روش های سنتی و نوین خشک کردن ریز ماهیان، ساردین و موتو ماهی، در استان هرمزگان – مناطق صیادی جزیره قشم

مهران یاسمی[1]، بهروز محمدزاده[2]، سیدسهیل قائم مقامی[3]*

استاد تمام شیلات موسسه آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران. ایران.

[2] استادیار، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، گلستان، ایران.

[3] استادیار، دامپزشکی، موسسه آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران. ایران.

تاریخ دریافت: مهر ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۴۰۲

چکیده

خشک کردن ماهی یکی از روش‌های مهم و رایج نگهداری ماهی در سراسر دنیاست که به روش‌های سنتی و نوین قابل اجراست. ماهی ساردین و موتو از مهمترین ماهیان ترکیب صید سطح زی در جزیره قشم می باشند، بطوریکه با میزان صید بیش از ٥٤ هزار تن در سال، در توسعه اقتصادی این جزیره نقش مهمی را ایفا می نمایند .میزان بالای صید ماهیان سطح‌زی ریز و رایج بودن تولید فرآورده خشک شده از این ماهیان در سواحل جنوب ایران، از مزایای بالقوه توسعه خشک کردن ماهی در سواحل جنوبی ایران است.گرچه فناوری های جدیدی همچون خشک کردن با هوای داغ(آون)، مایکروویو، بخار فوق گرم، اشعه مادون قرمز، پمپ حرارتی، خشک کردن تحت خلاء ،خشک کردن انجمادی و ترکیبی از این فناوری ها در سال های اخیر بسیار مورد توجه بوده اند، لیکن خشک کردن سنتی و با استفاده از نور خورشید، هنوز متداولترین روش خشک کردن ریز ماهیان در مناطق گرمسیری وساحلی دنیا درمهمترین مناطق صید ماهیان سطح زی خصوصا جزیره قشم می باشد. شناخت مزایا و معایب روش‌های نوین و سنتی می‌تواند به تعیین رویکرد مناسب در توسعه صنعت خشک کردن ماهی در جزیره قشم کمک نماید.

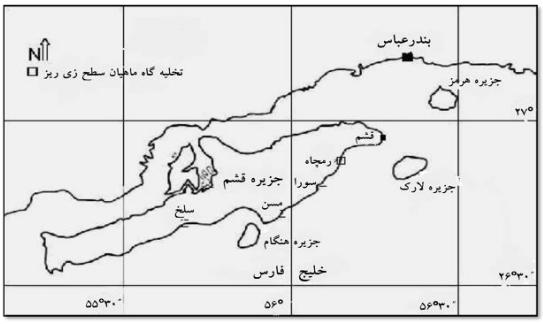
کلمات کلیدی: خشک کردن بانور خورشید، خشک کردن با هوای داغ، ماهیان سطح‌زی، جزیره قشم ،ساردین و موتوماهیان

* نویسنده مسئول: yasemi_m@yahoo.com

مقدمه

ساردین‌ماهیان و موتوماهیان جزو راسته شگ‌ماهی شکلان[1] طبقه‌بندی می‌شوند(یاسمی،م ۱۳۸٦). از میان گونه-های مختلف ماهیان سطح‌زی ریز، تنها تعداد اندکی ازآنها در ایران که اهمیت اقتصادی دارند، توسط صیادان مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند (سالنامه آماری شیلات، ۱۳۹۵-۱٤۰۰).

شکل۱ : نمونه ماهیان ساردین و موت در جزیره قشم، به منظور تهیه فرآورده خشک



شکل ۲-نقشه جغرافیایی تخلیه گاه های سطح زیان ریز در آبهای ساحلی جنوب جزیره قشم

گوشت ماهی سرشار از پروتئین، ویتامین ها، مواد معدنی و اسیدهای چرب غیراشباع مورد نیاز بدن است. پروتئین ماهی به دلیل داشتن تمامی اسیدهای آمینه ضروری و عوامل محرک رشد اثر مهمی در ترمیم بافت‌ها و سلامتی و شادابی انسان و به طور کلی رشد بدن دارد. افزایش آگاهی مردم نسبت به فواید مصرف آبزیان سبب افزایش توجه و مصرف این مواد غذایی شده است (Zakipour et al., 2011; Neiva et al., 2011). ماهی و محصولات شیلاتی به سرعت فاسد می‌شوند، اما روش‌های نگهداری همچون خشک کردن می‌تواند با کاهش میزان آب، مانع فعالیت میکروبی، شیمیایی و فسادهای بیوشیمیایی شود و مدت ماندگاری را افزایش دهد (Shaviklo et al., 2011). برای حفظ کیفیت آبزی و خواص غذایی آن، روش‌های ذخیره سازی و فرآوری نظیر خشک کردن به-وسیله نور خورشید در بسیاری از فرهنگ‌ها به طور گسترده ایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Clark and Goldblith., 1975; Rodrigo et al., 1998). در واقع روش خشک کردن به عنوان قدیمی ترین روش نگهداری ماهی شناخته شده است. خشک کردن روشی برای جلوگیری از فساد ماهی، ضرر و زیان اقتصادی و کاهش کیفیت بعد از جمود نعشی است. همچنین دارای مزایای همچون تولید محصول در زمان کوتاه، تهیه پروتئین ارزان، افزایش مدت زمان ماندگاری و کیفیت ماهی، حمل و نقل آسان به بازار، قابل اجرا توسط صیادان، قابل استفاده در آب و هوای مناسب، عمل آوری و بهداشت آسان است. خشک کردن با استفاده از حرارت سبب حذف آب از غذا و بنابراین سبب متوقف کردن یا کند کردن رشد میکروارگانیسم‌ها می‌شود. منظور از خشک کردن ماهی، گرفتن رطوبت از محصول است کـه با دور کردن آب در دسترس (a_w) از میکروارگانیسم‌های عامـل فساد (Ashie et al., 1996)، باعث استحکام بافت گوشـت مـاهی و ایجـاد لایـه نسبتاً سخت در سـطح محصـول از خـروج رطوبـت باقیمانـده داخلی جلوگیری نموده، و در نتیجه مانع ایجاد محیط مناسـب برای رشد و نمو باکتری‌ها در

[1] - Clupeiformes

پروتئین یا مـواد ترشـح شـده از بدن ماهی شده (Eyo., 2001) و در مقایسه با برخی فرآورده‌های عمل‌آوری‌شده، موجب تغییرات حسی مطلوبی نیز در فرآورده می‌شود(Andres *et al*., 2005; Mol *et al*., 2010). تأکید شده اسـت کـه محصـول خشـک بهتـر اسـت در سردخانه همراه با بسته بندی در شرایط معمولی ایرپـک تحت خلاء و یا اتمسفر اصلاح (Van *et al*., 2007; Guizani *et al*., 2008) شـده باشد. در مقایسه با روشهای دیگر حفظ مـاهی‌هـا و سـایر مـواد غذایی، خشـک کـردن بـه عنـوان سـاده‌تـرین روش حفـاظتی شناخته می‌شود چرا که تجهیزات مورد استفاده بـرای خشک کردن، ارزان، مقرون به صرفه و آسان برای مدیریت است (AKO and Salihu., 2004; Hedayatifard., 2016). فرآورده‌های خشک تهیه شده از ماهی در دمای محیط پایدار هستند و برای فرآوری آنها به ماشین آلات خاصی نیاز نمی‌باشد (Mustapha *et al*., 2014) و چنانچه ماهی بطور مناسب خشک شده باشد، یکی از فرآورده‌های اصلی عرضه شده ازماهیان در بازار مصرف می‌باشد (Hightower and Brown., 2011). این فرآورده در تمام ایام سال به دلیل این که برای نگهداری طولانی مدت به روش خاصی نیاز ندارد، در دسترس می‌باشد(Siddique and Mojumder., 2012). با توجه به حمل و نقل ضعیف پس از برداشت، عدم وجود تسهیلات فرآوری و نگهداری گونه‌های ماهی_کمتر بهره بردای شده_روش‌هایی همچون خشک کردن برای تهیه فرآورده از این گونه‌ها توصیه می‌شود(یاسمی،م ۱۳۸٦). سطح زیان بخش بزرگی از صید آبزیان آبهای جنوب کشور را تشکیل می‌دهند و در سال ۱٤۰۰ به میزان ۱۰۰۵۹۰تن صید شده‌اند(سالنامه آماری شیلات، ۱۳۹۵-۱٤۰۰). اغلب این ماهیان جزء ماهیان کمتر بهره برداری بوده و فرآیند خشک کردن می‌تواند در نگهداری و ایجاد ارزش افزوده در این گروه از ماهیان نقش مهمی ایفا نماید. از این رو و با توجه به اینکه روش خشک کردن رایج در کشور، خشک کردن با استفاده از نورآفتاب و به صورت سنتی می‌باشد، در مقاله پیش رو فرآیند خشک کردن، روش‌های سنتی و مدرن معرفی شده و به مزایا و معایب آنها پرداخته می‌شود. شایان ذکر است، ترویج روش‌های نوین و مقرون به صرفه خشک کردن ماهی، ضمن ایجاد اشتغال پایدار، در توسعه صنایع شیلاتی جنوب کشور و افزایش بهره برداری از منابع شیلاتی می‌تواند موثر باشد.

روش کار

روش سنتی خشک کردن ماهی ماهی ساردین و موتو مبتنی بر استفاده از انرژی خورشید و خشک کردن در زیر نور آفتاب می‌باشد، در حالیکه روش‌های نوین خشک کردن متنوع بوده و شامل روش‌های نوین خشک کردن شامل استفاده از هوای داغ، ریزموج ها، خلاء پمپ حرارتی، انجماد، اشعه مادون قرمز، بخار فوق گرم می‌باشند. مهمترین مزایای روش‌های نوین خشک کردن در مقایسه با روش‌های سنتی شامل بهبود کیفیت فرآورده، کنترل بهتر فرآیند خشک کردن و کاهش زمان خشک کردن می‌باشد. معایب روش‌های جدید در مقایسه با روش‌های سنتی عبارتند از هزینه بالا، نیاز به دانش و مهارت‌های تخصصی جهت اجرا، محدودیت در دسترس بودن فناوری‌های نوین و مصرف انرژی بالامیباشد. توجه به این نکته مهم است که بدون نظر گرفتن روش خشک کردن، ایمنی و کیفیت ماهی خشک شده به عوامل مختلفی از جمله کیفیت اولیه ماهی، اقدامات بهداشتی در طول فرآوری و شرایط نگهداری نیز بستگی دارد. با توجه به کیفیت پائین ماهی خشک شده با نور خورشیدبدلیل نامناسب بودن بستر خشک کردن و دامنه حرارتی پایین و

مدت زمان بالا ، نسبت به خشک کردن با هوای داغ مزیت کمتری داشته و توسعه استفاده از خشک کردن با هوای داغ جهت بهبود کیفیت فرآورده خشک شده از ماهیان ساردین و موتو در جزیره قشم امری ضروری بنظر می رسد. طراحی و ساخت خشک کن با هوای داغ ، در کارگاهی که بوسیله بخش خصوصی فعال در عرصه فرآوری ساردین و موتو ماهیان جزیره قشم منطبق با استاندارد ها و مشخصات فنی اعلام شده از سوی سازمان شیلات ایران، سازمان دامپزشکی کشور و براساس وضعیت زیستی ریزماهیان در سالهای اخیر طراحی و درمرکز بیوتکنولوژی خلیج فارس- قشم به اجرا درآمده است . روش‌های مختلف خشک کردن اثرات متفاوتی روی ترکیب مواد مغذی ماهی دارد و این امر محصولاتی با کیفیت متفاوتی را تولید می‌کند. انتخاب فرآیند خشک کردن به گونه آبزی، امکانات در دسترس و تقاضای مصرف کننده بستگی دارد (Clucas and Sutcliffe., 1981). مراحل فرآیند خشک کردن بطور خلاصه شامل تهیه ماده خام، پیش تیمار، خشک کردن و نهایتا بسته بندی و نگهداری می‌باشد. بر این اساس اولین مرحله پس از تهیه ماده خام اولیه دریایی، انجام عملیات پیش تیمار می‌باشد. این عملیات می‌تواند شامل تمیزکردن، تکه تکه کردن، پوست کنی، تخلیه شکمی، نمک سود کردن مرطوب یا خشک،پوشش دادن، غوطه وری و چربی زدایی باشد. پس از انجام پیش تیمار فرایند خشک کردن به روش‌های مختلف بر روی انواع آبزیان دریایی انجام شده و نهایتا فرآورده دریایی خشک شده بسته بندی و نگهداری می‌شود. شرایط خشک کردن همچون دما، رطوبت ماهی، صخامت، ترکیب و ابعاد ماهی می‌تواند بطور قابل توجهی بر ویژگیهای فرآورده‌های ماهی خشک شده نظیر طعم، رنگ و ترکیب تغذیه‌ای تاثیر بگذارد(Adeyeye., 2019).

روش‌های خشک کردن

یکی از قدیمی‌ترین و در عین حال گسترده‌ترین فرآیندهای حفظ مواد غذایی خشک کردن می‌باشد که با کاهش رطوبت، موجب توقف یا کنترل فعالیت‌های میکروبی، آنزیمی و تقلیل سرعت فعل و انفعالات شیمیایی، افزایش زمان ماندگاری وکاهش وزن و حجم مواد غذایی، سبب سهولت در بسته بندی، حمل و نقل و انبارداری محصولات می‌شود (Horner., 1997). این فرآیند در هر دو روش صنعتی و خورشیدی به گونه‌ای اعمال می‌شود که در کنار حفظ مواد غذایی در مقابل فساد، به شاخص‌های کیفی فرآورده از جمله ارزش غذایی، طعم، عطر، رنگ و بافت کمترین صدمه ممکن وارد گردد (Doe., 1998)

خشک کردن با نورخورشید

خشک کردن با نور خورشید یک روش فرآوری سنتی جهت نگهداری غذاهای دریایی است و به‌طور گسترده در بسیاری از کشورهای آسیایی و آفریقایی و همچنین در مناطق گرمسیری و مناطق خشک با رطوبت کم و انرژی گرمایی خورشید بالا استفاده می‌شود. این فرآیند سبب صرفه جویی در مصرف انرژی و هزینه تجهیزات شده و بنابراین روشی بسیار رایج و اقتصادی است (Bala and Mondol., 2001). خشک کردن با نور خورشید جزء روش‌های طبیعی خشک کردن می‌باشد. در این روش از انرژی خورشید برای خشک کردن ماهی استفاده می‌شود. نور خورشید در گذشته برای خشک کردن ماهی بویژه ماهیان کوچکتر و فیله ماهی استفاده شده است. خشک کردن با استفاده از نور خورشید به دو روش مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می‌شود (Qiu and Lin., 2019).

شکل ۳: ماهی ساردین و موتو به صورت خشک شده زیر نور خورشید در جزیره قشم

- خشک کردن با نور خورشید روش مستقیم

در این روش از نور خورشید به طور مستقیم برای خشک کردن ماهی استفاده می‌شود. روشی قدیمی است. نمونه‌های ماهی بر روی یک سطح صاف و در معرض نور خورشید قرار می‌گیرند. فرآیند خشک کردن ممکن است ساعت‌ها و روزها تا رسیدن به اندازه و رطوبت دلخواه ماهی به طول بیانجامد. در مناطق گرمسیری و کشورهای درحال توسعه که مردم ساعتهای طولانی از انرژی خورشیدی استفاده می‌کنند، روشی متداول و رایج است، چنانچه در این مناطق زیرساخت‌هایی وجود دارد که توانسته به استفاده از امکانات خشک کردن مدرن کمک نماید. این روش به دلیل عدم مصرف سوخت و هزینه پائین مورد توجه است. مهمترین چالش‌ها و مشکلاتی که خشک کردن مستقیم با نور خورشید با آن روبرو است شامل آلودگی محصولات توسط حشرات و آفات، گرد و خاک، عدم کارایی فرآیند خشک کردن، کنترل ضعیف فرآیند، کیفیت ناپایدار، استفاده حرارتی ضعیف ناشی از متراکم شدن رطوبت تبخیر شده می‌باشد(Sontakke and Salve., 2015).

شکل ٤ خشک کردن ماهی ساردین و موتو در جزیره قشم با استفاده از نور خورشید و بر روی سطح فلزی پایه دار مشبک(روستای رمچاه)

- خشک کردن با نور خورشید روش غیر مستقیم

این روش شامل استفاده غیرمستقیم از نور خورشید به منظور حذف کاستی‌های روش مستقیم استفاده از نور خورشید می‌باشد. خشک‌کن های خورشیدی متداول ترین خشک کن‌ها در استفاده بهینه و غیرمستقیم از نور خورشید می‌باشند که تنوع زیادی در شکل و ساختار دارند. چندین نوع خشک کن خورشیدی وجود دارد از جمله نوع مخزنی، دودکش دار، قابل تهویه با باد.

- روش‌های نوین خشک کردن

روشهای نوین خشک کردن ریز ماهیان به چندین شکل است که در ذیل آورده شده است:

-خشک کردن با هوای داغ

خشک کردن با هوای داغ روشی با استفاده گسترده و کارایی بالا می‌باشد و عمدتا توسط آون‌های الکتریکی انجام می‌شود. طی این فرآیند، هوای داغ به عنوان محیط گرم کننده و حامل بخار آب بکار گرفته می‌شود. در

مقایسه با روش خشک کردن با نور خورشید، مزایای بسیاری دارد، از جمله اینکه پارامترهایی مانند دما، سرعت، رطوبت نسبی می‌توانند کنترل شوند و آلودگی محیطی محدود می‌شود (Wang *et al.*, 2011). در این فرآیند، خشک کردن از طریق ایجاد جریان همرفتی انجام می‌شود، چنانچه در این تکنیک، یعنی تکنیک خشک کن همرفتی از حرارت ایجاد شده توسط مخزن حرارتی به منظور حذف رطوبت از ماهی استفاده می‌شود. هوای داغ از سطح نمونه‌های ماهی عبور می‌کند و به منظور بهبود چرخش حرارت از فن‌های مکانیکی برای خشک کردن موثر ماهی استفاده شده است(Brennan., 2006). این روش در مقایسه با روش‌های سنتی خشک کردن، سبب بهبود کارایی خشک کردن از طریق کوتاه کردن زمان خشک کردن می‌شود (Cheng *et al.*, 2021). با این وجود، این روش می‌تواند سبب چروکیدگی مورفولوژیکی فیبرهای عضلانی شده و بر کیفیت تغذیه‌ای و حسی فرآورده‌های آبزی تاثیر بگذارد، از جمله این تاثیرات کاهش حلالیت پروتئین، تغییر در ترکیب اسیدچرب، قهوه‌ای شدن رنگ و شکل گیری ترکیبات طعم می‌باشد (Wu and Mao., 2008).

شکل :۵ دستگاه مولد جریان هوای داغ جهت خشک کردن ماهی ساردین و موتو در جزیره قشم

- خشک کردن با ریزموج‌ها

خشک کردن بوسیله پرتودهی شامل استفاده از امواج الکترومغناطیس جهت دستیابی به خشک کردن در یک فرکانس و طول موج خاص می‌باشد. خشک کردن به این روش در دمای پائین و زمانی کمتر حاصل می‌شود. این روش به منظور حل کاستی‌های مربوط به تکنیک‌های خشک کردن با هوای داغ به روش همرفتی است (Kahyaoglu *et al.*, 2012). خشک کردن با استفاده از ریز موج‌ها یا مایکروویو یکی از روش‌های خشک کردن از طریق پرتودهی است. خشک کردن با ریزموج‌ها یا مایکروویو روشی بی نظیر و سریع برای خشک کردن فرآورده‌های دریایی می‌باشد. طی فرآیند خشک کردن مایکروویو، مولکول‌های آب، مکررا می‌چرخند، که نتیجه تغییر سریع میدان الکترومغناطیسی ایجاد شده طی فرآیند می‌باشد. بخشی از مولکول‌های آب می‌توانند گرما ایجاد کنند، که منجر به تبخیر رطوبت بخش سطحی فرآورده می‌شود (Kahyaoglu *et al.*, 2012). خشک کردن با ریز موج‌ها می‌تواند مصرف انرژی و زمان خشک کردن را

در مقایسه با خشک کردن با هوای داغ کاهش دهد. به دلیل زمان کوتاه فرآیند و مکانیسم‌های خشک کردن مختلف، خشک کردن ریز موج‌ها ، کیفیت محصول شامل پایداری اکسیداتیو فرآورده‌ای آبزی را بیش از خشک کردن با استفاده از هوای داغ بهبود می‌بخشد (Qiu and Lin., 2019).

- خشک کردن تحت خلاء

خشک کردن تحت خلاء، فرآورده‌ها را تحت فشار کاهش یافته در دمایی نسبتا پایین تر از خشک کردن با هوای داغ خشک می‌کند. اکسیداسیون چربی می‌تواند به شدت در این روش کاهش یابد، چنانچه اکسیژن بطور قابل توجهی کاهش یافته و یا حذف می‌شود و دمای فرآورده نیز پائین می‌باشد. خشک کردن تحت خلاء اغلب زمان‌بر است که ناشی از سرعت خشک کردن پائین این فرآیند می‌باشد (Huang and Zhang., 2012). بنابراین خشک کردن تحت خلاء با روش مایکروویو و سایر روش‌ها به منظور بهبود کارایی فرآیند خشک کردن ترکیب می‌شود (Qiu and Lin., 2019).

- خشک کردن با پمپ حرارتی

خشک کردن با پمپ حرارتی تکنیکی است که می‌تواند کارایی مصرف انرژی را بهبود بخشیده و دمای خشک کردن و رطوبت هوا را کنترل کند (Goh *et al*., 2011). به دلیل اینکه دمای خشک کردن و رطوبت هوا می‌توانند کنترل شوند، این روش برای خشک کردن فرآورده‌های حساس به حرارت، نظیر غذاهای دریایی حاوی مقادیر بالایی از اسیدهای چرب چندغیراشباع مناسب می‌باشد (Qiu and Lin., 2019).

-خشک کردن انجمادی

در این تکنیک از انجماد و تصعید مستقیم رطوبت از محصول به منظور تاثیر بر خشک کردن استفاده می‌شود. خشک کردن در این روش در دمای بسیار پائین انجام می‌شود(Adeye., 2019). این روش خشک کردن بسیار کارا بوده و از طریق تصعید فرآورده در شرایط خلاء انجام می‌شود. بطور گسترده‌ای برای خشک کردن فرآورده‌های آبزی، بویژه غذاهای دریایی غنی از ترکیبات حساس به حرارت استفاده می‌شود (Duan *et al*., 2016). امروزه روش خشک کردن انجمادی از بهترین روشهای خشک کردن است؛ چراکه حداقل آسیب را بـه سـاختمان و ترکیب ماده غذایی وارد می‌کند (Hei and Sarojnalini., 2012).

-خشک کردن با اشعه مادون قرمز

خشک کردن با اشعه مادون قرمز، یک روش محبوب خشک کردن برای مواد غذایی با توسعه سریع می‌باشد. در این روش از تابش‌های الکترومغناطیس با طول موج در دامنه ۵/٦ تا ۱۰۰۰ میکرومتر به عنوان منبع گرم کردن استفاده می‌شود. تشدید انرژی مولکولهای آب بواسطه جذب تابش مادون قرمز رخ می‌دهد و موجب افزایش دما داخل و لایه بیرونی مواد غذایی می‌شود (Pawer and Pratape., 2017).

- خشک کردن با بخار فوق گرم

خشک کردن با بخار فوق گرم، یک روش خشک کردن مستعد برای صرفه جویی در انرژی و از تماس اکسیژن اتمسفر با محصول جلوگیری می‌کند و به نظر می‌رسد کیفیت محصول را از طریق به تاخیر انداختن برخی واکنش‌های فساد بهبود می‌بخشد. در این روش از بخار فوق گرما در یک خشک کن همرفتی بجای هوای داغ استفاده می‌شود، احتراق یا گاز دودکش به عنوان محیط گرم کننده حرارت مورد نیاز را برای خشک کردن و از بین بردن رطوبت حاصل از تبخیر، تامین می‌کند (Wang *et a*l., 2011).

-خشک کردن ترکیبی چندمرحله‌ای

فناوری‌های مختلف خشک کردن دارای مزایا و محدودیت‌هایی هستند، به‌طوریکه بکاربردن یک فناوری خشک کردن به تنهایی به سختی می‌توانند تمامی اهداف خشک کردن شامل کارایی خشک کردن، مصرف انرژی و کیفیت نهایی فرآورده را در سطح مطلوبی تامین کند. ترکیب کردن فناوری‌های مختلف خشک کردن می‌تواند این اهداف را تا حدودی تامین کند. تکنیک‌های مختلف خشک کردن می‌توانند جهت تولید فرآورده‌های خشک شده با کیفیت بالا و با صرف هزینه پائین انرژی با یکدیگر ترکیب شوند. بهینه سازی فرایندهای خشک کردن معمولا بر پایه نیاز به خصوصیاتی همچون ماده خام دریایی، زمان خشک کردن، هزینه مصرف انرژی، سرمایه گذاری در تجهیزات، و غیره انجام می‌شود (Qiu and Lin., 2019). برخی از روش‌های ترکیبی خشک کردن شامل ترکیب خشک کردن با هوای داغ و استفاده از مایکروویو، خشک کردن با مایکروویو به همراه خشک کردن انجمادی، ترکیب خشک کردن با تابش مادون قرمز و پمپ حرارتی، ترکیب خشک کردن با هوای داغ با مایکروویو (Duan *et al*., 2011)، ترکیب خشک کردن با بخار فوق گرم و پمپ حرارتی، ترکیب خشک کردن با هوای داغ و مایکروویو، ترکیب خشک کردن با هوای داغ و آبگیری اسمزی، ترکیب خشک کردن انجمادی و مایکروویو تحت خلاء، ترکیب خشک کردن با هوای داغ و پمپ حرارتی می‌باشد (Wang *et al*., 2011).

- ارائه راهکارهای راهبردی خشک کردن ریز ماهیان جزیره قشم

در روش خشک کردن محصولات غذایی با بهره گیری از نورخورشید، بروز تغییرات نامطلوب در کیفیت محصول، به دلیل طولانی بودن زمان فرآیند، عدم امکان کنترل کافی و مناسب در مراحل مختلف عملیات خشک کردن به علت بروز تغییرات جوی، عدم وجود نور خورشید کافی جهت خشک کردن، عدم امکان بکارگیری درجه حرارت یکنواخت، عدم تأمین سرعت جریان یکنواخت و بسیاری دیگر از عوامل مؤثر که تحت کنترل نیستند، از معایب و نواقص این روش خشک کردن می‌باشد. در حالیکه در روش‌های نوین خشک کردن سعی گردیده است این معایب کاهش یابد، چنانچه در اغلب روش‌های خشک کردن نوین، پارامترهای موثر فرایند خشک کردن همچون دما، سرعت، رطوبت نسبی می‌توانند کنترل شوند که موجب بهبود کارایی خشک کردن می‌شود. کاهش زمان خشک کردن یکی از مزایای مهم روش‌های نوین می‌باشد و علاوه بر آن کاهش قابل توجه آلودگی‌های محیطی، پایداری اکسیداتیو و حفظ ساختار و کیفیت تغذیه‌ای فرآورده نهایی سبب شده است تا فرآورده‌های خشک شده با روش‌های نوین دارای کیفیت بالایی باشند((Wang *et al*., 2011; Zhang *et al*., 2017). همچنین کاهش مصرف انرژی در بسیاری از روش‌های نوین رویکرد اصلی توسعه این روش هاست (Adeyeye., 2019; Raghavi *et al*., 2018). با این وجود نیاز به سرمایه گذاری زیاد و نیاز به تخصص جهت راه اندازی و اجرای فناوری از مهمترین معایب و چالش‌های توسعه این روش‌های در مناطق ساحلی است. بر این اساس، پیشنهاد می گردد با توجه به اقلیم گرمسیری بودن جزیره قشم و میانگین دمایی بالاتر از ۳۰ درجه سانتی گراد و تعداد روزهای آفتابی زیاد در طول سال، طراحی و ساخت انواع خشک کن های خورشیدی مورد توجه قرار گیرد. ضمن اینکه توسعه واحدهای تولیدی که از فناوری خشک کردن با هوای داغ استفاده می نمایند، می تواند تولید فرآورده با کیفیت را افزایش دهد. خلاصه اینکه خشک کردن ماهی با خشک کن های

خورشیدی، موجب رفع بسیاری از کاستی های خشک کردن با نورمستقیم خورشید شده و با توجه به پائین بودن هزینه ساخت این پنل ها ، تنوع بالا، مصرف پائین انرژی، این سری از خشک کن ها برای بکارگیری در مناطق کمتر توسعه یافته جزیره قشم پیشنهاد می گردد.

شکل ٦: محصول تولید شده با استفاده از خشک کن های در جزیره قشم

توصیه ها و برونداد های ترویجی

بر اساس بازدیدهای میدانی و مطالعات صورت گرفته توسط نویسندگان از کارگاه ها وجود در قشم و کسب اطلاعات از اداره شیلات قشم، خشک کردن ماهیان سطح زی ریز شامل ساردین و موتو به دو روش رایج خشک کردن در معرض نور مستقیم خورشید و خشک کردن با جریان هوای داغ (آون) در این جزیره صورت می پذیرد. در جدول شماره ۱ اطلاعات توصیفی مربوط به این دو روش که در حال حاضر در جزیره قشم اجرا می شوند آورده شده است.

جدول ۱ : مشخصات روش اصلی خشک کردن ماهیان ساردین و موتو در جزیره قشم

روش خشک کردن / مشخصات	خشک کردن با نور خورشید	خشک کردن با جریان هوای داغ(آون)
ماهیان مورد استفاده	ساردین و موتو	ساردین و موتو
وسایل و تجهیزات	زمین صاف، بسترهای پارچه ای و فلزی به همراه چارچوب های فلزی و چوبی	کمپرسور تولید جریان هوای داغ، کانال انتقال هوا، محفظه خشک کن ماهی
درجه حرارت فرآیند	متغییر و در دامنه ۲۵ تا ٤٠ درجه سانتیگراد	کنترل شده و در دامنه ٤٥-٤٠ درجه سانتیگراد
زمان فرآیند	۳ الی ٤ روز	۱۲ الی ۲٤ ساعت
کیفیت فرآورده	متغیر و نسبتا پائین	کیفیت یکنواخت و نسبتا خوب

مصرف پائین انرژی، سهولت اجرا، ایجاد ارزش افزوده، کاهش حجم فرآورده نهایی نسبت به ماده اولیه، قابلیت بسته بندی بالا و متنوع، حمل و نقل راحت، عمرماندگاری بالا در دمای محیط و مقبولیت در بین مصرف کنندگان از مهمترین مزایای این فرآیند است. گونه های مختلف ساردین و موتو جزء مهمترین ماهیان سطح-زی ترکیب صید در استان هرمزگان می باشند. جزیره قشم دارای بالاترین آمار صید ماهیان ساردین و موتو می باشد. رایج ترین روش های خشک کردن این ماهیان در جزیره قشم خشک کردن با استفاده از نور خورشید و در فضای باز و با استفاده از بسترهای مختلف است. بر اساس نتایج میدانی بدست آمده و مرور مطالعات و طرح های اجرایی در سایر مناطق دنیا مشخص شد که خشک کردن با استفاده از روش غیر مستقیم و با استفاده از انواع خشک کن های خورشیدی می تواند بسیاری از کاستی های خشک کردن سنتی درنور آفتاب از جمله آلودگی محیطی (باران، گرد و خاک، حشرات و آفات و...)، کارایی پائین فرآیند، کاهش ارزش غذایی و افت کیفیت فرآورده نهایی را رفع نماید.

نتیجه گیری

در مجموع با در نظر گرفتن اینکه مزایا و معایب روش‌های جدید خشک کردن بسته به فناوری خاص مورد استفاده متفاوت می‌باشد، بهبود کنترل فرآیند، کاهش زمان خشک کردن و افزایش کیفیت محصول به عنوان مزایا ونیاز به سرمایه گذاری بالا، مصرف انرژی بالا، پیچیدگی اجرا و محدویت دسترسی به فناوری به عنوان معایب روش‌های نوین در مقایسه با روش‌های سنتی محسوب می‌شوند.بنابراین توصیه می‌شود بر اساس زیرساخت‌های موجود در مناطق ساحلی ایران، توسعه استفاده از روش‌های نوین خشک کردن برای ماهیان سطح‌زی ریز مورد توجه قرار گیرد. استفاده ازاین روش خشک کردن ریز ماهیان مدل بسیار مناسبی جهت توسعه است این صنعت نوپا است، زیرا علاوه بر بالا بردن عمرماندگاری، بر کیفیت فرآورده نیز موثر بوده وبا یک بسته بندی مدرن مناسبترین راهکاری است که می تواند سبب افزایش درآمد واشتغال پایدار فعالان این صنعت در جزیره قشم شود. علاوه بر این، بر اساس تعیین ارزش غذایی ماهیان موتو وساردین خشک شده به ترتیب حاوی ٦٨ و ٦٨٪ پروتئین، ٤/٥ و ٥٪ چربی، ٢ و٣٪ کلسیم بودنده اند که نشان دهنده ارزش غذایی بالای آنهاست.

حجم بالای صیدریزماهیان در آبهای ایران خلیج فارس و دریای عمان، لزوم توسعه بخش فرآوری و نگهداری آبزیان را بیش از پیش ضروری نموده است. فرآیند خشک کردن، یک عملیات فرآوری رایج و شناخته شده است که پتانسیل ایجاد ارزش افزوده بالایی در محصولات شیلاتی دارد.بنابراین پیشنهاد می گردد مدیریت صید ساردین و موتوماهیان با توجه به استراتژیک بودن صید این گونه از آبزیان در آبهای جزیره قشم بعنوان یک راهبرد الزامی گردد. همچنین سرمایه گذاری در خصوص استفاده از روشهای صنعتی همانند هوای داغ علاوه برای خشک کردن با نور مستقیم خورشید برای ساردین و موتو ماهیان در جزیره قشم صورت پذیرد که برای افزایش ارزش افزوده درزنجیره ارزش این گونه از ماهیان،استفاده از روشهای مختلف کنترل کیفی و بسته بندی مناسب پیشنهاد می گردد. از اینرو شناخت روش‌های مدرن و مقایسه آنها با روش‌های سنتی می‌تواند در آگاهی بخشی فعالان این حوزه کمک شایانی نماید.سخن آخر اینکه با ترویج روشهای نوین و مناسب خشک کردن ماهیان در این منطقه و انجام آزمون های سازگاری و تطبیقی با ویژگیهای اقلیمی و بومی شده و با توجه به ارزش بالای منابع شیلاتی و پتانسیل صادرات محصولات شیلاتی

خشک شده، توسعه روش‌های نوین خشک کردن ریز ماهیان در مناطق ساحلی جنوب ایران ضروری است.

منابع

-یاسمی مهران ، ۱۳۸٦. ماهی شناسی با تاکید بر ماهیان ایران . دانشگاه جامع علمی کاربردی . ۱۸٦ صفحه

– سالنامه آماری شیلات ایران، .۱۳۹۵-۱۴۰۰ویراستار: قربانزاده، ر.، نظری، س. .۱۴۰۱سازمان شیلات ایران، معاونت برنامه ریزی و مدیریت منابع، دفتر برنامه ریزی و بودجه، گروه برنامه‌ریزی و آمار. تهران. ۲۹ص.

- Adeyeye, S.A.O., 2019. An overview of fish drying kinetics. Nutrition & Food Science, 49(5), pp.886-902.
- AKO, P.A. and SALIHU, S.O., 2004. Studies on some major and trace metals in smoked and oven-dried fish.
- Andrés, A., Rodríguez-Barona, S., Barat, J.M. and Fito, P., 2005. Salted cod manufacturing: influence of salting procedure on process yield and product characteristics. Journal of Food Engineering, 69(4), pp.467-471.
- 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.
- 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.
- Brennan, J.G., 2006. Evaporation and dehydration. Food processing handbook, pp.71-124.
- 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.
- Clark, J.A. and Goldblith, S.A., 1975. Processing of foods in ancient Rome. Food technology.
- Clucas, I.J. and Sutcliffe, P.J., 1981. An introduction to fish handling and processing.
- Doe, P.E. ed., 1998. Fish drying and smoking: Production and quality. CRC Press.
- 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.
- Duan, Z.H., Jiang, L.N., Wang, J.L., Yu, X.Y. and Wang, T., 2011. Drying and quality characteristics of tilapia fish fillets dried with hot air-microwave heating. Food and Bioproducts processing, 89(4), pp.472-476.
- Eyo, A.A., 2001. Fish Processing Technology in the Tropics, National Instit. Fresh Water Fish. Res. (FIFR) New Bussa Nigeria, pp.66-130.
- Goh, L.J., Othman, M.Y., Mat, S., Ruslan, H. and Sopian, K., 2011. Review of heat pump systems for drying application. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(9), pp.4788-4796.
- Guizani, N., Al-Shoukri, A.O., Mothershaw, A. and Rahman, M.S., 2008. Effects of salting and drying on shark (*Carcharhinus sorrah*) meat quality characteristics. Drying technology, 26(6), pp.705-713.
- Hedayatifard, M., 2016. Sensory, chemical, microbial load and fatty acid composition changes of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) after thermal drying process, vacuum packaging and storing in 4 C. Iranian Scientific Fisheries Journal, 24(4), 127-143.
- 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.
- Hightower, J.M. and Brown, D.L., 2011. Mercury concentrations in fish jerky snack food: Marlin, Ahi, and Salmon. Environmental Health, 10, pp.1-4.
- Horner, W.F.A., 1997. Preservation of fish by curing (drying, salting and smoking). In Fish processing technology (pp. 32-73). Boston, MA: Springer US.
- Huang, L.L. and Zhang, M., 2012. Trends in development of dried vegetable products as

snacks. Drying Technology, 30(5), pp.448-461.
- Kahyaoglu, L.N., Sahin, S. and Sumnu, G., 2012. Spouted bed and microwave-assisted spouted bed drying of parboiled wheat. Food and bioproducts processing, 90(2), pp.301-308.
- Mol, S., Cosansu, S., Alakavuk, D.U. and Ozturan, S., 2010. Survival of Salmonella Enteritidis during salting and drying of horse mackerel *(Trachurus trachurus*) fillets. International journal of food microbiology, 139(1-2), pp.36-40.
- Mustapha, M.K., Ajibola, T.B., Salako, A.F. and Ademola, S.K., 2014. Proximate analysis of fish dried with solar driers. Italian Journal of Food Sciences, 26(2), pp.1-5.
- Neiva, C.R.P., Machado, T.M., Tomita, R.Y., Furlan, É.F., Lemos Neto, M.J. and Bastos, D.H.M., 2011. Fish crackers development from minced fish and starch: an innovative approach to a traditional product. Food Science and Technology, 31, pp.973-979.
- 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), p.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.
- Raghavi, L.M., Moses, J.A. and Anandharamakrishnan, C., 2018. Refractance window drying of foods: A review. Journal of food engineering, 222, pp.267-275.
- Rodrigo, J., Ros, G., Periago, M., López, C. and Ortuño, J., 1998. Proximate and mineral composition of dried salted roes of hake (Merluccius merluccius, L.) and ling (Molva molva, L.). Food Chemistry, 63(2), pp.221-225.
- Shaviklo, G.R., Olafsdottir, A., Sveinsdottir, K., Thorkelsson, G. and Rafipour, F., 2011. Quality characteristics and consumer acceptance of a high fish protein puffed corn-fish snack. Journal of Food Science and Technology, 48, pp.668-676.
- Siddique, M.A.M. and Mojumder, P.Z., 2012. H."Proximate Composition of Three Commercially Available Marine Dried Fishes *(Harpodon nehereus, Johnius dussumieri and Lepturacanthus savala*)". American Journal of Food Technology, 7(7), pp.429-436.
- Sontakke, M.S. and Salve, S.P., 2015. Solar drying technologies: A review. International Refereed Journal of Engineering and Science, 4(4), pp.29-35.
- Vadivambal, R. and Jayas, D.S., 2010. Non-uniform temperature distribution during microwave heating of food materials—A review. Food and bioprocess technology, 3, pp.161-171.
- Van, M.N., Jónsson, Á. and Arason, S., 2007. The effect of storing and drying on the quality of cured, salted cod. UNU-Fisheries Training Programme. Final Project, 58.
- Wang, Y., Zhang, M. and Mujumdar, A.S., 2011. Trends in processing technologies for dried aquatic products. Drying Technology, 29(4), pp.382-394.
- Wu, T. and Mao, L., 2008. Influences of hot air drying and microwave drying on nutritional and odorous properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillets. Food chemistry, 110(3), pp.647-653.
- Zakipour Rahimabadi, A., Elyasi, A., Sahari, M. and Zarea, P., 2011. Effects of frying on chemical properties and fatty acids in fish finger produced by *Cyprinus carpio* minced meat and surimi. *Olum va Sanaye Ghazaei Journal, 29*, pp.1-9.
-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.