



## اثر پیش تیمار اسمزی بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی قارچ دکمه ای و بهینه سازی فرایند

لاله فرجی<sup>۱</sup>، صدیقه سلیمانی فرد<sup>۲</sup>، نفسیه جهان بخشیان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> - گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

<sup>۲\*</sup> - دکتری، استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، صندوق پستی ۹۸۶۱۵-۳۵۸، زابل، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	از آنجاکه شاخص اصلی در انتخاب فرایند، کیفیت ماده غذایی است و دمای فرایند اسمزی بسیار کم تر از فرایندهای آب گیری دیگر است، در این مطالعه اثر پیش تیمار اسمزی محلول کلرید سدیم با غلظت های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد و در دماهای ۳۰ و ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه، بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی قارچ دکمه ای از جمله میزان چروکیدگی، رنگ، سفتی بافت، رطوبت و جذب آب مجدد مورد بررسی قرار گرفت. بهینه سازی به منظور انتخاب بهترین شرایط برای آب گیری اسمزی قارچ دکمه ای با روش AHP-TOPSIS با نرم افزار متلب ۲۰۱۹، انجام شد و در نهایت میزان بیوتین در نمونه بهینه با میزان آن در نمونه شاهد مقایسه شد. نتایج نشان داد که میزان رطوبت، آب گیری مجدد، رنگ و چروکیدگی نمونه، وابسته به دماست. با افزایش دما، میزان رطوبت نمونه افزایش و جذب مجدد آب کاهش می یابد. بررسی نتایج مربوط به شاخص رنگ نشان داد که با افزایش دما، شاخص قهوه ای شدن کاهش و میزان تغییرات رنگ افزایش داشت. چروکیدگی و سفتی بافت محصول نیز با افزایش دما، کاهش ( $p < 0.05$ ) نشان داد. همچنین مشخص شد که غلظت محلول اسمزی و مدت زمان مواجهه با نمونه نیز اثر معنی دار ( $p < 0.05$ ) بر شاخص های کیفی داشت. با افزایش غلظت محلول اسمزی، میزان رطوبت نمونه، جذب مجدد آب، شاخص قهوه ای شدن و چروکیدگی کاهش و تغییرات رنگ، افزایش نشان داد. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش مدت زمان مواجهه، تغییرات رنگ، چروکیدگی و سفتی بافت افزایش و شاخص قهوه ای شدن کاهش یافت. شرایط بهینه آب گیری اسمزی برای شاخص های کیفی مورد بررسی، ۵۰ درجه سلسیوس، غلظت ۱۵ درصد محلول اسمزی و زمان ۱۲۰ دقیقه بود. به طور کلی می توان نتیجه گرفت که این روش برای پیش تیمار قارچ دکمه ای به دلیل کوتاه شدن زمان فرایند نهایی و صرفه جویی در انرژی و جلوگیری از اثرات نامطلوب فرایند نهایی، در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی می تواند به عنوان یک روش استفاده شود
کلمات کلیدی:	
آب گیری مجدد، پیش تیمار اسمزی، چروکیدگی، قارچ دکمه ای، بهینه سازی	
DOI: 10.48311/fsct.2026.83726.0	
* مسئول مکاتبات: <a href="mailto:s.soleimanifard@uoz.ac.ir">s.soleimanifard@uoz.ac.ir</a>	

## ۱-مقدمه

فرایند خشک کردن مقدار قابل توجهی از آب ماده غذایی را کاهش داده و از این طریق، فعالیت آبی، میکروبی و آنزیمی محصول را محدود کرده و تغییرات فیزیکی و شیمیایی حین انبارداری را به حداقل می‌رساند و در نتیجه عمر انبارداری محصول افزایش می‌یابد. بدین ترتیب محصولات جدید با خواص کیفی و تغذیه‌ای جدید، توسعه می‌یابند. این فرایند هم‌چنین در مصرف بعضی غذاها تنوع و راحتی بیش‌تری برای مصرف‌کننده به ارمغان می‌آورد و باعث کاهش وزن و حجم بسته‌بندی و هزینه‌های حمل‌ونقل و انبارداری می‌شود. در زمینه خشک کردن میوه‌ها و سبزی‌ها تاکنون مطالعات بسیار زیادی صورت گرفته است [۱،۲].

خشک کردن مواد غذایی و به‌ویژه میوه‌ها به روش‌های مختلفی مانند خشک کردن در آفتاب، با کمک هوای داغ، اشعه مایکروویو، روش‌های ترکیبی و... امکان‌پذیر است. پیش تیمارهای مختلفی در فرایند خشک کردن ماده غذایی، به‌منظور بهبود ویژگی‌های کیفی، کمی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، مورداستفاده قرار می‌گیرد. یکی از این فرایندها، آب‌گیری اسمزی است [۳،۴].

فرایند آب‌گیری اسمزی عبارت است از خارج کردن بخشی از آب بافت ماده غذایی به‌وسیله تماس مستقیم آن با یک محلول غلیظ مناسب (محلول‌های قندی، نمکی و یا مخلوطی از قندها و نمک‌ها). در این فرایند بر اساس تفاوت غلظت به وجود آمده بین ماده غذایی و محلول، دو جریان خلاف جهت هم به وجود می‌آید که موجب خروج آب از بافت محصول به سمت محلول و ورود مواد جامد از محلول به داخل بافت ماده غذایی می‌گردد. هدف اصلی از آب‌گیری اسمزی به‌حداقل رساندن صدمه به بافت سلولی و انتقال آب به بیرون از بافت در مدت کوتاه و بدون تغییر فاز، در مقایسه با سایر روش‌های خشک کردن است. هم‌چنین کاهش برهمکنش‌های حرارتی که اثرات منفی بر رنگ و مواد مولد عطر و طعم دارد. بهبود ویژگی‌های بافتی، کاهش چروکیدگی و افزایش جرم حجمی فرآورده از دیگر اهداف به‌کارگیری این پیش تیمار است [۵].

از آنجاکه بخش اصلی میوه‌ها و سبزی‌ها را آب تشکیل می‌دهد؛ فرایند آب‌گیری اسمزی می‌تواند به‌عنوان پیش تیمار جهت آب‌گیری اولیه، قبل از خشک کردن با هوای داغ مورد استفاده قرار گیرد. یکی از سبزی‌های حساس به شرایط محیطی و درجه حرارت بالا، قارچ دکمه‌ای است [۶،۷].

قارچ دکمه‌ای با نام علمی *آگاریکوس بیسپوروس* محصولی با ارزش غذایی بالا و غنی از پروتئین (%۳۰-۲۵ در ماده خشک) است [۸]. قارچ خواص تغذیه‌ای و دارویی فراوانی داشته و از اهمیت خاصی برخوردار است. این محصول در اکثر مناطق کشور به صورت خانگی و صنعتی، به‌میزان زیاد تولید می‌شود. طبق گزارش فائو، ایران هفتمین تولیدکننده قارچ دکمه‌ای در جهان است و میزان تولید سالانه آن در کشور، ۱۸۰ هزار تن است [۹]. استان‌های تهران، اصفهان، کرج، قزوین، چهارمحال و بختیاری، فارس، همدان و کرمانشاه به ترتیب عمده‌ترین تولیدکنندگان آن هستند. طبق آخرین گزارشات وزارت جهاد کشاورزی میزان صادرات قارچ دکمه‌ای، ۱۷۰۳ تن صادرات به ارزش ۱/۲ میلیون دلار است [۱۰] و اما به‌دلیل فسادپذیری بالا، افزایش زمان ماندگاری آن با روش‌های گوناگون حائز اهمیت است. می‌توان با آب‌گیری اسمزی، میزان آب این محصول را کاهش و میزان آسیب وارده به محصول طی فرایندهای مختلف را کاهش داد. چنانچه بتوان راهکاری برای نگهداری قارچ ارائه نمود، می‌توان با تولید محصولات با ارزش افزوده راه را برای صادرات این محصول، هموار کرد تا بتوان قارچ را به محصولی ارز آور تبدیل کرد [۱۱].

تحقیقات متعددی در مورد نحوه آب‌گیری اسمزی و بررسی اثر عوامل مختلف بر ویژگی‌های کیفی محصول نهایی انجام شده است که همگی بر تأثیر مثبت این پیش تیمار بر بهبود ویژگی‌های بافتی، رنگ و هم‌چنین سایر خصوصیات کیفی مواد خشک شده تأکید دارند. رامالو و ماسکرونی (۲۰۱۰)، در بررسی خواص فیزیکوشیمیایی ورقه‌های آناناس منجمد شده با پیش تیمار اسمزی به این نتیجه رسیدند که نمونه‌های تحت فرایند اسمز قرار گرفته

غلظت مواد حل-شونده بر ویژگی-های فیزیکی و شیمیایی قارچ دکمه-ای بررسی شد.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- آماده سازی نمونه

قارچ های خریداری شده از بازار محلی شهرکرد، ابتدا براساس اندازه و شکل ظاهری درجه بندی شد. سپس از نمونه های گزینش شده، پس از شستشو و حذف رطوبت سطحی توسط کاغذ جاذب رطوبت، برش های یکنواخت به ضخامت ۴ میلی-متر تهیه شد. محلول-های اسمزی با استفاده از کلرید سدیم با درجه خوراکی در آب مقطر با سه غلظت ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی/وزنی آماده شد.

پس از توزین، نمونه های برش خورده با رعایت نسبت وزنی نمونه به محلول اسمزی (۱:۲۰) درون محلول اسمزی غوطه-ور شد و یک نمونه قارچ نیز به-عنوان شاهد در نظر گرفته شد. آب-گیری در دماهای ۳۰ و ۵۰ درجه سلسیوس به-مدت ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه انجام گرفت (جدول ۱) [۱۵،۱۶]. پس از طی زمان های تعیین شده، نمونه ها از درون محلول خارج شده و مجدداً توزین شد. پس از طی این مرحله آزمون-های فیزیکوشیمیایی مختلف در سه تکرار انجام شد.

و سپس منجمد شده، به طور معنی داری آب چکه کم-تری نسبت به نمونه شاهد دارند و بریکس و اتلاف مواد جامد محلول آن-ها بیش-تر است [۱۲]. اولاتیدویی و همکاران (۲۰۱۳)، در بررسی فرایند انجماد با پیش-تیمار اسمزی بر روی ورقه-های گوجه فرنگی به این نتیجه رسیدند که تغییرات ویتامین ث در بین نمونه پیش-تیمار شده نسبت به نمونه شاهد تغییرات معنی-داری نداشته است [۱۳]. آندو و همکاران (۲۰۱۲)، در بررسی اثر پیش-تیمار اسمزی در انجماد و بعد از رفع انجماد هویج به این نتیجه رسیدند که به-طور خاص پیش-تیمار اسمزی هیچ تاثیری بر غشا سلولی طی رفع انجماد ندارد [۱۴]. بصیری (۲۰۲۰)، در بررسی اثر پیش-تیمار اسمزی قارچ دکمه-ای به این نتیجه رسیدند که با افزایش دما، غلظت محلول اسمزی و زمان غوطه-وری، میزان خروج آب، جذب ماده جامد و افت وزنی نمونه قارچ افزایش یافت [۱۵]. اصل نژادی و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی اثر پیش تیمار آب گیری اسمزی بر سینتیک خشک کردن هوای داغ قارچ خوراکی به این نتیجه رسیدند که پیش تیمار اسمزی زمان خشک کردن نمونه ها و چروکیدگی، جذب مجدد آب و شاخص روشنایی رنگ را کاهش و سرعت خشک کردن را افزایش داد. اما تأثیر معنی داری بر تغییر رنگ کلی و شاخصهای  $a^*$  و  $b^*$  نداشت [۷]. باتوجه به بررسی تحقیقات صورت گرفته، در این پژوهش اثر پیش تیمار اسمزی تحت شرایط متفاوت دمایی، زمانی و

Table 1-Variable of Process

Treatment	Concentration of osmotic solution (%w/w)	Temperature (°C)	Time (min)			
A	5	30	A <sub>1</sub> =60	A <sub>2</sub> =120	A <sub>3</sub> =180	A <sub>4</sub> =240
B	10	30	B <sub>1</sub> =60	B <sub>2</sub> =120	B <sub>3</sub> =180	B <sub>4</sub> =240
C	15	30	C <sub>1</sub> =60	C <sub>2</sub> =120	C <sub>3</sub> =180	C <sub>4</sub> =240
D	5	50	D <sub>1</sub> =60	D <sub>2</sub> =120	D <sub>3</sub> =180	D <sub>4</sub> =240
E	10	50	E <sub>1</sub> =60	E <sub>2</sub> =120	E <sub>3</sub> =180	E <sub>4</sub> =240
F	15	50	F <sub>1</sub> =60	F <sub>2</sub> =120	F <sub>3</sub> =180	F <sub>4</sub> =240

شماره های ۷۴۵، ۱۰۷۰۳، ۱-۱۵، ۵۲۰، ۱۱۱۴۳ و میزان کربوهیدرات از کسر مجموع درصد ترکیبات متفاوت از ۱۰۰ حاصل شد [۲۳-۱۷].

### ۲-۲- درصد ترکیبات شیمیایی

اندازه گیری رطوبت، پروتئین، چربی، فیبر و خاکستر نمونه-ها براساس استانداردهای ملی ایران به ترتیب با

## ۳-۲- آزمون بافت

جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی، از آزمون نفوذ با استفاده از دستگاه آنالیز بافت Brookfield با پروب فلزی TA41 با قطر ۲ میلی‌متر و سرعت ۲ میلی‌متر بر ثانیه استفاده شد [۲۲].

## ۴-۲- آزمون رنگ

رنگ تیمارهای قارچ با استفاده از سیستم رنگ سنج هانتر لب (Colorflex Ez) اندازه‌گیری شد و مقادیر  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  ثبت شد.  $L^*$  شدت روشنایی رنگ،  $a^*$  تمایل به قرمزی یا سبزی و  $b^*$  تمایل به زردی یا رنگ آبی را نشان می‌دهد. هر چه  $a^*$  بزرگ‌تر باشد، تمایل به قرمزی بیشتر است و هر چه  $b^*$  بزرگ‌تر باشد، تمایل به سمت رنگ زرد بیشتر است. فاکتور تغییر رنگ کلی ( $\Delta E$ ) و شاخص قهوه‌ای شدن (BI) برای نمونه‌ها با استفاده از روابط زیر محاسبه شد [۲۳، ۲۴].

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad (1)$$

$$BI = \frac{100 \times (X - 0.31)}{0.17} \quad (2)$$

$$X = \frac{a + 1.75L}{5.6451L + a - 3.012b} \quad (3)$$

## ۵-۲- درصد آب-گیری مجدد

شد و سپس با استفاده از معادله ۴، میزان آب-گیری مجدد نمونه‌ها به دست آمد [۲۵]:

برای محاسبه میزان آب‌گیری مجدد، نمونه‌های آب-گیری شده به مدت ۳۰ دقیقه در آب ۵۰ درجه سلسیوس غوطه‌ور شده [۲۵].

$$100 * \frac{\text{وزن نمونه پس از آب‌گیری}}{\text{وزن نمونه قبل از آب‌گیری}} = \text{میزان آب‌گیری مجدد} \quad (4)$$

## ۶-۲- درصد چروکیدگی

با استفاده از روش جابه‌جایی دانه و با استفاده از روابط زیر درصد چروکیدگی محاسبه شد [۱]:

$$\text{درصد چروکیدگی} = \frac{\text{وزن استوانه} - \text{وزن ارزن و استوانه}}{\text{وزن استوانه} - \text{وزن آب و استوانه}} * 100 \quad (5)$$

$$\text{درصد چروکیدگی} = \left( \frac{\text{وزن نمونه استوانه} - \text{وزن استوانه و نمونه ارزن}}{\text{دانشیته ارزن}} \right) - (\text{وزن استوانه} - \text{وزن استوانه و آب}) * 100 \quad (6)$$

$$\text{درصد چروکیدگی} = \left( 1 - \frac{V_t}{V_0} \right) * 100 \quad (7)$$

انتخاب تیمار بهینه با استفاده از یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره به صورت ترکیبی از دو روش AHP و TOPSIS در دو مرحله با استفاده از نرم‌افزار متلب نسخه

که در آن،  $V_0$ ؛ حجم اولیه نمونه،  $V_t$ ؛ حجم در زمان مورد نظر است.

## ۷-۲- بهینه سازی

مختلف به دستگاه تزریق و منحنی درجه بندی رسم گردید. سپس نمونه حاوی ترکیبات ویتامین ب را به دستگاه تزریق و با استفاده از سطح زیر قله منحنی، غلظت آن محاسبه گردید. به این صورت که ابتدا ۵ گرم از نمونه های قارچ را با ۵۰ میلی لیتر بافر فسفات مخلوط کرده، سپس به مخلوط به دست آمده ۴ گرم پانکراتین اضافه و هم زده شد. سپس ۶ میلی لیتر سدیم آسکوربات ۱۰ درصد افزوده و نمونه را به مدت ۲ ساعت درون حمام ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده، سپس به مدت ۳۰ دقیقه در حمام ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از آن، تا دمای محیط سرد شد و با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. در این مرحله رومانند حاصل را جمع آوری و پس از عبور از فیلتر ۰/۴۵ میکرون به دستگاه کروماتوگرافی تزریق شد. اندازه گیری ویتامین بر اساس روش اندازه گیری بیوتین با روش کروماتوگرافی کارایی بالا در شرکت بایوفارما با تفاوت اندازه طول ستون ۱۲ سانتی متر انجام شد [۷]

### ۲-۹- طرح آماری

آزمون به صورت آرایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. برای مقایسه میانگین داده ها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال خطای ۰/۵ استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده ها با نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- تجزیه شیمیایی

جدول ۲ نتایج تجزیه شیمیایی نمونه های قارچ مورد استفاده در این تحقیق را نشان می دهد. با توجه به درصد آب بالای موجود در نمونه قارچ انتظار می رود که پیش تیمار اسمزی اثر معنی داری ( $p < 0.05$ ) بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی نمونه نشان دهد.

2019a انجام شد و متغیرهای مورد استفاده عبارت بودند از دما، مدت زمان و غلظت محلول اسمزی و پاسخ ها شامل شاخص های رنگ، بافت، چروکیدگی و آب گیری مجدد بود. این روش شامل ۱۰ مرحله است به شرح ذیل است:

مرحله اول: ایجاد ماتریس مقایسات زوجی بر مبنای اهمیت هر کدام از شاخص های عملکردی با نظر نخبگان  
مرحله دوم: ایجاد ماتریس مقایسات زوجی نرمال شده با استفاده از تقسیم هر عنصر این ماتریس بر جمع ستون خودش.

مرحله سوم: محاسبه وزن هر یک از شاخص ها با استفاده از میانگین عناصر هر سطر از ماتریس مقایسات نرمال شده.

مرحله چهارم: تشکیل ماتریس تصمیم اولیه

مرحله پنجم: محاسبه ماتریس تصمیم نرمال شده از طریق تقسیم هر عنصر ماتریس بر مجموع توان دوم عناصر ستون خود

مرحله ششم: محاسبه ماتریس تصمیم نرمال شده وزن دار که حاصل ضرب ماتریس حاصل از مرحله سوم در مرحله پنجم است

مرحله هفتم: تعیین راه حل ایده آل مثبت (بالاترین عملکرد در هر شاخص) و راه حل ایده آل منفی (پایین ترین عملکرد در هر شاخص)

مرحله هشتم: محاسبه فاصله هر گزینه از راه حل ایده آل مثبت و منفی

مرحله نهم: محاسبه نزدیکی نسبی هر عنصر نسبت به راه حل ایده آل از طریق تقسیم فاصله از راه حل ایده آل منفی بر مجموع فاصله از راه حل ایده آل مثبت و منفی است

مرحله دهم: رتبه بندی الگوریتم ها با توجه به مقدار به دست آمده در گام نهم. هر الگوریتمی که بیشترین مقدار را داشته باشد کارا تر است [۲۶، ۲۷].

#### ۲-۸- میزان بیوتین در نمونه شاهد و تیمار بهینه

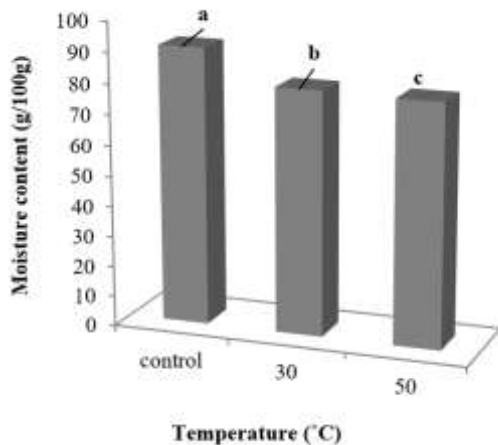
برای اندازه گیری مقدار ویتامین ب با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی لایه نازک، ابتدا استاندارد بیوتین در غلظت های

Table 2-Chemical properties of sample at 25°C

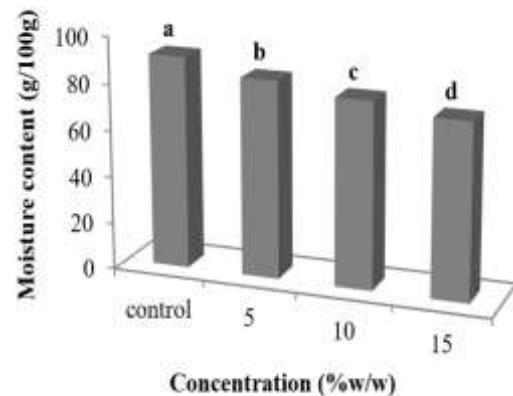
Ash (g/100 g)	Fat (g/100 g)	Protein (g/100 g)	Fiber (g/100 g)	Carbohydrate (g/100 g)	Moisture (g/100 g)
0.84±0.01	0.60±0.05	3.50±0.07	0.80±0.12	3.16±0.16	91.10±0.11

شکل ۱-ب میانگین میزان رطوبت نمونه آب-گیری شده را در غلظت-های مختلف محلول اسمزی نشان می-دهد. همان-طور که مشاهده می-شود، با افزایش بیش-ترین میانگین مربوط به نمونه شاهد با مقدار ۹۱/۱۰ g/100 g و کم-ترین مربوط به غلظت ۱۵ %w/w با مقدار ۷۵/۳۵ g/100 است و تفاوت بین نمونه-ها در میزان رطوبت، معنی دار ( $p < 0.05$ ) است. علت این تفاوت معنی دار را می-توان در اختلاف غلظت بین محلول اسمزی و مایعات داخل سلولی، نیروی محرکه لازم برای خروج آب از مادهی غذایی دانست. بنابراین با افزایش غلظت محلول اسمزی، میزان خروج رطوبت از بافت افزایش می-یابد [۲۸]. نتایج مشابه توسط ایسپیر و همکاران (۲۰۰۹) در خشک کردن اسمزی هلو نیز گزارش شده است [۳۱].

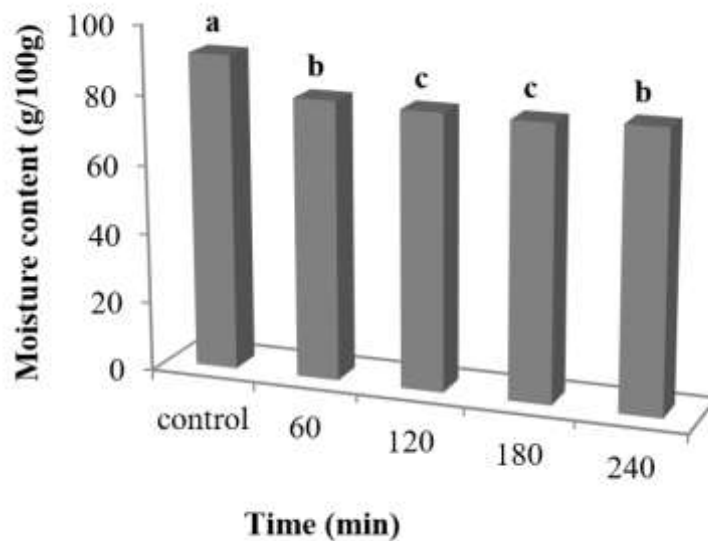
شکل ۱-الف میانگین میزان رطوبت نمونه آب-گیری شده را در دماهای مختلف نشان می-دهد. همان-طور که مشاهده می-شود، با افزایش درجه حرارت، محتوای رطوبت نمونه کاهش می-یابد. نمونه شاهد، بیش-ترین میزان رطوبت (۹۱/۱۰ g/100 g) و نمونه-های پیش-تیمار شده در دمای ۵۰ درجه سلسیوس، کم-ترین میزان رطوبت (۷۹/۵۴ g/100 g) را نشان دادند. از آنجاکه انتشار اسمزی یک پدیده وابسته به دما است [۲۸]، با تغییر دما، در نفوذپذیری دیواره سلولی تغییر ایجاد شده و افزایش دما منجر به تورم و پلاستیکی شده غشای سلولی و در نتیجه انتشار سریع-تر رطوبت از بافت شده و میزان آب-گیری نمونه افزایش می-یابد [۲۹]. نتایج مشابه این پژوهش توسط برمور و همکاران (۲۰۱۶) گزارش شده است [۳۰].



(a)



(b)



(c)

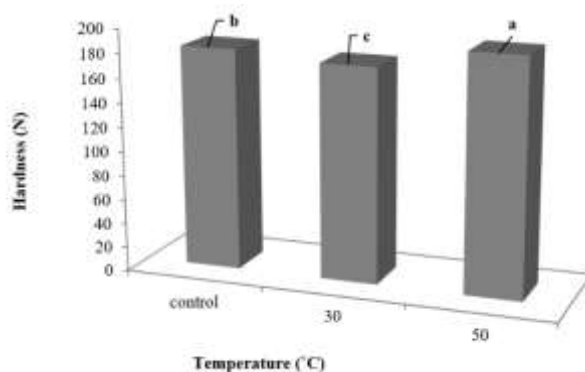
Figure 1- Effect of temperature (a), concentration (b), and time on moisture content of sample

دما به ۳۰ درجه سلسیوس، سفتی بافت کاهش می‌یابد و بافت نرم‌تر می‌شود که علت این امر به باز شدن و تخریب ساختار در اثر پیش تیمار اسمزی برمی‌گردد [۱۹]. با افزایش دما به ۵۰ درجه سلسیوس، سفتی بافت به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد که دلیل این امر می‌تواند مربوط به فعال شدن آنزیم‌های استراز موجود در قارچ در این دما باشد که منجر به تولید گروه های کربوکسیل آزاد شده که با یون‌های دو ظرفیتی کمپلکس داده و پیوندهای متقابل میان زنجیره‌های پلی‌اورونید ایجاد می‌کند و بنابراین با افزایش میزان کلی پیوندهای متقابل در ماتریکس، سفتی بافت را افزایش می‌دهد [۳۲].

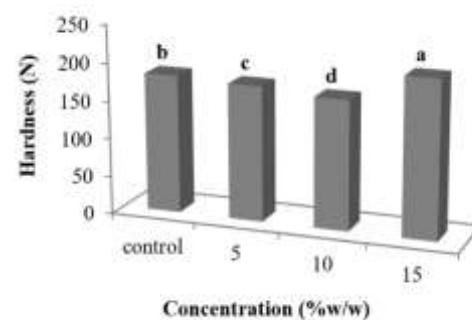
شکل ۱- ج نیز میانگین میزان رطوبت نمونه آب‌گیری شده را در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیش‌ترین میانگین میزان رطوبت مربوط به نمونه شاهد با مقدار ۹۱/۴۵ g/100 g و کم‌ترین مربوط به زمان ۱۸۰ دقیقه با مقدار ۷۹/۱۳ g/100 g است.

### ۲-۳- سختی بافت

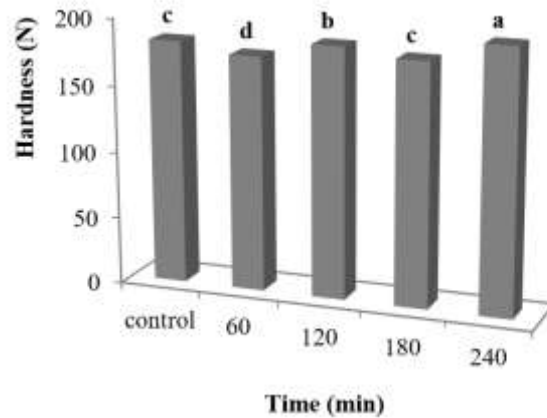
شکل ۲ اثر دما، مدت‌زمان فرایند و غلظت ماده محلول اسمزی را بر سختی بافت قارچ دکمه‌ای نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۲- الف مشخص است، با رسیدن



(a)



(b)



(c)

Figure 2- Effect of temperature (a), concentration (b), and time on hardness of sample

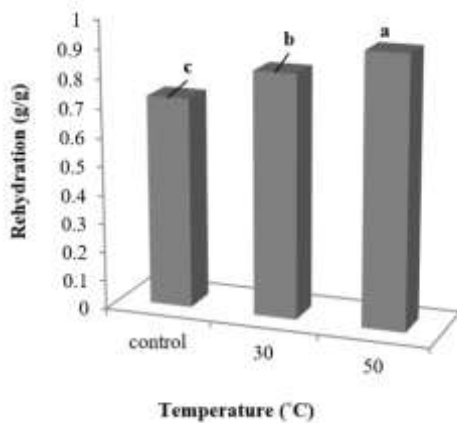
سفتی مربوط به زمان ۲۴۰ دقیقه با مقدار ۱۹۵/۹۴ N و کم ترین مربوط به زمان ۶۰ دقیقه با مقدار ۱۷۵/۳ N است.

### ۳-۳- آب‌گیری مجدد

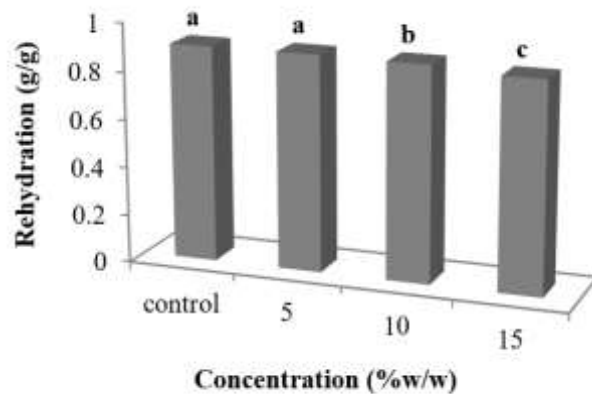
شکل ۳ اثر دما، مدت زمان فرایند و غلظت محلول اسمزی را بر آب‌گیری مجدد قارچ دکمه‌ای نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که نمونه‌های فرایند شده در دماهای بالاتر، میزان آب‌گیری مجدد بیشتری (شکل ۳-الف) دارند. دلیل این امر می‌تواند مربوط به کاهش بیشتر تر رطوبت نمونه‌ها طی فرایند آب‌گیری اسمزی با افزایش دما باشد (شکل ۱-الف) که امکان جذب بیشتر تر رطوبت را فراهم می‌کند.

نتایج سفتی بافت در غلظت‌های مختلف محلول اسمزی (شکل ۲-ب) نشان می‌دهد که با افزایش میزان غلظت محلول اسمزی، سفتی بافت کاهش می‌یابد که مربوط به افزایش ورود نمک به داخل ساختار ماده غذایی، تخریب و نفوذ پذیری بیشتر تر دیواره سلولی است. اما در بیش‌ترین غلظت، بیش‌ترین سفتی بافت مشاهده می‌شود که علت این امر را می‌توان مرتبط به خروج بسیار زیاد رطوبت (شکل ۱-ب) از ساختار نمونه در این غلظت از محلول اسمزی مرتبط دانست [۳۲].

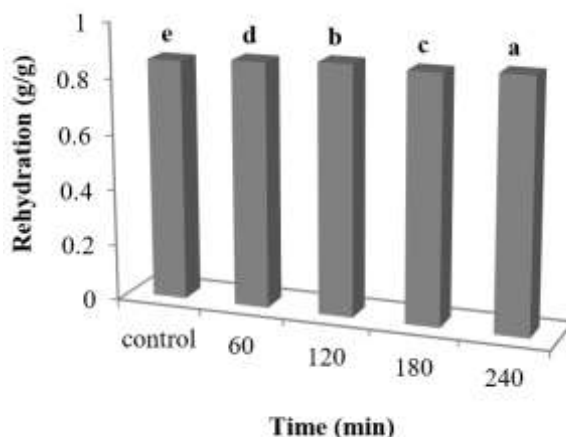
شکل ۲-ج نیز نشان‌گر میزان سفتی بافت با افزایش مدت زمان فرایند اسمزی است که در این رابطه بیش‌ترین میانگین



(a)



(b)



(c)

Figure 3- Effect of temperature (a), concentration (b), and time on rehydration of sample

فشرده‌گی سلولها و بسته شدن لوله‌های مویین می‌باشد که در نتیجه جذب مجدد آب نیز کاهش می‌یابد [۳۳]. نتایج مشابه توسط اصل نژادی و همکاران (۲۰۱۶) بر روی قارچ خشک شده با پیش تیمار اسمزی به دست آمد [۷]. نتایج هم‌چنین نشان داد که بیش‌ترین میانگین آب‌گیری مجدد (۰/۸۹ g/g) مربوط به زمان ۲۴۰ دقیقه و کم‌ترین مقدار (۰/۸۷ g/g) مربوط به زمان ۶۰ دقیقه است (شکل ۳-ج).

### ۳-۴- رنگ

جدول شماره ۲، مقادیر  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  نمونه‌های قارچ دکمه‌ای را نشان می‌دهد. برای بررسی بهتر اثر پیش تیمار اسمزی بر رنگ، از دو شاخص تغییرات رنگ نسبت به رنگ اولیه و شاخص قهوه‌ای شدن استفاده می‌شود.

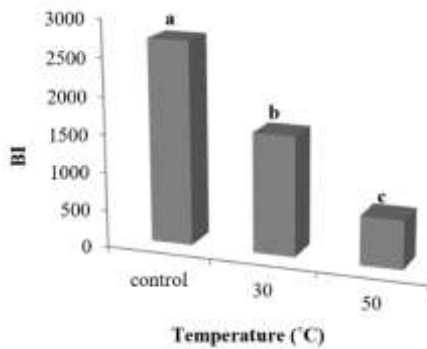
شکل ۳- ب نشان‌گر میزان آب‌گیری مجدد قارچ دکمه‌ای پیش تیمار شده، بعد از فرایند است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش غلظت محلول اسمزی تأثیر منفی بر آب‌گیری مجدد دارد. دلیل این امر اشباع شدن لایه زیرین سطح بافت ماده غذایی با نمک و آب‌گیری کمتر لایه نمکی در مقایسه با بافت طبیعی ماده غذایی و نیز تحت تأثیر قرار گرفتن نفوذپذیری سلول به واسطه فشار اسمزی است. از این رو با آب‌گیری مجدد این سلول‌ها نمی‌توانند به اندازه نمونه شاهد آب جذب کنند. علاوه بر این با افزایش از دست دادن مواد محلول همراه با آب در طی پیش تیمار اسمزی، تغییرات ساختاری ایجاد شده و جذب مجدد آب با مشکل مواجه شده و کاهش می‌یابد. تغییرات ساختاری نمونه در نمودارهای چروکیدگی کاملاً نمایان است با افزایش غلظت چروکیدگی افزایش می‌یابد که نشان دهنده تغییرات سلولی،

Table 2- The amount of  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  of samples

Temperature (°C)	$L^*$	Color index	
		$a^*$	$b^*$
Control	80.67	0.66	14.62
30	62.57	1.94	15.06
50°C	40.96	2.79	9.3
Concentration (%w/w)	$L^*$	Color index	
Control		80.67	0.66
5	53.27	1.27	12.01
10	51.16	3.24	12.59
15	50.88	2.59	11.94
Time (min)	$L^*$	Color index	
Control		80.67	0.66
60	57.69	2.43	12.87

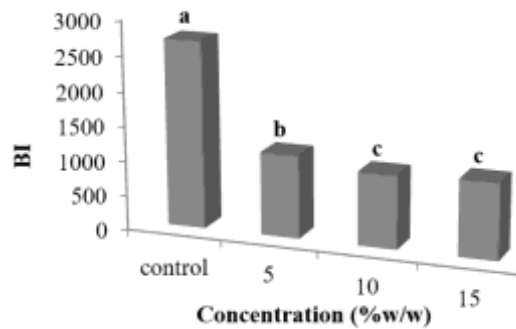
120	49.91	3.1	12.45
180	50.88	2.45	12.13
240	48.6	1.48	11.26

سرعت واکنش، کاهش می‌یابد. هم‌چنین نشان دادند که نمک با اثر مستقیم بر روی آنزیم به جای سوبسترا، فعالیت پلی فنول اکسیداز را مهار می‌کند. هم‌چنین مشخص شد که نمک می‌تواند محصولات واکنش قهوه‌ای شدن مانند کینون‌های تشکیل شده در واکنش را تغییر و دی فنیل بی‌رنگ اولیه را تولید کند [۳۶]. علاوه بر این حضور نمک باعث پایداری رنگ در محصول از طریق غیرفعال کردن آنزیم تیروزیناز می‌شود که با افزایش غلظت نمک نیز این تأثیر پر رنگ‌تر می‌شود [۳۷]. قاعدتاً با افزایش مدت زمان مواجهه نمونه با محلول اسمزی، فرایند مهار این آنزیم افزایش یافته و میزان شاخص قهوه‌ای شدن کاهش می‌یابد که نتایج این پژوهش مؤید این مطلب است (شکل ۴-ج). به عبارت دیگر با افزایش مدت زمان مواجهه، میزان شاخص قهوه‌ای شدن کاهش معنی‌دار می‌یابد و کم‌ترین میزان این شاخص مربوط به زمان ۲۴۰ دقیقه است. نتایج مشابه توسط اصل نژادی و همکاران (۲۰۱۶) بر روی قارچ گزارش شده است [۷].

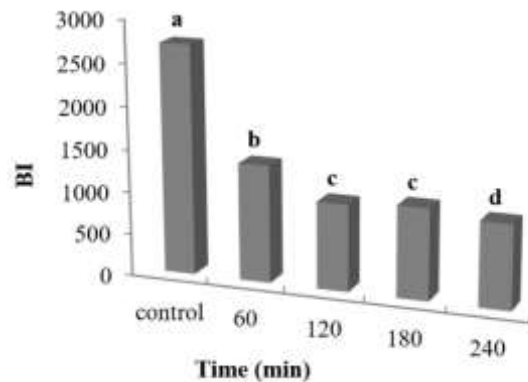


(a)

نتایج شاخص قهوه‌ای شدن قارچ دکمه‌ای در دماهای مختلف فرایند اسمزی (شکل ۴-الف) نشان داد که با افزایش دمای نمونه از دمای محیط (نمونه شاهد)، میزان شاخص قهوه‌ای شدن کاهش یافت. علت این امر غیر فعال شدن آنزیم پلی فنل اکسیداز در دمای بالا می‌باشد. هم‌چنین با افزایش غلظت محلول اسمزی، شاخص قهوه‌ای شدن کاهش پیدا کرد و کم‌ترین مقدار شاخص قهوه‌ای شدن (۱۰۵۷/۳۸) مربوط به نمونه مواجه شده با غلظت ۱۵٪ محلول اسمزی بود (شکل ۴-ب). قارچ دکمه‌ای به دلیل داشتن پلی فنول اکسیداز، مستعد قهوه‌ای شدن با سرعت زیاد است. حضور نمک منجر به کاهش فعالیت آبی و رطوبت محصول، کاهش مهار و غیرفعال‌سازی این آنزیم شده و به این صورت میزان تولید رنگ قهوه‌ای با افزایش غلظت نمک، کاهش می‌یابد [۳۴]. نمک یک بازدارنده از نوع مختلط است که می‌تواند نه تنها با آنزیم آزاد بلکه با کمپلکس آنزیم-سوبسترا در محلی غیر از محل فعال متصل شوند [۳۵]. لو و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که در حضور نمک، میل ترکیبی سوبسترا به آنزیم و



(b)

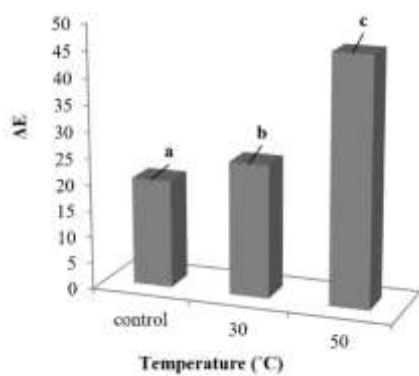


(c)

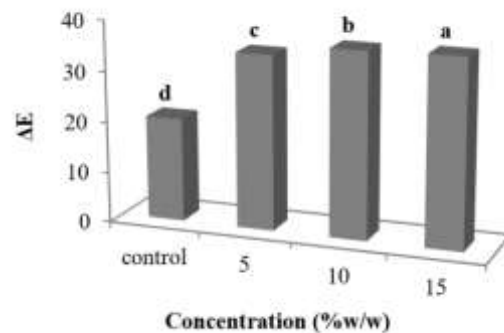
Figure 4- Effect of temperature (a), concentration (b), and time on browning index of sample

حضور نمک در بخش سطحی بافت و در نتیجه غیرشفاف شدن سطح محصول است [۳۸]. با افزایش مدت زمان مواجهه نیز این اثر به دلیل جذب بیش-تر نمک، تشدید خواهد شد. نتایج مربوط به مدت زمان مواجهه با محلول اسمزی (شکل ۵-ج) نیز مؤید این مطلب است. نتایج مشابه توسط اصل نژادی و همکاران (۲۰۱۶) در زمینه کاهش میزان شاخص  $L^*$  قارچ خشک شده با هوای داغ تحت پیش تیمار آب-گیری اسمزی با افزایش مدت زمان مواجهه و غلظت محلول اسمزی، گزارش شده است [۷].

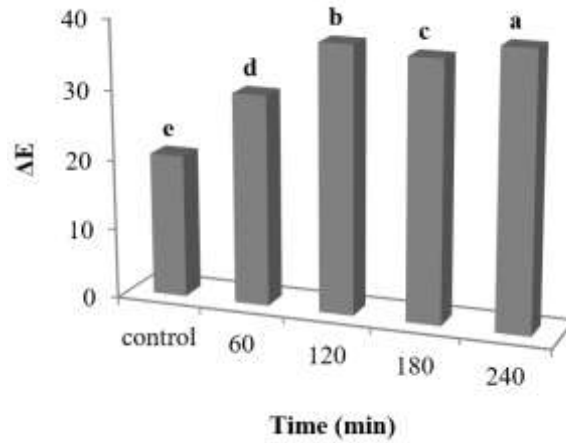
شکل ۵ اثر زمان، دما و غلظت محلول اسمزی بر روی تغییرات رنگ نمونه نسبت به رنگ اولیه را نشان می-دهد. همان-طور که در شکل ۵-الف مشخص است با افزایش دمای فرایند اسمزی، میزان تغییرات رنگ نسبت به رنگ اولیه افزایش معنی-دار ( $p < 0.05$ ) نشان داد. هم-چنین با افزایش میزان غلظت محلول اسمزی، این شاخص افزایش معنی-دار ( $p < 0.05$ ) نشان داد (شکل ۵-ب) و به بیش-ترین مقدار خود (۳۶/۹۵) در غلظت ۱۵٪ رسید. علت این امر مربوط به کاهش معنی-دار شاخص  $L^*$  به-دلیل



(a)



(b)



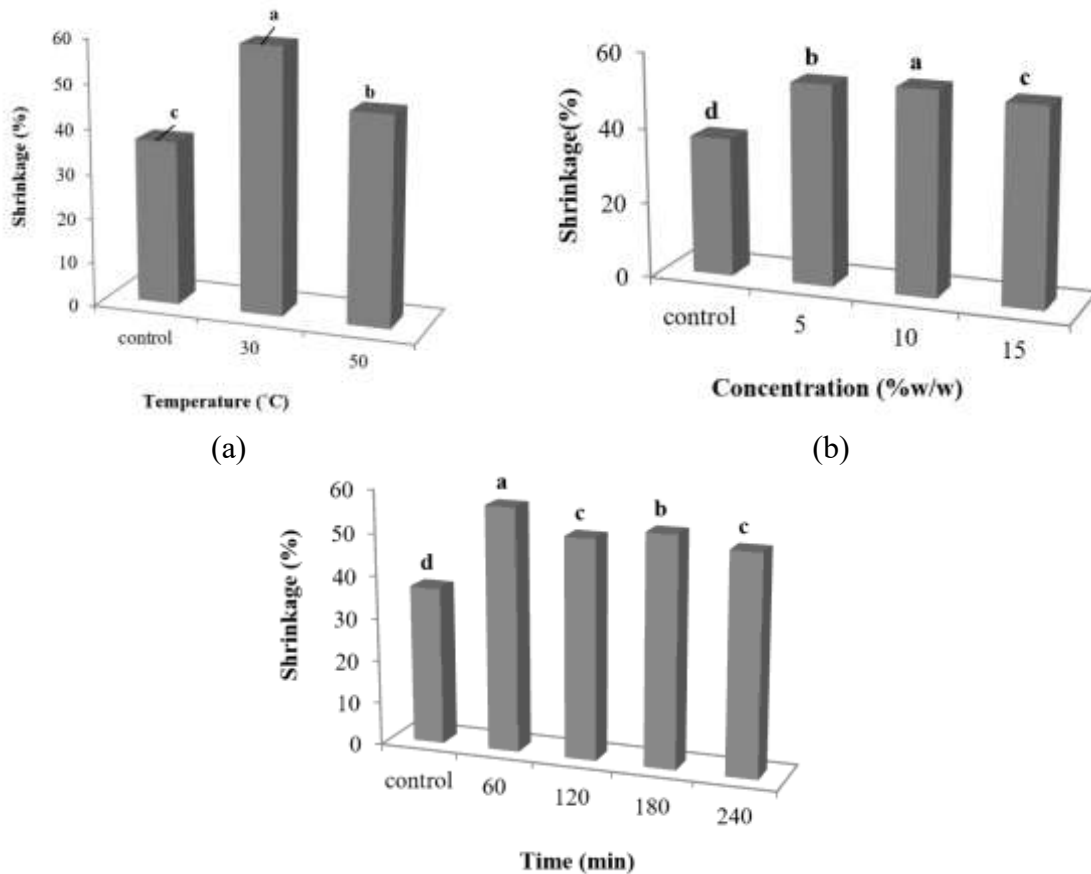
(c)

Figure 5- Effect of temperature (a), concentration (b), and time on  $\Delta E$  of sample

متغیرهای مورد بررسی، تیمار شاهد نسبت به تیمارهای تحت آب‌گیری اسمزی، دارای چروکیدگی کم‌تری بود.

## ۳-۴- چروکیدگی

شکل ۶ اثر دما، غلظت و مدت زمان مواجهه با محلول اسمزی را بر چروکیدگی بافت نشان می‌دهد. در تمامی



(c)

Figure 6- Effect of temperature (a), concentration (b), and time on shrinkage of sample

حین آب-گیری اسمزی تخریب ساختار و چروکیدگی پس از فرایندهای تکمیلی به حداقل ممکن می-رسد. نتایج مشابه در پیش تیمار اسمزی قارچ خشک شده با هوای داغ توسط اصل نژادی و همکاران (۲۰۱۵) و امام جمعه و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است [۷،۲۱].

### ۳-۵- انتخاب نمونه بهینه

شاخص‌های بهینه فرایند عبارتند از؛ کم‌ترین میزان رطوبت پس از آب‌گیری، حداقل میزان ماند در محلول اسمزی، حداقل چروکیدگی و حداقل تغییرات رنگ با رنگ نمونه شاهد و حداقل میزان شاخص قهوه‌ای شدن.

از بین نمونه‌های مورد آزمون و پس از استفاده از روش AHP-TOPSIS نمونه دارای کم‌ترین فاصله از شاخص‌های بهینه انتخاب شد که نمونه آب‌گیری شده در دمای ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۲۰ دقیقه، در محلول ۱۵٪ کلرید سدیم بود.

### ۴-۵- بیوتین

ویتامین H یا بیوتین از گروه ویتامین B است که به مقدار جزئی در تمام سلول‌های زنده یافت می‌شود و نقش مهمی در واکنش بیوشیمیایی سلول زنده ایفا می‌کند. میزان بیوتین در نمونه شاهد و نمونه بهینه اندازه‌گیری شد و غلظت ویتامین براساس محاسبه سطح زیرپیک و براساس منحنی استاندارد به دست آمد.

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، میزان این ویتامین در نمونه تیمار شده در مقایسه با نمونه شاهد کاهش داشته است. علت این کاهش می‌تواند ناشی از خروج ویتامین همراه با آب از قارچ در زمان پیش تیمار اسمزی باشد.

در تیمارهایی که تحت آب-گیری اسمزی قرار گرفتند، با افزایش دما میزان چروکیدگی کاهش معنی-دار ( $p < 0.05$ ) یافت. افزایش دما با تغییر نفوذپذیری دیواره سلولی و افزایش ضریب نفوذ منجر به افزایش انتشار در نمونه شده و از آنجا که با افزایش دما، ویسکوزیته محلول اسمزی نیز افزایش می-یابد، ورود نمک به بافت و به تبع آن سفتی نیز افزایش یافته که در نتیجه احتمال چروکیدگی با افزایش دما، کم-تر می‌شود [۷]. هم-چنین با افزایش غلظت محلول اسمزی، نمونه‌ها ابتدا چروکیدگی افزایشی از خود نشان دادند و کم-ترین چروکیدگی در نمونه‌های تحت تیمار اسمزی، مربوط به نمونه دارای ۱۵٪ کلرید سدیم بود. علت این امر را می-توان به افزایش غلظت نمک و ورود نمک به بافت و افزایش سفتی ساختار به دلیل افزایش ورود نمک به ساختار، در بالاترین میزان غلظت محلول اسمزی در مقایسه با نمونه‌های مواجهه شده با غلظت کم-تر نمک، دانست [۲۱]. هم‌چنین هنگامی که بافت قارچ آب خود را از دست می‌دهد و فشار درون آن کاهش می‌یابد، سلول‌ها انبساط خود را از دست داده و دیگر قادر به وارد کردن فشار بر روی هم نیستند. بنابراین حالت چروکیده به خود می‌گیرند. در نتیجه، دیواره سخت سلول و در نهایت بافت قارچ چروکیده می‌شود.

با افزایش میزان خروج آب از بافت قارچ میزان چروکیدگی نیز افزایش نشان داد، نتایج مدت‌زمان مواجهه نمونه با محلول اسمزی نیز به همین صورت است. با افزایش مدت‌زمان به ۶۰ دقیقه، میزان چروکیدگی (۰۲/۵۷٪) افزایش می-یابد و پس از آن تا زمان ۲۴۰ دقیقه روند کاهشی معنی-دار ( $p < 0.05$ ) مشاهده شد و مقدار آن به ۰۴/۵۱٪ است. زیرا با افزایش مدت‌زمان مواجهه، میزان نمک بیش-تری در ساختار قرار گرفت و رطوبت بیش-تری از ساختار خارج شد و در

Table 3- Concentration of Biotin

Samples	Concentration of Biotin (ppm)
Control	98.4
Optimal sample	68.55

#### ۴- نتیجه گیری

۱۵ درصد محلول اسمزی و زمان ۱۲۰ دقیقه بود. قارچ حاصل شده به این روش می‌تواند در ادامه تحت فرایندهای مختلف قرار گرفته به عنوان ماده اولیه در صنایع دارویی برای ساخت مکمل‌ها، در صنایع غذایی برای تولید محصولات فراسودمند، جایگزین ادویه و طعم دهنده و در صنایع آرایشی و بهداشتی به عنوان آنتی‌اکسیدان استفاده شود و با توجه به کاهش مقدار آب در پیش تیمار اسمزی علاوه بر کوتاه شدن زمان فرایند نهایی و صرفه‌جویی در میزان انرژی از اثرات نامطلوب فرایند نهایی به‌ویژه بر بافت ممانعت به عمل آید. پیشنهاد می‌گردد پژوهش‌های مقایسه‌ای جهت بررسی میزان کارایی این روش در برابر سایر روش‌ها در محصولات مختلف، انجام پذیرد.

#### تأمین مالی

نویسنده اعلام می‌کند که هیچ بودجه‌ای دریافت نکرده است.

#### مشارکت نویسندگان

تمام فعالیت‌ها توسط نویسنده انجام شده است.

#### منافع رقابتی

نویسنده تأیید می‌کند که هیچ گونه تضاد منافع مالی یا منافع رقابتی در این مطالعه ندارد.

#### ۵- منابع

- [1] Deng, L. Z., Mujumdar, A. S., Zhang, Q., Yang, X. H., Wang, J., Zheng, Z. A., Gao, Z. J., & Xiao, H. W. (2019). Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes – a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(9), 1408–1432.
- [2] Onwude, D. I., Iranshahi, K., Rubinetti, D., Schudel, S., Schemminger, J., Martynenko, A., & Defraeye, T. (2022). How much do process parameters affect the residual quality attributes of dried fruits and vegetables for convective drying. *Food and Bioproducts Processing*, 131, 176–190.
- [3] Omolola, A. O., Jideani, A. I. O., & Kapila, P. F. (2017). Quality properties of fruits as affected by drying operation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(1), 95–108.
- [4] Sablani, S. S. (2006). Drying of Fruits and Vegetables: Retention of Nutritional/Functional Quality. *Drying Technology*, 24(2), 123–135.
- [5] Marani, C. M., Agnelli, M. E., & Mascheroni, R. H. (2007). Osmo-frozen fruits: mass transfer and quality evaluation. *Journal of Food Engineering*, 79(4), 1122–1130.
- [6] Calín-Sánchez, Á., Lipan, L., Cano-Lamadrid, M., Kharaghani, A., Masztalerz, K., Carbonell-Barrachina, Á. A., & Figiel, A. (2020). Comparison of Traditional and Novel Drying Techniques and Its Effect on Quality of Fruits, Vegetables and Aromatic Herbs. *Foods*, 9(9), 1261.
- [7] Aslnezhadi, S., Peighambardoost, S. H., & Olad ghaffari, A. (2015). Effect of osmotic pretreatment on quality characteristics of edible

- button mushroom during air drying. *Food Research Journal (Iran)*, 25(4), 613–621.
- [8] Aslnezhadi, S., & Peighambaridoost, S. H. (2016). Studying drying kinetics of button mushroom pretreated by osmotic dehydration. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 47(3), 569–575.
- [9] [www.fao.org](http://www.fao.org)
- [10] [www.maj.ir](http://www.maj.ir)
- [11] Ramallo, L. A., & Mascheroni, R. H. (2010). Dehydrofreezing of pineapple. *Journal of Food Engineering*, 99(3), 269–275.
- [12] Olatidoye, O., Sobowale, S. S., & Akinlua, O. (2013). Effect of osmodehydrofreezing on the quality attributes of frozen tomato. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 9 (4), 780-789.
- [13] Ando, H., Kajiwara, K., Oshita, S., & Suzuki, T. (2012). The effect of osmotic dehydrofreezing on the role of the cell membrane in carrot texture softening after freeze-thawing. *Journal of Food Engineering*, 108(3), 473–479.
- [14] Basiri, S. (2020). The Effect of processing factors and ultrasound on Mass Transfer of Botton Mushroom During Osmotic Dehydration. *Food Processing and Preservation Journal*, 11(2), 149–156.
- [15] Emrahim Rezagah, M., Kashaninezhad, M., Mirzai, H., & Khamiri, M. (2007). Modeling of mass transfer in osmodehydration of button mushroom (*Agaricus bisporus*). [18 National Congress of Food Industry](#), Mashhad, Iran.
- [16] ISIRI- 10703-1. (2007). Animal feeding stuffs - Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content – Part 1: Keldahl method. Institute of Standards and Industrial Research of Iran.
- [17] ISIRI- 11143. (2008). Animal feeding stuffs – Determination of crude ash. Institute of Standards and Industrial Research of Iran.
- [18] ISIRI- 520. (2002). Animal feeding stuffs –Fiber-Test method. Institute of Standards and Industrial Research of Iran.
- [19] ISIRI- 672. (2015). Dry fruits –Determination of the moisture content- test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran.
- [20] ISIRI- 415. (2023). Oilseed meals — Determination of oil content — Extraction method with hexane (or light petroleum). Institute of Standards and Industrial Research of Iran.
- [21] Emam Jome, Z., Tahmasbi, M., Piroozi Fard, M., & Asgari, G. (2009). Study on the Effect of Osmotic Pretreatment on the Structural and Microstructural Properties of Air-Dried Tomato. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 39(1), 133-139.
- [22] Soleimanifard, S., Shahedi, M., Emam-Djomeh, Z., & Askari, G. R. (2018). Investigating textural and physical properties of microwave-baked cupcake. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(2), 265-276.
- [23] Soleimanifard, S., Emam-djomeh, Z., Askari, G.-R., & Shahedi, M. (2024). Multidimensional comparative analysis of three baking methods of the cupcake – Thermophysical approach. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 23(2), 179–186.
- [24] Hammami, C., René, F., & Marin, M. (1999). Process–quality optimization of the vacuum freeze-drying of apple slices by the response surface method. *International Journal of Food Science & Technology*, 34(2), 145–160.
- [25] Ziaifard, A. M., Courtois, F., & Trystram, G. (2010). Porosity development and its effect on oil uptake during frying process. *Journal of Food Process Engineering*, 33(2), 191–212.
- [26] Rodrigues, S., & Fernandes, F. A. N. (2007). Dehydration of melons in a ternary system followed by air-drying. *Journal of Food Engineering*, 80(2), 678–687.
- [27] González-Pérez, J. E., López-Méndez, E. M., Luna-Guevara, J. J., Ruiz-Espinosa, H., Ochoa-Velasco, C. E., & Ruiz-López, I. I. (2019). Analysis of mass transfer and morphometric characteristics of white mushroom (*Agaricus bisporus*) pilei during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 240, 120–132.
- [28] Salehi Sarbijan, M., & Behnamian, J. (2023). Feeder vehicle routing problem in a collaborative environment using hybrid particle swarm optimization and adaptive learning strategy. *Environment, Development and Sustainability*, 1-41.
- [29] Sarbijan, M. S., & Behnamian, J. (2022). Real-time collaborative feeder vehicle routing problem with flexible time windows. *Swarm and Evolutionary Computation*, 75, 101201.
- [30] Barmor, M., Dehghannya, J., & Ghanbarzadeh, B. (2016). Coupled effect of ultrasound, microwave and osmotic dehydration pretreatments on water loss kinetics during deep-fat frying of potatoes. In *Food Research Journal (Iran)*, 26(3), 543-561.
- [31] Ispir, A., & Toğrul, I. T. (2009). Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. *Chemical Engineering Research and Design*, 87(2), 166–180.
- [32] Rodrigues, A. C. C., Cunha, R. L., & Hubinger, M. D. (2003). Rheological properties and colour evaluation of papaya during osmotic dehydration processing. *Journal of Food Engineering*, 59(2–3), 129–135.
- [33] Rastogi, N. K., Nayak, C. A., & Raghavarao, K. S. M. S. (2004). Influence of osmotic pretreatments on rehydration characteristics of carrots. *Journal of Food Engineering*, 65(2), 287–292.

- [34] Tortoe, C. (2010). A review of osmodehydration for the food industry. *African Journal of Food Science*. 4(6), 303-324.
- [35] Marangoni, A. G. (2003). *Enzyme kinetics: a modern approach*. John Wiley & Sons, Inc.
- [36] Lu, S., Luo, Y., & Feng, H. (2006). Inhibition of apple polyphenol oxidase activity by sodium chlorite. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(10), 3693–3696.
- [37] Faridi, M., Sariri, R., Jafarian, V., & Nazem, H. (2010). Extraction and characterization of tyrosinase from peanut grown in north of Iran. *Journal of Plant Biological Sciences*, 2(3), 49–62.
- [38] Pani, P., Leva, A. A., Riva, M., Maestrelli, A., & Torreggiani, D. (2008). Influence of an osmotic pre-treatment on structure-property relationships of air-dehydrated tomato slices. *Journal of Food Engineering*, 86(1), 105–112.



## Scientific Research

## Effect of osmotic pretreatments on physico-chemical properties of button mushroom and process optimization

Laleh Faraji<sup>1</sup>, Sediqeh Soleimanifard<sup>2\*</sup>, Nafiseh Jahanbakhshian<sup>1</sup>

1-Department of Food Science and Technology, ShK.C., Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

2\*-Ph.D., Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.

## ARTICLE INFO

## ABSTRACT

## Article History:

Received: 2024/12/14

Review: 2025/08/05

Accepted: 2025/08/20

## Keywords:

Rehydration,  
Osmotic pretreatment,  
Shrinkage,  
Mushroom,  
Optimization

DOI: 10.48311/fsct.2026.83726.0

\*Corresponding Author E-

s.soleimanifard@uoz.ac.ir

This study aimed to examine the impact of osmotic pretreatment using sodium chloride at concentrations of 5%, 10%, and 15%, applied at temperatures of 30 and 50 degrees Celsius for durations of 60, 120, 180, and 240 minutes on the physicochemical properties of button mushrooms, including shrinkage, color parameter, firmness, and moisture content. Additionally, optimization was performed to identify the ideal conditions for the osmotic dehydration of button mushrooms utilizing the AHP-TOPSIS method with MATLAB 2019a software. Subsequently, the biotin content in the optimal sample was compared to the control sample. The results indicate that the moisture content, rehydration rate, color, and shrinkage of the sample were dependent on temperature. As the temperature increased, the moisture content of the sample increased, while the rehydration decreased. The results related to the color parameters revealed that as the temperature increased, the browning index decreased, while the extent of color changes increased. The shrinkage and firmness significantly decreased with the rise in temperature. It was also found that the concentration of the osmotic solution and the process time had a significant effect on the quality factors. By increasing the concentration of the osmotic solution, the moisture content of the sample decreased, as did rehydration, browning index, and shrinkage. The color changes increased as the concentration increased. The results also showed that with increasing time, color changes, shrinkage, and firmness increased, while the browning index decreased. The optimal conditions for osmotic dehydration were 50 degrees Celsius, 15% concentration, and 120 minutes. Overall, this method functions as a pretreatment technique for button mushrooms in the pharmaceutical, food, and cosmetic industries, due to its ability to shorten processing time, enhance energy efficiency, and alleviate adverse effects linked to the final process.