

بررسی عملکرد پودر کربن فعال در حذف عوامل ایجاد طعم و بوی موجود در آب شرب شهر بندرعباس (به صورت آزمایشگاهی و واقعی)

امین قصمی^۱، علاء امیریان نژاد^{۲*}، پریسا زارعی^۳، مهدی هاشمی شهرکی^۴، اعظم حمزه پور^۵

۱- دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست گرایش آب و فاضلاب، دانشگاه پردیس دانشگاه تهران.

ghasami@abfahormozgan.com

۲- کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه، دانشگاه هرمزگان.

alaamiriannezhad@gmail.com

۳- کارشناسی زیست شناسی، دانشگاه پیام نور بندرعباس. keyfi@abfahormozgan.com

۴- دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست گرایش آب و فاضلاب، دانشگاه شهید بهشتی.

mehdishahrakigha@gmail.com

۵- کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست گرایش آب و فاضلاب، دانشگاه آزاد اسلامی بندرعباس.

azamhamzeopoor@gmail.com

چکیده

به طور معمول شناسایی دقیق عوامل ایجاد طعم و بو بسیار دشوار و غیرممکن می گردد و معمولاً تاثیر روش های مختلف حذف بصورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار می گیرند. سد استقلال به عنوان یکی از منابع مهم آب شرب شهر بندرعباس با وجود بیش از ۴ میلیون سیانوفیسه در ۱۰۰ میلی لیتر آب باعث افزایش شدید طعم و بو در آب شرب این شهر شده است. هدف از انجام این تحقیق تعیین عملکرد برندهای مختلف جاذب پودر کربن فعال (PAC) موجود در بازار ایران برای کاهش عوامل طعم و بو موجود در سد استقلال و تعیین غلظت مناسب تزریق این ماده در تصفیه خانه می باشد. لذا با اجرای آزمایش جارست بر روی سه برند موجود در بازار ایران (دو برند ایرانی و یک برند چینی) به بررسی میزان کاهش شاخص طعم و بو پرداخته شد. در ادامه با انجام طرح آزمایش تاثیر متقابل میزان تزریق پلی آلومینیوم کلراید (PACL) و PAC بر روی میزان حذف کدورت و کاهش شاخص طعم (FTN) بررسی شد. در نهایت نتیجه گیری شد که عملکرد هر سه برند برای کاهش طعم و بو تفاوت چشمگیری نداشته و برای کاهش کدورت ورودی از ۸ به ۴/۴ NTU و FTN ورودی ۲۵ به زیر ۲ باید از غلظت ۷/۵۴ میلی گرم در لیتر PACL به عنوان ماده منعقدکننده و حدود ۱۵ میلی گرم در لیتر PAC استفاده کرد همچنین استفاده در مقیاس واقعی در ورودی پولساتورهای تصفیه خانه نشان داد که به دلیل تجمع PAC در پتوی لجن می توان غلظت تزریق PAC را تا حدود بیش از ۷/۵ برابر نسبت به نتایج آزمایشات جارست کاهش داد.

واژه های کلیدی فارسی: طعم و بو، پودر کربن فعال، پولساتور، سیانوفیسه

۱- مقدمه

به طور کلی برای مصرف کنندگان، طعم و بو تنها روش تعیین سالم بودن آب شرب است (McGuire, 1995). تحقیقات نشان داده است که بو ناشی از برخی مواد آلاینده در غلظت های بسیار کم نیز، توسط حس بویایی قابل تشخیص است (Suffet et al., 1999) و شناسایی دقیق عوامل و شرایطی که در آن بو ایجاد می گردد گاهی بسیار دشوار

و غیر ممکن می‌گردد (Jüttner and Watson, 2007).

عوامل ایجاد طعم و بو در منابع تامین آب شرب را می‌توان در دو دسته عوامل طبیعی و بیولوژیکی و عوامل انسانی مانند تخلیه مواد شیمیایی صنعتی و فاضلاب دسته بندی نمود. مشکلات ناشی از طعم و مزه در آبهای سطحی بدلیل حضور جلبک‌ها معمولا بیشتر از آبهای زیرزمینی است (Crittenden et al., 2012). معمولا فعالیت‌های میکروبی در آب‌های سطحی و زیرزمینی باعث ایجاد طعم و بو در این منابع آبی می‌گردند (Lin, 1977). این نوع فعالیت‌ها در تجزیه گیاهان، شکوفایی جلبکی در دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، ایجاد پدیده اوتریفیکاسیون و لایه بندی و چرخش آب در مخازن و همچنین در آب‌های زیرزمینی رخ می‌دهد (Davis et al., 2001). تولید و پراکنش طعم و بو نامطبوع می‌تواند به عوامل بیولوژیکی نظیر فیتوپلانکتون‌ها نیز مرتبط باشد (Watson, 2003). منابع مصنوعی بو نیز مانند فاضلاب‌های صنعتی، روان آب‌های شهری و کشاورزی و ... می‌توانند مواد مولد طعم و بو را مستقیما به آبهای سطحی و یا زیرزمینی وارد نمایند (Davis et al., 2006). عوامل گیاهی در حال تجزیه، کپک‌ها و اکتینومیسیتها، باکتری‌های آهن و گوگرد، کلرید سدیم، مواد صنعتی مانند ترکیبات فنل و ... از عوامل مهم دیگر بو می‌باشند (McDonald et al., 2013). بوی خاکی و کپکی معمول‌ترین بو تولیدی در حین شکوفایی جلبکی است که به علت آزاد شدن ژئومین^۱ و ۲-متیل‌ایزوبورنل (MIB) در منابع آبی می‌باشد. ژئومین و MIB دو ماده بسیار شبیه به هم بوده که در بیشتر مناطق جهان یافت می‌شوند و این دو عناصر معمول در ایجاد مشکلات مربوط به طعم و بو در تاسیسات آبی هستند. بطور معمول این دو ماده توسط سیانوباکترها تولید شده و دارای غلظت آستانه طعم و بوی بین ۵-۱۰ نانوگرم در لیتر می‌باشد (Booth and Burlingame, 2011).

سیانوباکتر، کلروфіسه (جلبک‌های سبز) و دیاتومه‌ها نشان داده اند که عامل ایجاد انواع مختلف بو همچون بوهای علفی، ماهی، دارویی و خیار می‌باشند (Booth and Burlingame, 2011). در جدول شماره ۱ غلظت مواد آلی و بوی غالب تولیدی توسط این مواد ارائه گردیده است.

جدول شماره ۱- مواد شیمیایی آلی و غلظت تولیدی بو مربوط به هریک از آنها (Booth and Burlingame, 2011)

غلظت هدف	ترکیبات هدف	توصیف گر بو
۱ ng/l	ژئوسمین (بوی زمین و سبزیجات)	خاکی، رطوبی، کثیف
۵۰ pg/l		
۵۰ pg/l		
۰/۵ micro g/l	یدوفورم	دارویی
۵ ng/l	کلروفنول‌ها	کلروفنولیک
۵ ng/l	بروموفنول‌ها	
۱-۱۰ micro g/l	هیدروکربن‌ها	هیدروکربن‌ها
۱ micro g/l	حلال‌ها	حلالیت
۱۰ ng/l	دی متیل تری سولفید	باتلاق چرکی (عفونی)
۲۰۰ ng/l	دی متیل دی سولفید	
۲/۵ micro g/l	هپتادینال	ماهی گونه
۱۰ ng/l		خیار
۰/۱ micro g/l	آلدهیدهای بیشتر از ۶ کربن	میوه ای
۱۰ ng/l	دیوکسان‌ها و دیوکسونال‌ها	روغن زیتون - همه میوه‌ها

¹ Geosmin

پیشگیری و کنترل طعم و بو می‌تواند در منبع، در تصفیه‌خانه آب و تا میزان مشخصی در سیستم توزیع صورت پذیرد بطوریکه در آبهای سطحی کنترل در منبع ایده آل‌ترین محل برای پیشگیری طعم و بو می‌باشد، کنترل در منبع شامل کنترل رشد جلبک و ارگانیسم‌های وابسته است که در مخازن آب سطحی با استفاده از روش‌هایی همچون استفاده از دشمنان طبیعی (بیولوژیکی)، تخریب، هوادهی و کنترل و مدیریت حوضه قابل انجام است در صورت کنترل نکردن عوامل طعم و بو در منبع تامین، این آلاینده‌ها باید در تصفیه‌خانه تا حد مطلوبی کاهش یابند که بطور معمول این کاهش با دو روش اکسیداسیون و یا جذب سطحی صورت می‌گیرد (Crittenden et al., 2012, Edward, 2005).

بطور معمول فرآیندهای اکسیداسیون برای کاهش عوامل طعم و بو همراه با تولید مواد ناخواسته مضر بوده که این موضوع باعث کاربرد کمتر این فرآیندها در بخش تصفیه و کاهش طعم و بو گردیده است (Qasim et al., 2000, Moel et al., 2007). فرآیند کنترل و جذب طعم و بو با استفاده از کربن فعال در مصارف آب شرب یکی از فرآیندهای مهم در این زمینه طی دهه‌های اخیر بوده است. کربن فعال به دو صورت پودری و گرانولی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Cini et al., 1981). لازم به ذکر است که با افزایش غلظت ماده جاذب و یا ظرفیت جذب زمان جذب کاهش یافته و با غلظت‌های بیشتری از آلاینده‌ها جذب خواهند شد.

در حال حاضر یکی از منابع اصلی تامین آب شرب شهر بندرعباس، سد استقلال واقع در بالادست شهر میناب است جریان برداشتی از این سد بعد از انجام فرآیند متعارف تصفیه شامل فرآیند انعقاد، لخته‌سازی و زلال‌سازی (از نوع پولساتوری)، ازن زنی و فیلتراسیون به مصرف آب شرب شهر بندرعباس می‌رسد. در طی چندسال اخیر منبع آب سد استقلال دچار پدیده شکوفایی جلبکی شده بطوریکه در برخی از ماه‌های سال تعداد جلبک‌های سیانوفیسه آن به عدد حدود ۴ میلیون در ۱۰۰ میلی‌لیتر نیز رسیده است که این موضوع باعث ایجاد طعم و بوی شدید در شبکه آب شرب این شهر گردیده است. ولی با وجود استفاده از سیستم ازن‌زنی قبل از سامانه فیلتراسیون و حذف قابل قبول طعم و بو بعد از این سیستم، تولید طعم و بو مجدد در شبکه تشدید شده بطوریکه اغلب مردم علاقه‌ای به مصرف آب شرب تامین نمی‌دارد، که این موضوع به دلیل مکان نامناسب استفاده از سامانه ازن زنی و عدم وجود امکان استفاده از کربن فعال برای جذب عوامل کتون و آلدئید تولیدی ناشی از ازن زنی می‌باشد (Moel et al., 2007, Qasim et al., 2000) لذا در این تحقیق در ابتدا به مطالعه و بررسی میزان اثربخشی حذف عوامل تولید طعم و بو با استفاده از فرآیند جذب سطحی در آزمایشگاه پرداخته شده و سپس به مقایسه نتایج حاصل از کاهش شاخص طعم و بو در خروجی پولساتورها و آزمایشات صورت گرفته پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایشات از دو دسته کربن فعال پودری تولیدی شرکت‌های پارت شیمی همدان و پارس رفسنجان و محصول یک شرکت چینی با مشخصات ارائه شده در جدول شماره ۲ استفاده گردید.

جدول شماره ۲- مشخصات برندهای مختلف کربن فعال پودری مورد مقایسه در آزمایشات جارنست بر روی آب خام

ورودی به تصفیه‌خانه از سد استقلال در مهر سال ۱۳۹۶

نام محصول	مساحت سطح ویژه (m^2/g)	سایز (mesh)	درصد خاکستر (%)	درصد رطوبت (w/w) (%)
شرکت پارت شیمی	۸۰۰	۲۰۰<	>۶٪	<۵٪

شرکت پارس رفسنجان	۸۰۰	۲۰۰<	٪۶>	٪۵<
محصول خارجی	-	۲۰۰<	-	٪۵<

برای تعیین میزان اثرگذاری و کاهش طعم و بو از آزمایش جارتست استفاده گردید و آزمایشات مربوط به تعیین شدت طعم بر مبنای روش آزمایش شماره B ۲۱۶۰ استاندارد متد صورت گرفت. برای تعیین کدورت خروجی از روش آزمایش شماره B ۲۱۳۰ استاندارد متد استفاده شده است.

برای بررسی عملکرد هریک از جاذب‌های استفاده شده برای حذف طعم و بو و انتخاب جاذب مناسب، سه دوره آزمایش جارتست با غلظت‌های مختلف ۲، ۵، ۸، ۱۲، ۱۵ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر از ماده جاذب در شرایط یکسان تزریق ۶ میلی‌گرم در لیتر پلی آلومینیوم کلراید (PACL) به عنوان ماده منعقدکننده اجرا گردید و میزان کاهش طعم و کدورت خروجی اندازه‌گیری و مقایسه شد، در نهایت با انجام مقایسه در میزان حذف طعم و بو و همچنین در نظر گرفتن هزینه‌های خرید و حمل از بین برندهای مورد استفاده، برند مناسب انتخاب گردید.

بعد از انتخاب برند مناسب، برای تعیین نحوه عملکرد همزمان غلظت پودر کربن فعال (PAC) و ماده منعقدکننده PACL بر میزان حذف طعم و کدورت از طراحی آزمایش به وسیله نرم افزار Design-Expert استفاده شده است. امروزه از روش RSM جهت طراحی آزمایش، همچنین ارائه روابط منطقی بین متغیرها، بصورت گسترده در بسیاری از زمینه‌های تحقیقاتی استفاده می‌شود (Chen et al., 2011, Wu et al., 2012). در این روش غلظت پودر کربن فعال و پلی آلومینیوم کلراید به عنوان متغیرهای مستقل و کدورت و شاخص طعم خروجی به عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند و بازه تغییرات متغیرهای مستقل به شرح جدول شماره ۳ در نظر گرفته شد.

جدول شماره ۳- متغیرهای مستقل و مقادیر در نظر گرفته شده در طرح آزمایش انجام شده بر روی آب خام ورودی به

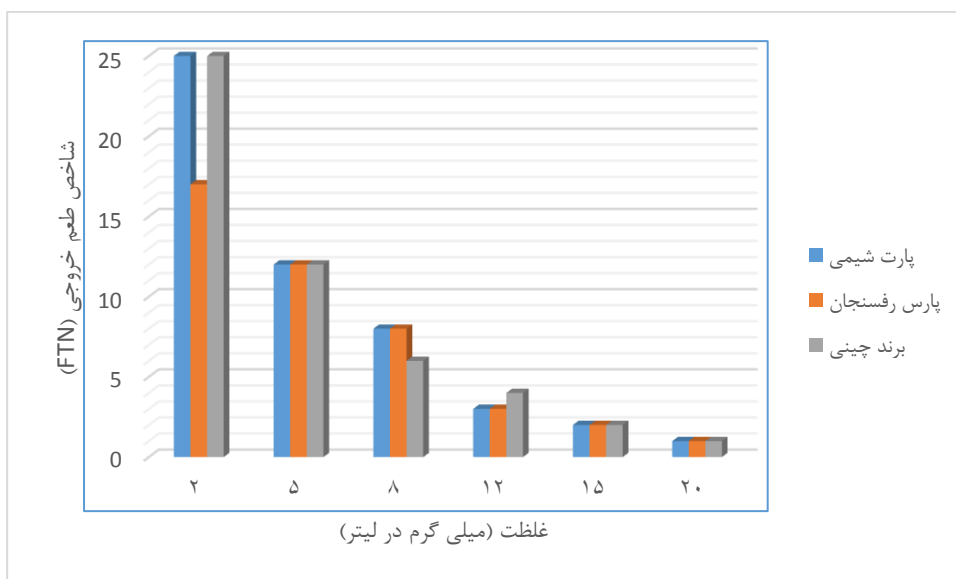
تصفیه‌خانه از سد استقلال در مهر سال ۱۳۹۶

متغیر مستقل	واحد	مقدار مینیمم	مقدار ماکزیمم	مقدار منفی آلفا	مقدار مثبت آلفا
پلی آلومینیوم کلراید (PACL)	میلی گرم در لیتر	۳	۹	۰	۱۲
پودر کربن فعال (PAC)	میلی گرم در لیتر	۵	۱۵	۰	۲۰

در نهایت میزان بهینه غلظت تزریق مواد منعقدکننده و جاذب مورد استفاده برای دستیابی به کدورت خروجی کمتر از ۵ NTU و شاخص طعم کمتر از ۲، با استفاده از نتایج و مدل‌های برازش شده به طراحی آزمایش در شرایط آزمایشگاهی تعیین شد. در مرحله بعد با توجه به امکانات موجود به دلیل استفاده از سیستم‌های زلالسازی پولساتوری و تفاوت‌های ماهیتی این سیستم با آزمایش جارتست بعد از اعمال شرایط بهینه حاصل از نتایج آزمایشگاهی با تغییر غلظت کربن فعال پودری در طول زمان، غلظت مناسب کربن مورد نیاز برای دستیابی به شاخص طعم کمتر از ۲ در سیستم زلالساز تعیین گردید.

۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از بخش اول آزمایشات برای تعیین برند مناسب کربن فعال پودری از میان برندهای مورد استفاده برای کنترل طعم و بو آب خام ورودی به تصفیه‌خانه میناب در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.



شکل شماره ۱- میزان کاهش شاخص طعم آب خام ورودی به تصفیه‌خانه از سد استقلال در مهرماه سال ۱۳۹۶ در غلظت‌های مختلف برندهای متفاوت کربن فعال پودری

همانطور که در این نمودار نشان داده شده است بطور کلی عملکرد هر سه برند کربن فعال پودری مورد استفاده در کاهش شاخص طعم خروجی تقریباً یکسان بوده و حتی در چند مورد میزان کاهش این شاخص توسط برندهای ایرانی بهتر از برند خارجی بوده است لذا با توجه به نتایج حاصل از این آزمایشات و همچنین قیمت‌های پیشنهادی از طرف نمایندگی‌های فروش هر سه برند و با احتساب هزینه حمل در نهایت برای کاهش طعم از آب ورودی به تصفیه‌خانه میناب کربن فعال پودری تولیدی شرکت پارس رفسنجان به عنوان کربن فعال مناسب برای این تصفیه‌خانه انتخاب شد و آزمایشات تاثیرهمزمان ماده منعقدکننده و جاذب با این کربن انجام پذیرفت. نتایج حاصل از طراحی آزمایش برای تعیین اثر همزمان ماده منعقدکننده و جاذب بعد از تعیین ماده جاذب منتخب از بین برندهای مورد استفاده به شرح جدول شماره ۴ می‌باشد.

جدول شماره ۴- نتایج حاصل از شرایط مختلف آزمون پیشنهادی طرح آزمایش بر روی آب خام ورودی به تصفیه‌خانه از سد استقلال در مهر سال ۱۳۹۶

شرایط آزمون		نتایج حاصل	
پودر کربن فعال	پلی آلومینیوم کلراید	کدورت خروجی	شاخص طعم خروجی
<i>B:PAC</i>	<i>A:PACL</i>	<i>Turbidity</i>	<i>FTN</i>
<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>NTU</i>	-
۱۰	۶	۵	۳
۵	۳	۷	۸
۱۰	۱۲	۲	۴
۱۰	۶	۵	۳
۲۰	۶	۷	۱
۱۰	۶	۵/۵	۳
۱۰	۰	۱۳	۲

۳	۱۵	۱۲	۲
۹	۵	۳	۱۲
۶	۱۰	۴/۷	۳
۶	۱۰	۴/۹	۳
۶	۰	۴/۵	۲۵
۹	۱۵	۳/۵	۳

ضرایب همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته بدون در نظر گرفتن تاثیر همزمان بین پارامترها به شرح جدول شماره ۵ می باشد.

جدول شماره ۵- ضرایب همبستگی حاصل از نتایج بدست آمده از آزمایشات طرح آزمایش صورت گرفته بر روی آب

خام ورودی به تصفیه خانه از سد استقلال در مهر سال ۱۳۹۶

متغیر وابسته متغیر مستقل	کدورت خروجی (Turbidity)	شاخص طعم خروجی (FTN)
غلظت ماده منعقدکننده (PAC)	-۰/۸۸۹	۰/۱۱۵
غلظت پودر کربن فعال (PAC)	۰/۲۷۰	-۰/۸۰۳

ضرایب همبستگی بین پارامترهای مستقل و وابسته حاکی از این است که عامل اصلی حذف کدورت غلظت ماده منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید بوده بطوریکه با افزایش غلظت این ماده کدورت خروجی با ضریب همبستگی ۰,۸۸۹ با کاهش روبرو گردیده است از مقدار و علامت ضریب همبستگی بین غلظت ماده منعقدکننده و شاخص طعم می توان نتیجه گیری نمود که غلظت این ماده همبستگی معناداری با کاهش یا افزایش شاخص طعم ندارد.

مقدار و علامت ضرایب همبستگی بین غلظت پودر کربن فعال و کدورت خروجی و شاخص طعم، حاکی از این نکته است که استفاده از این پودر و افزایش غلظت آن نقش زیادی در کاهش شاخص طعم و بو داشته و همچنین افزایش این ماده جاذب قبل از انعقاد باعث افزایش ناچیزی در کدورت خروجی زلال ساز شده که علت این موضوع را می توان در رنگ و کدورت ایجاد می توسط کربن فعال پودری یافت.

مدل برازش شده با استفاده از آنالیز آنوا (ANOVA) به نتایج حاصل از کدورت خروجی به عنوان متغیر وابسته و غلظت پلی آلومینیوم کلراید و پودر کربن فعال به عنوان متغیرهای ورودی از نوع درجه دوم بوده که مقادیر مربوط به آنالیز واریانس آن به شرح جدول شماره ۶ می باشد.

جدول شماره ۶- جدول آنالیز واریانس مدل درجه دوم برازش شده برای کدورت خروجی به عنوان متغیر وابسته و

غلظت ماده منعقدکننده و جاذب پودر کربن فعال به عنوان متغیر مستقل برای نتایج حاصل از طرح آزمایش

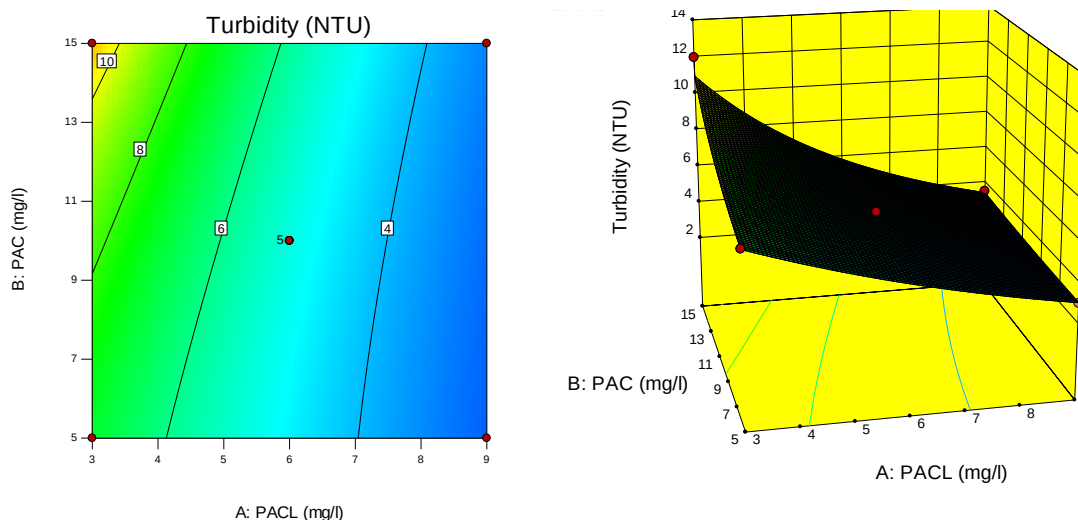
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	۰/۰۵۸	۵	۰/۰۱۲	۲۲۸/۵۲	< ۰/۰۰۰۱	significant
A-PACL	۰/۰۵۳	۱	۰/۰۵۳	۱۰۲۹/۴۶	< ۰/۰۰۰۱	
B-PAC	۲/۹۹۲E-۳	۱	۲/۹۹۲E-۳	۵۸/۶۲	۰/۰۰۰۱	
AB	۱/۰۳۰E-۴	۱	۱/۰۳۰E-۴	۲/۰۲	۰/۱۹۸۴	
A ²	۱/۸۲۶E-۳	۱	۱/۸۲۶E-۳	۳۵/۷۷	۰/۰۰۰۶	
B ²	۲/۵۱۹E-۴	۱	۲/۵۱۹E-۴	۴/۹۳	۰/۰۶۱۷	

Residual	۳/۵۷۳E-۴	۷	۵/۱۰۵E-۵			
R-Squared	۰/۹۹۳۹		Adj R-Squared	۰/۹۸۹۶	Pred R-Squared	۰/۹۷۷۱

فرمول مدل برازش شده برای این منظور به شرح فرمول شماره ۱ است

$$\frac{1}{(\text{Turbidity} + 1.00)} = 6.77231E-003 * \text{PACL} - 2.53557E-003 * \text{PAC} + 3.38319E-004 * \text{PACL} * \text{PAC} + 9.91923E-004 * \text{PACL}^2 - 1.32626E-004 * \text{PAC}^2 + 0.10740 \quad (1)$$

روند تغییرات کدورت خروجی حاصل از مدل بر مبنای میزان مصرف ماده منعقدکننده و پودر کربن فعال به شرح شکل شماره ۲ می باشد.



شکل شماره ۲- روند تغییرات کدورت خروجی بر حسب میزان مصرف مواد منعقدکننده و پودر کربن فعال حاصل از مدل برازش شده بر روی آب خام ورودی به تصفیه خانه از سد استقلال در مهر سال ۱۳۹۶

نمودارهای دو بعدی و سه بعدی حاصل از مدل برازش شده بر تاثیر متغیرهای مستقل بر روی کدورت خروجی نشان دهنده این موضوع است که با افزایش غلظت ماده منعقدکننده تاثیر افزایش پودر کربن فعال به عنوان ماده جاذب در کدورت خروجی بخش زلالسازی کاهش یافته و کربن فعال پودری بیشتر در داخل لخته های تولیدی شرکت می نماید.

مدل برازش شده به نتایج حاصل از شاخص طعم خروجی به عنوان متغیر وابسته و غلظت پلی آلومینیوم کلراید و پودر کربن فعال به عنوان متغیرهای ورودی بصورت خطی بوده که مقادیر مربوطه به آنالیز واریانس آن به شرح جدول شماره ۷ می باشد.

جدول شماره ۷- جدول آنالیز واریانس مدل خطی برازش شده بین شاخص طعم خروجی به عنوان متغیر وابسته و

غلظت ماده منعقدکننده و جاذب پودر کربن فعال به عنوان متغیر مستقل برای نتایج حاصل از طرح آزمایش

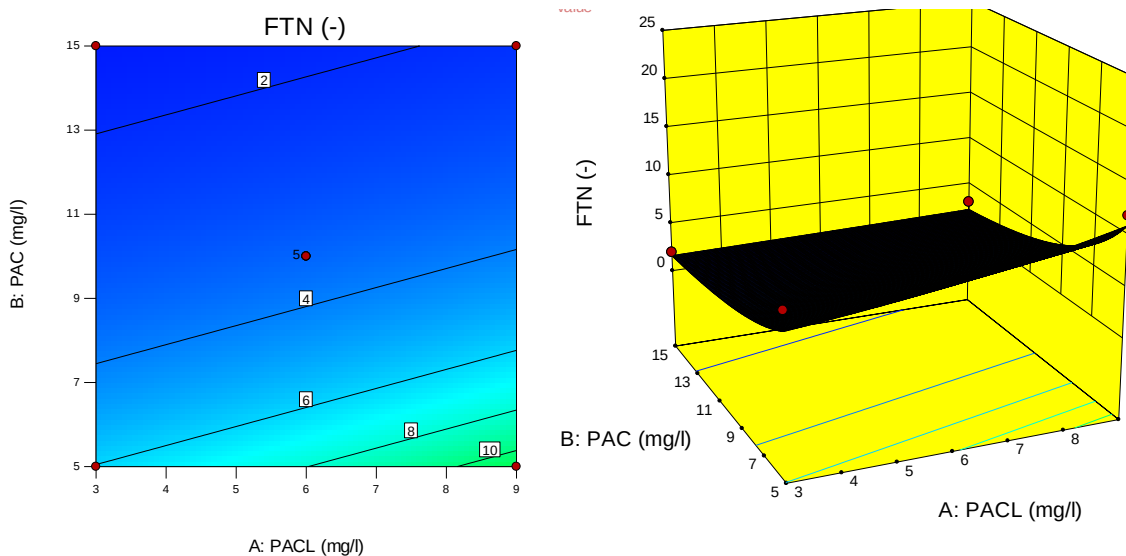
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	۰/۴۵	۲	۰/۲۲	۵۹/۲	< ۰/۰۰۰۱	significant

A-PACL	۰/۰۳۱	۱	۰/۰۳۱	۸/۱۳	۰/۰۱۷۲	
B-PAC	۰/۰۴۲	۱	۰/۰۴۲	۱۱۰/۲۷	< ۰/۰۰۰۱	
Residual	۰/۰۳۸	۱۰	۳/۸۰E-۳			
R-Squared	۰/۹۲۲۱		Adj R-Squared	۰/۹۰۶۵	Pred R-Squared	۰/۸۴۳۶

مدل برازش شده به شکل فرمول شماره ۲ است

$$1/\text{Sqrt}(\text{FTN}) = -0.016912 * \text{PACL} + 0.037370 * \text{PAC} + 0.28320 \quad (1)$$

روند تغییرات شاخص طعم خروجی حاصل از مدل بر مبنای میزان مصرف ماده منعقدکننده و پودر کربن فعال به شرح شکل شماره ۳ می باشد.



شکل شماره ۳- روند تغییرات شاخص طعم خروجی بر حسب میزان مصرف مواد منعقدکننده و پودر کربن فعال حاصل از مدل برازش شده بر روی آب خام ورودی به تصفیه خانه از سد استقلال در مهر سال ۱۳۹۶

از نمودارهای حاصل از نتایج مدل برازش شده به آزمایشات مربوط به تاثیر همزمان ماده منعقدکننده و پودر کربن فعال در کاهش شاخص طعم می توان نتیجه گیری کرد که با افزایش غلظت ماده منعقدکننده تاثیر غلظت پودر کربن فعال در کاهش شاخص طعم با سیری نزولی روبرو بوده است به عبارت دیگر با افزایش ماده منعقدکننده اندازه فلوک های تولیدی بزرگتر شده و این امر باعث کاهش سطح موثر تماس جاذب شده و در نتیجه میزان جذب کاهش می یابد.

مقادیر مناسب تزریق ماده منعقدکننده و پودر کربن فعال برای دستیابی به شاخص طعم و بوی زیر ۲ و همچنین کدورت خروجی از واحد زلال ساز بین ۴ تا ۵ با استفاده از مدل های برازش شده به شرح جدول شماره ۸ می باشد.

جدول شماره ۸: مقادیر مناسب تزریق ماده منعقدکننده و پودرکربن فعال برای دستیابی به شاخص طعم و بوی زیر ۲ و

کدورت ۴ الی ۵ برای آب خام ورودی به تصفیه‌خانه از سد استقلال در مهر سال ۱۳۹۶

شاخص رنگ خروجی	کدورت خروجی NTU	غلظت پودر کربن فعال (mg/l)	غلظت ماده منعقد کننده (mg/l)
FTN	Turbidity	PAC	PACL
۲	۴/۴	۱۴/۹۷	۷/۵۳۶

به عبارت دیگر از نتایج آزمایشات جارتست و مدل های برازش شده نتیجه‌گیری شده است که برای دستیابی به شاخص طعم خروجی زلالساز برابر با ۲ و کدورت ۴/۴ NTU نیاز است که از ماده منعقدکننده با غلظت ۷/۵۴ و پودر کربن با غلظت حدود ۱۵ میلیگرم در لیتر استفاده کرد.

با اعمال شرایط حاصل از آزمایشات در ورودی سامانه زلالساز پولساتوری پس از طی زمان مناسب ۲ ساعت کدورت خروجی از این زلالسازها در حدود ۲ NTU و شاخص طعم و بو به عدد ۱ کاهش یافت. با توجه به کاهش چشمگیر کدورت و شاخص طعم و بو در خروجی زلالساز نسبت به آزمایشات جارتست با کاهش مرحله ای میزان تزریق پودر کربن فعال در دوره های زمانی یک روزه و انجام آزمایش شاخص طعم و بو در نهایت در سامانه واقعی موجود در شهر میناب با وجود تزریق کلر اولیه و باقیمانده کلر در حد ۰/۵ میلیگرم در لیتر با تزریق غلظت ۱/۵ تا ۲ میلیگرم در لیتر پودرکربن فعال در ورودی پولساتور شاخص طعم خروجی از این زلالسازها به عدد زیر ۲ تقلیل یافت که این موضوع نشان دهنده تجمع کربن در پتوی لجن تولیدی و در نتیجه تاثیر بسیار موثرتر آن در کاهش عوامل طعم و بو و همچنین مواد جانبی تشکیل شده از پیش کلرزی و ژئوزمین و MIB آزاد شده ناشی از تخریب سلولی سیانوباکترها می‌باشد.

در اوایل بهره برداری از سیستم تزریق کربن فعال در ورودی زلالسازهای پولساتوری با وجود کاهش شاخص طعم به زیر ۲ در خروجی زلالسازها، و استفاده از ازن در ورودی جریان به فیلترها برخی از مناطق شهری مجدداً با مشکل طعم روبرو شد که این مورد نیز با خارج کردن سامانه ازن‌زنی از مدار به دلیل جلوگیری از تولید مواد آلی راحت تجزیه‌پذیر با کاهش چشمگیری روبرو گردید. لذا با توجه به نتایج حاصل از استفاده از فرآیندهای مذکور پیشنهاد گردید که بجای استفاده از کلر به عنوان پیش اکسنده از ازن استفاده گردد و بعد از ازن‌زنی اقدام به استفاده از کربن فعال در ورودی زلالسازهای پولساتوری شود.

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق به بررسی کارایی فرآیند جذب سطحی توسط انواع پودرهای کربن فعال موجود در کشور برای کاهش عوامل ایجاد طعم و بو در شبکه آب شهر بندرعباس بجای استفاده از سیستم اکسیداسیون با ازن موجود در بخش ورودی فیلتراسیون پرداخته شد و نتیجه‌گیری شد که استفاده از ازن به تنهایی به عنوان یک ماده اکسنده قوی برای حذف عوامل طعم و بو و جلبک، با وجود حذف این عوامل بدلیل ایجاد عوامل آلی راحت تجزیه پذیر مجدداً در شبکه باعث ایجاد طعم و بو می‌گردد و استفاده از آن منوط به استفاده از کربن فعال به عنوان جاذب این مواد می‌باشد. همچنین مشاهده گردید که در حالت معمول پودر کربن فعال با غلظت حدود ۱۵ میلیگرم در لیتر قادر به حذف بیش از ۹۰ درصد عوامل تولیدکننده طعم و بو در مخزن سد بوده در حالیکه استفاده از این ماده جاذب در ورودی پولساتور و تجمع آن در پتوی لجن باعث کاهش حدود ۷/۵ برابری مصرف این ماده گردیده است.

از این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در صورت استفاده از ازن به عنوان سامانه پیش اکسیداسیون و تزریق کربن فعال به عنوان جاذب عوامل آلی زودتجزیه پذیر تولیدی از ازن و همچنین عوامل باقیمانده تولید طعم و بو در جریان برداشتی از سد استقلال تا حد قابل قبولی می‌توان آب شرب مناسب برای مشترکین آب شهر بندرعباس تولید نمود.

۵- مراجع

- BOOTH, S. & BURLINGAME, G. A. 2011. *Diagnosing taste and odor problems*.
- CHEN, Z.-B., CUI, M.-H., REN, N.-Q., CHEN, Z.-Q., WANG, H.-C. & NIE, S.-K. 2011. Improving the simultaneous removal efficiency of COD and color in a combined HABMR-CFASR system based MPDW. Part 1: Optimization of operational parameters for HABMR by using response surface methodology. *Bioresource technology*, 102, 8839-8847.
- CINI, R., PANTANI, F. & SORACE, G. 1981. Physicochemical aspects of the use of activated carbon in drinking water treatment. Activated carbon adsorption of organics from the aqueous phase. *Ann Arbor Science*.
- CRITTENDEN, J. C., TRUSSELL, R. R., HAND, D. W., HOWE, K. J. & TCHOBANOGLOUS, G. 2012. *MWH's water treatment: principles and design*, John Wiley & Sons.
- DAVIS, A. P., SHOKOUHIAN, M., SHARMA, H. & MINAMI, C. 2001. Laboratory study of biological retention for urban stormwater management. *Water Environment Research*, 73, 5-14.
- DAVIS, A. P., SHOKOUHIAN, M., SHARMA, H. & MINAMI, C. 2006. Water quality improvement through bioretention media: Nitrogen and phosphorus removal. *Water Environment Research*, 78, 284-293.
- EDWARD, E. B. 2005. *Water Treatment Plant Design*. Mc-Graw Hill Publishing Company, New York.
- JÜTTNER, F. & WATSON, S. B. 2007. Biochemical and ecological control of geosmin and 2-methylisoborneol in source waters. *Applied and environmental microbiology*, 73, 4395-4406.
- LIN, S. 1977. Tastes and odors in water supplies: a review. *Circular no. 127*.
- MCDONALD, S., JOLL, C., LETHORN, A., LOI, C. & HEITZ, A. 2013. Drinking water: the problem of chlorinous odours. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 62, 86-96.
- MCGUIRE, M. J. 1995. Off-flavor as the consumer's measure of drinking water safety. *Water Science and Technology*, 31, 1.
- MOEL, P. J., VERBERK J. Q. & VAN DIJK, J. 2007. *Drinking water: principles and practices*, World Scientific Publ.
- QASIM, S. R., MOTLEY, E. M. & ZHU, G. 2000. *Water works engineering: planning, design, and operation*, Prentice Hall.
- SUFFET, I. M., KHIARI, D. & BRUCHET, A. 1999. The drinking water taste and odor wheel for the millennium: beyond geosmin and 2-methylisoborneol. *Water Science and Technology*, 40, 1-13.
- WATSON, S. B. 2003. Cyanobacterial and eukaryotic algal odour compounds: signals or by-products? A review of their biological activity. *Phycologia*, 42, 332-350.
- WU, J., ZHANG, H., OTURAN, N., WANG, Y., CHEN, L. & OTURAN, M. A. 2012. Application of response surface methodology to the removal of the antibiotic tetracycline by electrochemical process using carbon-felt cathode and DSA (Ti/RuO₂-IrO₂) anode. *Chemosphere*, 87, 614-620.

Investigating the Performance of Activated Carbon Powder on the Removal of Factors Creating Taste and Odor in the Bandar Abbas Drinking Water (Laboratory and Real)

Amin Ghasami¹, Ala Amirian nezhad^{*2}, Parisa Zarei³, Mehdi Hashemi Shahraki⁴, Azam Hamzehpour⁵

1- Ph.D. Candidate, Environmental Engineering Water and Wastewater. University of Tehran Kish. ghasami@abfahormozgan.com

2- M.Sc. Civil Engineering Structural Tendency. University of Hormozgan. alaamiriannezhad@gmail.com

3- Bachelor of Biology. Payam Noor University of Bandar Abbas. keyfi@abfahormozgan.com

4- Ph.D. Candidate, Environmental Engineering Water and Wastewater. University of Shahid Beheshti. mehdishahrakiqha@gmail.com

5- M.Sc. Environmental Engineering Water and Wastewater. Islamic Azad University of Bandar Abbas. azamhamzeopoor@gmail.com

Abstract

In general, precise identification of odor and taste-making agents in water becomes strictly difficult and in some cases, even impossible. For this reason, the impacts of various removal methods of such agents from drinking water are usually investigated through laboratory experiments. One of the major water resources supplying potable water for Bandar Abbas city is the Esteghlal dam reservoir. Containing more than 4 million cyanophyceae in 100 mL of water, the city dwellers are suffering from a severe unpleasant odor and taste in their drinking water. The goal of this research is to determine the absorbance performance of commercial brands of Powder Activated Carbon (PAC) attainable in Iran's market, in order to reduce the agents responsible for odor and taste in the Esteghlal dam reservoir, along with their optimal injection (addition) dosage. Jar tests have been employed on three different brands of PAC available in the market (two Iranian brands and one Chinese brand), to investigate to what extent they are capable of reducing odor and taste from the samples. Therefore, an experiment scheme has been designed to examine the interactions between Poly Aluminum Chloride (PACL) and PAC injection (addition) dose on removal efficiencies of turbidity and taste reduction index (FTN). It has been concluded that there is no significant deference between aforementioned PAC brands in terms of odor and taste reduction. It was also found that 7.54 mg/L of PACL, as the coagulant, and 15 mg/L PAC is needed to lower turbidity and taste reduction index from 8 NTU and 25 FTN to 4.4 NTU and 2 FTN, respectively. Furthermore, full-scale investigations applying these doses of PAC and PACL on influent of a water-treatment plant benefited from a Pulsator process showed that it is possible to reduce the addition dose of PAC up to 7.5 times compared with Jar test results, due to accumulation of PAC in the Pulsator's sludge blanket..

Keywords: taste and odor, powder activated carbon, pulsator, cyanophyceae