

کاربرد فناوری‌های نوین خشک کردن در فرآوری و نگهداری آبزیان با تاکید بر ماهیان خاویاری

ذبیح اله بهمنی*، فاطمه نوغانی بهمیری^۱

۱- مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. بندرانزلی، گیلان، ایران. کدپستی: ۴۱۶۶۶۱-۶۹۱۶

چکیده

عمرماندگاری ماهیان خاویاری بدلیل داشتن پروتئین، رطوبت، اسیدهای چرب غیراشباع بالا و بافت پیوندی کم، بسیار کوتاه است و اگر در شرایط مناسب و سرد (یخچال یا فریزر) نگهداری نشوند، به سرعت فاسد می‌شوند. یکی از روش‌های جلوگیری از فساد و نگهداری طولانی مدت آبزیان، خشک کردن آنها است. خشک کردن ماهی به صورت سنتی و یا استفاده از فناوری‌های نوین، جهت تولید انواع محصولات از ماهیان خاویاری و سایر ماهیان مانند موتو، کیلکا و ساردین، در فرآیند تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجایی که، حدود ۸۰ درصد وزن بدن ماهیان از آب تشکیل شده است، بنابراین دارای فعالیت آبی بالایی می‌باشند و خیلی زود فاسد می‌شوند. در مناطق جنوبی ایران به ویژه شهرهای بندرلنگه، جاسک، قشم و غیره، فرآیند خشک کردن به دلیل گرم بودن هوا به طور سنتی با قرار دادن ماهیان ریز در زیر نور مستقیم خورشید به مدت تقریبی ۷ الی ۱۰ روز انجام می‌شود. روش‌های نوین خشک کردن مانند خشک کردن با میکروویو یا اولتراسوند، خشک کردن در میدان الکتریکی بالا، خشک کردن توسط مادون قرمز، خشک کردن با پمپ حرارتی، خشک کردن با خلاء اولتراسونیک و غیره نسبت به روش‌های سنتی دارای کارایی بالاتر، تولید محصول با کیفیت، صرفه جویی در مصرف انرژی، صرفه اقتصادی، حفظ محیط زیست و افزایش بهره برداری از منابع شیلاتی می‌شود. از خشک کن بستر سیال جهت تولید بیسکویت که از پروتئین تغلیظ شده ماهی خاویاری استفاده شد، بیسکویت تولید شده با ۷ درصد FPC بهترین ویژگی کیفی را داشت.

کلمات کلیدی: ماهی خشک، روش‌های نوین، آبزیان، فساد، ارزش غذایی، ماهی خاویاری

^۱ * نویسنده مسئول: zabihbahmani@gmail.com

بیان مسئله

کار گرفته می شود. غذاهای خشک دارای مزایای متعددی شامل افزایش ارزش غذایی، ماندگاری طولانی محصول، کاهش نیاز به بسته بندی، فضای نگهداری و هزینه حمل و نقل کمتر، در دسترسی در تمام طول سال و در نهایت تنوع محصول برای مصرف کنندگان ارائه می دهند (Marbade *et al.*, 2024; Moses *et al.*, 2014). منظور از خشک کردن ماهی، گرفتن رطوبت از محصول است که با دور کردن آب در دسترس (a_w) از میکروارگانیسم های عامل فساد سبب استحکام بافت گوشت ماهی و ایجاد لایه نسبتاً سخت در سطح محصول از خروج رطوبت باقیمانده داخلی جلوگیری نموده، و در نتیجه مانع ایجاد محیط مناسب برای رشد و نمو باکتری ها در پروتئین یا مواد ترشح شده از گوشت ماهی می شود (Zhang *et al.*, 2017). خشک کردن ماهی به عنوان یک روش سنتی، ساده ترین روش حفاظتی برای نگهداری ماهی شناخته شده است که در این روش از مکانسیم عمل خورشید و باد برای خشک کردن تبخیری استفاده می شود (Ashie *et al.*, 1996). در سال های اخیر، خشک کردن مصنوعی با فناوری های نوین و کنترل شده ماهی در برخی از کشورهای صنعتی توسعه یافته است تا خشک کردن ماهی بدون توجه به شرایط آب و هوایی انجام شود (Zhang *et al.*, 2017). در فرآیند خشک کردن، حذف آب نیاز به ورودی انرژی حرارتی دارد. در طول خشک شدن، تغییرات غیرقابل برگشتی رخ می دهد و ماهی خشک شده به حالت اولیه خود باز نمی گردد. خشک کردن طی دو مرحله مجزا انجام می شود. در مرحله اول، رطوبت سطحی از ماهی خارج می گردد که سرعت خشک شدن به شرایط هوای اطراف ماهی (رطوبت نسبی، دما و غیره) بستگی دارد. اگر شرایط هوای اطراف ثابت بماند، سرعت خشک شدن ثابت خواهد ماند. این مرحله "دوره نرخ ثابت" نامیده می شود. هنگامی که تمام رطوبت سطح از بین رفت، مرحله

تعداد گونه های ماهیان خاویاری در جهان ۲۷ گونه است. این ماهیان که به خانواده تاس ماهیان تعلق دارند، در مناطق مختلف جهان از جمله رودخانه ها و دریاچه های مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری، مناطق نزدیک به قطب و سواحل اوراسیا و آمریکای شمالی یافت می شوند. در دریای خزر نیز ۶ گونه از ماهیان خاویاری وجود دارد که ۵ گونه از آنها از ماهیان ممتاز جهان هستند. میزان صید و پرورش ماهیان خاویاری در ایران حدود ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ تن برآورد می شود (سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۳). ماهیان خاویاری به دلیل وجود پروتئین بالا و اسیدهای آمینه ضروری، اسیدهای چرب غیراشباع و امگا-۳، دارای ارزش تغذیه ای بالایی هستند. از طرفی، وجود پروتئین بالا و بافت پیوندی کم، اسیدهای چرب غیر اشباع، میزان رطوبت و فعالیت آبی زیاد، باعث عمر ماندگاری کم و فسادپذیری آنها می شود (Zhang *et al.*, 2017). روش های مختلفی برای نگهداری ماهیان طی سالیان متمادی و فعالیت های علمی و کارهای پژوهشی به صورت سنتی و صنعتی اجرایی شده است که یکی از این موارد خشک کردن است که در کل یا بخشی از فرآیند تولید محصول مورد استفاده قرار می گیرد. خشک کردن قدیمی ترین و یکی از مهم ترین روش های فیزیکی نگهداری مواد غذایی است. معمولاً اصطلاح "خشک کردن" به معنای حذف آب از طریق تبخیر است. هدف آن کاهش رطوبت مواد غذایی می باشد و عمدتاً برای غذاهایی استفاده می شود که "بسیار فاسد شدنی" هستند. وجود آب برای فعالیت همه موجودات زنده ضروری است و حذف آن باعث کند شدن یا توقف فعالیت میکروبی، آنزیمی و خودهضمی می شود، در نتیجه به عنوان یک فناوری جهت عمل آوری و نگهداری ماهیان خاویاری به

پایدار، در توسعه صنایع شیلاتی کشور و افزایش بهره برداری از منابع شیلاتی می تواند، مؤثر باشد (Cheng et al., 2021).

روش های نوین خشک کردن

خشک کردن با استفاده از مایکروویو

تشعشعات مایکروویو بخشی از طیف الکترومغناطیسی است که برای کاربردهای غذایی از طول موج های ۱ میلی متر تا ۱ متر و فرکانس های ۹۱۵ و ۲۴۵۰ مگاهرتز استفاده می گردد. مایکروویوها ماهیتی غیریونیزه دارند و مفهوم کاربرد انرژی مایکروویو به عنوان یک فناوری نسل چهارم در نظر گرفته می شود (شکل ۱). تمایل به حذف آب به کمک مایکروویو افزایش یافته است. برخلاف روش های خشک کردن معمولی، در مایکروویو، انرژی گرمایش مستقیماً از طریق برهمکنش های مولکولی با میدان الکترومغناطیسی به ماده تحویل می شود (Bala and Mandol, 2001). این اصل گرمایش دی الکتریک شامل دو مکانیسم اساسی است: چرخش دو قطبی و برهمکنش یونی- رسانایی یونی، که به ضریب انتقال و اثر تخریب دی الکتریک محصول وابسته است. پارامترهای اصلی فرآیند، ترکیبات سطح زمان - توان مورد استفاده هستند. از جمله پارامترهای مهم محصول، میزان رطوبت محصول و خواص دی الکتریک آن است. خشک کردن مواد غذایی مختلف به کمک مایکروویو نتایج بسیار خوبی از جمله؛ ۲۵ تا ۹۰ درصد کاهش در زمان خشک کردن، ۴۰۰ تا ۸۰۰ درصد افزایش در سرعت خشک کردن و ۳۲ تا ۷۱ درصد کاهش در مصرف انرژی در مقایسه با روش های سنتی خشک کردن، مصرف انرژی کمتر، کیفیت بهتر محصول، حتی بهتر از غذاهای خشک شده منجمد، نیاز به فضای کف کمتر و کنترل کلی فرآیند بهتر را نشان داده است (Wang et al., 2014).

دوم خشک کردن شروع می شود و این بستگی به سرعتی دارد که می توان رطوبت را به سطح ماهی برساند. با کاهش غلظت رطوبت در ماهی، سرعت حرکت رطوبت به سطح کاهش می یابد و سرعت خشک شدن کندتر می شود. این مرحله "دوره نرخ کاهش" نامیده می شود (Qiu et al., 2019). در این مقاله به اهمیت و مزایای خشک کردن ماهیان خاویاری و محصولات حاصل از آنها، روش های سنتی و مدرن خشک کردن از جمله خشک کردن زیر نور خورشید، مایکروویو، میدان الکتریکی بالا یا الکترومیدرودینامیک، مادون قرمز، پمپ حرارتی و خلاء اولتراسونیک اشاره گردیده است.

معرفی دستاورد

فناوری های نوین خشک کردن

یکی از کاربردهای فناوری خشک کردن در مقیاس تجاری استفاده در تولید محصولات غذایی متعدد می باشد. فرآیند خشک کردن معمولی به شکل رسانا و همرفتی انتقال حرارت متکی است، اما این روش ها به محصول بی کیفیت و آلودگی بالاتر ختم می شوند. این امر منجر به توسعه خشک کن هایی می شود که ظرفیت فرآیند خشک کردن کارآمدتر و مطمئن تر را دارند (Hei and Sarojnalini, 2012). در سال های اخیر، پیشرفت های بسیاری در ارتباط با فناوری خشک کردن صنعتی مواد غذایی از جمله توسعه پیش تصفیه کن ها، تکنیک ها و تجهیزات جدید صورت گرفته است. تحقیقات اخیر نشان داده است که روش های نوین خشک کردن مانند خشک کردن به کمک مایکروویو یا اولتراسوند، خشک کردن با میدان الکتریکی بالا، خشک کردن مادون قرمز، خشک کردن با پمپ حرارتی، خشک کردن با خلاء اولتراسونیک و غیره می تواند برای بهبود کارایی فرآیند و محصول با کیفیت و حداقل انرژی مورد نیاز استفاده شود. همچنین ترویج روش های نوین و مقرون به صرفه خشک کردن ماهی، ضمن ایجاد اشتغال



۲- خشک کن ماهی با استفاده از انرژی خورشیدی (Boziaris, 2014)



شکل ۱. خشک کن مایکروویو (Shahriar et al. 2022)



۳- خشک کردن سنتی ماهی با نور خورشید (Boziaris, 2014)

خشک کردن خورشیدی

از انرژی خورشیدی در سراسر جهان برای خشک کردن محصولات غذایی (غلات، گوشت، ماهی، میوه و سبزیجات) به صورت سنتی و صنعتی استفاده می شود (شکل ۲ و ۳). در روش خشک کردن خورشیدی سنتی برخلاف روش سنتی از تجهیزاتی برای جمع آوری تابش خورشید به منظور مهار مواد رادیواکتیو استفاده می شود. استفاده از این انرژی خورشیدی جهت خشک کردن مواد غذایی باعث صرفه جویی در مصرف انرژی، حفظ محیط زیست، کیفیت خوب محصول با کنترل گرمای رادیواکتیو می شود (Boziaris, 2014; Kontominas et al., 2021).

خشک کردن با میدان الکتریکی بالا

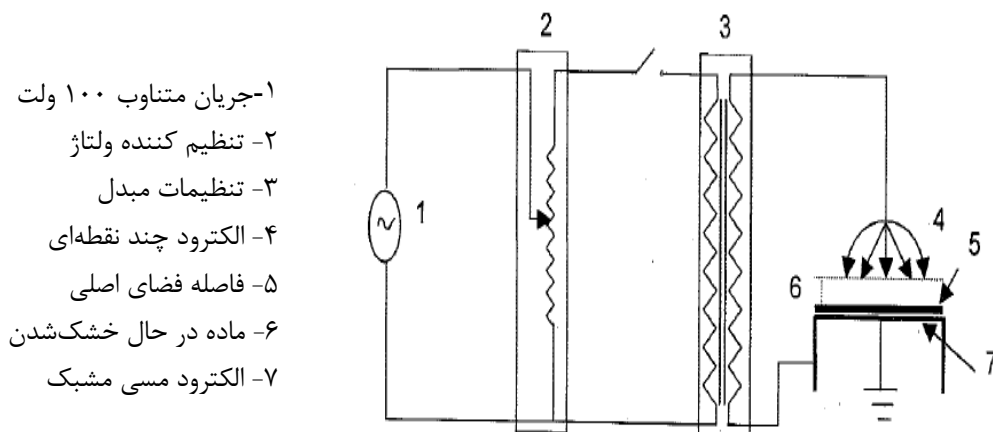
در خشک کردن با میدان الکتریکی بالا^۴ یا الکترو هیدرودینامیک^۴، جریان متناوب (CA) یا جریان مستقیم (CD) با شدت بالا و فرکانس نرمال (حدود ۶۰ هرتز) برای حذف رطوبت در طول خشک کردن استفاده می شود (شکل ۴). تفاوت پتانسیل تولید شده بین الکترودها اثرات مستقیمی را با سرعت خشک شدن نمونه نشان داد.

^۴ Electro hydrodynamic (EHD)

^۴ High Electric Field (HEF)

خشک کردن میدان الکتریکی بالا خطر قهوه‌ای شدن کمتری را نشان می‌دهد. خشک کردن میدان الکتریکی بالا در مقایسه با روش‌های خشک کردن معمولی، بازده انرژی بالا، کاهش زمان خشک کردن و نیاز به توان کمتر را ارائه می‌دهد. ویژگی‌های برتر کیفیت محصول خشک میگو در مقایسه با خشک کردن در فر (Bai and Sun, 2011). این فرضیه را که میدان الکتریکی بالا روشی امیدوارکننده برای خشک کردن غذاهای دریایی است، حمایت می‌کند. نتایج مشابهی از مطالعات انجام شده بر روی ماهیچه اسکالوپ و ماهی ماکرل اسپانیایی گزارش شد (Bai et al., 2011, 2012).

برهمکنش گرمازا میدان الکتریکی در مواد غذایی دی الکتریک منجر به تبخیر سریع می‌شود. اثر گرمایش در نتیجه جریان ثانویه ناشی از میدان الکتریکی ایجاد می‌شود. این به عنوان "جریان یونی" نامیده می‌شود. به طور خلاصه، این روش جابجایی اجباری را با استفاده از تزریق یونی ایجاد می‌کند و به دنبال آن شتاب بعدی بین الکترودها ایجاد می‌شود. پارامترهایی مانند اندازه الکترودها، قدرت میدان الکتریکی و فاصله بین الکترودها تعیین کننده اصلی کارایی فرآیند خشک کردن هستند. خشک کردن با میدان الکتریکی بالا یک تکنیک خشک کردن همرفتی است که می‌تواند به طور مؤثر رطوبت محصول را حذف کند و در عین حال اجزای حساس به حرارت از جمله اسید اسکوربیک را حفظ کند. به عنوان یک روش خشک کردن غیر حرارتی،



- ۱- جریان متناوب ۱۰۰ ولت
- ۲- تنظیم کننده ولتاژ
- ۳- تنظیمات مبدل
- ۴- الکترودها چند نقطه‌ای
- ۵- فاصله فضای اصلی
- ۶- ماده در حال خشک شدن
- ۷- الکترودهای مسی مشبک

شکل ۴. خشک‌کن میدان الکتریکی بالا (Bajgai et al. 2006)

خشک کردن مادون قرمز

تابش مادون قرمز بخشی از طیف الکترومغناطیسی است که بین ۰/۷۵ تا ۱۰۰۰ لیترا در طول موج متغیر است (شکل ۵). به عنوان یک تکنیک فرآوری مواد غذایی، دارای چندین مزیت از جمله ظرفیت انتقال حرارت بالا، کنترل فرآیند بهتر و گرمایش یکنواخت می‌باشد. برخورد انرژی فروسرخ بر روی مواد غذایی بدون گرم کردن هوای اطراف، بارهایی را در حالت‌های الکترونیکی، ارتعاشی و چرخشی در سطوح اتمی و مولکولی ایجاد می‌کند. منحصربه‌فرد بودن خشک کردن مادون قرمز، این است که خشک کردن مادون قرمز منجر به توزیع یکنواخت دما، به زمان راه‌اندازی و ماندگاری کمتری نیاز است (Pawar and Pratape, 2017).



شکل ۵. خشک‌کن مادون قرمز (Pawar and Pratape, 2017)

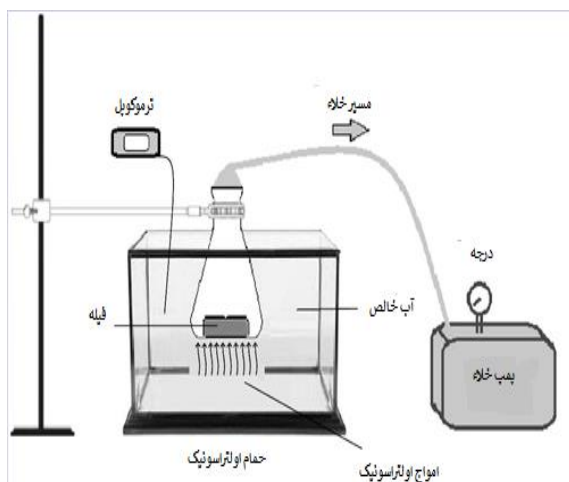
خشک کردن انجمادی

نهان تراکم بخارات را به گرمای محسوس جریان هوای عبوری از کندانسور تبدیل کنند. اجزای اصلی سیستم خشک‌کن پمپ حرارتی شامل یک شیر انبساط، دو مبدل حرارتی (اوپراتور و کندانسور) و یک کمپرسور و یک اتصال خشک کن است. اوپراتور به عنوان رطوبت‌گیر و کندانسور به عنوان گرم کننده عمل می‌کند. اخیراً، منابع پمپ حرارتی شیمیایی و هیبریدی (مایکروویو، مادون قرمز و فرکانس رادیویی) برای بهبود کارایی فرآیند توسعه یافته‌اند. دمای خشک کردن و رطوبت هوا در سیستم‌های خشک‌کن پمپ حرارتی را می‌توان کنترل نمود. این باعث شده است که خشک‌کن‌های پمپ حرارتی برای محصولات کشاورزی، دارویی و همچنین برای کالاهای بسیار حساس به گرما مناسب باشند. Shi و همکاران (۲۰۰۸)، پیشنهاد کردند که خشک کردن با پمپ حرارتی بهترین روش برای تولید مواد غذایی با رطوبت متوسط، به ویژه برای کاربرد در فرآوری ماهی است. پیشرفت‌های اخیر در فن‌آوری خشک‌کن‌های PHD با استفاده از نور خورشید برای محصولات کشاورزی را بررسی کرده‌اند که به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر برای خشک کردن تاکید شده است (Fadhel et al., 2011).

در این تکنیک از انجماد و تصعید مستقیم رطوبت از محصول به منظور تأثیر بر خشک کردن استفاده می‌شود. خشک کردن در این روش در دمای بسیار پائین انجام می‌شود. این روش خشک کردن بسیار کارا بوده و از طریق تصعید فرآورده در شرایط خلاء انجام می‌شود (Adeye, 2019). بطور گسترده‌ای برای خشک کردن فرآورده‌های آبی، بویژه غذاهای دریایی غنی از ترکیبات حساس به حرارت (مانند تولید ترکیبات پپتیدی و آنزیم‌ها) استفاده می‌شود. امروزه، روش خشک کردن انجمادی از بهترین روش‌های خشک کردن است؛ چرا که حداقل آسیب را به ساختمان و ترکیب ماده غذایی وارد می‌کند (Duan et al., 2016).

خشک‌کردن پمپ حرارتی^۵

برخلاف سایر سیستم‌های خشک‌کن که نیاز به فناوری جدید و سرمایه‌گذاری دارند، خشک‌کن‌های پمپ حرارتی (شکل ۶) را می‌توان با تغییرات کمی در سیستم‌های تبرید موجود توسعه داد. از این رو، رایج‌ترین واحدهای پمپ حرارتی مورد استفاده، سیستم‌های حلقه بسته می‌باشد که بر اساس اصل ترمودینامیکی چرخه تراکم بخار کار می‌کنند. خشک‌کن‌های پمپ حرارتی این قابلیت را دارند که گرمای



شکل ۷. خشک کن خلاء اولتراسونیک (Baslar et al., 2015)



شکل ۶. خشک کن پمپ حرارتی (Fadhel et al., 2011)

خشک کردن بستر سیال

در سیستم خشک کردن بستر سیال، هوا اجازه می‌دهد از بستر مواد جامد در جهت بالا با سرعتی بیشتر از سرعت ته‌نشینی ذرات جامد عبور کند. عمدتاً روی سیال شدن مواد جامد کار می‌کند. از آنجایی که، هوای گرم از پایین سیستم با فشار بالا وارد می‌شود، ذرات جامدی که باید خشک شوند، در حالت معلق در جریان هوا قرار می‌گیرند. انتقال حرارت با تماس مستقیم بین مواد جامد و هوای گرم انجام می‌شود. مایع تبخیر شده توسط هوای گرم منتقل می‌شود (Sivakumar et al., 2016; Majumder et al., 2022;) در فرآیند تولید بیسکویت از فیله ماهی خاویاری (*Acipeneser sinensis*) از خشک کن بستر سیال (Air blast dryer, Box Model DHG-9070A, Shanghai Constant Scientific Instrument Limited, Shanghai, China) با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲ ساعت برای فیله‌های اسلایس شده به ابعاد ۱/۵ سانتیمتر استفاده شد (Abraha et al., 2018).

خشک کردن با خلاء اولتراسونیک

فرآیند اولتراسوند به طور گسترده‌ای به عنوان یک روش اولیه برای تسریع در خشک شدن استفاده می‌شود. استفاده از اولتراسوند (شکل ۷) تداوم غشاها را قطع می‌کند و در نتیجه سرعت انتقال جرم بین سلول و محیط خارج سلولی آن را افزایش می‌دهد. روش خشک کردن ماهی با کمک اولتراسوند در طول فرآیند پیوسته است و به عنوان یک درمان اولیه به طور مثبت بر روند خشک کردن باعث بهبود کیفیت محصولات خشک شده و کاهش مصرف انرژی می‌گردد. اولتراسوند را می‌توان برای بهبود ضریب انتقال حرارت همرفتی یا افزایش انتقال جرم برای محصولات فرآیندهای مختلف استفاده کرد. ترکیب خشک کردن در خلاء با استفاده از اولتراسوند می‌تواند به عنوان یک فناوری کامل برای افزایش راندمان و کاهش زمان خشک کردن در نظر گرفته شود. در این روش از مزایای هر دو فرآیند خلاء و اولتراسوند برای کوتاه نمودن دوره خشک شدن محصولات استفاده می‌گردد (Baslar et al., 2015).

خشک کردن با بخار فوق گرم

خشک کردن با بخار فوق گرم، یک روش خشک کردن مستعد برای صرفه جویی در انرژی بوده، و از تماس اکسیژن اتمسفر با محصول جلوگیری می کند. به نظر می رسد کیفیت محصول را از طریق به تأخیر انداختن برخی واکنش های فساد بهبود می بخشد. در این روش از بخار فوق گرم در یک خشک کن همرفتی بجای هوای داغ استفاده می شود، احتراق یا گاز دودکش به عنوان محیط گرم کننده حرارت مورد نیاز برای خشک کردن و از بین بردن رطوبت حاصل از تبخیر را تأمین می کند (Wang et al., 2011).

توصیه های ترویجی

- خشک کردن یک فرآیند مهم برای حفظ کیفیت مواد غذایی و افزایش عمر مفید است. روش های مختلف خشک کردن برای مواد غذایی به ویژه فرآورده های شیلاتی موجود است که هر کدام مزایا و معایب خاص خود را دارند. روش های خشک کردن سنتی (آفتاب، خورشیدی، خشک کردن در کوره با هوای گرم) ساده برای استفاده هستند. اما بازده انرژی پایین و زمان خشک شدن طولانی تری دارند. بنابراین، بر رنگ، طعم و محتوای مواد مغذی محصولات خشک تأثیر منفی می گذارد.

- برخی از روش های پیشرفته خشک کردن (خشک کردن در انجماد، مایکروویو، پمپ حرارتی و خشک کردن با آب) دامنه وسیعی را برای تولید محصولات خشک با بهترین کیفیت ارائه می دهد. روش های نوین خشک کردن که برای فرآوری و نگهداری ماهیان به ویژه ماهیان خاویاری ذکر شده اند، به دلیل کنترل بهتر و دقیق فرآیند، کاهش زمان خشک کردن و کیفیت بالاتر

محصول، می توانند گزینه بهتری در مقایسه با روش های سنتی در نظر گرفته شوند. زیرا علاوه بر بالا بردن عمر ماندگاری، یک بسته بندی مدرن مناسب ترین راهکاری است که می تواند سبب افزایش درآمد و اشتغال پایدار فعالان این صنعت شود.

- با این حال، توسعه اقلام جدید غذای خشک مانند تولید غذاهای تفتنی (بیسکویت، چیپس، پروتئین تغلیظ شده و غیره) از گوشت ماهیان به ویژه ماهیان خاویاری با استفاده از تکنیک های جدید، چالش های مختلفی از جمله درک مصرف کننده، تأیید فناوری جدید و حفظ کیفیت فیزیکی، حسی و تغذیه ای غذاها را به همراه دارد.

- فن آوری های نوین خشک کردن و نگهداری مواد غذایی مورد توجه صنعتی قرار گرفته است و این پتانسیل را دارد که جایگزین روش های سنتی و قدیمی نگهداری شود، زیرا این صنعت به دنبال پایدارتر شدن از نظر اقتصادی و زیست محیطی است.

تشکر و قدردانی

از همکارانم در مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان صمیمانه سپاسگزارم.

منابع

سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۳. سالنامه آماری شیلات. ۶۷ صفحه.

Abraha, B., Mahmud, A., Admassu, H., Habte-Tsion, H.M., Xia, W. and Yang, F., 2018. Production of biscuit from Chinese sturgeon fish fillet powder (*Acipenser sinensis*): A snack food for

- Duan, X., Yang, X., Ren, G., Pang, Y., Liu, L. and Liu, Y., 2016. Technical aspects in freeze-drying of foods. *Drying Technology*, 34(11), pp.1271-1285.
- Fadhel, M.I., Sopian, K., Daud, W.R.W. and Alghoul, M.A. 2011. Review on advanced of solar assisted chemical heat pump dryer for agriculture produce. *Renew Sustain Energy Rev*, 15(2), pp. 152–1168.
- Hei, A. and Sarojnalini, C., 2012. Proximate composition, macro and micro mineral elements of some smoke-dried hill stream fishes from Manipur, India. *Nature and Science*, 10(1), pp. 59-65.
- Kontominas, M.G., Badeka, A.V., Kosma, I.S. and Nathanailides, C.I., 2021. Innovative seafood preservation technologies: Recent developments. *Animals*, 11(1), pp. 92.
- Majumder, P., Deb, B., Gupta, R. and Sablani, S.S., 2022. A comprehensive review of fluidized bed drying: Sustainable design approaches, hydrodynamic and thermodynamic performance characteristics, and product quality. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 53, pp. 102643.
- Marbade, P.P., Thakur, V.K., Painkra, A. and Devi, N., 2024. Traditional and Advanced Methods of Fish Drying. In *Dry Fish: A Global Perspective on Nutritional Security and Economic Sustainability*, pp. 31-44. Cham: Springer Nature Switzerland.
- Moses, J.A. and Norton, T., Alagusundaram, K. and Tiwari, B.K., 2014. Novel drying techniques for the food industry. *Food Engineering Reviews*, 6, pp. 43-55.
- Pawar, S.B. and Pratape, V.M., 2017. Fundamentals of infrared heating and its application in drying of food materials: A review. *Journal of food process engineering*, 40(1), pp. e12308.
- Qiu, X., Chen, S. and Lin, H., 2019. Oxidative stability of dried seafood products during processing and storage: A review. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28(3), pp. 329-340.
- Rasheed, B.H., Noori, S.F., Abas, S.M. and Krishnan, S.N., 2023. Fluidized Bed Dryer with food processing Application Using Exploratory Data Analysis. *IIRJET*, 9(2).
- children. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27(10), pp.1048-1062.
- Adeyeye, S.A.O., Ashaolu, T.J. and Babu, A.S., 2022. Food drying: A review. *Agricultural reviews*, 1(8), pp.1-8.
- Ashie, I.N.A., Smith, J.P., Simpson, B.K. and Haard, N.F., 1996. Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 36(1-2), pp. 87-121.
- Bajgai, T.R., Vijaya Raghavan, G.S., Ngadi, M.O., Hashinaga, F. 2006. Application of high electric field in drying: review. *West Indian Journal of Engineering*, 29(1), pp. 61-72.
- Bala, B.K. and Mondol, M.R.A., 2001. Experimental investigation on solar drying of fish using solar tunnel dryer. *Drying technology*, 19(2), pp. 427-436.
- Bai, Y.X. and Sun, B., 2011. Study of electro hydrodynamic (EHD) drying technique for shrimps. *J Food Process Preserv*, 35(6), pp. 891–897.
- Bai, Y., Sun, B. and Yang, G., 2011. Drying characteristics of Spanish mackerel during electro hydrodynamic (EHD) drying. In *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2011 Asia-Pacific*. IEEE, pp. 1–4.
- Bai, Y.X., Yang, G.J., Hu, Y.C., Qu, M., 2012. Physical and sensory properties of electro hydrodynamic (EHD) dried scallop muscle. *J Aquat Food Prod Technol*, 21(3), pp. 238–247.
- Baslar, M., Kilicli, M. and Yalinkilic, B., 2015. Dehydration kinetics of salmon and trout fillets using ultrasonic vacuum drying as a novel technique. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, pp. 495-502.
- Boziaris, I.S. ed., 2014. *Seafood processing: Technology, quality and safety*. John Wiley & Sons.
- Cheng, S., Su, W., Yuan, L. and Tan, M., 2021. Recent developments of drying techniques for aquatic products: With emphasis on drying process monitoring with innovative methods. *Drying technology*, 39(11), pp. 1577-1594.

Shahriar, M.F., Joardder, M.U. and Karim, A., 2022. Recent trends and future potential of microwave-assisted fish drying. *Drying Technology*, 40(16), pp.3389-3401.

Shi, Q., Xue, C.H., Zhao, Y., Li, Z.J. and Wang, X.Y., 2008. Drying characteristics of horse mackerel (*Trachurus japonicas*) dried in a heat pump dehumidifier. *J Food Eng*, 84(1), pp. 12–20.

Sivakumar, R., Saravanan, R., Perumal, A.E. and Iniyar, S., 2016. Fluidized bed drying of some agro products–A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, pp. 280-301.

Wang, Y., Zhang, M. and Mujumdar, A.S., 2011. Trends in processing technologies for dried aquatic products. *Drying Technology*, 29(4), pp. 382-394.

Wang, Y., Zhang, L., Johnson, J., Gao, M., Tang, J., Powers, J.R. and Wang, S., 2014. Developing hot air-assisted radio frequency drying for in-shell macadamia nuts. *Food Bioprocess Technol*, 7(1), pp. 278–288.

Zhang, M., Chen, H., Mujumdar, A.S., Tang, J., Miao, S. and Wang, Y., 2017. Recent developments in high-quality drying of vegetables, fruits, and aquatic products. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(6), pp. 1239-1255.

Application of modern drying technologies in the processing and preservation of aquatic animals with emphasis on sturgeon

*Zabiholah Bahmani*¹, Fatemeh Noghani Bahambari¹*

1-National Fish Processing Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Anzali port, Iran.

*Corresponding Author: zabihbahmani@gmail.com

Abstract

The shelf life of sturgeon fish is very short due to its high protein, moisture, polyunsaturated fatty acids (PUFA) and low connective tissue, and if it is not stored in appropriate and cold conditions (refrigerator or freezer), it spoils quickly. One of the methods of long-term preservation of aquatic animals is drying them. In the past, when refrigeration systems for cooling and freezing fish were not yet common, drying and salting all types of fish of large and small sizes was very vital. Drying fish using new technologies is now practiced in all fish, especially in small fish, including Moto, Kilka, and sardines. These fish are easy to catch and dry due to their small size and high nutritional value. Small fish often live in shallow seas and are caught by fishermen in the fall and spring. Since about 80 % ww is made up of water, they will have a lot of water activity and will spoil very quickly. One way to prevent spoilage of aquatic animals is to dry them. In the southern regions of Iran, especially the cities of Bandar Lengeh, Jask, Qeshm, etc., the drying process is traditionally carried out under direct sunlight for approximately 7 to 10 days due to the hot weather. This article discusses the importance and benefits of drying fish and new drying methods, including microwave, high electric field or electro hydrodynamic, infrared, heat pump, and ultrasonic vacuum. Using a fluid bed dryer to produce biscuits using concentrated sturgeon protein, the biscuits produced with 7% FPC had the best quality characteristics.

Keywords: Dried fish, Modern methods, Aquatic animals, Spoilage, Nutritional value, Sturgeon