Karafan
Quarterly Scientific Journal of National University of Skill
Winter 2026, Vol. 22, No. 4, p. 160-173
Journal Homepage: https://karafan.tvu.ac.ir/?lang=en
: 10.48301/KSSA.2025.454544.2895

Optimization of button mushroom drying process by combined osmosis-hot air method

Leila Zirjani[1*], Faezeh Hemmati [1], Samaneh Savadi[1]

[1]Department of Agricultural Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article Type:
Original Research

Received: 10.14.2024
Revised: 11.20.2024
Accepted: 12.09.2024

Keyword:
Button mushroom
osmotic solution
combined drying
hot air
reabsorption of water

***Corresponding Author:**
Leila Zirjani
Email: *leilazirjani58@gmail.com*

ABSTRACT

Compared to most vegetables, mushrooms have a short shelf life after harvesting due to their metabolic activities and highwater content. This characteristic makes it susceptible to microbial spoilage and enzymatic browning. Therefore, it is very important to choose a suitable maintenance method. In this research, combined osmosis-hot air drying method was used, and button mushrooms were cut in three levels of 3, 5, and 7 mm, and three levels of salt osmotic solution concentration of 10, 20, and 30%, and three levels of retention time in osmotic solution one, they were dried for 2 and 3 h, in a laboratory hot air dryer at a temperature of 60°C and the samples were evaluated in terms of moisture and water reabsorption and sensory evaluation. The results showed that the best cut thickness for drying mushrooms is 5 mm, and the samples that were in the osmotic solution with a lower concentration had a higher water absorption than the rest of the samples, and the evaluation results also showed that the dried mushrooms with a thickness 5 mm, which is 3 h in 20% osmotic solution, has higher sensory characteristics in terms of taste, taste, aroma, smell, appearance color, firmness of texture and overall acceptance.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Button mushroom is known as a food item with high nutritional value, which has a short shelf life and after harvesting due to the absence of cuticle, high respiration rate, high humidity and intense enzyme activity, it quickly spoils and changes immediately after harvesting. Its color begins. Drying is one of the most common methods used to preserve mushrooms, but due to the changes that different drying methods have on the quality of the product, choosing the right drying method is very important. Osmotic drying is one of the drying methods that has received much attention in recent years. Osmotic drying is a process to remove part of the water in cellular materials (fruits and vegetables) by placing them in a concentrated or hypertonic solution. In fact, a multi-component mass transfer process occurs, in such a way that at the same time as the water is removed from the food, the osmotic agent or agents penetrate into the tissue (inside the cells or intercellular spaces), the amount of which is compared to the output water is very little. In this research, optimization of combined osmosis-hot air drying process was used to dry button mushroom slices.

Methodology

In this research, button mushroom in three cutting levels of 3, 5 and 7 mm and three concentration levels of salt osmotic solution of 10, 20 and 30% and three levels of staying in osmotic solution for 1, 2 and 3 hours in a hot air dryer They were dried in a laboratory at a temperature of 60 degrees Celsius and osmotic factors including: water loss percentage (WL), dissolved solids absorption percentage (SG) and weight loss percentage (WR) were measured and the effect of osmotic solution concentration and process time on osmotic factors and reabsorption of dried mushroom sheets was investigated. Also, the samples were examined in terms of drying kinetics. Experiments were performed in triplicate. The obtained data were analyzed with the help of SPSS statistical software, and the difference between the means was determined by ANOVA statistical method in the form of a completely random design at the 5% level. Sensory evaluation was also done by 5-point hedonic method.

Results and Discussion

In this research, the effect of osmotic solution concentration and osmotic process time on the final drying time of button mushroom slices and the effect of the thickness of button mushroom slices on drying time and quality characteristics of dried mushrooms were investigated. The optimal conditions of the process are determined based on the lowest amount of absorbed salt and the highest water output and the shortest process time. The results showed that with increasing concentration of osmotic solution, osmotic pressure and concentration difference between fungus and osmotic solution increases. Also, the higher the concentration of the osmotic solution, the more easily the moisture in the tissue is removed from the tissue. Therefore, the higher the concentration of the osmotic solution used, the lower the final moisture content and the higher the percentage of water removal from the tissue. As the concentration increases, the rehydration ratio of mushroom sheets decreases. In general, removal of water from materials with high humidity leads to blockage

of intercellular spaces. Therefore, they will absorb a small amount of water during rehydration and will have a firmer texture after cooking. In the osmotic process, at the same time as the humidity decreases from the mushroom, some solid materials from the osmotic solution penetrate into the mushroom sheets. Therefore, the texture is less damaged and the dry weight of the product increases. The permeability of the cell wall to water decreases due to the absorption and binding of soluble molecules to the cell wall

Conclusions

The process of osmotic dehydration due to the use of low temperature and less energy in processing as one of the appropriate methods of food processing and in many cases as an effective pre-process to prevent the imposition of large amounts of energy in the main process in food preservation and reducing Food waste is very important. The use of table salt in this process is an important issue due to its nature of creating osmotic pressure and also the compatibility of vegetables with the taste resulting from the process. The results showed that the best cut thickness for drying mushrooms is 5 mm, and the samples that were in the osmotic solution with a lower concentration for less time had higher water absorption than the rest of the samples, and the evaluation results also showed that the dried mushrooms with thickness 5 mm, which is 3 hours in 20% osmotic solution, has higher sensory characteristics in terms of taste, taste, aroma, smell, appearance color, firmness of texture and overall acceptance.

Acknowledgement (optional)

Although the optimal conditions obtained are favorable conditions, but in order to have a better product, things such as color and texture and other quality control tests, such as measuring vitamin C, sugar and salt, etc., should also be studied and investigated in future research. take

کارافن
فصلنامه علمی دانشگاه ملی مهارت
زمستان ۱۴۰۴، دوره ۲۲، شماره ۴، ۱۷۳-۱۶۰
آدرس نشریه: https://karafan.tvu.ac.ir/
doi:10.48301/KSSA.2025.454544.2895

بهینه‌سازی فرآیند خشک‌کردن قارچ دکمه‌ای به روش ترکیبی اسمز- هوای داغ

لیلا زیرجانی[1*]، فائزه همتی[1]، سمانه سوادی[1]

۱- گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۲۳
بازنگری مقاله: ۱۴۰۳/۰۸/۳۰
پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۹/۱۹

کلید واژگان:
قارچ دکمه‌ای
محلول اسمزی
خشک‌کردن ترکیبی
هوای گرم
بازجذب آب

***نویسنده مسئول:** لیلا زیرجانی
پست الکترونیکی:
leilazirjani58@gmail.com

چکیده

قارچ در مقایسه با بیشتر سبزیجات به علت فعالیت‌های متابولیکی و محتوای آبی بالا، پس از برداشت ماندگاری کوتاهی دارد. این ویژگی آن را برای فساد میکروبی و قهوه‌ای شدن آنزیمی مستعد می‌کند. بنابراین انتخاب یک روش نگهداری مناسب بسیار ضروری است. در این پژوهش از روش خشک‌کردن ترکیبی اسمز – هوای داغ استفاده شد و قارچ دکمه‌ای در سه سطح برش ۳، ۵ و ۷ میلی‌متر و سه سطح غلظت محلول اسمزی نمکی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد و سه سطح زمان ماندگاری در محلول اسمزی ۱، ۲ و ۳ ساعت در یک خشک‌کن هوای داغ آزمایشگاهی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک‌شدند و نمونه‌ها از نظر رطوبت و بازجذب آب و ارزیابی حسی مورد ارزیابی قرارگرفتند. نتایج نشان داد که بهترین ضخامت برش برای خشک‌کردن قارچ ۵ میلی‌متر است و نمونه‌هایی که زمان کمتری در محلول اسمزی با غلظت کمتری بودند باز جذب آب بالاتری نسبت به بقیه نمونه ها داشتند و نتایج ارزیابی نیز نشان داد که قارچ خشک شده با ضخامت ۵ میلی‌متر که میزان ۳ ساعت در محلول اسمزی ۲۰ درصد بوده ویژگی‌های حسی بالاتری از نظر طعم، مزه، عطر، بو، رنگ ظاهری، سفتی بافت و پذیرش کلی دارد.

شاپای الکترونیکی: ۴۴۳۰-۲۵۳۸
شاپای چاپی: ۹۷۹۶-۲۳۸۲

©2025 the authors. Published by National University of Skill, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC License) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

۱- مقدمه

استفاده از قارچ به‌عنوان یک ماده غذایی دارای قدمت زیادی است. در بین واریته‌های متفاوت قارچ، کمتر از ۲۵ گونه به‌عنوان غذا پذیرفته شده است و تعداد کمی دارای اهمیت تجاری هستند[۱]. قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) در بین انواع قارچ‌ها به طور گسترده‌تری در جهان کشت و مصرف می‌شود و سهمی در حدود ۴۰ درصد از تولید قارچ جهان را به خود اختصاص می‌دهد[۱و۲].

قارچ پس از برداشت بدلیل عدم وجود کوتیکول، سرعت بالای تنفس، رطوبت زیاد و فعالیت آنزیمی شدید دارای ماندگاری کمتری نسبت به سایر سبزیجات بوده و به سرعت فاسد می‌شوند و بلافاصله پس از برداشت تغییر رنگ آن‌ها آغاز می‌شود، لذا به دلیل گسترش زمان نگهداری، باید تحت فرآیند قرار گیرند. از این رو محققین روش‌های مختلفی نظیر استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته، منجمد کردن، خشک کردن، تیمار با محلول های آبی حاوی ترکیبات مهارکننده، فعالیت آنزیمی و بلانچ کردن را جهت نگهداری و افزایش زمان ماندگاری قارچ مورد بررسی قرار داده‌اند[۳ و ۴].

خشک‌کردن یکی از معمولترین روش‌هایی است که برای نگهداری قارچ مورد استفاده قرارگرفته است و برای انجام این فرآیند از خشک‌کن‌های مختلفی از قبیل خشک‌کن کابینتی هوای داغ، انجمادی، بستر سیال و خورشیدی استفاده شده است[۴].

در روش‌های خشک‌کردن علاوه بر تغییرات فیزیولوژیکی که در طول فرآیند خشک‌کردن اتفاق می‌افتد بر روی کیفیت تولیدات نیز مؤثر است، به ویژه زمان و درجه حرارت فاکتورهای مهمی هستند که در فرآیند خشک‌کردن بر بعضی صفات از جمله رنگ، بافت، حجم، تخلخل و جذب سطحی و ویژگی‌های مواد آب گرفته شده مؤثر هستند. ضمن خشک‌کردن میوه‌ها و سبزیجات فروپاشی سلولی اتفاق می‌افتد، که نتیجه آن انسداد بیشتر حفرات است که این پدیده فرآیند خشک‌کردن و به دنبال آن باز جذب آب را با مشکل مواجه می‌کند در طول خشک‌کردن با هوای داغ مقدار فروپاشی سلولی با مقدار افت رطوبت در طول فرآیند متناسب است، این فروپاشی روی آروما، ظرفیت و سرعت باز جذب آب نیز اثر منفی می‌گذارد[5]. برای حل این مشکل تکنیک‌های دیگر خشک‌کردن از قبیل خشک‌کردن انجمادی، پفکی و روش‌های ترکیبی مانند مایکروویو، مادون قرمز، میدان الکتریکی همراه با هوای داغ پیشنهاد شده‌اند که در این میان روش‌های ترکیبی گسترش زیادی پیدا کرده‌اند طبق گزارش محققان خشک کن انجمادی روش مناسبی جهت تولید محصولی با ساختار متخلخل و با کیفیت بالا می‌باشد، اما گران قیمت بوده و برای هر محصولی قابل استفاده نمی‌باشد[۴]. همچنین، گزارش شده که پیش‌تیمارهای متفاوت، مانند شستن با آب، غوطه‌وری در متابی‌سولفیت‌پتاسیم، قند و نمک به تنهایی یا در ترکیب با هم قبل از خشک‌کردن، می‌تواند به پایداری رنگ، افزایش نگه‌داری طعم و حفظ خصوصیات بافتی محصول کمک کند[6]. لذا بررسی و یافتن یک روش مناسب برای خشک‌کردن قارچ خوراکی که باعث تولید محصولی با کیفیت بالا شود ضروری به نظر می‌رسد.

یکی از روش‌های خشک‌کردن که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرارگرفته، خشک‌کردن اسمزی است. خشک‌کردن اسمزی فرآیندی برای حذف بخشی از آب موجود در مواد سلولی (میوه‌ها و سبزیجات) به وسیله قرار دادن آنها در یک محلول غلیظ یا هیپرتونیک است[۷]. این فرآیند شامل دو پدیده همزمان انتقال جرم در خلاف جهت همدیگر است با خروج آب از محصول، هم زمان شکر یا نمک وارد بافت می‌شود. هنگامی که محلول شکر به‌عنوان محلول اسمزی استفاده می‌شود، محصولی با کیفیت بهتر به‌دست می‌آید. شکر از یک سو به‌عنوان جلوگیری کننده از فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز عمل کرده و از سوی دیگر از خروج ترکیبات فرار طی خشک‌کردن تکمیلی جلوگیری می‌کند سرعت حذف آب طی خشک‌کردن 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[۱].

محدودیت مهم فرآیند آبگیری اسمزی نفوذ مقدار زیاد مادهٔ حل شوندهٔ اسمزی به‌داخل مادهٔ غذایی است که سبب مقاومت مادهٔ غذایی برای دفع آب در فرآیندهای بعدی خشک‌کردن می‌شود. برای اولین بار در سال ۱۹۶۶ محققان فرآیند اسمز را جهت خشک‌کردن میوه‌ها بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که میزان انتقال جرم با افزایش غلظت، دما و همزدن تسریع می‌یابد. از آنجا که آبگیری اسمزی فرآیند کاملی نیست به‌عنوان پیش فرآیند تلقی شده و به وسیله فرآیند های دیگر مانند روش‌های خشک‌کردن و یا انجماد به‌منظور افزایش عمر انباری محصول تکمیل می‌شود[۷]. در این پژوهش تأثیر پیش‌تیمار اسمزی نمکی در سه غلظت۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد با زمان‌های مختلف ۱، ۲ و ۳ ساعت روی برش‌های قارچ ۳، ۵ و ۷ میلی‌متر، مورد بررسی قرارگرفت و از فرآیند خشک‌کردن هوای داغ در دمای ۶۰ درجه به‌عنوان فرآیند تکمیلی استفاده شد.

۲- مواد و روشها

قارچهای دکمه‌ای تازه با نام تجاری ملارد از سوپر مارکت‌های محلی خریداری شد و به آزمایشگاه کنترل کیفیت صنایع غذایی دانشکده ملی مهارت دختران نیشابور منتقل شد و تا زمان انجام آزمایشات طی همان روز در یخچال نگهداری شد. قارچها از نظر اندازه درجه بندی شدند و قارچهای با قطر کلاهک ۳ تا ۵ سانتی‌متر برای آزمایش انتخاب شدند. سپس، ساقه‌های قارچ را جدا کرده، با آب شسته و آب سطحی آنها توسط دستمال گرفته شد. سپس با یک چاقوی تیز به صورت عمودی برش‌هایی به قطر ۳، ۵ و ۷ میلی‌متر به‌منظور افزایش سطح خشک‌کردن تهیه شد. و برای جلوگیری از تغییر رنگ برش‌های قارچ قبل از فرآیند در اسید سیتریک ۱٪ به مدت ۵ دقیقه قرارگرفت. برای تهیه محلول اسید سیتریک از پودر اسید سیتریک مرک استفاده شد. محلول‌های اسمزی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد نمکی با استفاده از نمک‌طعام ید دار با نام تجاری سونر، موجود در سوپر مارکت‌های محلی تهیه شد. برش‌های قارچ ابتدا وزن شدند و سپس در محلول اسمزی قرارگرفتند و در هر محلول اسمزی در زمان‌های مختلف ۱، ۲ و ۳ ساعت قرارگرفتند و بعد از آن که مدت زمان فرآیند اسمزی طی شد، مجدداً قارچها وزن شدند و درصد کاهش آب (WL) و درصد جذب مواد جامد محلول توسط نمونه (SG) با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شد[۸].

$$WR = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100 \qquad (۱)$$

$$SG = \frac{A_s - A_m}{A_0} \times 100 \qquad (۲)$$

$$WL = (\frac{A_0 - A_s}{A_0} \times 100) + SG \qquad (۳)$$

WR: درصد کاهش وزن، SG: درصد جذب مواد محلول، WL: درصد کاهش آب، A_0 : وزن اولیه نمونه A_t : وزن نمونه بعد از خشک‌شدن، A_m : وزن خشک شاهد، A_s : وزن نمونه بعد از اسمز

برای تعیین کارایی فرآیند اسمزی نسبت کاهش آب به جذب مواد نمونه‌های اسمزی محاسبه شد. افزایش این نسبت بیانگر کارایی بیشتر فرآیند اسمزی است.

و سپس برش‌های قارچ‌ها را روی توری پلاستیکی قرار داده و به آون یا خشک‌کن آزمایشگاهی مجهز به فن جابه جایی هوا در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد منتقل شد و برای بررسی سینتیک خشک‌کردن، هر نیم ساعت نمونه ها از آون خارج کرده در دسیکاتور سرد کرده و وزن کرده و رطوبت آن با استفاده از رابطه زیر اندازه‌گیری شد[۹]. این کار تا رسیدن به رطوبت حدود ۰/۰۵ درصد ادامه یافت.

$$MS = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (۴)$$

MS: درصد رطوبت بر مبنای خشک، m_2: وزن نمونه بعد از خشک‌شدن، m_1: وزن اولیه نمونه

قارچ‌های خشک شده بعد از اتمام فرآیند در بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلن قرارگرفت و تا زمان انجام آزمون‌های کنترل کیفیت در دمای اتاق نگهداری شدند. نمونه‌های خشک از نظر رطوبت و جذب مجدد آب مورد بررسی قرارگرفتند. برای اندازه‌گیری جذب مجدد آب، به این صورت عمل شد که ۲ گرم نمونه قارچ خشک شده را در ۵۰ میلی لیتر آب مقطر ریخته و به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق قرار داده و بعد از خروج از آب مقطر نمونه ها روی کاغذ صافی قرارگرفتند تا آب اضافی آنها خارج شود و سپس توزین شدند و با استفاده از رابطه زیر درصد جذب مجدد آب اندازه‌گیری شد[۷].

$$WA = \frac{m_s - m_k}{m_k} \times 100 \quad (۵)$$

WA: درصد جذب مجدد آب، m_s: وزن نمونه خیسانده شده ، m_k: وزن نمونه خشک شده

ارزیابی حسی به روش هدونیک ۵ نقطه ای توسط ۱۰نفر ارزیاب انجام شد[۱۰]. تجزیه و تحلیل آماری با بررسی اثر غلظت محلول اسمزی در سه سطح، زمان فرآیند اسمز در سه سطح و ضخامت برش‌ها، در سه سطح و در سه تکرار انجام شد. داده های بدست آمده به کمک نرم افزار آماری *SPSS* تجزیه و تحلیل شدند و اختلاف بین میانگین ها به روش آماری *ANOVA* در قالب طرح کاملاً تصادفی در سطح ۵ درصد تعیین شد.

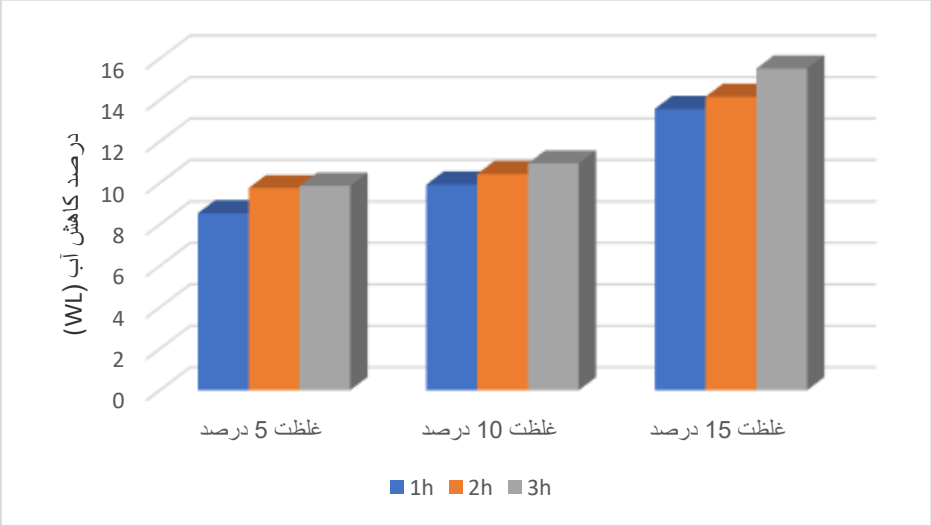
۳- نتایج و بحث

۳-۱- تأثیر غلظت محلول اسمزی و زمان فرآیند بر درصد کاهش آب (*WL*)، درصد جذب مواد جامد محلول (*SG*) و درصد کاهش وزن (*WR*)

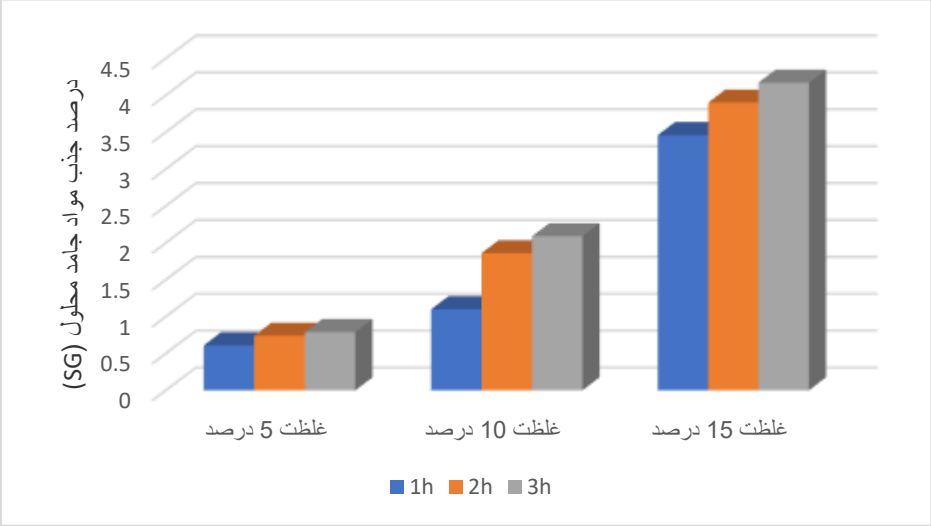
کاهش آب یک شاخص مهم انتقالی جرم در آب‌گیری اسمزی است که میزان کاهش رطوبت نمونه را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت محلول اسمزی و زمان فرآیند اسمزی میزان کاهش آب افزایش می‌یابد (شکل۱). در واقع با افزایش غلظت محلول اسمزی، گرادیان غلظت بین نمونه و محلول اسمزی افزایش یافته و در نتیجه رطوبت موجود در بافت نمونه با سهولت بیشتری از بافت خارج می‌شود[۱۱].

بررسی نتایج نشان داد که در واقع با افزایش غلظت محلول اسمزی، همزمان با حذف رطوبت از قارچ، جذب ماده جامد افزایش می‌یابد (شکل۲). که عمدتاً به دلیل تفاوت بالای غلظت بین نمونه قارچ و محلول اسمزی می‌باشد. با افزایش زمان نیز مقدار جذب نمک افزایش یافت. به مرور زمان که رطوبت از بافت قارچ به محلول اسمزی منتقل می‌شود، همزمان مقداری نمک وارد بافت قارچ شده، و البته این مسئله تا زمانی صورت می‌گیرد که تعادل بین خروج آب از

محصول و نفوذ عوامل اسمزی به درون آن ایجاد شود. با ادامه جذب ماده جامد به بافت در سطح محصول و کاهش گرادیان غلظت در سطح مشترک قارچ، محلول اسمزی، لایه ای مقاوم در برابر نفوذ شکل می‌گیرد[۱۲].



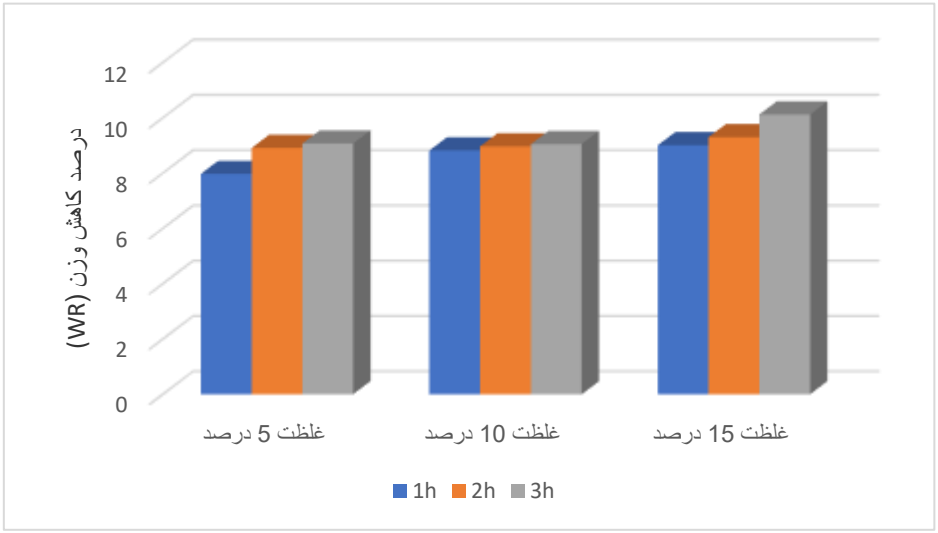
شکل۱: اثر غلظت محلول اسمزی و زمان فرایند اسمزی بر درصد کاهش آب(*WL*)



شکل ۲ : اثر غلظت محلول اسمزی و زمان فرآیند اسمزی بر درصد جذب مواد محلول (*SG*)

کاهش وزن، تفاوت مقدار مواد خارج شده و میزان مواد جامد جذب شده به نمونه در طی فرآیند آب‌گیری اسمزی را نشان می‌دهد. مقایسه میانگین ها نشان می‌دهد که در غلظت های مختلف افت وزنی تفاوت معنی‌داری نداشته اما با افزایش زمان غوطه‌وری در محلول اسمزی، مقدار افت وزنی نیز افزایش می‌یابد (شکل۳).

به طور کلی آنالیز آماری نتایج به‌دست آمده از آزمایش های انجام شده نشان دادند که با افزایش غلظت محلول اسمزی و زمان فرآیند اسمزی میزان خروج آب افزایش یافت. مقایسه نتایج اثر فاکتورهای فرآیند بر خروج آب نشان داد که مقدار خروج آب برای محلول‌های ۱۰ و ۱۵ درصد بالاترین مقدار بود ولی به دلیل نزدیکی مقدار خروج آب در این دو غلظت در زمان ۲ ساعت به نظر می‌رسد برای دستیابی به محصول سالم‌تر استفاده از محلول ۱۰ درصد مناسب‌تر است اما از آنجا که وجود نمک در قارچ خشک شده یا پودر شده مشکلات زیادی به همراه ندارد و امکان تنظیم میزان نمک در زمان استفاده از آن بر اساس فرمولاسیون غذا وجود دارد، لذا افزایش نمک عامل محدود کننده به شمار نمی‌آید[۱۳].



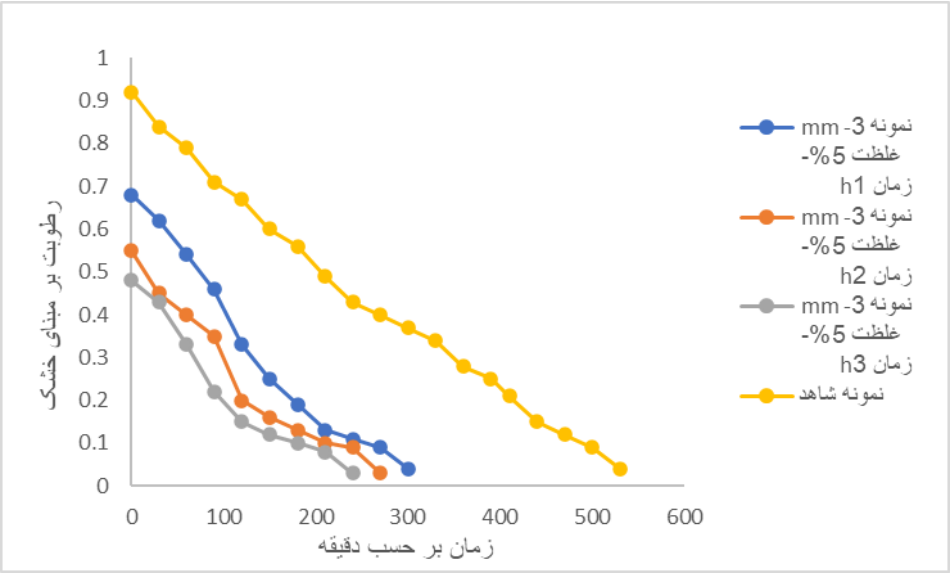
شکل ۳ : اثر غلظت محلول اسمزی و زمان فرآیند اسمزی بر درصد کاهش وزن

۲-۳- اثر غلظت محلول اسمزی و زمان فرآیند اسمزی بر جذب مجدد آب ورقه‌های قارچ خشک شده

نتایج نشان داد که غلظت محلول اسمزی بر میزان آب‌گیری مجدد نمونه‌ها مؤثر بود، به طوری که با افزایش غلظت محلول اسمزی توانایی آب‌گیری مجدد نمونه‌ها کاهش یافت. این امر احتمالاً به دلیل جذب مواد جامد در فرآیند اسمز می‌باشد و همین امر بر روی نفوذ پذیری سلولها تأثیر منفی می‌گذارد و دلیل آن اشباع شدن سریع لایه سطح بافت ماده غذایی با محلول اسمزی و آب‌گیری کمتر در مقایسه با بافت طبیعی ماده غذایی است و در نتیجه میزان آب‌گیری مجدد کاهش می‌یابد. با افزایش زمان تماس نمونه با محلول اسمزی نیز میزان جذب مجدد آب کاهش می‌یابد به این دلیل که همزمان با کاهش رطوبت از نمونه‌ها مقداری از مواد جامد از محلول اسمزی به درون نمونه وارد می‌شود و این امر منجر به انسداد فضاهای بین سلولی می‌شود، بنابراین میزان جذب مجدد آب کاهش می‌یابد. به طور کلی مشخص می‌شود که نمونه‌هایی که زمان کمتری در محلول اسمزی با درصد غلظت کمتری بوده‌اند میزان باز جذب آب بالاتری دارند[۱۴].

۳-۳-بررسی سینتیک خشک‌کردن

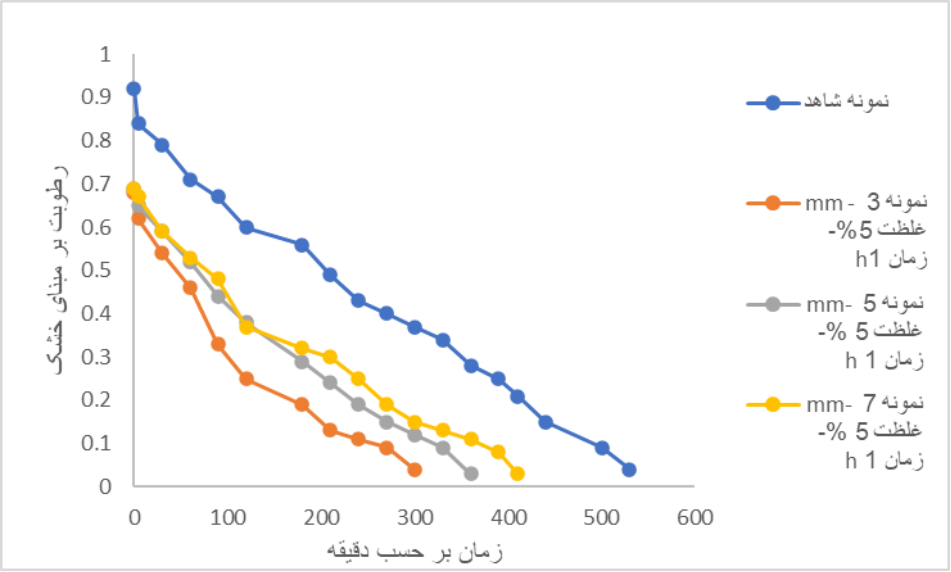
نتایج نشان داد که با انجام پیش‌تیمار اسمزی متوسط زمان خشک‌شدن در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافته‌است و این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار بود و دلیل این امر رطوبت اولیه کمتر نمونه‌های تیمار شده به روش اسمزی است و نیز تغییر در روزنه‌های ساختار سلولی در اثر آب‌گیری اسمزی و افزایش انتشار رطوبت، که زمان خشک‌کردن را کاهش می‌دهد. در ابتدای فرآیند به دلیل رطوبت بالاتر نمونه‌ها، سرعت خشک‌شدن بیشتر است و با ادامه فرآیند و با کاهش محتوای رطوبتی به دلیل کاهش آب آزاد و کاهش تخلخل، سرعت خشک‌کردن کاهش می‌یابد[۱۵]. کم‌ترین زمان خشک‌کردن مربوط به ضخامت ۳ میلی‌متر بود و با افزایش ضخامت برش‌ها زمان خشک‌کردن افزایش می‌یافت (شکل۵)، اما با در نظر گرفتن آزمونهای کیفی و ارزیابی حسی، بهترین ضخامت، ضخامت ۵ میلی‌متر است. با افزایش غلظت محلول اسمزی و افزایش زمان فرآیند اسمزی با توجه به کاهش رطوبت اولیه این انتظار می‌رفت که زمان خشک‌کردن کاهش یابد اما تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد(شکل ۴ و ۶).



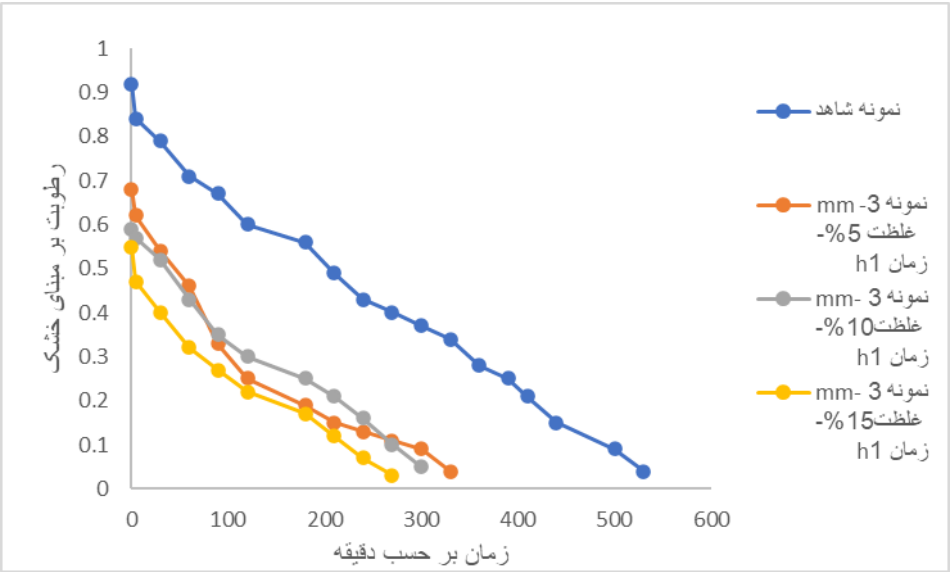
شکل ۴ : مقایسه نمودار خشک‌کردن برش‌های قارچ سه میلی‌متر شاهد و نمونه‌های تیمار شده در محلول اسمزی ۵ درصد با مدت ماندگاری ۱، ۲ و ۳ ساعت در محلول اسمزی

۴-۳- بررسی نتایج ارزیابی حسی

ارزیابی حسی به روش هدونیک ۵ نقطه ای، توسط ۱۵ نفر ارزیاب حسی آموزش دیده انجام شد. در ارزیابی حسی ویژگی‌های طعم و مزه، عطر و بو، رنگ ظاهری، سفتی بافت و پذیرش کلی، مورد ارزیابی قرارگرفت. برای هر ویژگی ۵ امتیاز در نظر گرفته شد. امتیازها به این صورت درجه‌بندی شدند که امتیاز ۱ خیلی بد، ۲ بد، ۳ قابل قبول، ۴ خوب و ۵ عالی بود. در نهایت امتیازها جمع شدند و نمونه‌ای که بیشترین امتیاز را کسب کرد، به‌عنوان بهترین نمونه از نظر ارزیابی حسی انتخاب شد. نتایج نشان داد که نمونه، با برش ۵ میلی‌متر و غلظت محلول اسمزی ۱۰ درصد و ۱ساعت ماندگاری در محلول اسمزی بیشترین امتیاز را از نظر ارزیابان کسب کرد و از نظر رنگ، بافت، طعم و مزه مورد قبول مصرف کننده است.



شکل ۵ : مقایسه نمودار خشک‌کردن نمونه‌های برش‌های قارچ با ضخامت ۳، ۵ و ۱۰ میلی‌متر شاهد و تیمار شده در محلول اسمزی ۵ درصد با ماندگاری ۱ ساعت در محلول اسمزی



شکل ۶ : مقایسه نمودار خشک‌کردن برش‌های قارچ ۳ میلی‌متر شاهد و تیمار شده در محلول اسمزی با غلظت های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد با زمان ماندگاری ۱ ساعت در محلول اسمزی

۴- نتیجه‌گیری

قارچ دکمه‌ای به‌عنوان یک ماده غذایی با ارزش غذایی بالا، بسیار حساس به عوامل محیطی است و به سرعت قهوه‌ای شده و به سرعت فاسد می‌شود. فرآیند آب‌گیری اسمزی به دلیل استفاده از دمای پایین و انرژی کمتر در فرآوری به‌عنوان یکی از شیوه‌های مناسب فرآوری موادغذایی و در بسیاری از موارد به‌عنوان یک پیش‌فرآیند مؤثر برای جلوگیری از تحمیل انرژی‌های زیاد فرآیند اصلی در نگهداری موادغذایی و کاهش ضایعات موادغذایی بسیار مورد توجه می‌باشد. استفاده از نمک‌طعام در این فرآیند به دلیل ماهیت ایجادکننده فشار اسمزی و همچنین سازگاری سبزیجات با طعم حاصل از فرآیند موضوع مهمی به شمار می‌آید. در این پژوهش تأثیر غلظت محلول اسمزی و زمان فرآیند اسمزی بر زمان نهایی خشک‌کردن ورقه‌های قارچ دکمه‌ای و تأثیر ضخامت برش‌های قارچ دکمه‌ای بر زمان خشک‌کردن و ویژگی‌های کیفی قارچ خشک شده مورد بررسی قرارگرفت. شرایط بهینه فرآیند بر اساس کم‌ترین مقدار نمک جذب شده و بیشترین خروج آب و کوتاه‌ترین زمان فرآیند تعیین شده است. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت محلول اسمزی، فشار اسمزی و اختلاف غلظت بین قارچ و محلول اسمزی افزایش می‌یابد. همچنین هر چه غلظت محلول اسمزی بیشتر باشد، رطوبت موجود در بافت با سهولت بیشتری از بافت خارج می‌شود. بنابراین هرچه غلظت محلول اسمزی به کار رفته بیشتر باشد، مقدار رطوبت نهایی کمتر و درصد حذف آب از بافت بیشتر خواهد بود غلظت محلول اسمزی تنها عامل مؤثر بر نسبت آب‌گیری مجدد ورقه‌های قارچ می‌باشد. با افزایش غلظت، نسبت آب‌گیری مجدد ورقه‌های قارچ کاهش می‌یابد. به طور کلی حذف آب از مواد با رطوبت بالا منجر به انسداد فضاهای بین سلولی می‌شود. بنابراین طی آب گیری مجدد مقدار کمی آب جذب می کنند و پس از پخته شدن بافت سفت تری خواهند داشت. در فرآیند اسمزی هم زمان با کاهش رطوبت از قارچ، مقداری مواد جامد از محلول اسمزی به درون ورقه‌های قارچ نفوذ می‌کند. بنابراین بافت آسیب کمتری می بیند و وزن خشک محصول نیز افزایش می‌یابد. نفوذ پذیری دیواره سلولی به آب به دلیل جذب و اتصال به مولکول‌های محلول به دیواره سلولی کاهش می‌یابد.

References

[1] Ebrahim, R. M., Kashaninezhad, M., Mirzaei, H. E., & Khomeiri, M. (2009). Effect of temperature, osmotic solution concentration and mass ratio on kinetics of osmotic dehydration of button mushroom (Agaricus bisporus). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, *16*(1-A).(In Persian)

[2] Salehi, F., Kashaninezhad, M., Sadeghi Mahounak, A., & Ziaiefar, A. (2021). Selection of the Best Kinetic Model in Drying of Button Mushroom by Infrared System. *Journal of Food Processing and Preservation*, *12*(2), 129-138. (In Persian)

[3] Gheybi, F. (2020). Ultrasonic mass transfer button mushroom after osmotic dehydration process. *Journal of food science and technology (Iran)*, *17*(98), 51-61. (In Persian)

[4] Salehi, F., KASHANINEJAD, M., Mahoonak, A., & Ziaiifar, A. (2017). Drying of button mushroom by infrared-hot air system. (In Persian)

[5] Singh, U., Jain, S. K., Doshi, A., Jain, H. K., & Chahar, V. K. (2008). Effects of pretreatments on drying characteristics of button mushroom. *International Journal of Food Engineering*, *4*(4).

[6] Esfandiari, K., & Safarzadeh, E. (2022). Economic Optimization of Drying Apple Slices by Response Surface Methodology. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, *18*(4), 111-122. (In Persian)

[7] Arianfar, A., Sarabi, J. M., & Niazmand, A. (2011). Effect of Edible Coating and Treatment Condition on Osmotic Dehydration of Button Mushroom (AGARICUS BISPORUS). (In Persian)

[8] Salehi, F., Kashaninejad, M., Sadeghi Mahoonak, A., & Ziaiifar, A. M. (2015). Modeling of Button Mushroom Drying Process by Infrared System. *Innovative Food Technologies*, *2*(4), 39-47. (In Persian)

[9] Ghanbari, M., & Sahraeian, M. (2020). Investigation and Analysis of Drying Kinetics of Carrot Layers with Microwave Oven. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, *17*(2), 127-134. (In Persian)

[10] Zirjani, L. (2022). Optimization of Low Calorie Cucumber Jam Production Process Using Natural Stevia Sweetener. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, *18*(4), 123-132. (In Persian)

[11] Park, K. J., Bin, A., Brod, F. P. R., & Park, T. H. K. B. (2002). Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (Pyrus communis L.). *Journal of Food Engineering*, *52*(3), 293-298.

[12] ASGHARI, B. Z., & Bassiri, A. (2010). Optimization of osmo-convective drying of edible button mushroom using response surface methodology. (In Persian)

[13] Mehta, B. K., Jain, S. K., Sharma, G. P., Mudgal, V. D., Verma, R. C., Doshi, A., & Jain, H. K. (2012). Optimization of osmotic drying parameters for button mushroom (Agaricus bisporus).

[14] Raftani Amiri, Z., & Afzalian, Z. (2021). The effect of osmotic pretreatment of white sugar, red sugar and licorice on the quality properties of dried white button mushroom

(Agaricus Bisporus). *Journal of food science and technology (Iran), 18*(112), 361-377. (In Persian)

[15] Aslnezhadi, S., & Peighambardoost, S. H. (2016). Studying drying kinetics of button mushroom pretreated by osmotic dehydration. *Iranian Journal of Biosystems Engineering, 47*(3), 569-575. (In Persian)