Archive of SID

مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی
جلد شانزدهم، ویژه‌نامه ۱-الف، سال ۱۳۸۸
www.jasnr.info
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

تأثیر دما، غلظت محلول اسمزی و نسبت وزنی بر سینتیک خشک کردن اسمزی قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*)

*مریم ابراهیم‌رضاگاه[۱]، مهدی کاشانی‌نژاد[۲]، حبیب‌الله میرزایی[۳] و مرتضی خمیری[۳]
[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۷/۷/۹؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۴/۸

چکیده

قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) بیشترین تولید و مصرف قارچ‌های خوراکی در سطح جهان را به خود اختصاص می‌دهد با این حال کاربرد روش‌های نگهداری جهت افزایش زمان انبارمانی آن مورد نیاز است. خشک کردن یکی از مهم‌ترین روش‌های افزایش ماندگاری محصولات با رطوبت بالا است. از آن جایی که قارچ نسبت به حرارت بسیار حساس است، انتخاب روش خشک کردن مناسب بسیار اهمیت دارد. در این پژوهش تأثیر خشک کردن اسمزی در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد وزنی محلول ساکارز، دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت‌های وزنی قارچ به محلول اسمزی ۱:۱۰، ۱:۱۵ و ۱:۲۵ بر خصوصیات سینتیکی ورقه‌های قارچ بررسی شد. نتایج نشان دادند که با افزایش غلظت و دما، مقدار رطوبت محصول کاهش و بریکس افزایش یافت. بسته به تیمارهای اعمال شده، رطوبت نهایی و بریکس ورقه‌های قارچ پس از اتمام فرآیند اسمزی به‌ترتیب در محدوده ۸۷/۹-۴۷/۶ درصد و ۴۶/۷-۷/۴ درصد بود. منحنی‌های سینتیک تغییرات رطوبت و بریکس طی فرآیند خشک کردن اسمزی رسم گردید. همچنین مشخص شد غلظت محلول اسمزی تنها عامل مؤثر بر نسبت آب‌گیری مجدد ورقه‌های قارچ خشک شده است.

واژه‌های کلیدی: قارچ دکمه‌ای، خشک کردن اسمزی، بریکس، آب‌گیری مجدد

مقدمه

بیشترین تولید قارچ‌های خوراکی در سطح جهان را قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) به خود اختصاص می‌دهد. میزان تولید این نوع قارچ حدود ۴۰ درصد تولید جهانی قارچ‌های خوراکی است (گیری و پراساد، ۲۰۰۷). براساس آمار موجود در وب سایت فائو[۱] در سال ۲۰۰۷ بالغ بر ۳/۴ میلیون تن قارچ‌های خوراکی در جهان تولید شده که از این میزان حدود ۱/۹ میلیون تن مربوط به قاره آسیا بوده است. فائو میزان تولید قارچ‌های خوراکی در ایران را ۲۸۰۰۰ تن گزارش کرده است.

با تولید قارچ می‌توان غذاهای غنی از پروتئین تولید کرد و راهی هم برای بازیافت ضایعات سلولزی به‌دست آورد. پس از برداشت، تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مختلفی در قارچ رخ می‌دهد که آن را

*- مسئول مکاتبه: m.rezagah@gmail.com

1- http://faostat.fao.org/

www.SID.ir

Archive of SID

غیرقابل مصرف می‌کند (گیری و پراساد، ۲۰۰۷). بنابراین قارچ‌های برداشت شده باید به سرعت مصرف یا فرآوری شوند. روش‌های مختلفی از جمله خشک کردن برای نگهداری قارچ استفاده می‌شود. گزارش شده که خشک کردن در مقایسه با دیگر روش‌های نگهداری روش ارزان‌تری است و نگهداری قارچ خشک شده در محفظه‌های غیرقابل نفوذ به هوا تا یک سال امکان‌پذیر است (والد و همکاران، ۲۰۰۶). با این وجود قارچ ماده‌ای حساس به حرارت می‌باشد، پس انتخاب روش صحیح خشک کردن عامل اصلی موفقیت فرآیند است (گیری و پراساد، ۲۰۰۷). یکی از روش‌های خشک کردن که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته، خشک کردن اسمزی است. خشک کردن اسمزی فرآیندی برای حذف بخشی از آب موجود در مواد سلولی (میوه‌ها و سبزیجات) به‌وسیله قرار دادن آنها در یک محلول غلیظ است (آده- اوموای و همکاران، ۲۰۰۲؛ راستوگی و راگاواراو، ۲۰۰۴). این فرآیند شامل دو پدیده هم‌زمان انتقال جرم در خلاف جهت همدیگر است (ارن و کایمک- ارتکین، ۲۰۰۷). با خروج آب از محصول، هم زمان شکر وارد بافت می‌شود. هنگامی که محلول شکر به‌عنوان محلول اسمزی استفاده می‌شود، محصولی با کیفیت بهتر به‌دست می‌آید. شکر از یک‌سو به‌عنوان جلوگیری‌کننده از فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز عمل کرده و از سوی دیگر از خروج ترکیبات فرار طی خشک کردن تکمیلی جلوگیری می‌کند (پروتون و همکاران، ۲۰۰۱). سرعت حذف آب طی خشک کردن اسمزی به غلظت محلول اسمزی، زمان غوطه‌وری، دمای محلول اسمزی، نسبت وزنی نمونه به محلول، چگالی و ویسکوزیته محلول، اندازه و شکل قطعات محصول و هم زدن محلول بستگی دارد (موجومدار، ۱۹۹۵؛ راستوگی و همکاران، ۲۰۰۲؛ کرزو و براچو، ۲۰۰۶؛ سوتار و گوپتا، ۲۰۰۷).

بررسی سینتیک خشک کردن مواد بیولوژیک برای طراحی، بهینه‌سازی و کنترل فرآیند خشک کردن ضروری است. مطالعات زیادی جهت بررسی خشک کردن میوه‌ها و سبزیجات مختلف انجام شده است (آده- اوموای و همکاران، ۲۰۰۲؛ آرورا و همکاران، ۲۰۰۳؛ راستوگی و راگاواراو، ۲۰۰۴؛ کرزو و براچو، ۲۰۰۶؛ رحیم‌زاده‌خویی و حصاری، ۲۰۰۷؛ سوتار و گوپتا، ۲۰۰۷) همچنین در مطالعات دیگری، خشک کردن قارچ دکمه‌ای با روش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (آرورا و همکاران، ۲۰۰۳؛ والد و همکاران، ۲۰۰۶؛ گیری و پراساد، ۲۰۰۷)، با این حال اطلاعات اندکی در مورد خشک کردن قارچ دکمه‌ای به روش اسمزی وجود دارد، بنابراین این پژوهش با هدف بررسی خشک کردن قارچ دکمه‌ای در دماهای نسبتاً پایین با روش خشک کردن اسمزی و بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر سینتیک خشک کردن و نیز آب‌گیری مجدد محصول نهایی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) واریته سیلوان-۵۱۲ روزانه از بازار (شرکت پارس شهریار) خریداری و پس از انتقال به آزمایشگاه در یخچال نگهداری شد. شکر مورد نیاز به‌صورت فله از بازار تهیه گردید. محلول‌های اسمزی به‌کار رفته در این پژوهش با انحلال شکر در آب مقطر با غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد وزنی تهیه شد. به‌منظور دست یافتن به بهترین نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی، نسبت‌های ۱:۱۰، ۱:۱۵ و ۱:۲۵ مورد بررسی قرار گرفتند. پیش از انجام هر آزمایش محلول‌ها تا رسیدن به دمای مورد نظر در حمام آب (ممرت WB14، آلمان) قرار می‌گرفت، سپس نمونه‌های قارچ در محلول غوطه‌ور می‌گردید.

قارچ‌های خریداری شده ابتدا براساس اندازه و میزان بلوغ سورت شدند. سپس از نمونه‌های گزینش شده، پس از شستن و حذف آلودگی‌های سطحی، برش‌های عمودی یکنواخت به ضخامت ۵ میلی‌متر تهیه و پس از اتمام برش دادن، آنزیم‌بری به مدت ۱ دقیقه در آب در حال جوش

www.SID.ir

Archive of SID

انجام شد (آرورا و همکاران، ۲۰۰۳). سپس نمونه‌ها آب‌کشی شده و با استفاده از آب آشامیدنی به سرعت خنک شدند. بریکس اولیه به‌وسیله رفراکتومتر[1] اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری رطوبت با توزین وزن مشخصی از نمونه‌ها و خشک کردن در آون (ممرت ULM400، آلمان) با دمای ۲±۱۰۳ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت انجام شد (شوکلا و سینگ، ۲۰۰۷).

نمونه‌های آنزیم‌بری شده پس از حذف رطوبت سطحی به کمک کاغذ صافی، به‌وسیله ترازو (سارتوریوس TE313S، آلمان) با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و با رعایت نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی در محلول‌های تهیه شده غوطه‌ور شدند. خشک کردن اسمزی در دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد انجام و به‌منظور فراهم آوردن این دماها از حمام آب استفاده شد. همچنین زمان کل فرآیند خشک کردن اسمزی ۵ ساعت در نظر گرفته شد.

به‌منظور بررسی سینتیک خشک کردن اسمزی و ترسیم منحنی‌های مربوط، نمونه‌های برش خورده قارچ پس از توزین و ثبت وزن با رعایت نسبت وزنی مورد نظر در محلول‌های اسمزی قرار داده شدند. در زمان‌های متوالی ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۴۰ و ۳۰۰ دقیقه نمونه‌ها از محلول خارج و پس از آب‌کشی جهت حذف محلول باقی‌مانده روی نمونه و خشک کردن سطح آن توسط کاغذ صافی، توزین شدند. همچنین بریکس و رطوبت نمونه‌های خشک شده به روش اسمزی نیز در این زمان‌ها اندازه‌گیری و ثبت شدند.

برای اندازه‌گیری نسبت آب‌گیری مجدد ۱ گرم از نمونه‌های خشک شده در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در دمای محیط غوطه‌ور شد. در فواصل زمانی معین تا رسیدن به تعادل، نمونه‌ها از آب مقطر خارج شده و پس از حذف رطوبت سطحی به کمک کاغذ صافی، توزین شدند. سپس نسبت آب‌گیری مجدد با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید (وانگ و ژی، ۲۰۰۵).

$$RR = \frac{m_{AR}}{m_{BR}} \qquad (۱)$$

RR= نسبت آب‌گیری مجدد، m_{AR}= وزن بعد از آب‌گیری (گرم)، m_{BR}= وزن قبل از آب گیری (گرم).

تجزیه و تحلیل آماری با بررسی اثر غلظت در ۴ سطح، درجه حرارت در ۴ سطح و نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی در ۳ سطح به‌وسیله آزمون فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. داده‌های به‌دست آمده به کمک نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل و اختلاف بین میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۱ درصد مقایسه شد.

نتایج و بحث

آنالیز آماری نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های انجام شده (جدول‌های ۱ و ۲) نشان دادند که تیمارهای مختلف خشک کردن اسمزی قارچ دکمه‌ای (دما، غلظت و نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی) و اثرات متقابل آنها، پس از اتمام فرآیند تأثیر معنی‌داری بر درصد رطوبت و بریکس داشتند ($P<۰/۰۱$).

شکل ۱ نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار دما ($P<۰/۰۱$) بر میانگین میزان رطوبت و بریکس محصولات در انتهای فرآیند خشک کردن اسمزی است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، با افزایش دما از ۳۰ به ۶۰ درجه سانتی‌گراد میزان رطوبت نهایی محصول کاهش می‌یابد که با توجه به مطالعات پیشین نتیجه‌ای قابل انتظار است (راستوگی و راگاواراو، ۲۰۰۴؛ کرزو و براچو، ۲۰۰۶؛ رحیم‌زاده‌خویی و حصاری، ۲۰۰۷؛ سوتار و گوپتا، ۲۰۰۷). همچنین نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد اختلاف معنی‌داری بین بریکس نهایی قارچ در دمای ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد وجود ندارد، با این حال روند افزایشی مقدار بریکس قارچ با افزایش دما مشهود است ($P<۰/۰۱$).

1- ABBE Refractometer CETI, Belgium

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس اثرات تیمارهای مختلف بر مقدار رطوبت.

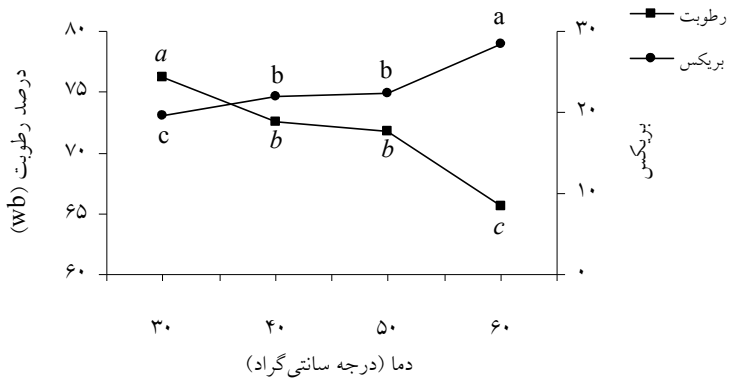
SOV	df	SS	MS	F	Pr>F
a	۳	۲۰۶۵/۳۳	۶۸۸/۴۴	۱۶۸/۷۰	<۰/۰۰۰۱
b	۳	۱۳۶۹۱/۹۱	۴۵۶۳/۹۷	۱۱۱۸/۳۶	<۰/۰۰۰۱
c	۲	۴۵/۴۸	۲۲/۷۴	۵/۵۷	<۰/۰۰۵۱
a*b	۹	۱۶۵/۱۴	۱۸/۳۵	۴/۵۰	<۰/۰۰۰۱
a*c	۶	۱۳۶/۴۲	۲۲/۷۴	۵/۵۷	<۰/۰۰۰۱
b*c	۶	۷۹/۳۴	۱۳/۲۲	۳/۲۴	<۰/۰۰۶۱
a*b*c	۱۸	۱۸۸/۸۲	۱۰/۴۹	۲/۵۷	<۰/۰۰۱۶

a: دما، b: غلظت، c: نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی.

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس اثرات تیمارهای مختلف بر مقدار بریکس.

SOV	df	SS	MS	F	Pr>F
a	۳	۱۵۸۴/۶۳	۵۲۸/۲۱	۱۵۶/۴۵	<۰/۰۰۰۱
b	۳	۱۳۲۵۲/۰۹	۴۴۱۷/۳۶	۱۳۰۸/۳۹	<۰/۰۰۰۱
c	۲	۴۲/۵۵	۲۱/۲۸	۶/۳	<۰/۰۰۲۷
a*b	۹	۱۵۴/۶۲	۱۷/۱۸	۵/۰۹	<۰/۰۰۰۱
a*c	۶	۱۶۹/۸۳	۲۸/۳۰	۸/۳۸	<۰/۰۰۰۱
b*c	۶	۹۳/۰۱	۱۵/۵۰	۴/۵۹	<۰/۰۰۰۴
a*b*c	۱۸	۱۴۱/۶۶	۷/۸۷	۲/۳۳	<۰/۰۰۴۴

a: دما، b: غلظت، c: نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی.



شکل ۱- اثر دمای فرآیند اسمزی بر میزان رطوبت و بریکس قارچ.

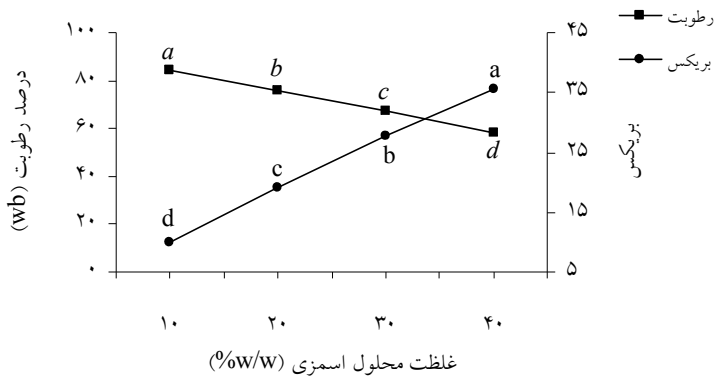
انجام فرآیند اسمزی در دماهای بالاتر موجب تغییر در نفوذپذیری دیواره سلولی می‌شود، در نتیجه نفوذپذیری بافت در برابر خروج رطوبت و ورود ساکارز افزایش می‌یابد. استفاده از دماهای بالاتر منجر به تورم و پلاستیکی شدن غشاء سلولی و در نتیجه انتشار سریع‌تر رطوبت از بافت می‌شود. همچنین در دماهای بالاتر ویسکوزیته محلول اسمزی کمتر است، بنابراین به‌دلیل کاهش ویسکوزیته محلول اسمزی، انتشار رطوبت در سطح تماس قارچ با محلول اسمزی بهتر صورت می‌گیرد (سوتار و گوپتا، ۲۰۰۷). برای دست‌یابی به درصد حذف آب بیشتر می‌توان از دماهای بالاتر استفاده کرد. با این حال در این شرایط باید به درصد جذب مواد جامد نیز

www.SID.ir

Archive of SID

توجه داشت (ارن و کایمک- ارتکین، ۲۰۰۷). در عین حال دما ترکیب شیمیایی و خصوصیات محصول را نیز تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. افزایش دما علاوه‌بر افزایش سرعت انتقال جرم، منجر به افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود که در انتخاب دمای بهینه فرآیند مؤثر است (موجومدار، ۱۹۹۵).

تأثیر غلظت‌های مختلف به‌کار رفته بر میزان رطوبت و بریکس قارچ تیمار شده با محلول اسمزی در شکل ۲ نمایش داده شده است. همان‌طور که انتظار می‌رود، هرچه غلظت محلول اسمزی بیشتر باشد میزان رطوبت محصول کاهش بیشتری نشان می‌دهد (P<۰/۰۱). نتایج پژوهش‌های آده- اومووای و همکاران (۲۰۰۲)، راستوگی و راگاواراو، (۲۰۰۴)، کرزو و براچو (۲۰۰۶)، رحیم‌زاده‌خویی و حصاری (۲۰۰۷) و سوتار و گوپتا (۲۰۰۷) تأییدکننده این مطلب است. افزایش غلظت از ۱۰ درصد تا ۴۰ درصد موجب افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۱) بریکس تحت شرایط فرآیند گردید. تحقیقات انجام شده توسط آده- اومووای و همکاران (۲۰۰۲)، راستوگی و همکاران (۲۰۰۲)، راستوگی و راگاواراو (۲۰۰۴) و کرزو و براچو (۲۰۰۶) نیز بیانگر تأثیر مشابه غلظت در محصولات مورد بررسی بوده است.



شکل ۲- اثر غلظت محلول اسمزی بر میزان رطوبت و بریکس قارچ.

با افزایش غلظت محلول اسمزی، فشار اسمزی و اختلاف غلظت بین قارچ و محلول اسمزی افزایش می‌یابد. راستوگی و راگاواراو (۲۰۰۴) اختلاف فشار اسمزی را نیروی محرکه انتقال جرم برای حذف رطوبت و اختلاف غلظت را نیروی محرکه انتقال جرم برای جذب ساکارز اعلام کردند. به این ترتیب با افزایش غلظت محلول اسمزی، هم‌زمان با حذف رطوبت از قارچ، مقدار ساکارز بیشتری به درون بافت قارچ نفوذ می‌کند و در نتیجه بریکس قارچ و درصد جذب مواد جامد افزایش می‌یابد. همچنین هرچه غلظت محلول اسمزی بیشتر باشد، رطوبت موجود در بافت با سهولت بیشتری از بافت خارج می‌شود. بنابراین هرچه غلظت محلول اسمزی به‌کار رفته بیشتر باشد، مقدار رطوبت نهایی کمتر و درصد حذف آب از بافت بیشتر خواهد بود.

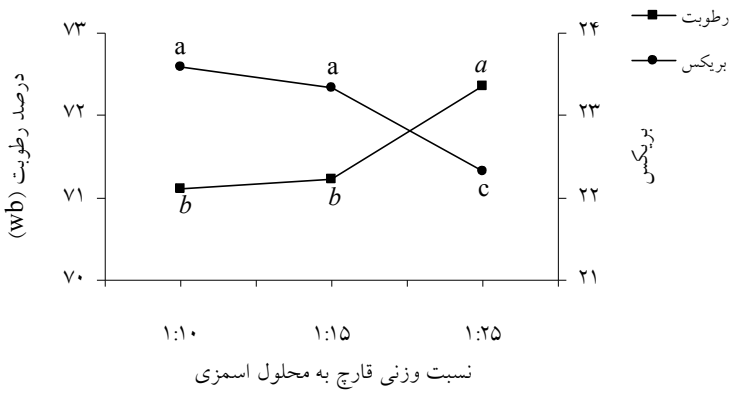
همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، نسبت وزنی ۱:۱۰ و ۱:۱۵ قارچ به محلول اسمزی بدون داشتن اختلاف معنی‌دار، در مقایسه با نسبت وزنی ۱:۲۵، درصد رطوبت قارچ را به میزان بیشتری کاهش دادند (P<۰/۰۱). همچنین تحت شرایط فرآیند اسمزی کاربرد این نسبت‌های وزنی قارچ به محلول اسمزی تفاوت معنی‌داری در مقدار بریکس قارچ ایجاد نمی‌کنند اما با به‌کار بردن نسبت ۱:۲۵ به طرز معنی‌داری مقدار بریکس نهایی کمتری به‌دست می‌آید (P<۰/۰۱). در این نسبت‌های وزنی پایین به‌دلیل عمق کمتر محلول، سطح تماس محلول با هوا نسبت به حجم

www.SID.ir

Archive of SID

محلول بیشتر است و تبخیر آب با سهولت بیشتری انجام می‌گیرد. این شرایط به‌خصوص در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد که دمای به نسبت بالایی است، بیشتر مشهود است. بنابراین افزایش غلظت محلول با گذشت زمان موجب کاهش بیشتر رطوبت و افزایش بیشتر بریکس قارچ در تیمارهای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و غلظت ۴۰ درصد محلول اسمزی می‌شود.

جدول‌های ۳ و ۴ میانگین‌های به‌دست آمده برای درصد رطوبت و بریکس ورقه‌های قارچ را طی تیمارهای مختلف اسمزی مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۳- اثر نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی بر میزان رطوبت و بریکس قارچ.

جدول ۳- اثرات متقابل متغیرهای فرآیند بر میزان رطوبت قارچ (بر مبنای مرطوب).

غلظت (%w/w)	نسبت وزنی قارچ به محلول	دما (درجه سانتی‌گراد) ۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
۱۰	۱:۱۰	۸۶/۵۶±۰/۵۹^{ab}	۸۷/۸۹±۲/۱۲^{a}	۸۴/۱۸±۱/۰۹^{abcd}	۷۹/۴۱±۲/۸۲^{efgh}
	۱:۱۵	۸۶/۸۶±۰/۵۵^{ab}	۸۵/۱۹±۱/۱۸^{abc}	۸۳/۹۳±۱/۱۴^{bcd}	۸۱/۳۰±۰/۳۷^{def}
	۱:۲۵	۸۶/۷۲±۰/۷۷^{ab}	۸۵/۱۴±۰/۱۳^{abc}	۸۵/۱۳±۰/۳۹^{abc}	۸۱/۹۴±۰/۶۹^{cdef}
۲۰	۱:۱۰	۸۲/۴۱±۴/۳۶^{cde}	۷۵/۷۹±۱/۰۱^{hijk}	۷۶/۰۱±۰/۲۳^{ghij}	۶۶/۰۳±۶/۵۱^{mno}
	۱:۱۵	۷۹/۵۹±۰/۴۲^{efg}	۷۷/۵۸±۰/۸۴^{gh}	۷۳/۸۹±۲/۱۴^{ijk}	۷۲/۳۲±۰/۰۱^{jkl}
	۱:۲۵	۸۱/۷۶±۳/۵۶^{cdef}	۷۸/۲۴±۱/۲۳^{fgh}	۷۷/۰۸±۰/۸۹^{ghi}	۷۲/۵۸±۰/۲۸^{jkl}
۳۰	۱:۱۰	۷۲/۰۷±۱/۱۸^{kl}	۶۷/۱۲±۰/۶۶^{mno}	۶۹/۳۰±۱/۴۱^{lm}	۵۳/۷۳±۳/۸۶^{u}
	۱:۱۵	۷۲/۶۲±۱/۳۹^{jkl}	۶۹/۳۴±۰/۲۶^{lm}	۶۷/۲۲±۱/۳۸^{mno}	۶۱/۳۹±۱/۶۲^{qrs}
	۱:۲۵	۷۲/۸۶±۱/۰۶^{jkl}	۶۸/۳۸±۰/۰۱^{mn}	۶۸/۲۳±۱/۲۰^{mn}	۶۴/۴۲±۰/۲۰^{opq}
۴۰	۱:۱۰	۶۵/۷۱±۰/۳۳^{mnop}	۵۹/۰۴±۰/۴۸^{rst}	۵۹/۳۹±۱/۸۹^{rst}	۵۳/۳۲±۰/۷۵^{u}
	۱:۱۵	۶۵/۰۰±۲/۲۳^{nop}	۵۷/۵۵±۰/۴۶^{t}	۵۸/۰۶±۰/۶۰st	۴۷/۶۰±۴/۷۴^{v}
	۱:۲۵	۶۲/۳۲±۰/۶۹^{pqr}	۵۹/۷۶±۱/۸۸^{rst}	۵۹/۱۷±۴/۶۹^{rst}	۵۴/۰۱±۲/۹۲^{u}

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند ($P<۰/۰۱$).

www.SID.ir

Archive of SID

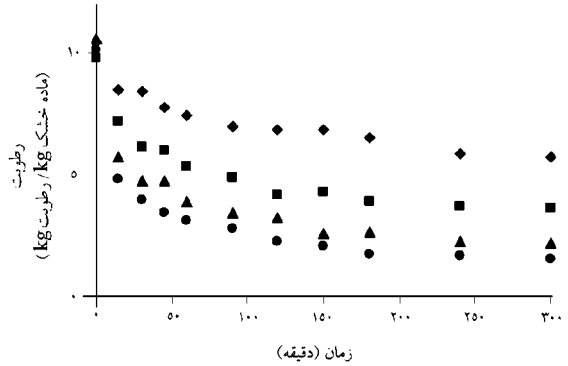
جدول ۴- اثرات متقابل متغیرهای فرآیند بر مقدار بریکس قارچ.

غلظت (%w/w)	نسبت وزنی قارچ به محلول	دما (درجه سانتی‌گراد) ۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
	۱:۱۰	۷/۴±۰/۹^{s}	۹/۶±۰/۷^{qrs}	۱۰/۸±۰/۹^{qrs}	۱۶/۷±۴/۶^{nop}
۱۰	۱:۱۵	۷/۸±۰/۳^{rs}	۹/۲±۰/۳^{qrs}	۹/۰±۰/۵^{qrs}	۱۱/۶±۰/۵^{q}
	۱:۲۵	۷/۵±۰/۸^{s}	۹/۴±۰/۰^{qrs}	۸/۷±۰/۴^{qrs}	۱۱/۱±۰/۹^{qr}
	۱:۱۰	۱۵/۷±۰/۶^{op}	۱۸/۷±۰/۶^{mnop}	۱۷/۳±۰/۱^{nop}	۲۷/۸±۵/۲^{ghi}
۲۰	۱:۱۵	۱۵/۴±۰/۳^{p}	۱۹/۰±۲/۳^{mno}	۲۱/۱±۳/۸^{lm}	۲۱/۴±۰/۴^{lm}
	۱:۲۵	۱۶/۱±۰/۸^{nop}	۱۹/۴±۱/۸^{mn}	۱۶/۷±۰/۶^{nop}	۲۰/۸±۰/۲^{lm}
	۱:۱۰	۲۲/۱±۲/۱^{klm}	۲۷/۷±۰/۲^{ghi}	۲۶/۷±۰/۳^{hij}	۴۰/۰±۲/۵^{b}
۳۰	۱:۱۵	۲۴/۰±۱/۹^{jkl}	۲۶/۸±۱/۱^{hij}	۲۶/۶±۱/۳^{hij}	۳۳/۷±۲/۶^{cde}
	۱:۲۵	۲۳/۵±۱/۳^{jkl}	۲۶/۲±۰/۲^{ij}	۲۵/۳±۱/۷^{ijk}	۳۰/۳±۰/۰^{efg}
	۱:۱۰	۲۹/۹±۱/۲^{fgh}	۳۳/۷±۰/۳^{cde}	۳۲/۱±۰/۹^{def}	۴۱/۳±۰/۷^{b}
۴۰	۱:۱۵	۳۲/۳±۰/۵^{cdef}	۳۵/۷±۰/۲^{c}	۳۳/۳±۱/۴^{cdef}	۴۶/۷±۴/۳^{a}
	۱:۲۵	۳۲/۶±۱/۰^{cdef}	۳۳/۹±۲/۶^{cd}	۳۵/۱±۳/۷^{cd}	۴۰/۹±۳/۶^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند ($P<۰/۰۱$).

با ادامه فرآیند اسمزی تا زمان‌های به نسبت طولانی و به‌دلیل خروج رطوبت از بافت قارچ و ورود ساکارز به درون آن، اختلافات فشار اسمزی و غلظت بین قارچ و محلول اسمزی به‌عنوان نیروی محرکه انتقال جرم کاهش پیدا می‌کند، بنابراین شدت کاهش رطوبت و افزایش بریکس به‌تدریج کاسته می‌شود. همچنین با ادامه جذب ساکارز به بافت در سطح محصول و کاهش گرادیان غلظت در سطح مشترک قارچ- محلول اسمزی، لایه‌ای مقاوم در برابر نفوذ شکل می‌گیرد (ارن و کایمک- ارتکین ۲۰۰۷؛ سوتار و گوپتا، ۲۰۰۷). از سوی دیگر حذف سریع رطوبت و جذب سریع ساکارز در آغاز فرآیند منجر به تغییرات ساختاری و فشردگی لایه‌های سطحی می‌شود و مقاومت در برابر انتقال جرم افزایش می‌یابد (سوتار و گوپتا، ۲۰۰۷).

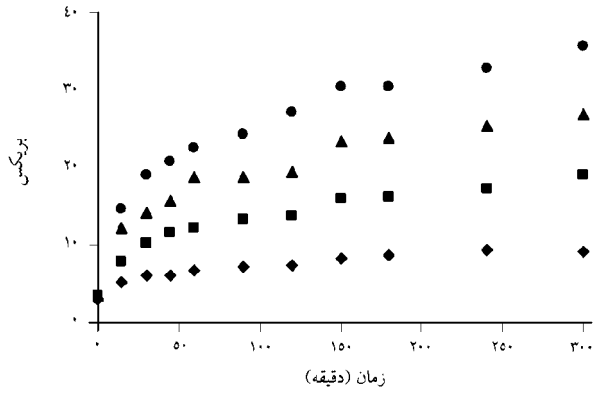
در صورت ادامه فرآیند تا زمان‌های نسبتاً طولانی تغییر در مقادیر رطوبت و بریکس متوقف شده و مقادیر تعادلی رطوبت و بریکس به‌دست می‌آید. نمودارهای سینتیکی به‌دست آمده برای رطوبت و بریکس ورقه‌های قارچ در دما، غلظت و نسبت‌های وزنی مختلف روند یکسانی نشان دادند. شکل‌های ۴ و ۵ نمونه‌ای از این نمودارها را نشان می‌دهند. نتایج به‌دست آمده در این شکل‌ها بیانگر آن است که در کلیه شرایط فرآیند، شدت کاهش رطوبت و افزایش بریکس در یک ساعت آغازین فرآیند بیشتر است.



شکل ۴- تغییرات رطوبت قارچ در طول زمان در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی ۱:۲۵.
(نشانه‌ها: ۱۰w/w درصد (◆)، ۲۰w/w درصد (■)، ۳۰w/w درصد (▲)، ۴۰w/w درصد (●)).

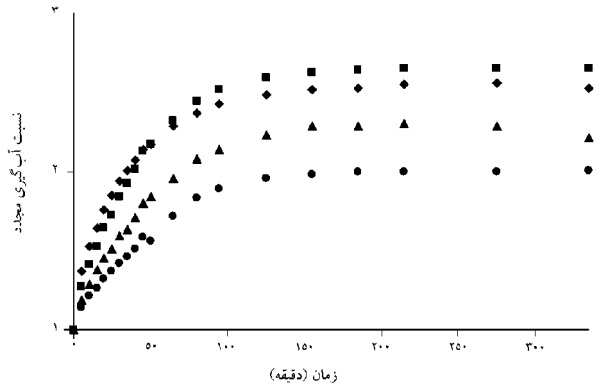
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- تغییرات بریکس قارچ در طول زمان در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی ۱:۱۵.
(نشانه‌ها: ۱۰w/w درصد (◆)،۲۰w/w درصد (■)،۳۰w/w درصد (▲)،۴۰w/w درصد (●)).

غلظت محلول اسمزی تنها عامل مؤثر بر نسبت آب‌گیری مجدد ورقه‌های قارچ می‌باشد (P<۰/۰۱). با افزایش غلظت، نسبت آب‌گیری مجدد ورقه‌های قارچ کاهش می‌یابد. به‌طورکلی حذف آب از مواد با رطوبت بالا منجر به انسداد فضاهای بین سلولی می‌شود. بنابراین طی آب‌گیری مجدد مقدار کمی آب جذب می‌کنند و پس از پخته شدن بافت سفت‌تری[1] خواهند داشت. در فرآیند اسمزی هم‌زمان با کاهش رطوبت از قارچ، مقداری مواد جامد از محلول اسمزی به درون قارچ نفوذ می‌کند. بنابراین بافت آسیب کمتری می‌بیند و وزن خشک محصول نیز افزایش می‌یابد (شوکلا و سینگ، ۲۰۰۷). نفوذپذیری دیواره سلولی به آب به‌دلیل جذب و اتصال مولکول‌های ساکارز به دیواره سلولی کاهش می‌یابد. در غلظت‌های بالاتر مقدار بیشتری ساکارز در بافت قارچ نفوذ می‌کند و با این که به لحاظ ظاهری نمونه‌ها بافت بازتر و چروکیدگی کمتری دارند، جذب آب بیشتر مستلزم خروج ساکارز از فضای بین سلولی و دیواره سلولی است (پروتون و همکاران، ۲۰۰۱). مقادیر به‌دست آمده برای نسبت آب‌گیری مجدد با نتایج‌گیری و پراساد (۲۰۰۷) مطابقت دارد. بررسی نسبت آب‌گیری مجدد طی زمان در شکل ۶ نشان می‌دهد شدت جذب آب در دو ساعت آغازین زیاد بوده و پس از آن با رسیدن به حالت اشباع، جذب آب نمونه‌ها در همه غلظت‌ها تقریباً ثابت می‌شود.



شکل ۶- تغییرات نسبت آب‌گیری مجدد ورقه‌های خشک شده قارچ بر حسب زمان.
(نشانه‌ها: ۱۰w/w درصد (◆)،۲۰w/w درصد (■)،۳۰w/w درصد (▲)،۴۰w/w درصد (●)).

1- Chewy

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی طی خشک کردن اسمزی افزایش دما و غلظت محلول اسمزی منجر به تشدید انتقال رطوبت و ماده حل شده می‌شود. برای حفظ غلظت ثابت طی فرآیند خشک کردن اسمزی رعایت نسبت وزنی ۱:۲۵ توصیه می‌گردد. با گذشت زمان رطوبت قارچ کاهش پیدا کرده و بریکس قارچ، به‌عنوان شاخص جذب ساکارز، افزایش می‌یابد. در کلیه شرایط فرآیند، شدت کاهش رطوبت و افزایش بریکس در یک ساعت آغازین فرآیند بیشتر است. همچنین با افزایش غلظت، نسبت آب‌گیری مجدد ورقه‌های قارچ کاهش می‌یابد. شدت جذب آب در دو ساعت آغازین غوطه‌وری در آب زیاد بوده و پس از آن با رسیدن به حالت اشباع، جذب آب نمونه‌ها در همه غلظت‌ها تقریباً ثابت می‌شود.

منابع

1.Ade-Omowaye, B.I.O., Rastogi, N.K., Angersbach, A., and Knorr, D. 2002. Osmotic dehydration behavior of red paprika (*Capsicum annuum L.*). Journal of Food Science, 67: 1790-1796.

2.Arora, S., Shivhare, U.S., Ahmed, J., and Raghavan, G.S.V. 2003. Drying kinetics of *Agaricus bisporus* and *Pleurotus florida* mushrooms. Transactions of the ASAE, 46: 721-724.

3.Azuara, E., and Beristain, C.I. 2002. Osmotic dehydration of apples by immersion concentrated sucrose/ maltodextrin solution. Journal of Food Processing Preservation, 26: 295-306.

4.Corzo, O., and Bracho, N. 2006. Application of Peleg model to study mass transfer during osmotic dehydration of sardine sheets. Journal of Food Engineering, 75: 535-541.

5.Eren, I., and Kaymak-Ertekin, F. 2007. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. Journal of Food Engineering, 79: 344-352.

6.Giri, S.K., 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.

7.Mujumdar, A.S. 1995. Handbook of industrial drying Marcel Dekker, Inc., New York, 1280p.

8.Prothon, F., Ahrne, L.M., Funebo, T., Kidman, S., Langton, M., and Sjoholm, I. 2001. Effect of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics. LWT-Food Science and Technology, 34: 95-101.

9.Rahimzade Khoyi, M., and Hesari, J. 2007. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. Journal of Food Engineering, 78: 1355-1360.

10.Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Niranjan, K., and Knorr, D. 2002. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. Trends in food science and technology, 13: 48-59.

11.Rastogi, N.K., and Raghavarao, K.S.M.S. 2004. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple: Fickian diffusion in cubical configuration. LWT-Food Science and Technology, 37: 43-47.

12.Sahbaz, F., Uzman, D., and Palazoglu, T.K. 2000. Drying kinetics of blanched and unblanched mushroom Nahrung/ Food, 44: 283-284.

13.Shukla, B.D., and Singh, S.P. 2007. Osmo-convective drying of cauliflower, mushroom and greenpea. Journal of Food Engineering, 80: 2. 741-747.

14.Sutar, P.P., and Gupta, D.K. 2007. Mathematical modeling of mass transfer in osmotic dehydration of onion sclices. Journal of Food Engineering, 78: 90-97.

15.Walde, S.G., Velu, V., Jyothirmayi, T., and Math, R.G. 2006. Effects of pretreatments and drying methods on dehydration of mushroom. Journal of Food Engineering, 74: 108-115.

16.Wang, J., and Xi, Y.S. 2005. Drying characteristics and drying quality of carrot using a two-stage microwave process. Journal of Food Engineering, 68: 505-511.

www.SID.ir

Archive of SID

J J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol. 16 (Special issue 1-a), 2009
www.jasnr.info
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

Effect of temperature, osmotic solution concentration and mass ratio on kinetics of osmotic dehydration of button mushroom (*Agaricus bisporus*)

***M. Ebrahim-Rezagah[1], M. Kashaninejad[2], H. Mirzaei[3] and M. Khomeiri[3]**
[1]M.Sc. Student, Dept. of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Dept. of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., Dept. of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

Button mushroom (*Agaricus bisporus*) is the most widely cultivated and consumed mushroom in the world but preservation methods are necessary to extend shelf life of fresh mushroom. Drying is one of the most important methods to increase the shelf life of high moisture products. Since mushrooms are very sensitive to temperature, choosing a proper drying method is very important. In this study the effect of osmotic dehydration in different concentrations (10, 20, 30 and 40% w/w) of sucrose solutions, temperatures (30, 40, 50 and 60 °C) and different mushroom-solution ratio (1:10, 1:15 and 1:25) on kinetics properties of mushroom slices during 5 hours was studied. The results showed that the moisture content of samples decreased with increasing of temperature and sucrose concentration, while Brix increased. Depending on applied treatments, final moisture content and Brix of mushroom slices after osmotic process were in the range of 47.6-87.9% and 7.4-46.7 respectively. Kinetics curves of moisture content and Brix were also obtained during osmotic dehydration process. It was also observed that concentration of osmotic solution is the only effective factor on rehydration ratio of dried mushroom slices.

Keywords: Button mushroom; Osmotic dehydration; Brix; Rehydration

*- Corresponding Author; Email: m.rezagah@gmail.com

www.SID.ir