ افزایش معنی داری نشان

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) مدل تخلخل

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F احتمال	P احتمال
مدل	۵	۲۹۱/۱۹۳	۵۸/۲۳۹	۶۱/۵۶	۰/۰۰۰
زمان خلاء (X_1)	۱	۲۵۸/۲۰۲	۲۵۸/۲۰۲	۲۷۲/۹۲	۰/۰۰۰
زمان رها سازی در فشار اتمسفر (X_2)	۱	۲۸/۹۰۸	۲۸/۹۰۸	۳۰/۵۶	۰/۰۰۱
X_1^2	۱	۲/۸۱۰	۲/۸۱۰	۲/۹۷	۰/۱۲۸
X_2^2	۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۲۰	۰/۶۶۷
X_1X_2	۱	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰	۰/۹۸۴
باقی مانده	۷	۰/۶۲۲	۰/۹۴۶	-	-
خطای محض	۴	۳/۲۴۰	۰/۸۱۰	-	-

عدم تطابق ($R^2=۰/۷۷$)



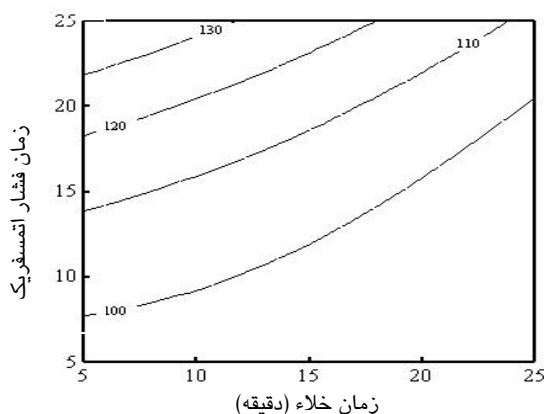
$$Y = 24/0 + 9144/656X_1 + 2195X_2$$

شکل ۲- اثر مستقل و متقابل زمان اعمال خلاء و زمان باقی ماندن در فشار اتمسفریک روی تخلخل بافت ($R^2_{adj} = ۰/۷۷$)

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) مدل در صد آب‌گیری مجدد

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F احتمال	P احتمال
مدل	۵	۲۱۰۸/۳۳	۴۲۱/۶۷	۵۷/۳۰	۰/۰۰۰
زمان خلاء (X_1)	۱	۵۱۵/۲۲	۵۱۵/۲۲	۷۰/۰۲	۰/۰۰۰
زمان رها سازی در فشار اتمسفر (X_2)	۱	۱۲۸۴/۸۱	۱۲۸۴/۸۱	۱۷۴/۶۰	۰/۰۰۰
X_1^2	۱	۲	۲	۰/۲۷	۰/۶۱۸
X_2^2	۱	۱۱۱/۳۱	۱۱۱/۳۱	۱۵/۱۳	۰/۰۰۶
X_1X_2	۱	۱۸۹/۰۶	۱۸۹/۰۶	۲۵/۶۹	۰/۰۰۱
باقی مانده	۷	۵۱/۵۱	۷/۳۶	-	-
خطای محض	۴	۱۰/۲۰	۲/۵۵	-	-

عدم تطابق ($R^2=۰/۸۷$)



$$Y = 1.08 / 2.03 - 0.671149X_1 - 0.441149X_2 - 0.00851724X_1^2 + 0.0634828X_2^2$$

شکل ۳- اثر مستقل و متقابل زمان اعمال خلاء و زمان باقی ماندن در فشار اتمسفریک روی درصد آبگیری مجدد ($R^2_{adj} = 0.87$)

اثر پیش تیمارهای مختلف بر سفتی بافت

اثرات مستقل و متقابل پیش تیمارهای مختلف و شرایط فرآیند روی سفتی بافت قارچ‌های خشک شده در جدول ۵ نشان داده شده است. بیشترین اثر معنی‌دار به ترتیب مربوط به زمان اعمال خلاء (X_1) و زمان باقی ماندن در فشار اتمسفریک (X_2) است.

با افزایش زمان اعمال خلاء و همچنین باقی ماندن در فشار اتمسفریک، سفتی بافت نمونه‌های خشک شده کاهش یافت و اثر زمان خلاء بیشتر از زمان فشار اتمسفریک بود. همچنین کمترین سفتی بافت در اعمال خلاء به مدت ۲۵ دقیقه به دست آمد (شکل ۴). شولکا و سینک (۲۰۰۷) نیز نشان دادند هر سه محصول گل کلم، قارچ و نخود سبز که پس از آب گیری اسمزی با هوای داغ خشک شده بودند، بعد از آب گیری مجدد، بافت‌هایی نرم‌تر و مانند محصولات تازه داشتند.

مطابق گزارش توریجیانی و همکاران (۱۹۹۳) پیش فرآیند تلقیح خلاء، بافت محصولات خشک شده با هوای داغ را نرم تر خواهد کرد. آلوارز و همکاران (۱۹۹۵) و پروتون و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که نفوذ مواد اسمزی به لایه‌های درونی بافت‌ها که در اثر کاهش فشار در بافت‌ها صورت می‌گیرد، مشکلات حاصل از باقی ماندن مواد اسمزی در سطح ماده غذایی از جمله

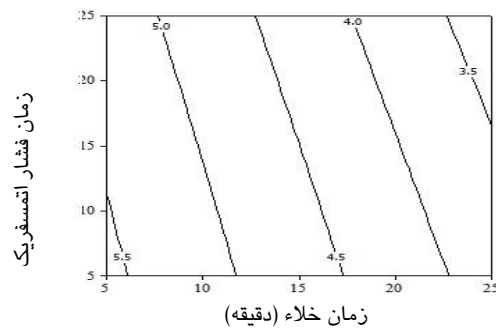
نتایج مندرج در شکل ۳ نشان داد با افزایش زمان اعمال خلاء و زمان باقی ماندن در فشار اتمسفریک درصد آبگیری مجدد نمونه‌های خشک شده افزایش یافت. این نتایج با گزارش پاتیل و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت. مطابق گزارش پاتیل و همکاران قطعات پیاز پیش تیمار شده در محلول اسمزی NaCl و خشک شده به روش هدایتی، توان آب گیری مجدد بهتری داشتند. جذب مجدد آب برای گل کلم، قارچ و نخود سبزه‌های آب گیری شده به روش اسمزی و سپس خشک شده با هوای داغ توسط شولکا و سینک (۲۰۰۷) نیز همچون محصولات تازه بود. طبق گزارش تحقیقات پروتون و همکاران (۲۰۰۱) نمونه‌های با پیش تیمار اسمزی ظرفیت جذب آب مجدد کمتری نسبت به نمونه‌های بدون پیش تیمار اسمزی داشتند. آنها دلیل این امر را به کمتر شدن منافذ در دسترس برای جذب مجدد آب در نتیجه اشباعیت با خلاء و کاهش نفوذ پذیری دیواره سلولی به دلیل ضخیم شدن آن نسبت دادند. در فرآیند اسمز، نفوذ محلول اسمزی در نمونه افزایش یافت. این امر سبب افزایش نفوذ ماده جامد در خلل و فرج بافت گیاهی می‌شود. با توجه به این مطلب شاخص جذب مجدد آب نمی‌تواند بیانگر میزان تخریب ساختار سلولی بافت ماده غذایی باشد، به طوری که برابر همین گزارش کیفیت بافت، نرمی و رنگ نمونه‌های تحت پیش تیمار اسمز بهبود یافت.

مقاومت در برابر انتقال جرم و کریستالیزاسیون در طی فرآیندهای تکمیلی را نداشتند.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) مدل سفتی بافت

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F احتمال	P احتمال
مدل	۵	۵/۷۰۷۹۷	۱/۱۴۱۵۹	۷۸/۹۱	۰/۰۰۰
زمان خلاء (X_1)	۱	۵/۴۱۵۰۰	۵/۴۱۵۰۰	۳۷۴/۳۲	۰/۰۰۰
زمان رها سازی در فشار اتمسفر (X_2)	۱	۰/۲۸۱۶۷	۰/۲۸۱۶۷	۱۹/۴۷	۰/۰۰۳
X_1^2	۱	۰/۰۰۰۴۰	۰/۰۰۰۴۰	۰/۰۳	۰/۸۷۲
X_2^2	۱	۰/۰۰۰۴۰	۰/۰۰۰۴۰	۰/۰۳	۰/۸۷۲
X_1X_2	۱	۰/۰۱۰۰۰	۰/۰۱۰۰۰	۰/۶۹	۰/۴۳۳
باقینده	۷	۰/۱۰۱۲۶	۰/۰۱۴۴۷	-	-
خطای محض	۴	۰/۰۲۸۰۰	۰/۰۰۷۰۰	-	-

($R^2=۰/۹۷$) عدم تطابق



$$Y = ۶/۰ - ۰/۲۴۲۳۱/۰۹۵ X_1 - ۰/۰۲۱۶۶۶۷ X_2$$

شکل ۴- اثر مستقل و متقابل زمان اعمال خلاء و زمان باقی ماندن در فشار اتمسفر روی سفتی بافت ($R^2_{adj} = ۰/۹۷$)

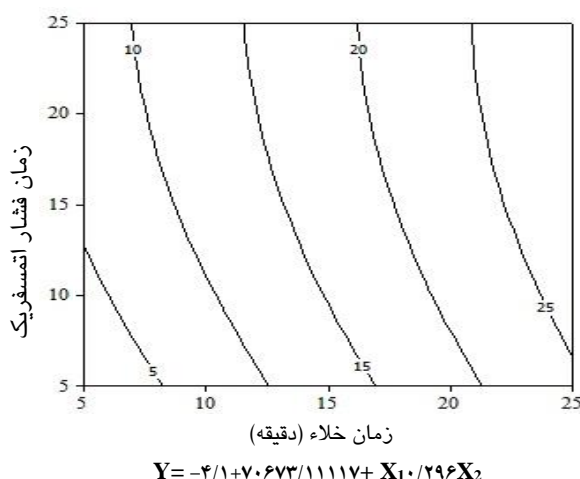
شرایط فرآیند را روی تغییرات رنگ قارچ‌های خشک شده نشان می‌دهد. مطابق نتایج آزمایش‌ها، زمان اعمال خلاء (X_1) اثر معنی‌دار روی رنگ محصول داشت.

اثر پیش‌تیمارهای مختلف روی تغییرات رنگ جدول ۶ اثرات مستقل و متقابل پیش‌تیمارهای مختلف و

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) مدل تغییرات رنگ

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F احتمال	P احتمال
مدل	۵	۷۹۹/۲۶۸	۱۵۹/۸۵۴	۱۲/۰۶	۰/۰۰۲
زمان خلاء (X_1)	۱	۷۴۰/۸۱۵	۷۴۰/۸۱۵	۵۵/۹۱	۰/۰۰۰
زمان رها سازی در فشار اتمسفر (X_2)	۱	۵۲/۵۷۰	۵۲/۵۷۰	۳/۹۷	۰/۰۸۷
X_1^2	۱	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	۰/۰۰	۰/۹۷۸
X_2^2	۱	۴/۳۷۵	۴/۳۷۵	۰/۳۳	۰/۵۸۴
X_1X_2	۱	۰/۵۵۵	۰/۵۵۵	۰/۰۴	۰/۸۴۴
باقی مانده	۷	۹۲/۷۵۶	۱۳/۲۵۱	-	-
خطای محض	۴	۴۰/۳۴۲	۱۰/۰۸۵	-	-

($R^2=۰/۹۷$) عدم تطابق



شکل ۵- اثر مستقل و متقابل زمان اعمال خلاء و زمان باقی ماندن در فشار اتمسفریک روی تغییرات رنگ ($R^2_{adj} = 0/96$)

و سینک (۲۰۰۷) درباره بهبود رنگ گل کلم و قارچ، پروتون و همکاران (۲۰۰۱) درباره قطعات سیب مطابقت داشت.

در نهایت زمان‌های بهینه اعمال شرایط خلا و رها سازی در فشار اتمسفریک با هدف بیشینه کردن تخلخل، درصد آبگیری مجدد، بهبود رنگ و کمینه کردن چروکیدگی و سفتی بافت به ترتیب ۲۰ تا ۲۴ دقیقه و ۲۲ تا ۲۵ دقیقه به دست آمد.

تفاوت در میزان رنگ محصول فرآوری شده با نمونه شاهد قارچ خشک شده بدون پیش تیمار با استفاده از فاکتور ΔE به دست آمد. افزایش فاکتور ΔE به معنی افزایش شاخص رنگ (بهبود رنگ) بود. نتایج نشان دادند با افزایش زمان خلاء و زمان فشار اتمسفریک، رنگ بهبود یافت. البته اثر زمان خلاء به مراتب بیش از اثر زمان فشار اتمسفریک بود (شکل ۵). نتایج با گزارش پاتیل و همکاران (۲۰۱۲) درباره بهبود رنگ پیاز، شولکا

منابع مورد استفاده

- امام جمعه ز، طهماسبی م، پیروزی فرد و عسگری غ، ۱۳۸۷. بررسی تاثیر پیش فرایند اسمزی بر ویژگی‌های بافتی و ریز ساختاری گوجه فرنگی خشک شده با هوا، مجله مهندسی بیو سیستم ایران. جلد ۳۹، صفحات ۱۳۳ تا ۱۳۹.
- رسولی قهرودی ف، بصیری ع، اسدی غ. و بامنی مقدم م، ۱۳۸۹. بررسی اثر آبگیری اسمزی با فشار کاهش خروج آب و نفوذ ماده جامد در قارچ دکمه‌ای. مجله علوم غذایی و تغذیه. جلد ۷ شماره ۴. صفحات ۳۲ تا ۴۱.
- شجاعی ع. ۱۳۹۲، پرورش قارچ دکمه‌ای. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران. ۲۱۳ صفحه.
- شیدایی پور دیزجی ا، ۱۳۹۰. تحلیل‌های انرژی - انرژی در فرایند خشک کردن همرفتی ورقه‌های سیب زمینی پیش تیمار شده با امواج فرا صوتی. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه تبریز. ۱۲۵ صفحه.
- قربانی، ر، دهقان نیا، ج، سیدلو هریس، س. ص.، قنبرزاده، ب. ۱۳۹۲. مدل سازی چروکیدگی آلوی پیش تیمار شده با اولتراسوند و آبگیری اسمزی در فرایند خشک کردن. نشریه مکانیزاسیون کشاورزی، شماره ۱. صفحات ۱۱ تا ۲۳.

Alvarez CA, Aquerre R, Gomez R, Vidales A, Alzamora SM and Gerschenson LN, 1995. Air dehydration of strawberries: Effects of blanching and osmotic pretreatment on the kinetics of moisture transport. Journal of Food Engineering 25: 167-178.

Alzamora SM, Tapia MS, Leunda A, Cuerrero SN, Rojas AM, Gerschenson LN and Parada-Arias E, 2000.

- Minimal preservation of fruits: A Cited project in trends in food engineering. Pennsylvania Technomic Publishing Company. 205-225.
- Barat JM, Chiralt A, Fito P, 2001. Effect of osmotic solution, concentration, temperature and Vacuum impregnation on osmotic dehydration kinetics of apple slices. *Food science and Technology International*, 17:451-456.
- Fito P, Chiralt A, Barat JM, Andres A, Matines-Manzo J and Martinez-navarrte N, 2001. Vacuum impregnation development of new dehydrated for products. *Journal of food Engineering* 99: 297-302.
- Giri SK and Prasad S, 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 78:512-521.
- Gras, M. L., Vidal, D., Betoret, N., Chiralt, A. and Fito, P, 2001. Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation Interaction with cellular matrix. *Journal of Food Engineering* 56:279-284.
- Gras ML, Vidal-Brotons D, Betoret N, Chiralt A and Fito P, 2002. The response of some vegetables to vacuum impregnation. *Innovative food science and emerging technologies* 3: 263-269.
- Maltini E, Torreggiani D, Rondo Broveto B and Bertolo G, 1993. Functional properties of reduced moisture fruits as ingredients in food systems. *Food Research International* 26:413-419.
- Patil MM, Kalse SB and Jain SK, 2012. Osmo-convective drying of onion slices. *Research journal of recent science*, 1(1):51-59.
- Prothon F, Ahrne LM, Funebo T, Kidman S, Langton M, Sjöholm L, 2001. Effect of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics. *Lebens mittel-Wissenschaft and Technology*. 34:95-101.
- Salvatori D, Andres A, Chiralt A and Fito P, 1997. The response of some properties of fruits to vacuum impregnation. *Journal of Food Process Engineering*, 21:59-73.
- Shulka BD and Singh SP, 2007. Osmo-Convective drying of cauliflower, mushroom and green pea. *Journal of food Engineering* 80:741-747.
- Torreggiani D, 1993. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International Journal* 26: 59-68.
- Torreggiani D and Bertolo G, 2001. Osmotic pretreatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. *Journal of food Engineering* 49:247-253.
- Tortoe C, 2010. A review of osmodehydration for food industry. *African Journal of Food Science* 4: 303-324.
- Yam KL, and Papadakis SE, 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*. 61: 137-142.
- Yan Z, Sousa-Gallagher MJ, Oliveira FAR, 2008. Shrinkage and porosity of banana, pineapple and mango slices during air-drying. *Journal of Food Engineering*, 84:430-440.

Effect of vacuum and atmosphere pressure pre-treatments times on physical properties of hot air dried slices of button mushroom

M Taher Ghassemi^{1*}, N Assefi² and B Pasban Eslam³

Received: March 13, 2015 Accepted: October 14, 2015

¹Expert, Jihad Agriculture Organization of East Azerbaijan, Tabriz, Iran

²Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

³Associate Professor of Horticulture and Crop Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

Abstract

Fresh mushrooms have low durability. Therefore, use of practical solutions to increase their shelf-life, is necessary for improvement of production. The aim of present research is study the effects of salt fortification by vacuum impregnation on physical characteristics and some qualitative characters of hot-air dried mushrooms. At first, the condition of salt fortification by vacuum impregnation was used at 5, 15 and 25-minute process times for mushroom samples. Then, pre-treated and control mushroom samples dried by warm air at 60 °C. Finally, shirinkage, porosity, Re-hydration percent of dried textures, color and hardness were determined. The results indicated that vacuum time had significant effect on shirinkage, porosity, re-hydration percent of dried samples, hardness and color change. By increasing vacuum time, hardness and shirinkage decreased, their color improved and porosity increased. Also increasing vacuum time had similar changes on traits with lower amounts. Re-hydration percent of textures, decreased by increasing vacuum time and increased via increasing atmospheric pressure time. Finally, it is revealed that, optimal vacuum time and atmospheric pressure time for dried mushroom quality conservation, were 20-24 and 22-25 minutes, respectively.

Key words: Drying, Mushroom, Vacuum time