

## مدیریت پساب کارخانجات تولید سوریمی

زهرا نحوی، سید ولی حسینی\*

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

\*نویسنده مسئول: hosseinisv@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۳

## چکیده

پساب حاصل از تولید سوریمی، مهمترین مشکل در کارخانجات تولید کننده آن می‌باشد. بنابراین داشتن استراتژی‌های بلند مدت به منظور تصفیه پساب حاصله از جمله بازیابی/کاهش پروتئین‌های موجود در آن و همچنین هزینه‌هایی که برای چنین عملیاتی صرف می‌شود، ضروری است. در این میان بازیابی پروتئین‌های میوفیبریل/ساختاری در پساب سوریمی و سپس بازگرداندن آن به محصول اصلی و همچنین حذف و استفاده پروتئین‌های دیگر موجود در پساب نظیر پروتئین‌های میوژن/سارکوپلاسمیک و ترکیبات زیست‌فعال هم می‌تواند استراتژی دیگری برای افزایش بازدهی اقتصادی تصفیه پساب حاصل از سوریمی باشد. بدین منظور لازم است در ابتدا هدف از بازیابی پساب به طور واضح مشخص شود، زیرا این موضوع به طور مستقیم در تکنولوژی مورد استفاده برای تصفیه و همچنین هزینه‌هایی که برای آن صرف می‌شود، بسیار مؤثر می‌باشد. به طور مثال، تکنولوژی‌های تأیید شده برای بازیابی مواد جامد به منظور مصارف انسانی بسیار گران‌تر از مصارف حیوانی یا دفع پساب است. بنابراین یک استراتژی می‌تواند ترکیبی از تکنولوژی‌ها مختلف برای دستیابی به اهداف مختلف به منظور توسعه عملیات بهره‌برداری از ضایعات با ارزش افزوده و سودآور و همچنین کاهش مقدار انواع ترکیبات آلی موجود در پساب هدف باشد.

**واژگان کلیدی:** صنایع فرآوری آبزیان، سوریمی، بازیابی پروتئین، تصفیه پساب، آلودگی آب.

## مقدمه

سوریمی (Surimi) اساساً پروتئین میوفیبریل (یا ساختاری/عملکردی/عضلاتی) تغلیظ شده حاصل از گوشت ماهی می‌باشد که عمدتاً با آب سرد شسته شده است. سوریمی یک جزء غذایی خام (raw food ingredient) است که به سبب داشتن خصوصیتی از جمله ویژگی‌های بافتی ماندگاری بهتر در شرایط انجماد و همچنین ارزش غذایی بالا، می‌تواند به عنوان ماده اولیه در تولید انواع مختلفی از محصولات شیلاتی مورد استفاده قرار گیرد (Ding et al., 2017). در فرآیند صنعتی تولید سوریمی، گوشت چرخ شده چندین دفعه با آب سرد برای حذف پروتئین سارکوپلاسمی/میوژن، چربی‌ها و مواد محلول در آب با وزن مولکولی پایین شسته شده و در نهایت پروتئین میوفیبریل بدون مزه و بو تغلیظ می‌شود. روند شستشو باعث کاهش بسیاری از آنزیم‌های مرتبط با تجزیه پروتئین میوفیبریل می‌شود، بنابراین

ترکیبات موجود در پساب سوریمی می‌تواند به عنوان یک منبع بالقوه، دارای ارزش اقتصادی محسوب شود (Stine et al., 2012). همچنین با توجه به چند مرحله شستشوی گوشت چرخ شده می‌توان بیان کرد که برای تولید سوریمی حجم زیادی از آب شیرین مورد نیاز است که در نهایت به تولید پساب با غلظت کم مواد آلی می‌انجامد (Keluskar et al., 2019). در پژوهشی که Huang (۱۹۹۷) انجام داد مشخص گردید که در فرآیند آماده‌سازی ماهی برای تولید سوریمی، حدود شش لیتر آب شیرین در عملیات آماده‌سازی ماهی (از قبیل تمیز کردن، شستشو و غیره) مورد نیاز می‌باشد (Huang, 1997).

تحقیقات نشان می‌دهد که مقدار پروتئین میوفیبریل موجود در گوشت ماهیان حدود ۶۶ تا ۷۷ درصد کل پروتئین آن را تشکیل می‌دهد. بنابراین انتظار می‌رود که در فرآیند تولید سوریمی، همین مقدار پروتئین‌های میوفیبریل از ماده خام اولیه

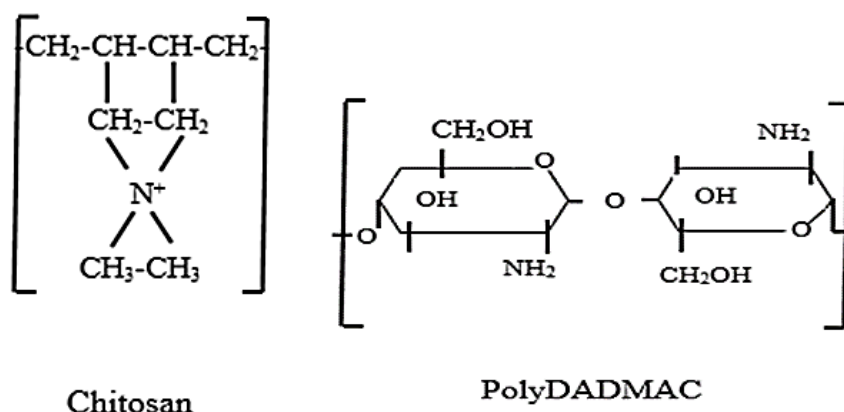
انتخاب روش تصفیه پساب باید در نظر گرفته شوند، اثربخشی حذف جامدات، هزینه مواد شیمیایی، هزینه تجهیزات و تعمیر و نگهداری آن می‌باشد (Stine *et al.*, 2012). به طور کلی روش‌های شیمیایی مبتنی بر استفاده از انواع مواد شیمیایی برای انعقاد مواد محلول و غیرمحلول موجود در پساب می‌باشد (Ahmed *et al.*, 2017). روش‌های زیستی، از میکروارگانیسم‌های طبیعی برای هضم مواد آلی استفاده می‌کنند (Chowdhury *et al.*, 2010) و در روش‌های فیزیکی، از غربال‌ها، فیلترهای با بستر شنی، فیلترهای غشایی و فعالیتهای مکانیکی برای حذف مواد جامد استفاده می‌شود (Park, 2013).

#### ۱- انواع روش‌های تصفیه پساب:

**روش‌های شیمیایی:** تنظیم pH پساب، به نقطه ایزوالکتریک پروتئین، ساده‌ترین روش برای تصفیه پساب است (Shah *et al.*, 2018). پروتئین ماهی دارای نقطه ایزوالکتریک متفاوت است، اما به طور عمده بین ۴/۲ تا ۵ می‌باشد، از این رو زمانی که pH به نقطه‌ی ایزوالکتریک نزدیک می‌شود، به علت عدم دافعه الکترواستاتیک بین مولکول پروتئین، آن‌ها تمایل به جمع شدن (منعقد شدن) دارند و در نهایت رسوب می‌کنند (Matak *et al.*, 2015). برای این منظور از پلیمرهای مصنوعی (به عنوان پلی الکترولیت) مانند پلی آکریل آمید، Poly DADMAC و EPIXDMA به‌طور گسترده به جای منعقدکننده‌های (Aggregators) مبتنی بر آلومینیوم و آهن استفاده می‌شوند (Bratby, 2016). در صنعت سوریمی، پلی‌آکریل آمید در کنار سایر فن‌آوری‌های تصفیه پساب، مانند شناورسازی با هوای محلول (DAF = Dissolved air flotation) استفاده می‌شود، بدین صورت که استفاده از پلی آکریل آمید در پساب‌ها سبب می‌شود که پروتئین‌ها بر روی سطح پساب، لخته شوند که این عمل موجب بهبود سیستم DAF می‌شود (Ma *et al.*, 2016). پلیمرهای منعقدکننده اساساً پلیمرهایی با وزن مولکولی بالا و حاوی مقادیر زیادی گروه‌های آمینی

استحصال شود، اما در یک فرایند معمولی تولید سوریمی، تنها ۵۰ تا ۶۰ درصد از پروتئین‌های میوفیبریل از طریق فرایند شستشو حفظ می‌شود. بیان شده است که تقریباً ۴۰ تا ۵۰ درصد از پروتئین‌های میوفیبریل موجود در ماده خام اولیه به دلیل عواملی از جمله تغییرات pH، قدرت یونی، پروتئولیز (Proteolysis) چرخ کردن، شستشو و غربالگری از دست می‌رود (Park, 2013). از این رو می‌توان نتیجه گرفت که کنترل مناسب عملیات فرآوری ماده خام اولیه برای تولید سوریمی برای به حداقل رساندن هدر رفت پروتئین‌های میوفیبریل در جریان پساب مهم‌ترین گام در مدیریت پساب سوریمی می‌باشد (Zhou *et al.*, 2017).

در مقایسه با مواد زائد جامد تولید شده از مراحل آماده‌سازی ماهی، پساب‌های حاصل از شستشوی گوشت چرخ‌شده آن برای تولید سوریمی، دارای مشکلات بیشتری از منظر مدیریت دفع زائدات است. چرا که در پساب سوریمی ما با حجم زیادی از آب که حاوی مقادیر بالایی از ترکیبات آلی است روبرو هستیم. بنابراین تخلیه مستقیم آن می‌تواند منجر به تأثیرات منفی زیست محیطی شود که تهدیدی برای موجودات آبی محسوب می‌شود. بنابراین اگر کارخانجات تولید سوریمی در نزدیکی شهرها قرار داشته باشند، باید قبل از این که پساب به رودخانه‌های محلی ریخته شوند، از طریق تاسیسات تصفیه ای، باید BOD (نیاز به اکسیژن زیستی) و TS (Total Solids) را کاهش داد (Gringer *et al.*, 2015). با این حال اگر پساب، حاوی مواد جامد با ارزش باشد که ارزش بازیافت را داشته باشد، تصفیه پساب می‌تواند سودمند باشد. اصولاً برای تصفیه پساب از روش‌هایی نظیر شیمیایی (Białas *et al.*, 2015)، زیستی (Chowdhury *et al.*, 2010) و فیزیکی (Cassano *et al.*, 2015) استفاده می‌شود. اما بررسی‌ها نشان می‌دهد ترکیبی از این روش‌ها می‌تواند برای حذف مؤثرتر مواد موجود در پساب مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین عواملی که در



شکل ۱ - منعقدکننده‌های پلیمری (شامل کیتوزان و PolyDAMAC) برای تصفیه پساب.

مقایسه قرار گرفت. پساب‌های خرچنگ، میگو و ماهی آزاد فرآوری شده با سطوح مختلفی از نمک آهن و کیتوزان آزمایش شدند. بیش از ۹۹ درصد کل مواد جامد معلق (TSS) با کیتوزان حذف شد که نشان دهنده کارایی بالای این پلیمر بود. با این حال آن‌ها نتیجه گرفتند که با توجه به کارایی خوب این پلیمر در تصفیه پساب، اما نظر به قیمت بسیار بالای کیتوزان، بکارگیری آن برای تصفیه کارخانجات فرآوری آبزیان، مقرون به صرفه نمی‌باشد (Johnson and Gallanger, 1984). در همین راستا Savant و Torres (۲۰۰۷) گزارش کردند که ترکیب پلیمرهای ارزان و گران همانند آلجینات-کیتوزان برای حذف پروتئین‌ها در پساب سوریمی می‌تواند موثر باشد (Wibowo *et al.*, 2007).

**روش‌های زیستی:** تصفیه زیستی یک روش موفق برای تیمار حجم زیادی از پساب خانگی و صنعتی می‌باشد. جامدات موجود در پساب صنعت غذاهای دریایی عمدتاً جامدات آلی هستند مانند پروتئین‌ها، پپتیدها، اسیدهای آمینه، روغن ماهی و برخی از کربوهیدرات‌ها، که همه آن‌ها به راحتی توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه می‌شوند. اصل ضروری در تصفیه زیستی، رشد میکروارگانیسم‌ها (معمولاً باکتری‌ها) در شرایط هوازی یا بی‌هوازی می‌باشد (Ching and Redzwan, 2017). در هر دو سیستم هوازی و بی‌هوازی، مواد آلی محلول به تجمع‌هایی از سلول‌های زیستی تبدیل می‌شوند که می‌توانند با

در زنجیره‌های خود هستند (Oladoja, 2015) (شکل ۱). اگرچه منعقدکننده‌های پلیمری مصنوعی بسیار کارآمدتر، ارزان‌تر، و برای طیف وسیع‌تری از آلاینده‌ها مناسب هستند، اما برخی از این مواد منعقد کننده پلیمری برای انسان و حیوانات سمی در نظر گرفته می‌شوند و قابل تجزیه نیستند (Park, 2013). در بین ۲۰ تا ۲۵ باشد با غلظت ۲ میلی‌لیتر کلرید آهن می‌توان بالاترین مقدار انعقاد/بازیابی پروتئین موجود در پساب را انتظار داشت (حدود ۷۸ درصد). از این‌رو اعلام داشتند که منعقدسازی با کلرید آهن، می‌تواند یک روش مؤثر برای بازیابی پروتئین‌های محلول موجود در پساب سوریمی باشد (WU *et al.*, 2013).

کیتوزان یک پلی ساکارید طبیعی موجود در پوسته صدف و سخت‌پوستان است که شامل گروه‌های آمین با بار مثبت می‌باشد. بنابراین می‌تواند آلودگی‌های با بار منفی را در آب جذب و بی‌ثبات کند (Yang *et al.*, 2016). کیتوزان در طبیعت زیست‌تخریب‌پذیر و غیر سمی می‌باشد، بنابراین گزینه ایده‌آلی برای بازیابی پروتئین از پساب‌ها می‌باشد، با این حال، با توجه به ماهیت پساب، اثر بخشی کیتوزان در بازیابی پروتئین ممکن است متفاوت باشد (Zhou *et al.*, 2020). در تحقیقی که توسط Johnson و Gallanger (۱۹۸۴) انجام شد کارایی کیتوزان و سولفات آهن در حذف مواد آلی موجود در پساب‌های کارخانجات فرآوری ماهی مورد

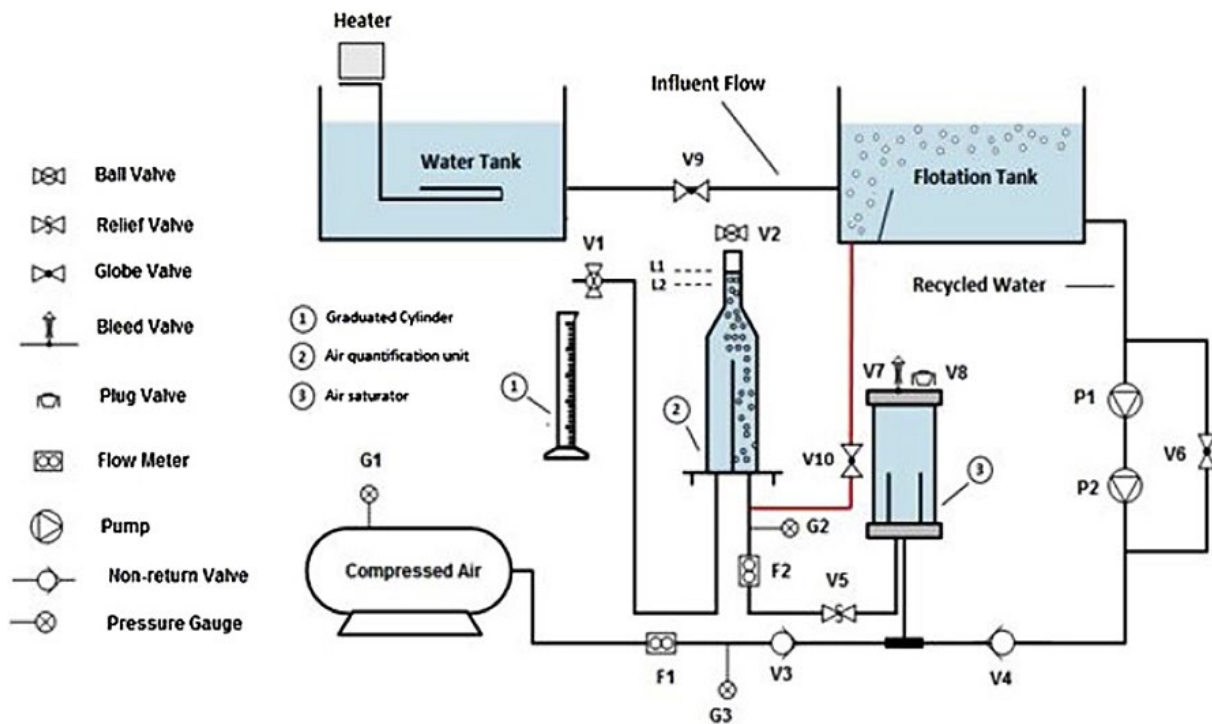
از پساب تولید شده در طی فرایند تولید آرد ماهی (FMW = Fish-meal Production) به عنوان کود کشاورزی، هفت میکروارگانیزم ترموفیل برای تجزیه بیولوژیکی FMW در یک بیوراکتور ۵ لیتری مورد استفاده قرار گرفت. آن‌ها گزارش کردند که FMW تجزیه شده می‌تواند به عنوان یک منبع با ارزش برای تولید کود کشاورزی معرفی شود، که انتظار می‌رود ارزش اقتصادی بالایی را به همراه داشته باشد (Kim *et al.*, 2007). در همین راستا، نتایج مطالعات در سال‌های مختلف، تبدیل زائدات شیلاتی به کود مایع با استفاده از باکتری‌های پروتئولیتیک را تایید و نشان می‌دهد براث تخمیر شده زائدات شیلاتی می‌تواند منبع با ارزشی برای صنعت کشاورزی باشد (Kim *et al.*, 2007; Kim and Lee, 2009; Kim, 2011).

**ب) روش بی‌هوازی:** یکی از روش‌های مهم در تصفیه پساب صنایع مرتبط با غذاهای دریایی، روش‌های بی‌هوازی می‌باشد. چراکه این پساب‌ها حاوی غلظت بالایی از مواد آلی هستند که برای رشد باکتری‌های بی‌هوازی مناسب می‌باشند. علاوه بر این، به دلیل این که این فرآیند نیاز به هوادهی ندارد، برای تصفیه پساب با محتوای جامد بالا ( $COD > 4000 \text{ mg/L}$ ) مقرون به صرفه‌تر است. گذشته از این، این روش در خصوص کارخانجاتی که میزان تولید پساب‌شان کم هست، روش مناسب‌تری است (Chowdhury *et al.*, 2010). بررسی‌ها نشان می‌دهد که حجم لجن شکل گرفته در یک فرایند بی‌هوازی، کمتر از آن است که در فرآیند هوازی تولید می‌شود و متان تولید شده توسط باکتری‌های متانوژن (*Methanogen*) می‌تواند به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، در مقایسه با فرایندهای هوازی، فرآیند بی‌هوازی به سبب سرعت رشد آهسته‌تر باکتری‌های متانوژن، فرایند آهسته‌تری می‌باشد (Priambodo *et al.*, 2011).

روش بی‌هوازی تصفیه پساب، که خود شامل چهار مرحله از قبیل هیدرولیز (Hydrolysis)، اسیدوژنز (Acidogenesis)،

سایر روش‌های جداسازی متعارف، از پساب جدا شوند. اگر چه این روش در کاهش بار آلی در پساب بسیار موثر است، اما تمام اجزای مفید بالقوه مانند پروتئین‌ها کاملاً از بین می‌روند (Chowdhury *et al.*, 2010).

**الف) روش‌های هوازی:** روش لجن فعال (Activated Sludge)، شایع‌ترین روش هوازی در تصفیه پساب است. در ژاپن، معمولاً پساب‌های سوریمی با این روش پس از تصفیه اولیه، تصفیه می‌شوند. بدین صورت که با تأمین اکسیژن کافی به پساب مواد غذایی، باکتری‌ها و دیگر میکروارگانیزم‌ها به سرعت به مصرف کربوهیدرات‌های آلی و پروتئین‌ها می‌پردازند. به طور کلی، فرایند لجن فعال متشکل از حداقل یک مخزن هوادهی و یک مخزن ته نشین کننده می‌باشد، مخزن هوادهی، یک راکتور بیولوژیکی است که در آن مواد آلی موجود در پساب، بر اثر فعالیت میکروارگانیزم‌ها به دی اکسیدکربن، آب و مواد جامد دیگر که بیشتر شامل سلول‌های باکتریایی است تبدیل می‌شوند، این مواد جامد در فرایند لجن فعال به نام لجن شناخته می‌شوند (Liu, 2003). در انتها، پس از تصفیه، بیشتر حجم لجن تشکیل شده آبگیری شده و به دلیل این که حاوی میکروارگانیزم‌های مؤثر در تجزیه مواد آلی می‌باشد، می‌تواند به عنوان کود کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین بخشی از لجن‌های حاوی باکتری‌های فعال را دوباره به مخزن بازیافت وارد کرده تا به عنوان مایه باکتریایی مجدداً به منظور شروع واکنش‌ها مورد استفاده فرآیند قرار گیرد. در انتها، پساب تصفیه شده پس از ضد عفونی می‌تواند به طور مستقیم به رودخانه‌ها تخلیه شود (Haydar *et al.*, 2016). در خصوص کارایی روش زیستی برای تصفیه پساب حاصل از کارخانجات صنایع فرآوری تحقیقات متعددی صورت گرفت که عمده‌ی آن‌ها حاکی از کارایی این روش در پساب مورد استفاده بودند (Kim *et al.*, 2011; Alexandre *et al.*, 2009; Lee, 2009). به عنوان نمونه در یک مطالعه به منظور استفاده مجدد



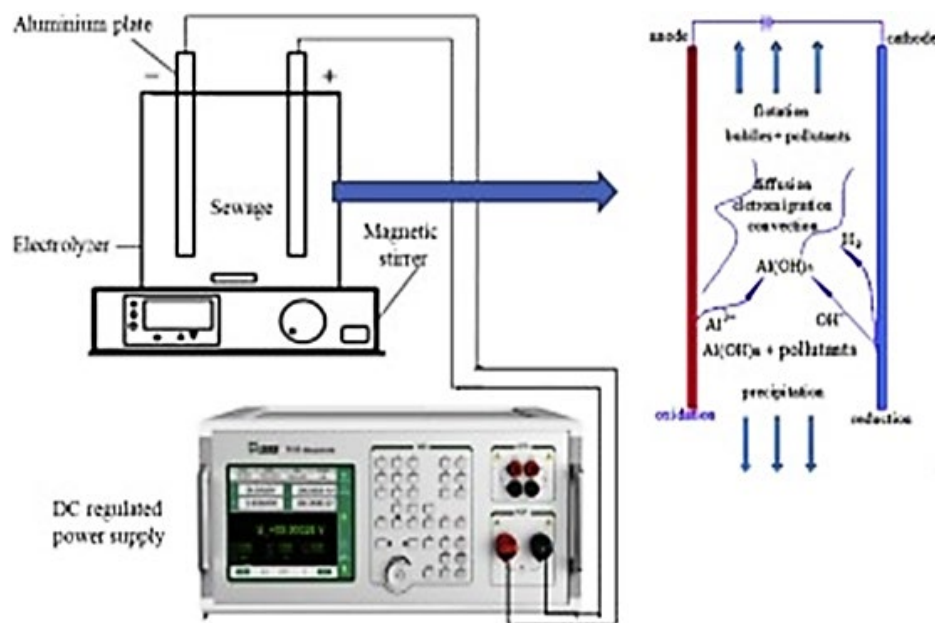
شکل ۲ - شمای کلی روش شناورسازی با هوای محلول (Fanaie and Khiadani, 2020).

**(Dissolved air flotation):** این روش معمولاً برای مواد با وزن سبک موجود در پساب‌های سوری می‌مانند ذرات پروتئین و به خصوص چربی‌ها / روغن‌ها، استفاده می‌شود. در یک فرآیند DAF، حباب‌های هوا از قسمت زیرین محفظه حاوی پساب، به درون آن دمیده می‌شود. این عمل سبب می‌شود که مواد حل نشده موجود در پساب، روی سطح آن شناور می‌شود (Ortiz-Oliveros and Flores-Espinosa, 2020). در این فرآیند، هوای فشرده در یک محفظه تحت فشار ۲-۵ بار در مجاورت پساب قرار گرفته و به سبب وجود این فشار، هوا در آن محلول می‌گردد. زمان ماندن پساب در این محفظه حدود ۱-۳ دقیقه است و پس از آن پساب وارد مخزن شناور سازی می‌شود. در این مخزن به سبب کاهش فشار سیال به فشار اتمسفریک، حلالیت پساب کاهش یافته و هوای فشرده محلول بصورت نامحلول درآمد و به سمت سطح سیال صعود می‌کند، همزمان با صعود حباب‌های بسیار ریز هوا، ذرات معلق مانند ذرات روغن و چربی به آن‌ها چسبیده و به سرعت بر روی سطح پساب شناور می‌شوند (Jamieson *et al.*, 2013).

(Acetogenesis) و متانوژن (Methanogenesis) است، در واقع فرآیند بیولوژیکی است که در آن میکروارگانیسم‌ها مواد آلی قابل تجزیه موجود در پساب را بدون اکسیژن آزاد ( $O_2$ ) تجزیه و بیوگاز متشکل از متان ( $CH_4$ ) و دی‌اکسیدکربن ( $CO_2$ ) تولید می‌کنند. این فرآیند یک مسیر عالی برای تبدیل پساب به انرژی می‌باشد (Sinbuathong, 2019; Sillapacharoenkul and Sinbuathong, 2020).

**روش فیزیکی:** روش‌های فیزیکی، بیشتر در مراحل اولیه تصفیه پساب‌ها استفاده می‌شوند و به طور معمول از یک یا چند روش فیزیکی برای جدا کردن مواد زائد بزرگ همانند سر ماهی‌ها، استخوان‌ها و ماهی‌های کوچک‌تر از حد معمول در جریان پساب کارخانجات فرآوری آبزیان استفاده می‌کنند (Cassano *et al.*, 2015). ساده‌ترین و پرکاربردترین روش فیزیکی، استفاده از غربال‌ها برای به دام انداختن و جلوگیری از ورود ذرات بزرگ به داخل پساب می‌باشد (Park, 2013).

**الف) شناورسازی با هوای محلول (DAF = )**



شکل ۳- شمای کلی انعقاد الکتریکی (Cao *et al.*, 2018).

TSS موجود در پساب حذف شد (Huang, 1997). همچنین در تحقیق دیگری که توسط Kanjanapongkul و همکاران (۲۰۰۹) انجام شد، سیستم اهمیک حرارتی متوالی به منظور انعقاد پروتئین‌ها از پساب سوریمی برای کاهش BOD مورد مطالعه قرار گرفت. بدین صورت که پس از فرایند حرارت‌دهی، نمونه‌ها سانتریفیوژ شدند و سپس پروتئین موجود در مایع فوقانی (سوپرناتانت) اندازه‌گیری شده و با نتایج آزمایشات قبلی Kanjanapongkul و همکاران (۲۰۰۸)، در این مطالعه از سیستم اهمیک حرارتی ناپیوسته به منظور بررسی کاهش مواد جامد موجود در فاضلاب سوریمی ماهی Threadfin bream استفاده شد (Kanjanapongkul *et al.*, 2008) مقایسه شدند. آن‌ها گزارش کردند که مقدار پروتئین باقیمانده نیز مطابق با کار قبلی این گروه بود. بنابراین، سیستم اهمیک حرارتی متوالی در مقیاس آزمایشگاهی توانست عملکرد خوبی را برای انعقاد پروتئین‌ها (~۶۰٪) موجود در پساب سوریمی را نشان دهد (Kanjanapongkul *et al.*, 2009).

ج) **انعقاد الکتریکی (Electrocoagulation):** انعقاد الکتریکی، که هدف اصلی آن حذف یون‌های

(شکل ۲). معمولاً برای بهبود کارایی DAF، یک دستگاه کف‌ساز نصب می‌شود تا مقادیر زیادی فوم را وارد جریان پساب شود (Park *et al.*, 2013).

ب) **انعقاد حرارتی (Heat coagulation):** انعقاد حرارتی نشان‌دهنده دسته دیگری از روش‌های فیزیکی است که می‌تواند پروتئین‌ها را از پساب برای مصرف حیوانات بازیابی کند (Park, 2013). در فرایند انعقاد حرارتی، به منظور بالا بردن دمای پساب، به آن گرما داده می‌شود. این عمل باعث می‌شود تا پروتئین‌های حساس به حرارت، از جمله پروتئین‌های نامحلول، منعقد شده و رسوب کنند. پروتئین‌های منعقد شده را می‌توان به راحتی از طریق روش‌های معمول جداسازی جامد-مایع مانند روش رسوب دادن، فیلتراسیون و یا سانتریفیوژ کردن، حذف نمود (Bratby, 2016).

به طور کلی، گرما را می‌توان به طور مستقیم از طریق تزریق بخار به پساب (گرمای مستقیم) یا از طریق مبدل حرارتی (گرمای غیر مستقیم) به پساب منتقل کرد (Park, 2013). در همین رابطه، Huang و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که در پساب‌های سوریمی حرارت داده شده به روش اهمیک (دما پساب به ۷۰ درجه رسانیده شد)، تا ۹۲٪ پروتئین از

سانتریفیوژ ۱۷۰۰-۳۰۰۰g برای بازیابی ذرات پروتئین از جریان‌های پساب سوریمی استفاده می‌شود (Park *et al.*, 2013). در همین راستا، Toyoshima و همکاران (۲۰۰۴)، توانستند بدون حرارت‌دهی یا تصفیه شیمیایی، روغن سردین را با استفاده از سانتریفیوژ با سرعت بالا، از پساب سوریمی بازیابی کنند (تا ۷۰ درصد). روغن به دست آمده به رنگ زرد روشن بوده و مقدار پراکسید آن کمتر از ۱ meq/kg بود (Toyoshima *et al.*, 2004). در همین راستا Swafford و همکاران (۱۹۸۵) از یک سانتریفیوژ دکانتر برای بازیابی جامدات نامحلول موجود در از پساب سوریمی استفاده کردند، و نتیجه گرفتند که بیش از ۸۰ درصد جامدات نامحلول را می‌توان با استفاده از این روش بازیابی کرد (Swafford *et al.*, 1985).

**۵) فیلتراسیون غشایی (Membrane Filtration):** امروزه روش فیلتراسیون غشایی به عنوان اصلی‌ترین روش جداسازی، تغلیظ و تخلیص (تصفیه) ترکیبات با ارزش افزوده از زائدات صنعتی توسعه و در منابع مختلف به خوبی مورد استفاده قرار گرفته است (Stine *et al.*, 2012). فرآیند فیلتراسیون غشایی در تصفیه پساب بخشی از مواد محلول با اندازه بین ۰/۱ - ۰/۰۰۰۱ میکرون را نیز در بر می‌گیرد (Murado *et al.*, 2010). غشاء به‌عنوان مانعی بین فازهای مختلف عمل کرده و برخی مواد را از خود عبور داده و عبور برخی دیگر را محدود می‌کند، در واقع غشاء یک صفحه نازک از مواد پلیمری طبیعی و مصنوعی می‌باشد که سراسر آن صفحه دارای منافذی با اندازه‌های یکسان می‌باشد (Yuan and He, 2015). نوع عملکرد یک غشاء با اندازه منافذ و توزیع اندازه منافذ تعیین می‌شود (Mutamim *et al.*, 2012). روش فیلتراسیون غشایی به منظور جداسازی گونه‌های مولکولی و یونی در تصفیه پساب کاربرد دارد. در یک تعریف کلی غشاء به‌عنوان فازی که اجزاء جدا شونده در محلول با سرعت‌های متفاوت از آن عبور می‌کنند تعریف می‌شود (Padaki *et al.*, 2015).

به طور معمول، فرایند فیلتراسیون غشایی در

فلزی و ذرات کلوئیدی معلق در پساب است، در واقع ترکیبی از فرایند فیزیکی و شیمیایی است که با عبور جریان متناوب یا مستقیم از پساب، موجب انعقاد و رسوب/ته‌نشینی اجزاء هدف می‌گردد (Al-Shannag *et al.*, 2015). پس از قرار گرفتن الکترودها درون فاضلاب/پساب و با کمک جریان الکتریکی، دو قطب مثبت و منفی در واکنش با آب هیدرولیز شده و بار مثبت در محیط ایجاد می‌کنند. ورود یون‌های مثبت به محیط، منجر به خنثی‌سازی ذرات کلوئیدی با بار منفی خواهند شد. در واقع یون‌های آزاد شده از الکترودها، می‌توانند ذرات باردار موجود در پساب را که حاوی بار منفی در سطح خود هستند را خنثی کنند و در نهایت با برابر شدن تعداد بارهای مثبت و منفی در سطح ذره، ذره لخته شده و رسوب می‌کند. انعقاد الکتریکی موجب کاهش نیاز به اکسیژن توسط میکروارگانیسم‌ها موجود در محیط به منظور تجزیه مواد آلی پساب (که به کاهش BOD تعبیر می‌شود) و همچنین کاهش/حذف مواد جامد معلق و روغن از پساب می‌گردد (شکل ۳) (Cao *et al.*, 2018). استفاده از انعقاد الکتریکی به منظور تصفیه پساب کارخانه فرآوری ماهی نشان داد که بیش از ۹۳ درصد TSS موجود در پساب و همچنین حدود ۷۷ درصد نیاز به COD کاهش یافته است (Morrissey *et al.*, 2000).

**۵) سانتریفیوژ کردن:** سانتریفیوژ کردن یکی دیگر از روش‌های معمول در تصفیه پساب است که به طور گسترده برای جداسازی مواد جامد از مایع استفاده می‌شود (Chen *et al.*, 2014). با این وجود، سانتریفیوژ کردن به دلیل پیچیدگی تجهیزات و هزینه بالای تعمیر و نگهداری که ناشی از قطعات متحرک با سرعت بالا است، نیاز به سرمایه گذاری بالا دارد (Nguyen *et al.*, 2019). علاوه بر این، در این روش، ظرفیت جداسازی به طور قابل توجهی به اندازه و تراکم ذرات بستگی دارد، که این عوامل منجر به جداسازی ناقص در سانتریفیوژهای صنعتی می‌شود. گزارش شده است که به طور معمول، محدوده‌ای از نیروی

هستند. در همین راستا، Oliveira و همکاران (۲۰۲۰) کارایی فرآیند اولترافیلتراسیون (UF) در تصفیه پساب حاصل از تولید سوریمی از ماهی تیلپیا و بازیابی اجزاء آن را ارزیابی کردند. پس از تولید سوریمی، پساب آن از سیستم اولترافیلتراسیون با درجه ۳۰ کیلودالتون که دارای غشایی از جنس پلی‌اترسولفون بود، عبور داده شد. نتایج نشان داد که در این روش تا ۱۳ درصد پروتئین موجود در پساب قابل بازیابی است (Oliveira et al., 2020).

**ترکیبات زیست‌فعال و غذا داروها موجود در پساب**

**ترکیبات زیست‌فعال ( Bioactive compounds):** پساب حاصل از شستشو و فرآوری سوریمی می‌تواند به عنوان منبعی حاوی ترکیبات بیوشیمیایی با کاربردهای ارزشمند مورد استفاده قرار گیرد. امروزه علاقه برای استفاده از منابع آبی به منظور دستیابی به این ترکیبات، افزایش یافته است. این علاقه بیشتر بر روی آنزیم‌های موجودات دریایی با خواص منحصر به فرد آنها بیشتر متمرکز شده است (Stine et al., 2012). اگرچه کاربردهای زیادی از ضایعات جامد سوریمی گزارش شده، اما در مورد استفاده از پساب‌های آن، کارهای اندکی انجام شده است (Park, 2013). ارزیابی شده‌است که مقدار پروتئین از دست رفته در طول فرایند شستشو بین ۱۰ تا ۲۰ درصد از پروتئین ماده خام اولیه باشد. همچنین بیان شده است که میزان جامدات موجود در پساب سوریمی به دفعات شستشو و کیفیت آب مورد استفاده در مرحله شستشو بستگی دارد، و این دامنه می‌تواند بین ۰/۵ تا ۲ درصد از مقدار سوریمی باشد. بنابراین بازیابی ترکیبات محلول بسیار مشکل است که می‌توان به چند زیرگروه از جمله پروتئین-های سارکوپلاسمی با وزن مولکولی بین ۱۰ تا ۱۰۰ کیلودالتون تقسیم‌بندی کرد (Stine et al., 2012). این ترکیبات که در سارکوپلاسم ماهیچه محلول هستند شامل آنزیم‌ها، پروتئین‌های هم، آلبومین و پروتئین‌های متصل به یون کلسیم ( $Ca^{2+}$ ) به نام

تصفیه پساب به میکروفیلتراسیون (MF= Microfiltration)، اولترافیلتراسیون (UF= Ultrafiltration)، نانوفیلتراسیون (NF= Nanofiltration)، اسمز معکوس (RO=Reverse osmosis) و دیالیز و الکترودیالیز (ED= Electro dialysis) طبقه بندی می‌شود (Guo et al., 2012). در همین رابطه، محققان فرانسوی مطالعاتی بر روی کاربرد فیلترهای غشایی به منظور بازیابی پروتئین‌های محلول موجود در پساب سوریمی انجام دادند (Park, 2013). در این مطالعات غشاهای اولترافیلتراسیون با برش مولکولی (مرز جداسازی غشاء بر اساس وزن مولکولی) (کمترین جرم مولکولی است که غشا قادر به حذف بیش از ۹۰ درصد مولکول‌های با این جرم مولکولی می‌باشد) در رنج ۱۰ تا ۱۰۰ کیلو دالتون در مقیاس آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیش از ۷۵ درصد از آلاینده‌های موجود در پساب ( $BOD_5$  و COD) با حفظ ۱۰۰ درصد پروتئین کاهش یافت. در نهایت یک محلول صاف شده که حاوی آمینو اسیدهای حل شده و دیگر ترکیبات با وزن مولکولی پایین بود به دست آمد (Jaouen et al., 1990). همچنین در مطالعه دیگری که توسط Lin و همکاران (۲۰۰۸) انجام شد، از یک میکروفیلتر و همچنین فیلتر غشایی پلی سولفون رولی (۳۰ کیلودالتون MWC0) به منظور بازیابی جامدات از پساب سوریمی استفاده کردند. آنها گزارش کردند که پروتئین‌هایی که از طریق میکروفیلتراسیون بازیابی شدند، عملکرد بسیار بالایی در تشکیل ژل داشتند و دارای ترکیباتی بودند که در سوریمی بود.

با توجه به این که، فرایندهای غشایی در دمای نسبتاً پایین انجام می‌شوند، در مقایسه با فرایندهای حرارتی یا شیمیایی مرسوم، باعث حفظ بهتر ترکیبات غلیظ مانند پروتئین‌ها می‌شوند (Dumay et al., 2008). بنابراین می‌توان گفت که فیلترهای غشایی برای بازیابی اجزای حساس به حرارت (مانند پروتئینها)، در پساب صنایع غذایی بسیار مناسب



هدف نهایی آن‌ها تولید آنزیم MTGase میکروبی که دارای کاربردهای فراوان در صنعت غذایی می‌باشد، از این باکتری‌ها بود (Aran *et al.*, 2012).

#### جایگاه فعلی و چشم انداز آینده

تصفیه پساب در صنعت غذاهای دریایی یک مسئله بسیار پیچیده است که باعث نگرانی سازمان‌های مرتبط با محیط زیست، قانون‌گذاران، مردم و تولیدکنندگان غذاهای دریایی می‌شود. به همین منظور، فعالان در این صنعت باید تصفیه و کاهش حجم پساب‌ها را در اولویت خود قرار دهند. در همین رابطه، همکاری با سازمان‌های نظارتی به منظور تدوین برنامه‌های کوتاه مدت و بلند مدت برای کاهش میزان پساب و تصفیه آن ضروری می‌باشد. از لحاظ فنی، تصفیه پساب غذاهای دریایی و یا سایر بخش‌های صنایع غذایی دشوار نیست، اما هزینه‌های تصفیه می‌تواند بالا باشد. از طرفی این موضوع مهم است که تولیدکننده‌های غذاهای دریایی می‌توانند از طریق آموزش کارکنان خود به منظور افزایش آگاهی‌های زیست محیطی، از هدر رفتن آب شیرین جلوگیری کنند. همچنین، بهتر است کارخانجات طرح ذخیره سازی آب را نیز اجرا کنند. این طرح شامل دستورالعمل‌های استفاده از آب شیرین و بازیابی آب مصرفی در مناطقی که آب شیرین مورد نیاز است، می‌باشد. علاوه بر این، فعالیت‌هایی که منجر به صرفه جویی در مصرف آب می‌شود باید مورد توجه قرار گیرند و از طرفی فعالیت‌هایی که منجر به افزایش تولید پساب می‌شود، کمتر شود. از نظر فنی، به منظور دستیابی به تصفیه مقرون به صرفه و موفقیت آمیز پساب، نیاز است که یک برنامه اولویت‌بندی شده تدوین شود، زیرا همانطور که بیان شد به سبب استفاده زیاد آب در این صنایع، مقدار تولید پساب بسیار بالا می‌باشد.

#### منابع

Ahmed M.B., Zhou J.L., Ngo H.H., Guo W., Thomaidis N.S., Xu J. 2017. Progress in the biological and chemical treatment

Parvalbumin (مانند کالمودولین) می‌باشند. همچنین ترکیبات نیتروژنی غیر پروتئینی با درجه حلالیت بالا از جمله آمینواسیدهای آزاد، دی‌پپتیدها، نوکلئوتیدها، ترکیبات گوانیدین، اوره، ترکیبات آمونیوم و مشتقاتشان وجود دارند (Søtoft *et al.*, 2015).

**آنزیم‌ها:** مطالعات مختلفی در مورد انواع آنزیم‌های موجود در ماهی، به ویژه ضایعات حاصل از فراوری آن وجود دارد که بیشتر این تحقیقات بر روی پروتئینازها متمرکز بوده‌است. هرچند آنزیم‌های دیگر مانند لیپواکسیژناز و ترانس گلوتامیناز هم مورد توجه هستند (Venugopal, 2016). پروتئینازها مسئول بسیاری از واکنش‌های مضر در غذاهای دریایی از قبیل نرم شدن بافت در فیله‌ها، شکاف بین میوتوم‌ها و پدیده مودوری در ژل‌های سوریمی هستند. با این حال، در شرایط مختلف، آن‌ها می‌توانند برای تولید تعدادی از محصولات دریایی از قبیل تولید پروتئین هیدرولیز شده ماهی، سس ماهی، یا برای توسعه عطر و طعم استفاده شوند (Hassan and Hamzah, 2012).

یکی دیگر از آنزیم‌های مهم که در ماهیان و به ویژه پساب سوریمی آنها مطالعه شده است، آنزیم ترانس گلوتامیناز (TGase = Transglutaminase) می‌باشد. در فرآیند تولید محصولات مبتنی بر سوریمی (مانند ژل کامابوکو)، این آنزیم موجب ایجاد پیوندهای قوی بین پروتئین‌های میوفیبریل آن می‌شود. می‌توان با بازیابی TGase از پساب حاصل از شستشوی ماهی و اضافه کردن آن به محصول نهایی، قدرت ژل را بهبود بخشید (Park, 2013). در همین راستا Aran و همکاران (۲۰۱۲) پساب حاصل از شستشوی مینس ماهی (*Nemipterus hexodon*) را هیدرولیز کرده و این محصول هیدرولیز شده را به عنوان یک منبع نیتروژنی به جای محیط کشت عمومی مورد استفاده (پپتون) برای کشت باکتری‌هایی مانند *Enterobacter* sp. C2361 و *Providencia* sp. C1112 مورد استفاده قرار دادند.

- fish processing wastewater—A review. *Bioresource Technology* 101, 439-449.
- Ding H.C., Li D.F., Wei X.Y., Huang Y.W., Cui S., Xie H.J., Zhou T. 2017. Protein-peptide nutritional material prepared from surimi wash-water using immobilized chymotrypsin-trypsin. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97, 1746-1752.
- Dumay J., Radier S., Barnathan G., Berge J., Jaouen P. 2008. Recovery of valuable soluble compounds from washing waters generated during small fatty pelagic surimi processing by membrane processes. *Environmental Technology* 29, 451-461.
- Fanaie V.R., Khiadani M. 2020. Effect of salinity on air dissolution, size distribution of microbubbles, and hydrodynamics of a dissolved air flotation (DAF) system. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 591, 124547.
- Gringer N., Hosseini S.V., Svendsen T., Undeland I., Christensen M.L., Baron C.P. 2015. Recovery of biomolecules from marinated herring (*Clupea harengus*) brine using ultrafiltration through ceramic membranes. *LWT-Food Science and Technology* 63, 423-429.
- Guo, W., Ngo, H.-H., Li, J., 2012. A mini-review on membrane fouling. *Bioresource Technology* 122, 27-34.
- Hassan F., Hamzah S. 2012. Preparation and characterization of asymmetric ultrafiltration membrane for effective recovery of proteases from surimi wash water. *Frontiers of Chemical Science and Engineering* 6, 184-191.
- Haydar S., Aziz J., Ahmad M. 2016. Biological treatment of tannery wastewater using activated sludge process. *Pakistan Journal of Engineering and Applied Sciences* 61-65.
- Huang L. 1997. Application of membrane filtration to recover solids from protein solutions. PhD thesis, Oregon State University, Corvallis, OR.
- Jamieson B.L., Gonçalves A.A., Gagnon G.A. 2013. Evaluation of treatment options for Atlantic Canadian seafood processing plant effluent. *Journal of Environmental Engineering and Science* 8, 448-460.
- Jaouen P., Bothorel M., Qumneur F. 1990. Treatment of seafood processing effluents through microporous membranes-applications and prospects. In: Proceeding technologies for emerging contaminant removal from wastewater: a critical review. *Journal of Hazardous Materials* 323, 274-298.
- Al-Shannag M., Al-Qodah Z., Bani-Melhem K., Qtaishat M.R., Alkasrawi M. 2015. Heavy metal ions removal from metal plating wastewater using electrocoagulation: Kinetic study and process performance. *Chemical Engineering Journal* 260, 749-756.
- Alexandre V., Valente A., Cammarota M.C., Freire D.M., 2011. Performance of anaerobic bioreactor treating fish-processing plant wastewater pre-hydrolyzed with a solid enzyme pool. *Renewable Energy* 36, 3439-3444.
- Aran H., Bourneow C., Benjakul S. 2012. Hydrolysis of surimi wastewater for production of transglutaminase by *Enterobacter* sp. C2361 and *Providencia* sp. C1112. *Food chemistry* 135, 1183-1191.
- Białas W., Stangierski J., Konieczny P. 2015. Protein and water recovery from poultry processing wastewater integrating microfiltration, ultrafiltration and vacuum membrane distillation. *International Journal of Environmental Science and Technology* 12, 1875-1888.
- Bratby J. 2016. Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment. IWA publishing, 450 p.
- Cao H., Fan D., Jiao X., Huang J., Zhao J., Yan B., Zhou W., Zhang W., Zhang H. 2018. Effects of microwave combined with conduction heating on surimi quality and morphology. *Journal of Food Engineering* 228, 1-11.
- Cassano A., Rastogi N., Basile A. 2015. Membrane technologies for water treatment and reuse in the food and beverage industries. In: *Advances in Membrane Technologies for Water Treatment*. Elsevier. pp. 551-580.
- Chen W.-T., Ma J., Zhang Y., Gai C., Qian W. 2014. Physical pretreatments of wastewater algae to reduce ash content and improve thermal decomposition characteristics. *Bioresource Technology* 169, 816-820.
- Ching Y., Redzwan G. 2017. Biological treatment of fish processing saline wastewater for reuse as liquid fertilizer. *Sustainability* 9, 1062.
- Chowdhury P., Viraraghavan T., Srinivasan A. 2010. Biological treatment processes for

- Morrissey M.T., Park J.W., Huang L. 2000. Surimi processing waste. *Surimi and Surimi Seafood*, 127-166.
- Murado M.A., Fraguas J., Montemayor M.I., Vázquez J.A., González P. 2010. Preparation of highly purified chondroitin sulphate from skate (*Raja clavata*) cartilage by-products. Process optimization including a new procedure of alkaline hydroalcoholic hydrolysis. *Biochemical Engineering Journal* 49, 126-132.
- Mutamim N.S.A., Noor Z.Z., Hassan M.A.A., Olsson G. 2012. Application of membrane bioreactor technology in treating high strength industrial wastewater: a performance review. *Desalination* 305, 1-11.
- Nguyen T.D.P., Le T.V.A., Show P.L., Nguyen T.T., Tran M.H., Tran T.N.T., Lee S.Y. 2019. Bioflocculation formation of microalgae-bacteria in enhancing microalgae harvesting and nutrient removal from wastewater effluent. *Bioresource Technology* 272, 34-39.
- Oladoja N.A. 2015. Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. *Journal of Water Process Engineering* 6, 174-192.
- Oliveira D.L.D., Grassi T.L.M., Paiva N.M., Santana B.N., Nakamura A.A., Bermejo-Poza R., Ponsano E.H.G. 2020. Ultrafiltration for the recovery of proteins from surimi washing water. *Food Science and Technology* <https://doi.org/10.1590/fst.30120>
- Ortiz-Oliveros H.B., Flores-Espinosa R.M., 2020. Design of a mobile dissolved air flotation system with high rate for the treatment of liquid radioactive waste. *Process Safety and Environmental Protection* 144, 23-31.
- Padaki M., Murali R.S., Abdullah M.S., Misdan N., Moslehyani A., Kassim M., Hilal N., Ismail A. 2015. Membrane technology enhancement in oil-water separation. A review. *Desalination* 357, 197-207.
- Park J.W. 2013. Surimi and surimi seafood. CRC Press. 666 p.
- Park J.W., Ooizumi T., Hunt A.L. 2013. Ingredient Technology for 18 Surimi and Surimi Seafood. *Surimi and Surimi Seafood* 453.
- Priambodo, G., Mangkoedihardjo, S., Hadi, W., Soedjono, E.S., 2011. Wastewater of Proc. Internat. Congress on Membranes and Membrane Processes, Chicago, USA.
- Johnson R.A., Gallanger S.M. 1984. Use of coagulants to treat seafood processing wastewaters. *Journal Water Pollution Control Federation* 970-976.
- Kanjanapongkul K., Tia S., Wongsangasri P., Yoovidhya T. 2009. Coagulation of protein in surimi wastewater using a continuous ohmic heater. *Journal of Food Engineering* 91, 341-346.
- Kanjanapongkul K., Yoovidhya T., Tia S., Wongsangasri P. 2008. Protein removal from fish mince washwater using ohmic heating. *Songklanakar Journal of Science and Technology* 30.
- Keluskar R.P., Ghosh S., Mani M.K., Nayak B.B. 2019. Application of a rotating biological contactor and moving bed biofilm reactor hybrid in Bioremediating Surimi processing wastewater. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences* 89, 1471-1478.
- Kim J.K. 2011. Scaled-up bioconversion of fish waste to liquid fertilizer using a 5 L ribbon-type reactor. *Journal of Environmental Management* 92, 2441-2446.
- Kim J.K., Kim J.B., Cho K.S., Hong Y.-K., 2007. Isolation and identification of microorganisms and their aerobic biodegradation of fish-meal wastewater for liquid-fertilization. *International Biodeterioration and Biodegradation* 59, 156-165.
- Kim J.K., Lee G. 2009. Aerobically biodegraded fish-meal wastewater as a fertilizer. *Environmental Research Journal* 3, 219-236.
- Liu Y. 2003. Chemically reduced excess sludge production in the activated sludge process. *Chemosphere* 50, 1-7.
- Ma J., Lee J., Han S.S., Oh K.H., Nam K.T., Sun J.-Y. 2016. Highly stretchable and notch-insensitive hydrogel based on polyacrylamide and milk protein. *ACS Applied Materials and Interfaces* 8, 29220-29226.
- Matak K.E., Tahergorabi R., Jaczynski J. 2015. A review: Protein isolates recovered by isoelectric solubilization/precipitation processing from muscle food by-products as a component of nutraceutical foods. *Food Research International* 77, 697-703.

- surimi wash water treated with chitosan-alginate complexes. *Bioresource Technology* 98, 539-545.
- WU J.-n., Yang Y.-h., Wang Y., Su J., Xu Y.-a. 2013. Research on recovery of soluble proteins from surimi wash water by ferric chloride flocculation. *Fishery Modernization* 1, 63167.
- Yang R., Li H., Huang M., Yang H., Li A. 2016. A review on chitosan-based flocculants and their applications in water treatment. *Water Research* 95, 59-89.
- Yuan H., He Z. 2015. Integrating membrane filtration into bioelectrochemical systems as next generation energy-efficient wastewater treatment technologies for water reclamation: a review. *Bioresource Technology* 195, 202-209.
- Zhou J.-p., Zhang W., Liu R., Zhu X.-M., Xiong G.-Q., Wang L., Wu W.-J., Shi L. 2020. Study on Protein Recovery Process of Silver Carp Surimi Rinsing Water. *Journal of Fisheries of China* 41, 56-61.
- Zhou X., Jiang S., Zhao D., Zhang J., Gu S., Pan Z., Ding Y. 2017. Changes in physicochemical properties and protein structure of surimi enhanced with camellia tea oil. *LWT* 84, 562-571.
- treatment strategy for fish processing industry in Kota Pantai Muncar of Indonesia. *International Journal of Academic Research* 3, 93-97.
- Shah S., Meshre S.D., Patange S. 2018. pH-induced protein recovery and its functionality from surimi wash water. "Empowerment of Rural Communities through Aquaculture. *ERCA* 144.
- Sillapacharoenkul B., Sinbuathong N. 2020. Anaerobic biological treatment of frozen seafood wastewater. *Environmental Progress and Sustainable Energy* 39, e13418.
- Sinbuathong N. 2019. Predicting the increase of methane yield using alkali pretreatment for weeds prior to co-digestion. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 41, 1124-1131.
- Søtoft L.F., Lizarazu J.M., Parjikolaei B.R., Karring H., Christensen K.V. 2015. Membrane fractionation of herring marinade for separation and recovery of fats, proteins, amino acids, salt, acetic acid and water. *Journal of Food Engineering* 158, 39-47.
- Stine J., Pedersen L., Smiley S., Bechtel P., 2012. Recovery and utilization of protein derived from surimi wash-water. *Journal of Food Quality* 10.
- Stine J., Pedersen, L., Smiley S., Bechtel P., 2012. Recovery and utilization of protein derived from surimi wash-water. *Journal of Food Quality* 35, 43-50.
- Swafford T., Babbitt J., Reppond K., Hardy A., Riley C., Zetterling T., 1985. Surimi process yield improvements and quality contribution by centrifuging. In: (Eds.), *Proceeding of Proc. of the International Symp. on Engineered Seafood*. pp: 483-496.
- Toyoshima K., Noguchi R., Hosokawa M., Fukunaga K., Nishiyama T., Takahashi R., Miyashita K. 2004. Separation of sardine oil without heating from surimi waste and its effect on lipid metabolism in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52, 2372-2375.
- Venugopal V. 2016. Enzymes from seafood processing waste and their applications in seafood processing. *Advances in Food and Nutrition Research* 78, 47-69.
- Wibowo S., Velazquez G., Savant V., Torres J.A. 2007. Effect of chitosan type on protein and water recovery efficiency from

**Review Article****Surimi wastewater management****Zahra Nahvi, Seyed Vali Hosseini\***

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

\*Corresponding author: hosseinisv@ut.ac.ir

Received: 2021/5/13

Accepted: 2021/7/12

**Abstract**

Wastewater has been the biggest problem for the surimi industry. Thus, it is essential to have long-term strategies for surimi wastewater treatment, including recovery / reduction of the proteinous compounds, as well as the costs of such an operation. In the meantime, the recovery of myofibrillar proteins from surimi wastewater that is then put back into primary products has been an economic gain for the industry. There has also been a gradual shift in the strategies to incorporate other proteins such as sarcoplasmic proteins and bioactive compounds into the surimi product. However, the recovery of these compounds from wastewater is not profitable yet. It is necessary to clearly define goals for by-product recovery, as they directly determine the technology to be employed and the costs for operation and maintenance. A technology that is adopted to recover solids for human consumption will be more expensive than the one developed for producing animal feeds or landfills. One strategy may include a combination of different technologies for achieving different goals in order to develop the most cost-effective and profitable surimi byproduct utilization operations as well as reducing the amount of various organic compounds.

**Keywords:** Aquatic processing industries, Surimi, Protein recovery, Wastewater treatment, Water pollution.