



NAISL

Volume 2, Number 3, 2018

Pages:81-86

Print ISSN: 2588-6401

Online ISSN: 2588-641X

Website: shaajournal.msrt.ir

A Review on Food Drying Techniques

Javad Feizy^{1*}, Arefeh Kordjazi²

Abstract

Drying is one of the oldest, most commonly and most economical methods for keeping food. Throughout history, the sun, the wind, and a smoky fire were used to remove water from fruits, meats, grains, herbs and other foods. Today, focusing on drying methods is focused on lower energy consumption and higher quality products. By definition, food drying is the process of removing water from food by circulating hot air through it, which prohibits the growth of enzymes and bacteria and increase shelf life of foods. Dried foods are tasty, nutritious, lightweight, easy-to-prepare, and easy-to-store. The final quality of the produced product should be considered as one of the most important indicators in the drying process. Determining and controlling the quality indices of the product such as color, taste, and texture can be very effective in maintaining and marketing the finished product. There are many methods for drying edible and non-edible products in the industry that are depend to the type of product in question, the benefits and disadvantages of the used method, existing facilities, and so on. In this research, some of food drying methods have been investigated in a laboratory scale, which include traditional drying, spray drying, freeze drying and drying in oven. The advantages and disadvantages of each method will also be mentioned.

Key Words:

Drying,
Traditional Drying,
Spray Drying,
Freeze Drying,
Oven

(*) Corrospoding author

1. Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran.

E-mail: j.Feizy@rifst.ac.ir

Tel: 05135425371

2. Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran.

E-mail: kordjazi.arefeh@gmail.com

Tel: 05135425366

مروری بر روش‌های خشک کردن مواد غذایی



نشریه رویکردهای نوین در
آزمایشگاه‌های علمی ایران
سال دوم، شماره ۳، ۱۳۹۷
صفحات ۸۶-۸۱
شاپای چاپی: ۶۴۰۱-۲۵۸۸
شاپای الکترونیکی: ۶۴۱X-۲۵۸۸
وبسایت: shaajournal.msrt.ir

جواد فیضی^{۱*}، عارفه کردجزی^۲

خشک کردن از قدیمی‌ترین، متداول‌ترین و اقتصادی‌ترین روش‌های نگهداری مواد غذایی است. در طول تاریخ، از خورشید، باد و دود دادن برای حذف آب از میوه‌ها، گوشت‌ها، دانه‌ها، گیاهان و انواع مواد غذایی استفاده می‌شد. امروزه تمرکز بیشتری بر روی روش‌های خشک کردن با مصرف انرژی کم‌تر و محصول باکیفیت‌تر معطوف شده است. خشک کردن، فرآیند حذف آب از ماده غذایی است که از فعالیت آنزیم و باکتری جلوگیری کرده ماندگاری مواد غذایی را افزایش می‌دهد. غذاهای خشک شده، خوشمزه، مغذی، سبک، با شرایط آماده‌سازی و نگهداری ساده هستند. کیفیت نهایی محصول تولید شده به عنوان یکی از شاخص‌های بسیار مهم در فرآیند خشک کردن باید مورد توجه قرار گیرد. تعیین و کنترل شاخص‌های کیفی محصول از جمله رنگ، مزه، طعم و بافت می‌تواند در نگهداری و بازاریابی محصول نهایی بسیار موثر باشد. روش‌های زیادی برای خشک کردن مواد غذایی در صنعت وجود دارد که متناسب با نوع محصول، فواید و معایب روش مورد استفاده، امکانات موجود و... مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق برخی از روش‌های خشک کردن مواد غذایی شامل خشک کردن سنتی، خشک کردن پاششی، خشک کردن انجمادی و خشک کردن در آون بررسی شده است. هم‌چنین به اختصار مزایا و معایب هریک از روش‌ها ذکر می‌شوند.

چکیده



عارفه کردجزی



جواد فیضی

واژگان کلیدی:

خشک کردن،
خشک کردن سنتی،
خشک کردن پاششی،
خشک کردن انجمادی،
آون

(*) مسئول مکاتبات.

۱. رئیس آزمایشگاه مرکزی و استادیار گروه ایمنی و کنترل کیفیت مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.

ایمیل: j.Feizi@rifst.ac.ir

تلفن: ۰۵۱۳۵۴۲۵۳۷۱

۲. آزمایشگاه فراوری مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.

ایمیل: kordjazi.arefeh@gmail.com

تلفن: ۰۵۱۳۵۴۲۵۳۶۶

برخوردار است. بنابراین، به کارگیری فناوری‌های جدید از قبیل خشک کردن به روش پاششی^۱، انجمادی^۲، آون خلا^۳ و... در جهت بالا بردن سرعت خشک شدن و افزایش ظرفیت خشک‌کن‌ها به همراه کاهش ضایعات و کاهش تلفات انرژی لازم است [۴]. در این تحقیق مروری بر برخی از روش‌های خشک کردن برای به دست آوردن فرآورده‌های کارآمد و محصول با کیفیت بهتر ارائه شده است. در این مقاله مروری بر روش‌های خشک کردن سنتی، هوای گرم، آون، خشک کردن پاششی و خشک کردن انجمادی خواهد شد.

۲. خشک کردن سنتی

محتوای بالای قند و اسید در میوه‌ها، خشک کردن آن‌ها در نور آفتاب را ساده می‌سازد. اما این روش برای خشک کردن سبزیجات و گوشت توصیه نمی‌شود. میزان قند و اسید سبزیجات کم است. این امر خطرات ناشی از فساد مواد غذایی را افزایش می‌دهد. مقدار بالای پروتئین در گوشت در شرایط عدم کنترل رطوبت و گرما منجر به ایده‌آل شدن شرایط برای فساد میکروبی می‌شود. برای خشک شدن در نور خورشید، روزهای گرم و خشک بهترین شرایط هستند. حداقل دمای مورد نیاز ۳۰ درجه سانتی‌گراد بوده و فرآیند خشک کردن در درجه حرارت بالا بهتر انجام خواهد شد. چندین روز طول می‌کشد تا مواد غذایی در محیط بیرون خشک شوند. از آن‌جا که آب و هوا غیر قابل کنترل است، خشک کردن سنتی می‌تواند منجر به بروز مشکلاتی از قبیل عدم کنترل رطوبت در ماده غذایی شود. هم‌چنین رطوبت بالا یک مشکل است. رطوبت کم‌تر از ۶۰ درصد برای خشک کردن سنتی مناسب است که اغلب این شرایط ایده‌آل در هنگام رسیدن میوه ممکن نیست. میوه‌هایی که به روش سنتی خشک می‌شوند در سینی‌های چوبی یا فلزی قرار داده می‌شوند. سینی فلزی باید برای تماس با ماده غذایی ایمن باشد. بهترین صفحه از فولاد ضد زنگ، فایبرگلاس پلاستیکی یا پوشیده شده با تفلون است. توری فلزی گالوانیزه، با کادمیوم یا روی پوشش داده شده است. این مواد می‌توانند اکسید شده و مواد مضر را روی مواد غذایی ایجاد کنند. هم‌چنین نباید از صفحات مس و آلومینیوم استفاده کرد. مس ویتامین C را کاهش و اکسیداسیون را افزایش می‌دهد. آلومینیوم تمایل به تغییر رنگ و خوردگی دارد. قفسه‌های چوبی برای ساخت خشک‌کن‌ها مناسب هستند. با این حال نباید از چوب سبز، کاج، سدر، بلوط یا چوب قرمز استفاده شود.

انجام عملیات فرآوری مناسب بر روی محصولات به منظور کاهش درصد فساد و افزایش عمر مفید آن از اهمیت زیادی برخوردار است. خشک کردن، یکی از قدیمی‌ترین روش نگهداری مواد غذایی است. در طول تاریخ از خورشید، باد و دود دادن برای حذف آب از میوه‌ها، گوشت‌ها، دانه‌ها و گیاهان استفاده می‌شده است. به تعبیری، خشک کردن، فرآیند حذف آب از ماده غذایی به وسیله گردش هوای داغ است که از رشد آنزیم‌ها و باکتری‌ها جلوگیری می‌کند. غذاهای خشک شده خوشمزه، مغذی، سبک، با شرایط آماده‌سازی و نگهداری ساده هستند. میزان انرژی ورودی و فضای ذخیره‌سازی در فرآیند خشک کردن از میزان مورد نیاز در فرآیند انجماد یا کنسرو کردن کم‌تر می‌باشد. کاملاً مشخص است که انواع روش‌های خشک کردن می‌توانند بطور کامل یا جزئی بر ماده غذایی اثر بگذارند. این عوامل باعث تغییرات فیزیکی مانند رنگ و بافت می‌گردد. آن‌ها هم‌چنین می‌توانند باعث واکنش‌های ناخواسته مانند تخریب ترکیبات مؤثر در آروما و مواد مغذی گردند. بنابراین داشتن یک روش مناسب برای خشک کردن، انتخاب مناسبی برای نگهداری ماده غذایی با ارزش خواهد بود. خشک کردن مواد غذایی موجب حفظ مواد مغذی می‌شود و با از بین بردن رطوبت لازم برای زندگی باکتری‌ها، مخمرها و کپک‌ها، از ماده غذایی محافظت می‌کند. ماده خام تازه در لحظه برداشت حاوی بیش‌ترین میزان مواد مغذی است، اما پس از برداشت محصول در معرض نور و هوا میزان مواد مغذی در آن کاهش می‌یابد. بنابراین، حداکثر حفظ مواد مغذی در صورتی خواهد بود که ماده غذایی درست پس از برداشت خشک گردد. میزان کاهش مواد مغذی در غذاهای خشک شده تجاری بین ۳۰ تا ۸۰ درصد برای ویتامین C و ۱۰ تا ۵۰ درصد برای ویتامین A متفاوت است. اگرچه خشک شدن موجب نابودی برخی از مواد مغذی مانند ویتامین C می‌شود، اما حذف آب موجب تغلیظ ماده و محتوای مواد مغذی بیش‌تر، فیبر غذایی و یا ویتامین‌ها و مواد معدنی در فضای کم‌تری می‌شود. خشک شدن باعث تغییر در خواص مواد غذایی از جمله بی رنگ شدن، از بین رفتن عطر، تغییرات بافتی، ارزش تغذیه‌ای و تغییر در ظاهر و شکل فیزیکی می‌شود. درجه حرارت بالاتر در خشک کردن باعث کاهش زمان خشک شدن می‌شود، اما ممکن است منجر به کیفیت پایین محصول، آسیب حرارتی به سطح و مصرف بیش‌تر انرژی شود. از طرف دیگر، شرایط خشک شدن با درجه حرارت پایین ممکن است کیفیت محصول را بهبود بخشد، اما سرعت خشک شدن را کاهش می‌دهد. بنابراین دوره خشک شدن طولانی‌تر می‌شود [۱۲]. امروزه روش‌های خشک کردن گسترش یافته‌اند. خشک کردن یکی از فرآورده‌های پر مصرف انرژی در صنایع می‌باشد [۳]. اجرای این فرآیند در مقیاس صنعتی با راندمان حرارتی بالا به به همراه حفظ کیفیت ماده خشک شونده از اهمیت بالایی

^۱Spray Dryer

^۲Freeze Dryer

^۳Vacuum Oven



آب داخل ماده غذایی را نیز کاهش می‌دهد که باعث گرادیان زیاد فشار بخار بین داخل ماده غذایی و سطح آن می‌گردد که باعث سرعت بالای خشک شدن می‌شود. بنابراین خلا کمک می‌کند که محصول در دمای کم‌تری نسبت به فشار اتمسفر خشک شود. همچنین عدم وجود هوا در طول خشک کردن، باعث کاهش اکسیداسیون می‌گردد. به دلیل این مزیت، رنگ، بافت، مزه و بوی محصول خشک شده هم بهتر خواهد بود [۱۰]. خشک کردن تحت خلاء خصوصاً برای محصولاتی مانند میوه‌های دارای مقدار زیاد قند هستند و سبزیجات خاص با ارزش بالا که نسبت به حرارت حساسند، مناسب است.

۵. خشک کردن پاششی

خشک کردن پاششی، فرآیند تبدیل مایع به جامد در یک مرحله است که کاربردهای گسترده‌ای در صنایع غذایی، دارویی، شیمیایی و فناوری نانو پیدا کرده است. این فرایند به عنوان یکی از روش‌های ممکن برای خشک کردن آب شور تغلیظ شده در سیستم پش‌تیبانی فضا برای بازیافت آب در نظر گرفته شده است. سایر کاربردهای ممکن شامل تولید نانو مواد (نانوذرات، نانوکاتالیست‌ها، نانوداروها) یا ذرات ریز و پودر می‌باشد.

اصول ساده فرآیند، پاشیدن یک مایع به یک جریان گاز داغ، تبخیر و خشک کردن قطرات و جداسازی و جمع‌آوری ذرات جامد از جریان گاز می‌باشد. این روند بسیار سریع و تماس محصول و گاز بسیار کوتاه است. درجه حرارت گاز به دلیل تبخیر فشرده به سرعت کاهش می‌یابد در حالی که دمای قطرات پایین است و بنابراین فرآوری محصولات حساس به گرما ممکن می‌گردد. حرکت قطرات و ذرات در مسیر جریان گاز در داخل خشک کن می‌باشد. دمای ذره در حین خشک شدن افزایش می‌یابد و ممکن است به دمای گاز خروجی برسد. سپس دمای گاز به دلیل سرد شدن بخش تبخیری به طور قابل توجهی کاهش یافته و محصول می‌تواند از نظر حرارتی ایمن باشد. مثلاً، محصولات حساس به گرما مانند واکسن‌ها می‌توانند با استفاده از دمای ورودی ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شوند [۱۶]. اندازه ذرات تولید شده، و جریان تعلیق و الگوهای آمیزه کردن مایع ممکن است در طراحی محفظه خشک کردن اسپری تاثیر بگذارد. برای ذرات بزرگ‌تر سرعت نشست ذرات باید در نظر گرفته شود، در حالی که ذرات ریز ممکن است جریان گاز را دنبال کنند، بنابراین پدیده آیرودینامیکی در محفظه خشک کردن می‌تواند باشد بحرانی باشد. محتوی در خشک کن پاششی می‌تواند محلول، سوسپانسیون، دیسپرسیون، امولسیون، ژل یا خمیر باشد، به شرط اینکه

این چوب‌ها پیچ و تاب دارند، مواد غذایی را آلوده کرده و یا باعث طعم نامطلوب در غذا می‌شوند. سینی‌ها روی قفسه‌ها قرار داده می‌شوند تا حرکات هوا در اطراف ماده غذایی افزایش یابد. از آن‌جا که ممکن است زمین مرطوب باشد بهتر است که قفسه یا صفحه روی یک سطح بتنی یا در صورت امکان بر روی ورق آلومینیوم یا قلع قرار گیرد. انعکاس خورشید بر روی فلز باعث افزایش دمای خشک شدن می‌شود. برای حفاظت ماده غذایی از دسترس پرندگان و حشرات، سینی با پارچه توری پوشانده می‌شود. میوه‌های خشک شده با این روش خورشید باید در طول شبانه‌روز تحت حفاظت باشد. هوای سرد شب می‌تواند رطوبت را به مواد غذایی اضافه کند، در نتیجه راندمان خشک کردن را کاهش می‌دهد [۶].

۳. خشک کردن با استفاده از هوای گرم

متداول‌ترین روش به کار رفته در زمینه خشک کردن مواد غذایی، خشک کردن با استفاده از هوای گرم اتمسفری می‌باشد. از معایب این روش، مصرف انرژی بالا و بازده پایین می‌باشد، به خصوص اگر ماده مورد نظر دارای آب فراوان و ضریب هدایت حرارتی پایین باشد [۲].

۴. خشک کردن در آون

آون با ترکیب فاکتورهای گرما، رطوبت کم و جریان هوا، به عنوان خشک کن استفاده می‌شود. آون برای خشک کردن گاه به گاه پوست میوه، چپیس موز یا برای نگهداری موادی مثل کرفس و قارچ مناسب است. خشک کردن در آون به مراتب آهسته‌تر از روش‌های دیگر است، زیرا در اغلب موارد دارای فن داخلی برای حرکت هوا نمی‌باشد. زمان مورد نیاز برای خشک کردن در آون تقریباً دو برابر روش‌های دیگر است. بنابراین، آون به عنوان یک ابزار خشک کن کارآمد نیست و از انرژی زیادی استفاده می‌کند [۶].

برای جلوگیری از کاهش کیفیت در روش سنتی، خشک کردن تحت خلاء به جای خشک کردن سنتی با هوای داغ صورت می‌گیرد. در طول خشک کردن تحت خلاء، مولکول‌های آب با انرژی بالا، به سرعت در سطح منتشر می‌شوند و در محیط خلاء تبخیر می‌گردند. به سرعت غلظت آب تبخیر شده را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، نقطه جوش



انجماد مواد و سپس کاهش فشار محیط سبب می‌شوند تا آب منجمد شده در ماده مستقیماً از فاز جامد به فاز گازی تصعید گردد. فرایند کامل خشک کردن انجمادی شامل چهار مرحله شامل پیش آماده‌سازی، انجماد، خشک کردن اولیه و خشک کردن ثانویه است (۵). در پایان عملیات مقدار آب باقیمانده نهایی حدود ۱ تا ۴ درصد است. در این تکنیک طعم، عطر و دیگر مواد مغذی عمدتاً بدون تغییر می‌مانند (۸) و (۱۱).

مرحله انجماد از لحاظ تاثیر بر غلظت، اندازه کریستال‌های یخ، سرعت خشک شدن اولیه و ثانویه مهم‌ترین مرحله معرفی شده است [۱۵]. در مرحله اولیه انجماد مهم‌ترین فاکتور محدود کننده، حرکت بخار آب از لایه خشک شده یا انتقال جرم است. مهم‌ترین عامل تاثیرگذار بر مرحله دوم خشک کردن، انتقال گرما از اطراف به ماده است [۱۷].

فاکتور مهم دیگر در خشک کردن انجمادی دمای انتقال شیشه‌ای ۶ می‌باشد. با اندازه‌گیری دمای انتقال شیشه‌ای، می‌توان شرایط نگهداری (دما و رطوبت) مطلوب برای محصول مورد نظر را تعیین کرد، به طوری که با نگهداری آن در دمایی کمتر از دمای انتقال شیشه‌ای از تغییر کیفیت آن جلوگیری می‌شود. در خشک کردن انجمادی فاز مایع یا به طور ناگهانی جامد می‌شود یا اینکه فاز مایع، رفته رفته ویسکوزتر می‌شود تا اینکه سرانجام به حالت ماده‌ای خشک در می‌آید. مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر روی کیفیت نمونه‌های خشک شده به این روش، فشار و گرمای مورد استفاده هستند [۱۳]. از آن جایی که خشک کردن انجمادی به ماده آسیب کمتری وارد می‌سازد نسبت به دیگر روش‌های خشک کردن که در دمایی بالاتر کار می‌کنند این مسئله یک مزیت به شمار می‌رود.

۷. نتیجه گیری

اگرچه خشک کردن یکی از پرکاربردترین روش‌های نگهداری مواد غذایی به شمار می‌رود، اما کیفیت نهایی محصول تولید شده به عنوان یکی از شاخص‌های بسیار مهم در فرآیند خشک کردن باید مورد توجه قرار گیرد. تعیین و کنترل شاخص‌های کیفی محصول از جمله رنگ، مزه، طعم و بافت می‌تواند در نگهداری و بازاریابی محصول نهایی بسیار موثر باشد. در روش خشک کردن سنتی مشکل آلودگی ماده به دلیل حضور در فضای باز و همچنین کاهش راندمان خشک شدن به دلیل نوسان رطوبت در طی

قابل پمپ و اسپری کردن باشد. علیرغم دمای بسیار بالایی محفظه خشک کننده، ذرات اسپری شده به واسطه از دست دادن رطوبت، در دمای بسیار پایین‌تری و برای زمان بسیار کوتاهی باقی می‌مانند. از این رو این روش خشک کردن اساساً به عنوان «خشک کردن دمای پایین» نیز شناخته می‌شود. محصول بدست آمده از این روش خشک کردن، حاوی ذرات ریزتر و توزیع اندازه ذره‌ای یکنواخت‌تر، ظاهر، بافت، مشخصه ریزش، تراکم پذیری، دانسیته توده‌ای، قابلیت پراکندگی و محلولیت بسیار مطلوبی می‌باشد. امروزه این تکنولوژی کاربردهای وسیعی در عرصه‌ی دارویی و غیردارویی پیدا کرده و برای تهیه ترکیبات قرص‌ها، واکسن، ویتامین‌ها، فرآورده‌های خونی، آنزیم‌ها، هورمون‌ها، جلبک‌ها و عصاره مخمر مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]. لذا کاربرد این روش محدود بوده و مواد غذایی به مفهوم عام را شامل نمی‌شود.

دو تکنیک اصلی در اسپری کردن ۴ عبارت است از خشک کردن با اسپری و منجمد کردن با اسپری. عملی که در خشک کردن با اسپری در درجه اول رخ می‌دهد تبخیر است، در حالی که در منجمد کردن با اسپری این فرایند تغییر فاز از مایع به جامد می‌باشد. این دو فرایند، به جز در مورد جریان انرژی، مشابه هستند. در مورد خشک کردن با اسپری، انرژی به قطرات اعمال می‌گردد و منجر به تبخیر حلال می‌گردد، در نتیجه هم انتقال انرژی و هم انتقال جرم از قطرات صورت می‌گیرد. در منجمد کردن با اسپری، انرژی فقط از قطرات برداشته می‌شود و موجب انجماد قطرات ذوب شده می‌گردد [۹]. فرآیند خشک کردن با اسپری عمدتاً شامل ۵ مرحله است: تغلیظ ۵، ریزسازی، تماس قطرات با هوا، خشک شدن قطرات و جداسازی (۹ و ۱۴).

خشک کردن پاششی یکی از رایج‌ترین و متداول‌ترین روش‌های ریزپوشانی است که از اواخر دهه ۱۹۵۰ تاکنون برای طیف وسیعی از مواد از جمله اسانس‌ها، اجزای غذایی فرا ویژه و دارویی، ترکیبات معطره و روغن‌های با مصارف خاص به کار می‌رود [۷].

اساس ریزپوشانی به روش خشک کردن پاششی شامل تهیه امولسیون روغن در آب ماده هسته و پاشش آن در هوای گرم محفظه خشک کن می‌باشد. با تبخیر حلال، قطرات هسته در شبکه جامدی از ماده دیواره گرفتار شده و به این ترتیب ریزکپسول‌ها تشکیل می‌شوند. نظر به این که زمان خشک کردن در این فرآیند کوتاه است، دمای هسته چندان افزایش نمی‌یابد، بنابراین می‌توان برای ریزپوشانی اجزای حساس به حرارت از آن استفاده کرد.

۶. خشک کردن انجمادی

از دیگر تکنیک‌های خشک کردن، خشک کردن انجمادی است. در این تکنیک

^۱spray congealing

^۲Atomization

^۳Glass Transition



- co-crystallization. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 29: 645-647.
- [8] Desobry, S. A., Netto, F. M., & Labuza, T. P. (1997). Comparison of Spray-drying, drum-drying and freeze-drying for b-carotene encapsulation and preservation. *Journal of Food Science*, 62 (6): 1158-1162.
- [9] Gohel C. M., Parikh K.R., Nagori S.A., Bariya H.S., Gandhi V.A. (2009). Spray Drying: A Review, *Pharmainfo*, 2009, [online] article review available at <http://www.pharmainfo.net/reviews/spray-drying-review>.
- [10] Gunasekaran, S. (1999). Pulsed microwave-vacuum drying of food materials"; *Drying Technology*, 17(3): 395-412.
- [11] Kaushik, V., & Roos, Y.H. (2007). Limonene encapsulation in freeze-drying of gum arabic-sucrose-gelatin systems. *LWT-Food Science and Technology*, 40:1381-1391.
- [12] Kumar C Karim, MA Mohammad UHJ. (2014). Intermittent Drying of Food Products: A Critical Review *Journal of Food Engineering*, 121, 48-57.
- [13] Liapis, A. I., Bruttini, R. (1995). Freeze-drying of pharmaceutical crystalline and amorphous solutes in vials: dynamic multi-dimensional models of the primary and secondary drying stages and qualitative features of the primary and secondary drying stages and qualitative features of the moving interface. *Drying Technology*, 13 (1), pp. 43-72.
- [14] Patel R.P., Patel M.P. Suthar, M. (2009). Spray drying technology: an overview, *Indian Journal of Science and Technology*. 10: 244-247.
- [15] Pikal, M. J., Lyophilization. In: Dekker, M. (2001). *Encyclopedia of pharmaceutical Technology*, Vol 6.
- [16] Roser B. (2005). Sterile spray drying for stable liquid 21st century pharmaceuticals, *Innov. Pharm. Technol.*, 19, 50-54.
- [17] Searles, J. A., Carpenter, J. F., Randolph, T. W. (2001). The ice nucleation temperature determines the primary drying rate of lyophilization for samples frozen on a temperature-controlled shelf. *Journal of pharmaceutical Sciences*, 90 (7), pp. 860-871.

زمان وجود دارد. زمان خشک کردن در فرآیند خشک کردن پاششی کوتاه است، بنابراین می‌توان برای ریزپوشانی اجزای حساس به حرارت از آن استفاده کرد. مزیت خشک کردن انجمادی این است که نسبت به دیگر روش‌های خشک کردن که در دمای بالاتر کار می‌کنند به ماده آسیب کمتری وارد می‌سازد ولی هزینه خشک کردن بالاتر است. خشک کردن در آون ساده، اما آهسته‌تر از روش‌های دیگر است. بنابراین به عنوان یک ابزار خشک کن که کارآمد نیست و از انرژی بیشتری استفاده می‌کند، شناخته می‌شود. روش‌های زیادی برای خشک کردن مواد غذایی وجود دارد. لذا، انتخاب روش خشک کردن به نوع ماده غذایی و استفاده آن در فرآیندهای بعدی بستگی دارد.

۸. مراجع

- [۱] ادیب کیا، خسرو، برزگر جلالی، محمد، جوادزاده، یوسف، ماهری اسفنجانی، حسین (۱۳۹۱). مروری بر روش‌ها و کاربردهای فرآیند خشک کردن با اسپری. *علوم دارویی*، دوره ۱۸، شماره ۲، ۱۳۲.
- [۲] پهلوانزاده، حسن، و رستمی، ابولفضل (۱۳۸۲). اثر جریان الکتریکی مایکروویو پالسی بر خشک کردن مواد غذایی. *نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران*. ۲۲(۲)، ۱۷-۷.
- [۳] پهلوانزاده، حسن (۱۳۸۷). پتانسیل‌های صرفه جویی مصرف انرژی در فرآیندهای خشک کردن. دومین همایش ملی انرژی، تهران، کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران، معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو.
- [۴] مولا، داریوش، هنرور، بیژن، سیف کردی، علی اکبر، سلطانی، محمد، و باستانی، داریوش (۱۳۸۹). مطالعه آزمایشگاهی خواص فیزیکی سیب زمینی در یک خشک‌کن ترکیبی با منابع حرارتی همرفتی و مادون قرمز. *نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران*. ۲۹(۱)، ۹۳-۸۱.
- [5] Abdelwahed, W., Degobert, G., Stainmesse, S., & Fessi. H. (2006). Freeze-drying of nanoparticles: formulation, process and storage considerations. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 58: 1688-1713.
- [6] Ahmed, N., Singh, J., Chauhan, H., Gupta Anisa Anjum, P., Kour., H. (2013). Different Drying Methods: Their Applications and Recent Advances, *International Journal of Food Nutrition and Safety*, 4(1), 34-42.
- [7] Beristain, C.I., Vazquez, A., Garcia, H.S., & Vernon-Carter, E.J. (1996). Encapsulation of orange peel oil by

