مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تاثیر پیش تیمار اسمزی شکر سفید، شکر قرمز و شیرین بیان بر خواص کیفی قارچ دکمه ای سفید خشک شده (*Agaricus Bisporus*)

زینب رفتنی امیری[1*]، زهره افضلیان[2]

۱- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران،

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۹ /۰۷/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۰۲

کلمات کلیدی:

قارچ دکمه‌ای سفید،

خشک کردن اسمزی،

شکر سفید،

شکر قرمز،

شیرین بیان

DOI: 10.52547/fsct.18.03.30

* مسئول مکاتبات:

z.raftani@sanru.ac.ir

چکیده

قارچ دکمه‌ای سفید (*Agaricus Bisporus*)، دارای ارزش غذایی قابل توجهی است ولی به دلیل رطوبت زیاد نیاز به تیمارهای ویژه‌ای برای افزایش زمان نگهداری دارد. خشک کردن با کاهش فعالیت‌های میکروبی، زمان ماندگاری محصول را افزایش و با کاهش وزن و حجم مواد، بسته بندی، حمل و نقل و انبارداری محصولات را سهولت می‌بخشد. در این پژوهش پیش تیمار اسمزی برای خشک کردن قارچ دکمه‌ای سفید با سه نوع قند شیرین بیان، شکر سفید و شکر قرمز در سه غلظت ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد و سه دمای ۲۵، ۳۲/۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد به منظور کاهش صدمات حرارتی بر شاخص‌های کیفی قارچ در خشک کردن تکمیلی، کاهش زمان خشک کردن، کاهش مصرف انرژی و افزایش راندمان فرآیند استفاده شد. خشک کردن تکمیلی به روش هوای داغ انجام شد. براساس یافته‌ها در بین تیمارها شیرین بیان بیشترین میزان از دست دادن رطوبت (۸۹/۷۴ در زمان ۱۳۲ دقیقه)، جذب مواد جامد (۱۰/۳۸درصد) و تغییر رنگ (ΔE= ۳۸۸/۴۷۰) و کمترین میزان چروکیدگی (۶۳/۵۱ درصد) را داشت. بیشترین میزان جذب مجدد آب مربوط به شکر سفید بود (در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، ۲/۹۱ گرم بر گرم و غلظت ۴۰ درصد ۲/۸۲ گرم بر گرم) بود. در آزمون میکروبی، تیمارها از نظر شمارش کلی کلنی‌ها تفاوت معنی‌داری نداشته و همچنین در هیچ نمونه‌ای کپک و مخمر مشاهده نشد.

۱- مقدمه

قارچ‌ها دسته‌ای از یوکاریوت‌ها را تشکیل می‌دهند که از دسته‌ی گیاهان و جانوران نیستند. در سلسله قارچ‌ها (*fungi*) در دیواره یاخته‌های آن‌ها کیتین وجود دارد و توان فتوسنتز ندارند [۱]. قارچ‌ها همگی دگرپرورده (هتروتروف) بوده و برای رشد و تکثیر به ترکیبات آلی برای دریافت انرژی و کربن نیاز دارند. قارچ‌ها هوازی یا بی‌هوازی اختیاری هستند. اکثر قارچ‌ها ساپروتروف بوده، در خاک و آب به سر می‌برند و در این نواحی، بقایای گیاهی و جانوری را تجزیه می‌کنند. قارچ‌ها مانند باکتری‌ها در تجزیه مواد و گردش عناصر در طبیعت دخالت داشته، حائز اهمیت هستند [۲]. قارچ خوراکی دکمه‌ای (*Agaricus Bisporus*) نام یک گونه قارچ خوارکی رایج است. قارچ دکمه‌ای با نام لاتین *Button Mushrooms* نیز شناخته می‌شود. قارچ‌های خوراکی کشت شده در کشور به چهار دسته قارچ دکمه‌ای، صدفی، ژاپنی و چینی تقسیم می‌شوند. قارچ خوراکی جایگاه ویژه‌ای از نظر ارزش غذایی در بین محصولات کشاورزی در سراسر جهان دارد و در سال‌های اخیر مصرف آن در جهان بسیار افزیش یافته است. ارزش غذایی بالا، طعم و مزه مطلوب و سرعت و سهولت آشپزی با قارچ دلیل افزیش استقبال مردم از آن می‌باشد. این سبزی به دلیل کالری پایین برای کسانی که قصد کاهش وزن دارند، مناسب است. مطالعات نشان می‌دهد که هر ۵۵۰ گرم قارچ فقط ۲۰ کالری، انرژی دارد. قارچ خوراکی سرشار از انواع ویتامین‌ها، پروتئین، چربی‌های محلول است. این ویژگی‌ها باعث می‌شود قارچ در سبد غذایی همه افراد حتی افراد دارای رژیم های خاص غذایی نیز قرار گیرد. انواع مختلفی از قارچ‌های خوراکی در دنیا پرورش داده می‌شود که رایج‌ترین آن قارچ دکمه‌ای است. این قارچ به عنوان غذای اصلی یا جانبی به شکل خام یا پخته در انواع پیش غذاها، سوپ‌ها، خوراک‌ها، ساندویچ‌ها و سالادها مصرف می‌شود [۳،۴]. خشک کردن مواد غذایی و مخصوصا میوه‌ها و سبزی‌ها از زمان‌های بسیار دور به عنوان راهی برای افزایش عمر ماندگاری محصول بوده و امروزه نیز به عنوان یکی از فرآیندهای مهم در صنایع غذایی مطرح می‌باشد. خشک کردن محصولات کشاورزی تاثیر زیادی روی کیفیت محصول می‌گذارد. در کل نگهداری مواد غذایی با استفاده از روش خشک کردن مزایای بسیار زیادی دارد که در سایر روش‌ها کمتر دیده می‌شود. مزایای این روش جلوگیری از فساد، کاهش حجم، سادگی بسته بندی، حمل ونقل و نگهداری محصولات خشک شده با حداقل امکانات می‌باشد [۵]. خشک کردن به روش اسمزی به عنوان آبگیری جزیی از میوه‌ها و سبزیجات از طریق فرآیند اسمز صورت می‌گیرد. که مستلزم غوطه‌ور کردن نمونه‌ها در یک دوره زمانی معین در یک محلول می‌باشد که اغلب این محلول قند یا نمک با فعالیت آبی کمتر از ماده غذایی می‌باشد. با توجه به اینکه دیواره سلول‌های مواد غذایی می‌توانند به عنوان یک غشاء نیمه تراوا عمل کنند، لذا یک نیروی محرکه موثر جهت حرکت آب بین ماده غذایی و محلول اسمزی ایجاد می‌شود و چون این دیواره کاملا انتخابی عمل نمی‌کند، لذا همواره نفوذی از مواد حل شده محلول به درون ماده غذایی و بالعکس اتفاق می‌افتد [۶]. به طور کلی فرآیند اسمزی قابلیت بهبود خصوصیات بافت، رنگ، عطر و طعم محصول فرآیند شده را در مقایسه با سایر روش‌های خشک کردن دارد [۷،۸]. عوامل متعددی مانند دما، نوع و غلظت محلول‌های اسمزی، نسبت نمونه به محلول، زمان، همزدن و خصوصیات فیزیکوشیمیایی مواد غذایی در فرآیند اسمزی موثر هستند [۹].

شکر قرمز از انواع طبیعی شکر است. شکر قرمز در واقع همان شکر خامی است که از عصاره اصلی گیاه نیشکر بدست می‌آید و درصد شکر آن از ٪۸۸ کمتر نیست. هیچ ماده و افزودنی شیمیایی در فرآیند تولید شکر قرمز دخالت ندارد و به خاطر وجود بیشترین میزان ملاس سرشار از انواع املاح، ویتامین‌ها، پروتئین‌ها و مواد معدنی به خصوص ماده معدنی کروم است. مقدار کالری و ساکاروز آن در مقایسه با شکر سفید بسیار کمتر است و قند آن نیز دیر جذب می‌شود. این ویژگی‌ها باعث شده تا بیماران دیابتی و افرادی که اضافه وزن دارند، آنرا با آسودگی خاطر استفاده کنند. همچنین طعم و بوی آن باعث شده که علاوه بر مصارف خانگی در شیرینی‌پزی و پخت انواع کیک از آن استفاده کنند[۱۰].

شیرین‌بیان[1] از دسته‌ی گیاهان بومی جنوب اروپا و قسمت‌هایی از آسیا و کشور ایران است. عصاره شیرین بیان تقریباً حاوی ۱۰۰

1. *Glycyrrhiza glabra*

کالری در هر ۵/۲۸ گرم است. پنجاه برابر شیرین‌تر از ساکارز است و خواص دارویی دارد. در کشورهای غربی طعم عصاره شیرین‌بیان در انواع گسترده‌ای از تنقلات شیرین همچون آب‌نبات یافت می‌شود. عصاره این گیاه حاوی ترکیب گلیسیریزین، اسید گلیسریزیک و نمک‌های پتاسیم و کلسیم، ویتامین های E و B کمپلکس با خواص آنتی اکسیدانی است. این گیاه درمان‌کننده ورم و زخم معده و اثنی‌عشر بوده و بر روی سرطان معده تأثیر مطلوب دارد[۱۱].

قارچ دکمه‌ای سفید(*Agaricus Bisporus*)، یک محصول با ارزش تغذیه‌ای بالا است و امکان تولید آن به مقدار زیاد در کشور وجود دارد. قارچ دکمه‌ای در حالت اولیه خود پس از برداشت، به دلیل رطوبت زیاد محدودیت انبارداری و نگهداری دارد، لذا با خشک کردن آن با روش مناسب زمان نگهداری آن افزایش یافته و بخوبی در محصولات مختلف غذایی ازجمله انواع سوپ ها، کیک، بیسکویت و ماکارونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین استفاده از پیش‌تیمار در آماده‌سازی محصول می تواند باعث کاهش صدمات حرارتی بر شاخص‌های کیفی مانند رنگ در خشک کردن تکمیلی، کاهش زمان خشک کردن، کاهش مصرف انرژی و افزایش راندمان فرآیند گردد. خشک کردن اسمزی، یکی از راه حل‌های مناسب برای آبزدایی کردن است که بخشی از آب موجود در مواد غذایی را با عمل خیساندن مواد غذایی در یک محلول هایپرتونیک که دارای فشار اسمزی بالا هستند حذف می کند. این حلال‌ها معمولا شامل نمک، الکل، نشاسته و قندها می باشند. برای خشک کردن قازچ، استفاده از پیش‌تیماری مانند آبگیری اسمزی قبل از فرآیند خشک کردن با هوای داغ، ضمن افزایش سرعت خشک شدن، باعث بهبود خصوصیات کیفی می‌گردد. لذا، در این تحقیق به منظور افزایش زمان نگهداری و کاهش ضایعات و همچنین حفظ کیفیت قازچ، اثر متغیرهای موثر در فرآیند خشک کردن شامل نوع محلول قندی (شکر سفید، شکر سرخ و شیرین بیان)، غلظت محلول قند در سه سطح ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد و دمای محلول اسمزی در سطوح ۲۵، ۳۲/۵ و ۴۰ درجه سانتیگراد، روی برخی شاخص‌های کیفی (رنگ، چروکیدگی، جذب مجدد آب و میزان خروج آب) قارچ دکمه‌ای سفید خشک شده مورد بررسی واقع شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱-قارچ دکمه‌ای سفید

قارچ دکمه‌ای سفید بصورت روزانه از تولید کننده قارچ در شهر ساری تهیه شد. قارچ‌ها حداکثر به مدت ۲٤ ساعت در یخچال در دمای ۱ ± ٤ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند.

۲-۲-سایر مواد مورد استفاده

شکر سفید زرین البرز از فروشگاه واقع در ساری و شکر قرمز و شیرین بیان از فروشندگان محلی در قائمشهر تهیه شد. سایر مواد شیمیایی از شرکت مرک و سیگما برای انجام آزمایشات شیمیایی تهیه شدند.

۲-۳-دستگاه‌های مورد استفاده

رنگ نمونه ها قبل و بعد از خشک کردن بوسیله دستگاه کالرگرام مدل (D600) اندازه گیری شد. اندازه‌گیری وزن بویسله ترازوی دیجیتال (جادور، تایوان) انجام شد. برای خشک کردن تکمیلی از دستگاه خشک کن کابینتی MN-Z1 B استفاده شد.

۲-٤-تعیین محتوای رطوبتی

به منظور تعیین محتوای رطوبتی، نمونه مورد نظر در آون با دمای ۱ ± ۱۰٤ درجه سانتی‌گراد، به مدت ٤ ساعت قرار داده شد [۱۲].

رابطه (۲-۱)

$$W = \frac{W_0}{W_t} \times 100$$

W_t وزن نمونه قبل از خشک کردن.

W_0 وزن نمونه بعد از خشک شدن و رسیدن به وزن ثابت

۲-۵-تعیین نسبت جذب مجدد آب

برای اندازه گیری نسبت جذب مجدد آب، نمونه های خشک شده قارچ در یک بشر حاوی آب مقطر با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت غوطه ور شدند. پس از سپری شدن زمان مورد نظر، نمونه‌ها از محلول‌ها بیرون آورده شدند و پس از گرفتن آب سطحی توزین شدند. سپس نسبت جذب مجدد آب نیز محاسبه شد [۱۳].

رابطه (۲-۲)

$$NMC = \frac{x_t}{x_0}$$

X_t محتوای رطوبت نرمال در زمان t و X_0 محتوای رطوبت نرمال در زمان اولیه می‌باشد.

۲-٦-اندازه‌گیری میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد محلول

میزان خروج رطوبت و جذب مواد جامد از طریق رابطه (۳-2) و (۳-۲) بدست آمد [١٤].

رابطه (۲-۳)

$$WL = \frac{W_0X_0 - W_tX_t}{W_0} \times 100$$

رابطه (۲-٤)

$$SG = \frac{W_tS_t - W_0S_0}{W_0} \times 100$$

SG: میزان جذب مواد جامد (٪)

S_0: مقدار ماده جامد نمونه اولیه (گرم)

St: مقدار ماده جامد نمونه آبگیری شده (گرم)

W_0 : جرم اولیه نمونه (گرم)

W_t: جرم نمونه آبگیری شده (گرم)

X_0: رطوبت اولیه نمونه (٪)

X_t: رطوبت نمونه آبگیری شده (٪)

۲-۷- اندازه گیری میزان چروکیدگی

حجم نمونه‌ها با استفاده از روش جابه جایی تولوئن و توسط پیکنومتر اندازه‌گیری شد. ابتدا درون یک استوانه مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری، تا حد مشخص تولوئن ریخته، سپس یک مکعب از قارچ تازه (به ابعاد آماده شده جهت آزمایش) را درون استوانه مدرج قرار داده و تغییرات حجم ناشی از ورود نمونه تولوئن یادداشت شد. از آنجا که حجم نمونه‌های قارچ بعد از خشک‌شدن کاهش می‌یابد، به منظور افزایش دقت آزمایش جهت اندازه گیری تغییرات حجم آن‌ها از استوانه مدرج ۲۵ میلی‌لیتری استفاده شد و سپس با استفاده از فرمول زیر میزان چروکیدگی نمونه‌ها محاسبه شد [۱۳].

رابطه (۲-۵)

$$SH = \frac{V_i - V_f}{V_i} \times 100$$

که در این رابطه،SH درصد چروکیدگی، V_i حجم قارچ تازه (ml)، V_f حجم نمونه خشک شده قارچ (ml) می‌باشد.

۲-۸-ارزیابی رنگ

رنگ نمونه‌ها قبل و بعد از خشک کردن توسط سیستم هانترلب به صورت شاخص‌هایL (میزان روشنی)، a (قرمزی-سبزی) b (زردی-آبی) تعیین شد [۱۵].

تغییرات رنگ قارچ‌ها توسط فرمول زیر محاسبه گردید:

رابطه (۲-٦)

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2}$$

تغییرات رنگ را در مقایسه با رنگ قارچ تیمار نشده نشان می‌دهد. *L میزان روشنایی (سفیدی) قارچ بوده، پارامتر *a و *b به ترتیب میزان قرمز بودن و زرد بودن را نشان دادند. در این مطالعه مقدار L* = ۸۷, a*=۰/۱۱۲ , b*= ۰/۱۳٤ بود.

۲-۹- آزمون میکروبی

برای شمارش میکروارگانیسم‌های قارچ‌های خشک شده تیمار نشده و قارچ‌های تیمار شده با محلول اسمزی، نمونه‌ها به یک مخلوط‌کننده آزمایشگاهی منتقل و با نسبت ۱:۱ با بافر پپتون واتر رقیق شده و به مدت ۳۰ ثانیه همگن شدند. پس از رقت سازی سری با بافر پپتون واتر، نمونه‌ها با روش‌های استاندارد و بوسیله محیط کشت دیکلران رزبنگال کلرامفنیکول حاوی آگار با روش کشت سطحی برای آنالیز تعداد میکروارگانیسم‌های هوازی و مخمر و کپک‌ها قرار داده شدند. پلیت‌های تلقیح شده تحت شرایط هوازی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای ۹۲ ساعت انکوبه شده و سپس کلنی‌ها شمارش شدند [١٦].

۲-۱۰-تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، تاثیر فاکتورهای محلول قندی شکر سفید، شکر قرمز و شیرین بیان و غلظت محلول قندی در سطوح ٤۰، ٥۰ و ٦۰ درصد با دمای ....درجه سانتیگراد بر جذب مجدد آب قارچ، از دست دادن رطوبت قارچ و جذب مواد جامد محلول قارچ با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین معنی‌داربودن تاثیر هر یک از فاکتورها به تنهایی و اثر متقابل آن ها، داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و سپس میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال P<0/05، مقایسه گردیدند.

تاثیر نوع تیمار قندی بر چروکیدگی قارچ و رنگ قارچ در طرح

کاملا تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد و تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS21 صورت گرفت. نتایج با آنالیز واریانس یک طرفه بررسی شد و تعیین وجود اختلاف معنی دار در سطح $P<0/05$، صورت گرفت. برای آنالیز داده ها و رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تعیین محتوای رطوبتی

محتوای رطوبت نهایی برای نمونه‌های قارچ دکمه‌ای سفید تیمار شده ۱ ± ۱۵درصد بود. بر اساس تحقیق گوپتا و همکاران (۲۰۱۵)، در خشک کردن اسمزی با محلول نمک (غلظت ۱:۱۰ و ۱:۲۵ محلول به نمونه) محتوای رطوبت نهایی ۶/۳ درصد بود [۱۷]. همچنین در تحقیقات تولرا و آبرا (۲۰۱۷)، محتوای رطوبتی پس از خشک کردن نمونه‌های قارچ اویستر تیمار شده با محلول اسمزی (نمک ۵ و ۱۰درصد به نسبت ۵:۱ وزنی/ حجمی، نمونه به محلول اسمزی به مدت ۵۰ دقیقه) ۸/۴۵ درصد بود [۱۸]. با توجه به تحقیقات صورت گرفته محتوای رطوبتی در پژوهش حاضر از سایر تحقیقات بیشتر بود. همچنین بر اساس تحقیقات کیتی‌بان و آصفی (۱۳۹۷)، این نتیجه حاصل شد که استفاده از پیش تیمار اسمزی در محلول قندی بطور معنی‌دار سبب کاهش زمان خشک شدن و افزایش ضریب نفوذ موثر رطوبت می‌شود [۱۹].

۳-۲-جذب مجدد آب در دماهای مختلف

جدول ۱، میزان جذب مجدد آب تیمارهای مختلف قندی را در دماهای مختلف نشان داده است.

۳-۲-۱-شکر سفید

میزان جذب مجدد آب در شکر سفید در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با دماهای ۳۲/۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد دارای اختلاف معناداری نبودند. اما در بین دماهای ۲۵ و۴۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معناداری وجود داشت. به طوری که میزان جذب در ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد بود.

۳-۲-۲- شکر قرمز

در بین تیمارهای شکر قرمز در تمامی دماها تفاوت معناداری وجود نداشت.

۳-۲-۳-شیرین بیان

در بین تیمارهای شیرین بیان در تمامی دماها تفاوت معناداری وجود نداشت.

۳-۳- جذب مجدد آب در غلظت‌های مختلف

جدول ۲ میزان جذب مجدد آب تیمارهای مختلف قندی در غلظت‌های مختلف را نشان داده است.

Table 1 The rate of water reabsorption of different sugar treatments at different temperatures.

	Temperature (°C)		
Sugar treatment	**25 °C**	**32.5 °C**	**40 °C**
White sugar	2.91 ±0.22 [a]	2.46 ± 0.09 [ab]	2.05 ± 0.13 [b]
Red sugar	2.08 ±0.16 [a]	1.78 ± 0.25 [a]	1.72 ± 0.14 [a]
Liquorice	1.20 ± 0.11 [a]	1.15 ± 0.20 [a]	1.09 ± 0.02 [a]

Different letters indicate a significant difference between different treatments in each row.
Data are means ± SD.

Table 2 Water reabsorption rate of different sugar treatments in different concentrations.

	Concentration (%)		
Sugar treatment	**40%**	**50%**	**60%**
White sugar	2.82 ±0.15[a]	2.30 ± 0.13[b]	1.82 ±0.24[c]
Red sugar	1.80 ± 0.14[a]	1.61 ± 0.03[a]	1.52 ±0.07[a]
Liquorice	1.64 ±0.15[a]	1.33 ±0.04[a]	1.25 ±0.16[a]

Different letters indicate a significant difference between different treatments in each row.
Data are means ± SD.

۳-۳-۱- شکر سفید

در بین تیمارهای شکر سفید در تمامی غلظت‌ها تفاوت معناداری وجود داشت. میزان جذب مجدد آب در غلظت ٤٠ تا ٦٠ درصد به طور معناداری کاهش یافت.

۳-۳-۲- شکر قرمز

در بین تیمارهای شکر قرمز در تمامی غلظت‌ها تفاوت معناداری وجود نداشت.

۳-۳-۳- شیرین بیان

در بین تیمارهای شیرین بیان در تمامی غلظت‌ها تفاوت معناداری وجود نداشت.

اثر مستقل فاکتورهای نوع تیمار قندی و غلظت‌های مختلف محلول‌ها و اثر متقابل این دو فاکتور طبق جدول ۳ معنادار بوده است.

Table 3 Significance level of variables and their interaction.

Source	Significance level
Test significance	0.001
The effect of different concentrations of solutions	0.017
The effect of different temperatures	0.011
Interaction of different temperatures and different concentrations of solutions	0.015

براساس یافته‌ها در تمامی تیمارها (دماهای ۲۵، ۳۲/۵ و ٤٠ درجه سانتی‌گراد و غلظت‌ها ٤٠، ۵۰ و ٦٠ درصد) و با توجه به معناداری اثر مستقل فاکتورهای نوع تیمار قندی و غلظت‌های مختلف محلول‌ها و اثر متقابل این دو فاکتور (جدول ۳) این نتیجه یافت شد که شکر سفید دارای بیشترین میزان جذب مجدد آب در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۲/۹۱ گرم بر گرم) و غلظت ٤٠ درصد (۲/۸۲ گرم بر گرم) بود.

طبق یافته‌های هاشمی و همکاران (۱۳۹۵)، غلظت محلول اسمزی بر میزان آبگیری مجدد توسط نمونه‌ها مؤثر بود، به طوری که با افزایش غلظت محلول اسمزی توانایی آبگیری مجدد نمونه ها کاهش یافت [۲۰]. این امر احتمالا به دلیل جذب مواد جامد در فرآیند اسمز می‌باشد که همین امر بر روی نفوذپذیری سلول‌ها تأثیر گذاشت و در نتیجه میزان آبگیری مجدد توسط نمونه‌ها کاهش یافت [۲۱]. همچنین نتایج به دست آمده توسط راستوگی و همکاران (۲۰۰٤) و لویکی و همکاران (۱۹۹۸)، نشان داد که فرایند آبگیری اسمزی تأثیر منفی بر آب گیری مجدد دارد و دلیل آن را اشباع شدن سریع لایه سطح بافت ماده غذایی با ماده قندی (ساکارز) و آبگیری کمتر لایه قندی در مقایسه با بافت طبیعی ماده غذایی می‌دانند. همچنین با افزایش دمای محلول میزان آبگیری مجدد کاهش یافت دلیل این امر آن است که همزمان با کاهش رطوبت از نمونه‌ها مقداری از مواد جامد از محلول اسمزی به درون نمونه وارد می‌شود که این امر منجر به انسداد فضاهای بین سلولی می‌شود بنابراین میزان آبگیری مجدد کاهش می‌یابد [۲۲، ۲۳]. نتایج حاصل با نتایج شوکلا و سینق (۲۰۰۷)، مطابقت دارد[۱۳]. طبق بررسی‌های اصغری بیرام و بصیری (۱۳۸۹)، با افزایش زمان تماس نمونه با محلول اسمزی میزان جذب مجدد آب آن‌ها نیز افزایش می‌یابد [۲٤]. یعنی هرچقدر نمونه آب بیشتری از دست داده باشد مجددا میزان آب بیشتری نیز جذب می‌کند که با تحقیقات حاضر مطابقت داشت.

۳-٤-میزان از دست دادن رطوبت

۳-٤-۱- بررسی تیمارهای مختلف قندی در ۲۵ درجه سانتی‌گراد

جدول ٤ اثر تیمارهای مختلف قندی در از دست دادن رطوبت را در ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان داده است.

۳-٤-۱-۱-شکر قرمز

بین تیمارهای ۵۰ و ٦٠ درصد شکر قرمز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>0/05$). برای تیمار٤٠ درصد با غلظت‌های۵۰ و ٦٠ درصد اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌ها وجود داشت ($p<0/05$). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شکر قرمز با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان داد که غلظت ٦٠ درصد بیشترین میزان از دست دادن رطوبت (۸٦/٦۹ درصد) و تیمار ٤٠ درصد کمترین میزان (۸۵/٦٦ درصد) از دست دادن رطوبت را داشتند و زمان‌های ١٦٤ و ١٧٦ دقیقه به ترتیب مربوط به زمان خشک شدن آن‌ها بود.

۳-٤-۱-۲-شکر سفید

بین تیمارهای٤٠، ۵۰ و٦٠ درصد شکر سفید اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<0/05$). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های

مختلف شکر سفید با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان داد که بیشترین میزان از دست دادن رطوبت در غلظت ٦٠ درصد (٨٦/٢٣ درصد) و همچنین کمترین میزان در غلظت ٤٠ درصد (٨٣/٧٩ درصد) بوده است و زمان‌های ١٧٢ و ١٨٤ دقیقه به ترتیب مربوط به زمان خشک شدن آن‌ها بود.

٣-٤-١-٣-شیرین بیان

بین تیمارهای٤٠، ٥٠ و ٦٠ درصد شیرین بیان اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (p>٠/٠٥). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شیرین بیان با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان داد که بطور میانگین زمان خشک شدن ١٥١ دقیقه بود.

٣-٤-١-٤-بررسی کلی غلظت‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی-گراد

باتوجه به بررسی میانگین‌های غلظت‌های مختلف تیمارهای قندی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در جدول ٤-٤، شیرین بیان بیشترین میزان از دست دادن رطوبت را با میانگین ٨٩/٣٤ درصد داشت.

Table 4 Mean and standard deviation of moisture loss rate of different sugar treatments at 25 °C

	Sugar treatment		
Concentration (%)	**Red sugar**	**White sugar**	**Liquorice**
40%	85.66±0.05[b]	83.79 ±0.01[c]	89.41 ± 0.23[a]
50%	86.14 ±0.06[a]	84.78 ±0.05[b]	89.27 ± 0.04[a]
60%	86.69± 0.26[a]	86.23 ±0.08[a]	89.34 ±0.02[a]

Different letters indicate a significant difference between different treatments in each column.
Data are means ± SD.

٣-٤-٢- بررسی تیمارهای مختلف قندی در ٣٢/٥ درجه سانتی‌گراد

جدول ٥ اثر تیمارهای مختلف قندی در از دست دادن رطوبت را در ٣٢/٥ درجه سانتی‌گراد نشان داده است.

٣-٤-٢-١- شکر قرمز

بین تیمارهای٤٠، ٥٠ و ٦٠ درصد شکر قرمز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (p>٠/٠٥). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شکر قرمز با دمای ٣٢/٥ درجه سانتی‌گراد نشان داد که زمان ١٦١ دقیقه مربوط به میانگین زمان خشک شدن آن‌ها بود.

٣-٤-٢-٢-شکر سفید

بین تیمارهای ٥٠ و ٦٠ درصد شکر سفید اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (p>٠/٠٥). برای تیمار٤٠ درصد با غلظت‌های٥٠ و ٦٠ درصد اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌ها وجود داشت (p<٠/٠٥). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شکر سفید با دمای ٣٢/٥ درجه سانتی‌گراد نشان داد که بیشترین میزان از دست دادن رطوبت در غلظت ٦٠ درصد (٨٥/٧ درصد) و همچنین کمترین میزان در غلظت ٤٠ درصد (٨٤/٥٤ درصد) بوده است و زمان‌های ١٧٦ و ١٨٠ دقیقه به ترتیب مربوط به زمان خشک شدن آن‌ها بود.

٣-٤-٢-٣-شیرین بیان

بین تیمارهای٤٠، ٥٠ و ٦٠ درصد شیرین بیان اختلاف معنی-داری وجود نداشت (p>٠/٠٥). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شیرین بیان با دمای ٣٢/٥ درجه سانتی‌گراد نشان داد که زمان خشک شدن بطور میانگین ١٤٣ دقیقه بود.

٣-٤-٢-٤-بررسی کلی غلظت‌ها در دمای ٣٢/٥ درجه سانتی‌گراد

باتوجه به بررسی میانگین‌های غلظت‌های مختلف تیمارهای قندی در دمای ٣٢/٥ درجه سانتی‌گراد شیرین بیان، بیشترین میزان از دست دادن رطوبت را با مقدار ٨٩/٦٣ درصد داشت (جدول ٥).

Table 5 Mean and standard deviation of moisture loss rate of different sugar treatments at 32.5 °C

	Sugar treatment		
Concentration (%)	**Red sugar**	**White sugar**	**Liquorice**
40%	86.77 ±0.15[a]	84.54 ±0.02[b]	89.63 ± 0.14[a]
50%	87.20 ± 0.04[a]	85.20 ± 0.04[a]	89.51 ± 0.08[a]
60%	87.12 ± 0.03[a]	85.70 ± 0.16[a]	89.58 ± 0.07[a]

Different letters indicate a significant difference between different treatments in each column.
Data are means ± SD.

۳-٤-۳-بررسی تیمارهای مختلف قندی در ٤٠ درجه سانتی‌گراد

جدول ٦ اثر تیمارهای مختلف قندی در از دست دادن رطوبت را در ٤٠ درجه سانتی‌گراد نشان داده است.

۳-٤-۳-۱- شکر قرمز

بین تیمارهای ٤٠ و٥٠ درصد شکر قرمز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). بین تیمارهای ٦٠ درصد با تیمارهای ٤٠ و ٥٠ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰۵$). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شکر قرمز با دمای٤٠ درجه سانتی‌گراد نشان داد که غلظت ٦٠ درصد بیشترین میزان از دست دادن رطوبت (٨٦/٢٩ درصد) و تیمار ٤٠ درصد کمترین میزان (٨٥/٠٨ درصد) از دست دادن رطوبت را داشتند و زمان-های ١٦٨ و ١٧٤ دقیقه به ترتیب مربوط به زمان خشک شدن آن-ها بود.

۳-٤-۳-۲-شکر سفید

بین تیمار٥٠ و ٦٠ درصد اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌ها وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). برای تیمار٤٠ درصد با تیمارهای٥٠ و ٦٠ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰۵$). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شکر سفید با دمای ٤٠ درجه سانتی-گراد نشان داد که بیشترین میزان از دست دادن رطوبت در غلظت ٦٠ درصد (٨٦/٣٢ درصد) و همچنین کمترین میزان در غلظت ٤٠ درصد (٨٥/٥٥ درصد) بود. زمان‌های ١٧٠ و ١٧٨ دقیقه به ترتیب مربوط به زمان خشک شدن آن‌ها بود.

۳-٤-۳-۳-شیرین بیان

بین تیمارهای٤٠، ٥٠ و ٦٠ درصد شیرین بیان اختلاف معنی-داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). بررسی نتایج میانگین تیمارهای مختلف شیرین بیان با دمای٤٠ درجه سانتی‌گراد نشان داد که میانگین زمان خشک شدن در تیمار با محلول اسمزی شیرین بیان در دمای٤٠ درجه سانتی‌گراد، ١٣٢ دقیقه بود.

۳-٤-۳-٤-بررسی کلی غلظت‌ها در دمای٤٠ درجه سانتی‌گراد

باتوجه به بررسی میانگین‌های غلظت‌های مختلف تیمارهای قندی در دمای٤٠ درجه سانتی‌گراد شیرین بیان، بیشترین میزان از دست دادن رطوبت را با میانگین ٨٩/٥٤ درصد داشت (جدول ٦).

Table 6 Mean and standard deviation of moisture loss rate of different sugar treatments at 40 °C

Concentration (%)	Red sugar	Sugar treatment	
		White sugar	Liquorice
40%	85.08 ± 0.19^{b}	85.55 ± 0.03^{b}	89.36 ± 0.05^{a}
50%	85.40 ± 0.04^{b}	86.21 ± 0.11^{a}	89.53 ± 0.18^{a}
60%	86.29 ± 0.08^{a}	86.32 ± 0.06^{a}	89.74 ± 0.17^{a}

Different letters indicate a significant difference between different treatments in each column. Data are means ± SD.

اثر مستقل فاکتورهای نوع تیمار قندی و غلظت‌های مختلف محلول‌ها و اثر متقابل این دو فاکتور طبق جدول ٧ معنادار بوده است.

باتوجه به بررسی میانگین های رطوبت از دست رفته در تیمارهای مختلف قندی (شکر قرمز، شکر سفید و شیرین بیان)، با غلظت‌های مختلف (٤٠، ٥٠ و ٦٠ درصد) و در دماهای مختلف (٢٥، ٣٢/٥ و٤٠ درجه سانتی‌گراد) و با توجه به معناداری اثر مستقل فاکتورهای نوع نمونه و غلظت‌های مختلف محلول‌ها و اثر متقابل این دو فاکتور (جدول ٧) نتایج نشان داد در هر سه غلظت و دما، شیرین بیان بیشترین میزان از دست دادن رطوبت را دارا بود که کمترین زمان خشک شدن (با میانگین ١٣٢ دقیقه) را داشت. همچنین در بیشتر تیمارها (به غیر از تیمار با شیرین بیان) با افزایش غلظت محلول اسمزی میزان خروج آب افزایش یافته است (جداول ٤، ٥ و ٦).

بر اساس یافته‌های گوپتا و همکاران (٢٠١٥)، مشخص شد که میزان رطوبت در طول زمان آبگیری اسمزی کاهش می‌یابد و از دست دادن بیشتر آب در محلول‌هایی با غلظت‌های بالاتر رخ می‌دهد. تیمار برش‌های قارچ با غلظت نمک ٣٠ درصد (وزنی / وزنی) در٦٠ درجه سانتی‌گراد با نسبت ١:٢٥ نمونه به محلول اسمزی منجر به آبگیری بهتر شد و بنابراین به عنوان یک پیش تیمار برای آبگیری قارچ دکمه‌ای مناسب است [١٧]. همچنین با توجه به بررسی‌های هاشمی و همکاران (١٣٩٥)، با افزایش غلظت محلول اسمزی میزان از دست دادن آب افزایش یافت و از ٢٢/٠١ درصد در غلظت ٤٥ درصد به ٣٠/٩١ درصد در غلظت ٦٥ درصد رسید [٢٠].

Table 7 Significance level of variables and their interaction.

Source	Significance level
Test significance	0.008
The effect of different concentrations of solutions	0.040
The effect of different temperatures	0.021
Interaction of different temperatures and different concentrations of solutions	0.003

با توجه به بررسی‌های بصیری و اصغری بیرام و بصیری (۱۳۸۹) بر روی تیمار اسمزی قارچ دکمه‌ای سفید با محلول نمک و ساکارز با تیمار اسمزی در سطوح مختلف، دما، مدت زمان تماس محصول و محلول اسمزی، غلظت‌های سدیم کلرید و ساکارز در محلول اسمزی بود که مشخص شد رابطه‌ی زمان تماس نمونه و محلول اسمزی با میزان خروج آب بیانگر افزایش میزان خروج آب از نمونه در هنگام افزایش زمان تماس نمونه با محلول اسمزی است. درواقع با افزایش زمان تماس، عوامل اسمزی قادر بودند به میزان بیشتری در بافت قارچ نفوذ کنند و در مقابل میزان بیشتری آب از بافت خارج شد. انتقال جرم تا رسیدن محلول اسمزی و نمونه به تعادل ادامه پیدا کرد. بدین صورت میزان خروج آب از نمونه در ۱۷۸ دقیقه ٤٥/٤٨ درصد بود در صورتی که با افزایش زمان تا ۲٤۱ دقیقه، خروج آب از نمونه به ٥٤/٨٤ درصد افزایش یافت. همچنین آن‌ها اظهار داشته‌اند که با افزایش غلظت محلول اسمزی کلرید سدیم از ٤/٨ به ۱۰ درصد میزان خروج آب از ۳۹/٥۳ به ٥٤/۹٥ درصد نیز افزایش یافت [۲٤]. همچنین براساس نتایج تحقیقات پیشین [۲٥] ورود عوامل اسمزی به معنای خروج آب از نمونه است در نتیجه هرچه غلظت محلول اسمزی بیشتر باشد میزان آب بیشتری از نمونه خارج می‌شود که نتیجه مشابهی در تحقیق حاضر در تمامی تیمارها حاصل نشد. احتمالا دلیل آن تفاوت در نوع نمونه قارچ و نوع محلول‌های قندی تیمارهای اسمزی بود. ایرانی و همکاران (۱۳۸۹)، بر روی پروفایل انتقال جرم در فرآیند خشک کردن اسمزی میوه به در محلول‌های ساکارز مطالعاتی انجام دادند که بیان کردند جذب قند، محتوای رطوبتی و میزان ازدست دادن آب با افزایش غلظت و دمای محلول اسمزی افزایش پیدا کردند (افزایش دما از ۲٥ به ۷٥ درجه سانتی‌گراد، افزایش غلظت از نسبت ۱ به ٥ تا ۱ به ۱۰ میوه به به ساکارز) و همچنین دریافتند که دما از بین بقیه موارد مؤثرتر بود [۲٦]. با افزایش غلظت محلول اسمزی دفع آب در طول زمان افزایش پیدا کرد و محتوای رطوبتی در طول زمان کاهش یافت. نتیجه مشابهی در تحقیقات حاضر نیز بدست آمد که باتوجه به تیمارهای مختلف قندی (شیرین بیان، شکر سفید و شکر قرمز)، در غلظت‌های مختلف محلول اسمزی (٤۰، ٥۰ و ٦۰ درصد) و دماهای مختلف (۲٥، ۳۲/٥ و ٤۰ درجه سانتی‌گراد) افزایش دما تاثیر بسزایی بر روی کاهش میزان خروج آب داشت. دلیل آن، افزایش ضریب انتشار با افزایش دما و در نهایت افزایش انتقال جرم که منجر به کاهش بیشتر محتوای رطوبتی شد [۲۷]. آبگیری اسمزی به دلیل فرآیند حذف آب در دمای پایین، حداقل تخریب حرارتی مواد مغذی را فراهم می‌کند. این ماده مزایایی از جمله کاهش آسیب گرما به عطر و طعم، رنگ، مهار قهوه‌ای شدن آنزیم‌ها و کاهش هزینه‌های انرژی را نشان می‌دهد [۲۸].

۳-٥-بررسی ماده جامد جذب شده طی فرآیند اسمزی

۳-٥-۱- بررسی تیمارهای مختلف قندی در ۲٥ درجه سانتی‌گراد

جدول ۸ اثر تیمارهای مختلف قندی بر میزان جذب مواده جامد طی فرآیند اسمزی را در ۲٥ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد.

۳-٥-۱-۱-شکر قرمز

بین تیمار ٤۰ درصد با تیمار ٥۰ و ٦۰ درصد شکر قرمز اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰٥$). اما بین تیمارهای ٥۰ و ٦۰ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰٥$). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شکر قرمز با دمای ۲٥ درجه سانتی‌گراد نشان داد که غلظت ٦۰ درصد بیشترین میزان (٦/٨ درصد) و تیمار ٤۰ درصد کمترین میزان جذب مواد جامد (٤/٨۱ درصد) را داشتند.

۳-٥-۱-۲-شکر سفید

بین تیمارهای٤۰، ٥۰ و ٦۰ درصد شکر سفید اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰٥$). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شکر سفید با دمای ۲٥ درجه سانتی‌گراد نشان داد که

بیشترین میزان در غلظت ٦٠ درصد (١٠/٢٥درصد) و همچنین کمترین میزان جذب مواد جامد در غلظت ٤٠ درصد (٦/١٤ درصد) بوده است.

٣-٥-١-٣-شیرین بیان

بین تیمارهای٤٠درصد ، ٥٠درصد شیرین بیان اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>0/05$). اما بین تیمارهای ٦٠ درصد و تیمارهای٤٠ و ٥٠ درصد تفاوت معنادار وجود داشت ($p<0/05$).

Table 8 Mean and standard deviation of solids uptake of different sugar treatments at 25 °C

	Sugar treatment		
Concentration (%)	**Red sugar**	**White sugar**	**Liquorice**
40%	4.81 ± 0.10^{b}	6.14 ± 0.04^{c}	2.74 ± 0.08^{b}
50%	6.31 ± 0.14^{a}	8.07 ± 0.13^{b}	3.43 ± 0.03^{b}
60%	6.80 ± 0.21^{a}	10.25 ± 0.10^{a}	6.73 ± 0.04^{a}

Different letters indicate a significant difference between different treatments in each column.
Data are means ± SD.

٣-٥-٢-بررسی تیمارهای مختلف قندی در ٣٢/٥ درجه سانتی‌گراد

جدول ٩ اثر تیمارهای مختلف قندی بر میزان جذب مواده جامد طی فرآیند اسمزی را در ٣٢/٥ درجه سانتی‌گراد نشان داده است.

Table 9 Mean and standard deviation of solids uptake of different sugar treatments at 32.5 °C

	Sugar treatment		
Concentration (%)	**Red sugar**	**White sugar**	**Liquorice**
40%	4.37 ± 0.14^{a}	3.56 ± 0.04^{b}	7.09 ± 0.05^{a}
50%	4.51 ± 0.16^{b}	4.55 ± 0.02^{b}	7.40 ± 0.20^{b}
60%	5.22 ± 0.04^{a}	6.50 ± 0.06^{a}	8.34 ± 0.04^{a}

Different letters indicate a significant difference between different treatments in each column.
Data are means ± SD.

٣-٥-٢-١-شکر قرمز

بین تیمار ٦٠ درصد و تیمارهای٤٠ و ٥٠ درصد شکر قرمز اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<0/05$). همچنین بین غلظت‌های ٤٠ و ٥٠ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>0/05$). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شکر قرمز با دمای ٣٢/٥ درجه سانتی‌گراد نشان داد که تیمار ٦٠ درصد بیشترین میزان (٥/٢٢ درصد) و تیمار ٤٠ درصد کمترین میزان (٤/٣٧ درصد) جذب ماده جامد را داشتند.

٣-٥-٢-٢-شکر سفید

بین تیمارهای٤٠ و ٥٠ درصد شکر سفید اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>0/05$). بین تیمار ٦٠ درصد و تیمارهای ٤٠ و ٥٠ درصد اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌ها وجود داشت ($p<0/05$). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شکر سفید با دمای ٣٢/٥ درجه سانتی‌گراد نشان داد که کمترین میزان در غلظت ٤٠ درصد (٣/٥٦ درصد) و همچنین بیشترین میزان جذب ماده جامد در غلظت ٦٠ درصد (٦/٥٠ درصد) بوده است.

٣-٥-٢-٣-شیرین بیان

بین تیمارهای٤٠ و ٥٠ درصد شیرین بیان اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>0/05$) اما بین تیمارهای ٦٠ درصد با ٤٠ و ٥٠ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<0/05$).

٣-٥-٢-٤-بررسی کلی غلظت‌ها در دمای ٣٢/٥ درجه سانتی‌گراد

باتوجه به بررسی میانگین غلظت‌های مختلف تیمارهای قندی در دمای ٣٢/٥ درجه سانتی‌گراد شیرین بیان، با غلظت ٦٠ درصد بیشترین میزان جذب مواده جامد را با مقدار ٨/٣٤ درصد داشت.

٣-٥-٣- بررسی تیمارهای مختلف قندی در٤٠ درجه سانتی‌گراد

جدول ١٠ اثر تیمارهای مختلف قندی بر میزان جذب مواده جامد

٣-٥-١-٤-بررسی کلی غلظت‌ها در دمای ٢٥ درجه سانتی‌گراد

باتوجه به بررسی میانگین‌های غلظت‌های مختلف تیمارهای قندی در دمای ٢٥ درجه سانتی‌گراد شکر سفید، با غلظت ٦٠ درصد بیشترین میزان جذب مواد جامد را با مقدار ١٠/٢٥ درصد داشت.

طی فرآیند اسمزی را در ۴۰ درجه سانتی‌گراد نشان داده است.

۳-۵-۳-۱-شکر قرمز

بین تیمارهای۴۰ و ۵۰ درصد شکر قرمز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>0/05$). همچنین بین تیمار ۶۰ درصد با تیمارهای ۴۰ و ۵۰ درصد اختلاف معنی داری وجود داشت ($p<0/05$). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شکر قرمز با دمای۴۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد که غلظت ۶۰ درصد بیشترین میزان (۶/۴۷ درصد) و تیمار ۴۰ درصد کمترین میزان از دست دادن رطوبت (۵/۷۷ درصد) جذب ماده جامد را داشتند.

۳-۵-۳-۲-شکر سفید

بین تیمارهای۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد شکر سفید اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<0/05$). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شکر سفید با دمای۴۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد که بیشترین میزان در غلظت ۶۰ درصد (۹/۵ درصد) و همچنین کمترین میزان جذب مواده جامد در غلظت ۴۰ درصد (۶/۲۹ درصد) بود.

۳-۵-۳-۳-شیرین بیان

بین تیمارهای۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد شیرین بیان اختلاف معنی-داری وجود داشت ($p<0/05$). بررسی نتایج میانگین غلظت‌های مختلف شیرین بیان با دمای۴۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد که بیشترین میزان در غلظت ۶۰ درصد (۱۰/۳۸ درصد) و همچنین کمترین میزان جذب مواده جامد در غلظت ۴۰ درصد (۵/۹۱ درصد) بوده است.

۳-۵-۳-۴-بررسی کلی غلظت‌ها در دمای ۴۰ درجه سانتی-گراد

باتوجه به بررسی میانگین‌های غلظت‌های مختلف تیمارهای قندی در دمای۴۰ درجه سانتی‌گراد شیرین بیان، با غلظت ۶۰ درصد بیشترین میزان جذب مواده جامد را با مقدار ۱۰/۳۸ درصد داشت.

Table 10: Mean and standard deviation of solids uptake of different sugar treatments at 40 °C

	Sugar treatment		
Concentration (%)	**Red sugar**	**White sugar**	**Liquorice**
40%	5.77 ± 0.10^{b}	6.29 ± 0.05^{c}	5.91 ± 0.05^{c}
50%	5.83 ± 0.06^{b}	7.86 ± 0.06^{b}	7.19 ± 0.06^{b}
60%	6.47 ± 0.09^{a}	9.50 ± 0.05^{a}	10.38 ± 0.02^{a}

Different letters indicate a significant difference between different treatments in each column.
Data are means ± SD.

اثر مستقل فاکتورهای نوع تیمار قندی و غلظت‌های مختلف محلول‌ها و اثر متقابل این دو فاکتور طبق جدول ۱۱ معنادار بوده است.

باتوجه به بررسی میانگین‌های جذب مواده جامد در تیمارهای مختلف قندی (شکر قرمز، شکر سفید و شیرین بیان)، با غلظت‌های مختلف (۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد) و در دماهای مختلف (۲۵، ۳۲/۵ و۴۰ درجه سانتی‌گراد) و با توجه به معناداری اثر مستقل فاکتورهای دماهای مختلف و غلظت‌های مختلف محلول‌ها و اثر متقابل این دو فاکتور (جدول ۱۱) نتایج نشان داد در هر سه غلظت و دما، شیرین بیان در غلظت ۶۰ درصد بیشترین میزان جذب مواده جامد (۱۰/۳۸ درصد) را داشت. در بررسی‌های ایرانی و همکاران (۱۳۸۹)، روی تیمار اسمزی میوه به بیان شده است که با افزایش دما از ۲۵ به ۷۵ درجه سانتی‌گراد مقدار جذب قند افزایش پیدا کرد. همچنین با افزایش طول زمان تا ۸ ساعت مقدار جذب قند برای هر دو دما افزایش پیدا کرده با این تفاوت که این افزایش برای ۷۵ درجه سانتی‌گراد با شیب تندتری نسبت به ۲۵ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاده است.

با افزایش غلظت محلول اسمزی مقادیر جذب قند در طول زمان افزایش پیدا کرد و محتوای رطوبتی نیز در طول زمان کاهش یافت. همچنین این نتیجه یافت شد که با افزایش غلظت محلول اسمزی (از نسبت ۱ به ۵ تا ۱ به ۱۰ میوه به به ساکارز) میزان جذب مواد جامد نیز افزایش می‌یابد (از ۱۳/۵ به ۲۳/۴ درصد) [۲۶]. ایسپیر و همکارانش (۲۰۰۹) و رستمیان مقدم و شریف زاده (۱۳۹۷)، گزارش کردند که با افزایش دما میزان جذب قند در فرآیند اسمزی افزایش یافت که این موضوع نشان می‌دهد که افزایش دما باعث آسیب جبران ناپذیر و کاهش گزینش پذیری غشای سلولی می‌شود و در نتیجه، جذب قند با افزایش دما افزایش پیدا کند [۲۷ و ۲۹].

طبق بررسی‌های اصغری بیرام و بصیری (۱۳۸۹)، با افزایش غلظت محلول اسمزی (ساکارز و سدیم کلرید) میزان جذب مواد جامد نیز افزایش می‌یابد. در محلول اسمزی سدیم کلرید با افزایش غلظت از ٤/٨ به ١٠ درصد، مقدار جذب مواد جامد از ٣/٧٢ به ٦/٤٩ درصد افزایش یافت.

Table 11 Significance level of variables and their interaction.

Source	Significance level
Test significance	0.012
The effect of different concentrations of solutions	0.019
The effect of different temperatures	0.018
Interaction of different temperatures and different concentrations of solutions	0.022

همچنین با افزایش غلظت محلول اسمزی ساکارز از ٤٦ به ٥٣ درصد، مقدار جذب مواد جامد از ٦/٥١ به ١٢/١٥ درصد افزایش یافت [٢٤]. این نتایج با نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر نیز مطابقت داشت.

٣-٦-میزان چروکیدگی و ارزیابی رنگ

در جدول ١٢ اثر تیمارهای قندی مختلف بر میزان چروکیدگی قارچ نشان داده شده است.

بر اساس بررسی‌ها در این پژوهش بر روی تیمار اسمزی قارچ دکمه‌ای سفید با محلول‌های قندی مختلف (شیرین بیان، شکر سفید و شکر قرمز)، غلظت‌های مختلف محلول اسمزی (٤٠، ٥٠ و ٦٠ درصد) و دماهای مختلف (٢٥، ٣٢/٥ و٤٠ درجه سانتی‌گراد) برای میزان چروکیدگی، نتایج نشان دهنده کاهش میزان چروگیدکی تا ٦٣/٥١ درصد در نمونه شیرین بیان بود. در تمامی تیمارها افزایش غلظت محلول اسمزی بر میزان چروکیدگی تاثیر قابل توجهی داشت. می‌توان آن را به پدیده خروج آب از نمونه و نفوذ عوامل اسمزی به درون نمونه مرتبط دانست. هاشمی و همکاران (١٣٩٥)، اظهار داشتند که با افزایش غلظت و دمای محلول اسمزی تغییرات کلی رنگ به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد [٢٠].

مشاهدات حاصل از ارزیابی رنگ نمونه‌های قارچ تیمار شده نشان داد که به ترتیب بیشترین میزان تغییر رنگ مربوط به شیرین بیان، شکر قرمز و شکر سفید بود. صباحی و همکاران (١٣٩٢)، برای خشک کردن قطعات کرفس از محلول‌های اسمزی نمک در سه سطح غلظت (٣٠، ٤٠، ٥٠ درصد) و نیز سه شدت امواج مایکروویو ١٠٠، ٢١٠، ٦٠٠ و سه سطح دمای محلول اسمزی ٧، ٢٦، ٤٥ درجه سانتی‌گراد استفاده کردند.

Table 12 The effect of different sugar treatments on mushroom's wrinkles.

Osmotic treatment	Wrinkles
Red sugar	68.88±0.9 [a]
White sugar	73.64±1.2 [c]
Liquorice	63.51±1.1 [b]

Different letters indicate significant differences between different treatments.

نتایج تاثیر معنی دار $P < ٠/٠٥$ را در تمامی متغیرهای مستقل در بر روی ویژگی‌های جذب مواد جامد، دفع آب، کاهش وزن نشان داد و همچنین تاثیر معنی‌داری $P < ٠/٠١$ را بر تغییر رنگ کلی و چروکیدگی نشان دادند [٣٠]. با توجه به نتایج بدست آمده تیمارهای اسمزی قندی نسبت به تیمار اسمزی نمک خوراکی تاثیر معنی داری کمتری را در تغییرات رنگ (٩٦/٤١) و میزان چروکیدگی(٦١/٨٥) نشان داده‌اند. احتمالا دلیل آن این است که افزایش غلظت با افزایش دمای محلول اسمزی نمک اثر سینرژیستی بیشتری نسبت به محلول اسمزی با انواع قندها داشته است. ایجاد رنگ‌های جدید و در نتیجه، تغییر شاخص تغییرات کل (ΔE) احتمالا ناشی از انجام واکنش‌های شیمیایی رنگ‌زا مثل واکنش میلارد ببین قندها و پروتیئن‌ها و تشکیل ملانوئیدین‌ها است. لی و لیم(٢٠١١)، بر روی خشک‌کردن کدو حلوایی بوسیله هوای داغ با استفاده از آبگیری اسمزی مطالعه کرده‌اند. در این پژوهش، روش سطح پاسخ با طراحی ترکیبی مرکزی به منظور بررسی سه متغییر یعنی غلظت ساکارز (بریکس٣٠- ٦٠)، درجه حرارت غوطه وری(٣٥ –٦٥ درجه سانتی‌گراد)، زمان غوطه‌وری (٩٠ – ١٢٠ دقیقه) مورد استفاده قرار گرفت. این عوامل مقدار ماده جامد را افزایش و فعالیت آبی نمونه را کاهش دادند. همچنین درجه حرارت بر خصوصیات حسی محصول مانند شیرینی، خشکی، سفتی موثر بود. هر چند درجه حرارت باعث از بین رفتن رنگ و آروما شد. در این طرح، بهینه پیش تیمار اسمزی، غوطه وری در محلول با بریکس ٥٧/٨ در ٥٨/٣ درجه برای ١٤٦/٧ دقیقه پیش بینی شد[٣١]. نتایج حاصل از

تحقیقات رستمیان مقدم و شریف زاده (۱۳۹۵)، نشان داد که پیش فرآیندها زمان خشک کردن را کاهش داده و بر پارامتر تغییر رنگ برش‌های سیب زمینی قبل و بعد از خشک کردن اثر گذاشت [۳۲].

جدول ۱۳ تغییرات رنگ نمونه‌های قارچ درطی تیمار با محلول‌های اسمزی مختلف را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج بدست آمده دربین تمامی تیمارها تفاوت معناداری مشاهده شد و بیشترین میزان تغییر رنگ مربوط به قارچ‌های تیمار شده با شیرین بیان بود.

Table 13 Effect of different sugar treatments on mushroom's color changes.

Osmotic treatment	ΔE
Red sugar	120.001[c]
White sugar	161.104 [b]
Liquorice	388.470 [c]

Different letters indicate significant differences between different treatments.

طبق بررسی‌های هاشمی و همکاران (۱۳۹۵)، با افزایش دمای محلول اسمزی تغییرات کلی رنگ افزایش می‌یابد، به طوریکه در سه سطح دمایی (۲۵، ٤۰، ۵۰ درجه سانتی‌گراد) دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد با میانگین ۳۲/٦۸ دارای بیشترین و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با میانگین ۲٤/۰۲ دارای کمترین تغییرات رنگی بود. افزایش تغییرات رنگی با دما به این دلیل می‌باشد که با افزایش دما مواد قندی موجود در محلول کاراملیزه شده و رنگ قهوه‌ای به وجود می‌آید. همین طور می توان گفت که با افزایش دما شرایط لازم برای واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی (میلارد) به وجود می آید [۲۰]. در فرآیند آبگیری اسمزی با نفوذ قندها به داخل بافت محصول و به علت نبود اکسیژن در محلول‌های اسمزی از انجام واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی و در نتیجه تخریب رنگ میوه‌ها جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، کاهش فعالیت آبی نمونه‌ها، واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی را کاهش می‌دهد [۳۳]. در پژوهش هاشمی و همکاران (۱۳۹۵)، که غلظت محلول اسمزی در سه سطح (٤۵، ۵۵، ٦۵درصد)، سه سطح دمایی (محیط ۲۵، ٤۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد) و دو سطح زمان فراصوت (۱۰ و ۲۰ دقیقه) با فرکانس ٤۰ کیلو هرتز روی نمونه‌های قارچ دکمه‌ای اعمال شد، با افزایش غلظت محلول اسمزی از ٤۵ به ٦۵ درصد تغییرات کلی رنگ به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین محلول اسمزی با غلظت ٦۵ درصد دارای کمترین تغییرات کلی رنگ و نمونه شاهد دارای بیشترین تغییرات کلی رنگ بود. با افزایش دمای محلول اسمزی از ۲۵ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد، میزان تغییرات کلی رنگ به طور معنی داری افزایش می‌یابد. همچنین بیشترین میزان تغییرات کلی رنگ مربوط به نمونه شاهد و کمترین میزان تغییرات کلی رنگ مربوط به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود [۲۰].

۳-۷- آزمون میکروبی

جدول ۱٤ نتایج حاصل از شمارش کلی کلنی‌ها را در تیمارهای مختلف قندی نشان می‌دهد.

Table 14 The effect of different sugar treatments on the total number of mushroom's colonies.

	Sugar treatment		
Concentration (%)	**Red sugar**	**White sugar**	**Liquorice**
40%	5.81 ± 0.31^{b}	6.99 ± 0.51^{b}	4.19 ± 0.45^{b}
50%	5.53 ± 0.12^{b}	6.76 ± 0.14^{b}	4.05 ± 0.37^{b}
60%	5.17 ± 0.40^{b}	6.50 ± 0.09^{b}	3.88 ± 0.37^{b}
	7.11 ± 0.09^{a}	7.11 ± 0.09^{a}	7.11 ± 0.09^{a}

Different letters indicate a significant difference between different treatments in each column. Data are means ± SD.

باتوجه به جدول ٤-۱٤ دربین غلظت‌های مختلف تیمارهای قندی تفاوت معناداری مشاهده نشد. اما بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد تفاوت معنادار مشاهده شد. در تمامی نمونه‌ها تعداد کلنی‌ها کمتر از ۱۰ بود و همچنین در هیچکدام از نمونه‌ها رشد کپک و مخمر مشاهده نشد. براساس تحقیقات عین افشار (۱۳۹۳)، با بررسی اثر پیش تیمار اسمزی بر خصوصیات فیزیکو شیمیایی، آنتی‌اکسیدانی و میکروبی چهار رقم آلبالو به نام‌های ارلیجیبلیوم، بوترمو، سیگانی و محلی، در محلول‌های اسمزی (محلول نمک اشباع به نسبت ۱:۵ محلول اسمزی به میوه استفاده شد و نمونه های آلبالو به مدت ۸ ساعت در این محلول قرار

گرفتند) مختلف قرار گرفتند و پس از مدت زمان مشخص، خشک و در بسته‌های پلی‌آمیدی تحت خلا بسته‌بندی شدند. در دمای آزمایشگاه، پس از یک سال و ٦ ماه آزمون‌های فیزیکوشیمیایی (تعیین بریکس، pH، اسیدیته، رطوبت، آزمون-های رنگ، تعیین مقدار آنتوسیانین‌ها، ترکیبات فنلی و قدرت آنتی‌اکسیدانی) و آزمون‌های میکروبی انجام گرفتند. ویژگی‌های میکروبی نمونه‌ها در هیچ موردی خارج از حدود استاندارد محصولات خشک شده نبود (شمارش کلی نمونه تیمار نشده $۲/۷۱\times۱۰^{۳}$ و نمونه تیمار شده با محلول اسمزی $۲/۹٦\times۱۰^{۳}$، کپک و مخمر برای نمونه تیمار نشده $۲/٤٦\times۱۰^{۳}$ نمونه تیمار شده با محلول اسمزی $۳/۰۰\times۱۰^{۳}$)، [٣٤].

جیانوتی و همکاران (۲۰۰۱)، به منظور بررسی تأثیر غلظت محلول بر کیفیت میکروبی میوه کیوی پس از آبگیری اسمزی، برش‌های میوه کیوی به مدت سه ساعت درون محلول‌های اسمزی (نسبت نمونه به محلول ۱: ۵ وزنی–وزنی و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) فرو بردند، در غلظت‌های مختلف (از بریکس ٤٠ تا ٦٥ درجه) برای دست یافتن به محصولات با رطوبت بالا غوطه‌ور کردند. سینتیک چسبندگی سلول‌های میکروبی سطح میوه مورد بررسی قرار گرفت: تعداد سلول‌های چسبنده توسط غلظت ساکارز محلول اسمزی تحت تأثیر قرار گرفت و چسبندگی میکروبی به میزان زیادی در غلظت قند بالا (بریکس ٦٥ درجه) کاهش یافت. نمونه‌ها در کیسه‌های LDPE تحت هوای اتمسفر بسته‌بندی شده و در دمای یخچال نگهداری شدند. بار میکروبی برش‌های کیوی که تحت تأثیر تیمار اسمزی قرار گرفتند، در هجده روز زمان ذخیره سازی مشخص شد [۳۵]. این نتایج صحت نتایج بدست آمده در این پژوهش رانیز تایید می-کنند. این نتایج را می توان با در نظر گرفتن این نکته توضیح داد که پدیده اشباع با تیمارهای قندی منجر به افزایش ویسکوزیته فاز مایع قارچ‌ها می‌شود و بر ثابت سرعت جنبشی واکنش‌های تخریب کننده از جمله رشد میکروبی تأثیر می‌گذارد.

٤- نتیجه‌گیری

امروزه یکی از مهمترین اهداف در صنعت غذا بکارگیری تجهیزات و فن‌آوری نوین برای حصول تولیداتی متنوع و با کیفیت می‌باشد. فرآیند آبگیری اسمزی یک روش جدیدی می-باشد که علاوه بر کاهش صدمات حرارتی بر روی رنگ، باعث افزایش کیفیت و کاهش مصرف انرژی می‌شود. با توجه به نتایج بدست آمده، استفاده از دماهای بالاتر سبب افزایش میزان کاهش آب و همچنین افزایش جذب مواد جامد شد و دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد دارای بیشترین میزان اتلاف آب و جذب مواد جامد بود. استفاده از غلظت بالاتر محلول اسمزی سبب افزایش میزان اتلاف آب و جذب مواد جامد شد و غلظت ٦٠ درصد بیشترین میزان اتلاف آب و جذب مواد جامد را داشت. در بین تیمارهای قندی مختلف شکر سفید و قرمز و شیرین بیان، بیشترین میزان از دست دادن رطوبت (٨٩/٧٤ در کمترین زمان ۱۳۲ دقیقه)، جذب مواد جامد (۱۰/۳۸ درصد) و تغییرات رنگ و کمترین میزان چروکیدگی (٦٣/٥١ درصد) مربوط به نمونه‌های تیمار شده با شیرین بیان بود. همچنین بیشترین میزان جذب مجدد آب مربوط به شکر سفید (در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، ۲/۹۱ گرم بر گرم و غلظت ٤٠ درصد ۲/۸۲ گرم بر گرم) بود. در آزمون میکروبی با شمارش کلی کلنی‌ها دربین تیمارهای اسمزی تاثیر قابل ملاحظه-ای یافت نشد اما در کل تیمار اسمزی نسبت به نمونه شاهد باعث کاهش تعداد کلنی‌ها شد و همچنین در هیچکدام از نمونه-ها کپک و مخمر مشاهده نشد.

٥- تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری برای تامین هزینه طرح پژوهشی با شماره کد ۱۱-۱۳۹۸-۰۲ تشکر و قدردانی می نمایند.

٥- منابع

[1] Mohammadi abadi, H., & hasanzadeh davarani, F. (2016). Mushroom, a plant with special effects or a miscellaneous plant. 3rd International Conference on Sustainable Development, Strategies and Challenges Focusing on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism.

[2] Zarchini, T. & Alivardilo, E. (2015). Comprehensive and practical guide to growing oyster mushrooms and other edible

[14] Singh, B., Kumar, A., & Gupta, A. K. (2007). Study of mass transfer kinetics and effective diffusivity during osmotic dehydration of carrot cubes. Journal of food Engineering, 79(2), 471-480.
[15] Orishagbemi, C. O., Falad, K. O., Akinoso, R., & Oshundahunsi, O. F. (2010). Assessment of the physico-chemical properties and flavour profiles of foam-mat dehydrated banana powder. Nigerian Food Journal, 28(2).
[16] Kalaras, M. D., Beelman, R. B., Holick, M. F., & Elias, R. J. (2012). Generation of potentially bioactive ergosterol-derived products following pulsed ultraviolet light exposure of mushrooms (Agaricus bisporus). Food chemistry, 135(2), 396-401.
[17] Orishagbemi, C. O., Falad, K. O., Akinoso, R., & Oshundahunsi, O. F. (2010). Assessment of the physico-chemical properties and flavour profiles of foam-mat dehydrated banana powder. Nigerian Food Journal, 28(2).
[18] Tolera, K. D., & Abera, S. (2017). Nutritional quality of Oyster Mushroom (Pleurotus Ostreatus) as affected by osmotic pretreatments and drying methods. Food science & nutrition, 5(5), 989-996.
[19] Kitiban, A., & Asefi, N. (2017). Study of effective penetration and shrinkage of fruit slices " Quince" pretreated with vacuum osmotic drying in the infrared drying process. 2rd International and 25th National Iranian Food Science and Technology Congress.
[20] Hashemi, S. J. (2016). Evaluation of the effect of osmotic and ultrasound pretreatments on quantitative and qualitative properties of button mushroom. The second scientific research conference of Iranian food sciences and industries.
[21] Singh, B., Panesar, P. S., Gupta, A. K., & Kennedy, J. F. (2007). Optimisation of osmotic dehydration of carrot cubes in sucrose-salt solutions using response surface methodology. European Food Research and Technology, 225(2), 157-165.
[22] Rastogi, N. K., Nayak, C. A., & Raghavarao, K. S. M. S. (2004). Influence of osmotic pre-treatments on rehydration characteristics of carrots. Journal of Food Engineering, 65(2), 287-292.
[23] Lewicki, P. P. 1998. Some remarks on rehydration of dried foods. Journal of Food mushrooms, Zarrin Farm Technical and Vocational Education Publications.
[3] Tao, Y., Zhang, L., & Cheung, P. C. (2006). Physicochemical properties and antitumor activities of water-soluble native and sulfated hyperbranched mushroom polysaccharides. Carbohydrate Research, 341(13), 2261-2269.
[4] Tao, F., Zhang, M., & Yu, H. Q. (2007). Effect of vacuum cooling on physiological changes in the antioxidant system of mushroom under different storage conditions. Journal of Food Engineering, 79(4), 1302-1309.
[5] Doymaz I. 2007. Convective drying of kinetics of strawberry. Chemical Engineering and Processing. 78: 554–560.
[6] Helpin, L. & Hosahalli, S. R. (2005). Osmotic dehydration. International Journal for Reviews in Postharvest Biology and Technology.
[7] Bongriwar, D.R., & Sreenivasan, A. (1997). Mass transfer in osmotic dehydration with sodium chloride. International Summer Meeting of the ASAE, 88-60.
[8] Lazarides, H. N., & Mavroudis, N. E. (1996). Kinetics of osmotic dehydration of a highly shrinking vegetable tissue in a salt-free medium. Journal of Food Engineering, 30(1-2), 61-74.
[9] Singh, H. (2001). Osmotic dehydration of carrot shreds for Gazraila preparation. Journal of food science and technology (Mysore), 38(2), 152-154.
[10] Orlandi, R., Verruma-Bernardi, M., Sartorio, S., & Borges, M. T. (2017). Physicochemical and Sensory Quality of Brown Sugar: Variables of Processing Study. Journal of Agricultural Science, 9(2), 115-121.
[11] Jafarzadeh, H., Vahabzadeh, F., & Bonakdarpour, B. (2004). Microencapsulation of cream by spray drying method. Iranian Journal of Food Science and Technology, 1(1), 1-6.
[12] Ertekin, C., & Yaldiz, O. (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. Journal of food engineering, 63(3), 349-359.
[13] Shukla, B. D., & Singh, S. P. (2007). Osmo-convective drying of cauliflower, mushroom and greenpea. Journal of food engineering, 80(2), 741-747.

Engineering, 36(1), 81-87.
[24] Asghari Beyram, Z., Basiri, A. (2010). Optimization of hot air osmosis drying process of button edible mushroom slices by response surface methodology. Journal of Food Science and Nutrition, 7(2), 39 – 50.
[25] Afzalian, Z., Raftani Amiri, Z., Farmani, J. (2019). Comparison of Osmotic solution of Sucrose and Salt on Drying White Button Mushrooms. 3rd International and 26th National Iranian Food Science and Technology Congress.
[26] Irani, M., Shafafi Zenozian, M., & Tavakoli Pour, H. (2010). Investigation of mass transfer profile in the process of osmotic drying of fruit. Quarterly Journal of Food Science and Technology, 2(3), 75-65.
[27] İspir, A., & Toğrul, İ. T. (2009). Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. Chemical Engineering Research and Design, 87(2), 166-180.
[28] Akbarian, M., Ghasemkhani, N., & Moayedi, F. (2014). Osmotic dehydration of fruits in food industrial: A review. International Journal of Biosciences, 4(1), 42-57.
[29] Rostamian moghadam, Y., & Sharifzadeh, M. (2017). Effect of process variables on solids uptake (SG) of potato slices by osmotic drying. The Second International Conference on New Research Achievements in Chemistry and Chemical Engineering.
[30] Sabahi, S., Shafafi Zanozian, M., Mortazavi, A. (2008). Investigation of microwave pretreatment and osmotic salt solution on drying celery 2nd Iranian Food Science and Technology Conference.
[31] Lee, J. S., & Lim, L. S. (2011). Osmo-dehydration pretreatment for drying of pumpkin slice. International Food Research Journal, 18(4).
[32] Nsonzi, F., & Ramaswamy, H. S. (1998). Quality evaluation of osmo-convective dried blueberries. Drying Technology, 16(3-5), 705-723.
[33] Rostamian moghadam, Y., & Sharifzadeh, M. (2017). The effect of osmotic drying process on discoloration of potato slices before and after drying. The Second International Conference on New Research Achievements in Chemistry and Chemical Engineering.
[34] Ein Afshar, S. (2014). Physicochemical, microbial and antioxidant properties of four cultivars of dried cherries by osmotic method. Iranian Food Science and Technology Research, 10 (4). .363-374
[35] Gianotti, A., Sacchetti, G., Guerzoni, M. E., & Dalla Rosa, M. (2001). Microbial aspects on short-time osmotic treatment of kiwifruit. Journal of Food Engineering, 49(2-3), 265-270.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The effect of osmotic pretreatment of white sugar, red sugar and licorice on the quality properties of dried white button mushroom (*Agaricus Bisporus*)

Raftani Amiri, Z. [1*], Afzalian, Z. [2]

1. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
2. M.Sc., Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 03 October 2020
Accepted 22 December 2020

Keywords:

White Button Mushroom,
Osmotic drying,
White Sugar,
Red Sugar,
Liquorice.

DOI: 10.52547/fsct.18.03.30

*Corresponding Author E-Mail:
zramiri@gmail.com

ABSTRACT

White button mushrooms (*Agaricus Bisporus*) have significant nutritional value, but due to high moisture content, they need special treatments to increase storage time. Drying increases, the shelf life of the product by reducing microbial activity, weight and volume of products and it causes to pack, transport and store of products easier. IN this study, using osmotic treatment, three types of sugars Liquorice, white sugar and red sugar in three concentrations of 40, 50 and 60% and three temperatures of 25, 32.5 and 40 °C to reduce heat damage to the index qualities such as samples color, reducing drying time and energy consumption and increasing process efficiency in supplementary dryingwhich has done by hot air. According to the findings, among the treatments, Liquorice had the highest rate of moisture loss (89.24 in 132 minutes), solids adsorption (10.38%) and discoloration (= 388.470) and the lowest rate of wrinkling (63.51%). The highest rehydration rate was related to white sugar (at 25. C, 2.91 gr / gr and 40% concentration was 2.82 gr / gr). The microbial test did not show a significant effect on the overall counting of the colonies, and no mold or yeast was observed in any of the samples.