

مقالات برگزیده

دعیمین سمینار

علمے دانش

عنوان پژوهش:

مطالعه تطبیقی اثر مشارکت نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ بر روی خواص پروتزهای دندانی با

پایه پلی متیل متاکریلات PMMA



پژوهشگران:

رونیا مختابادی، ژینا کریمی

چکیده

افزایش کیفیت پروتزهای دندانی یکی از مهمترین دغدغه های حوزه مهندسی پزشکی می باشد که در سال های اخیر تحقیقات زیادی را در ارتباط با یافتن جایگزین های کارآتر و ارزان تر نسبت به پروتزهای سرامیکی به خود اختصاص داده است که در این بین ماده پلیمری پلی متیل متاکریلات PMMA از بقیه انواع رزین پلیمرهای رایج، رضایتمندی بیشتری را ایجاد کرده است. با وجودیکه پلیمر PMMA دارای خواص مکانیکی مطلوب، سختی زیاد و صلبیت بالا می باشد اما مقاومت کششی و خمشی کمتری نسبت به انواع پروتزهای سرامیکی دارد. بنابراین در طی سالهای اخیر محققان زیادی سعی کرده اند که به نحوی نواقص پروتزهای دندانی با پایه PMMA را مرتفع کنند که در این بین استفاده از نانوذرات مختلف در بدنه پروتز PMMA بیشترین نتایج مطلوب را نشان داده است. در این تحقیق تاثیرات افزودن نانوذره سیلیکا با پوسته محافظتی PMMA به پروتز با پایه PMMA بررسی شده است. نانوکپسول هسته-پوسته که هسته آن نانوسیلیکا و پوسته آن PMMA می باشد و با نماد $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ معرفی می شود تهیه شد و مورد ارزیابی و آنالیز دستگاهی قرار گرفت و پس از اخذ تاییدیه خدمات آزمایشگاهی شریف واقع در دانشگاه صنعتی شریف مبنی بر نانوساختار بودن، در ساخت پروتز دندانی با پایه PMMA به کار برده شد. سه نمونه نانو ذره دیگر شامل نانوذره SiO_2 ، نانوذره PMMA و مخلوط دو نانوذره SiO_2 و نانوذره PMMA به عنوان نمونه های تطبیقی، تهیه و در ساخت پروتز به کار برده شدند. همچنین یک پروتز PMMA بدون افزودن هیچ گونه نانوذره ساخته شد که به عنوان نمونه شاهد و مبنایی برای ارزیابی پروتزهای حاوی نانوذره باشد. بررسی های اولیه نشان داد که استفاده از نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ در مقایسه با نانوذراتی که به عنوان نمونه شاهد و تطبیقی در نظر گرفته شده اند نتایج مطلوب تری را از جهت خواص ظاهری و فیزیکی نشان می دهد.

واژه های کلیدی:

پروتز دندان، پلیمر پلی متیل متاکریلات، PMMA، نانوکامپوزیت، نانوکپسول، هسته-پوسته، نانوسیلیکا

۱-۱-پیشگفتار

دلیل اصلی نیاز به پروتز دندانی، جایگزین کردن یک یا چند دندان از دست رفته در نتیجه تروما یا آسیبی است که موجب از دست دادن دندانها شده است و یا به دلایل دیگری همچون پوسیدگی دندان یا بیماری لثه است که آن هم در اثر سوء تغذیه، عدم رعایت اصول بهداشت دهان و دندان و یا افزایش سن رخ می دهد. بنیاد بهداشت دهان و دندان جهانی ادعا می کند که تا ۲۰۵۰، انتظار می رود که ۲ میلیارد از افراد، ۶۰ ساله و بالاتر باشند. این آمار، بیشتر از دو برابر مقدار کنونی است بنابراین دسترسی به پروتزهای دندانی مناسب برای اقشار مختلف جامعه، از نیازمندی های مهم جهان آینده است و این موضوع دلیل بسیار مهمی برای شروع مطالعات و تحقیقات در زمینه رفع این نیاز جهانی می باشد (شکل ۱).



شکل ۱- تحقیقات و مطالعات پژوهشگران نوجوان در محل دبیرستان فرزنانگان ۱

با سفارشی بودن پروتزها برای هر بیمار، که متناسب با نیاز و توان اقتصادی آنها باشد می توان به کسانی که از نبود دندان رنج می برند کمک کرد. نصب پروتز دندان، اغلب، بیش از فقط ارائه احساس نرمال بودن دندان است. دندان های مصنوعی می توانند تأثیرات مفید قابل توجهی داشته باشند. آنها به حفظ ساختار گونه ها و لب ها کمک کرده و به افراد اجازه می دهند که به راحتی غذا بخورند و با اعتماد به نفس بیشتری صحبت کنند.

مواد پروتز دندانی شامل سه گروه فلزات، سرامیک ها و رزین های پلیمری می باشد که هر یک ویژگی های منحصر به فردی دارد که در جدول ۱ خلاصه شده است. به علت خواص ویژه مواد سرامیکی اغلب پروتزهای دندانی

از این دسته مواد تهیه می شوند. اما به علت هزینه های بالا و ساخت دشوار و عدم امکان ترمیم پروتز آسیب دیده، تمایل برای جایگزینی مواد بهتر به جای مواد سرامیکی افزایش یافته است [۱].

جدول ۱- مقایسه مواد مختلف مورد استفاده در پروتز دندانی

ماده دندانی	PMMA	سرامیک	فلز
مزایا	سازگاری زیستی خوب قابلیت پردازش، زیبایی شناسی و قابل ترمیم بودن	مقاومت بالا، رنگ مناسب و هدایت گرمایی و الکتریکی کم	مقاومت بالا، خواص مکانیکی خوب و مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت در برابر سایش و برش، براقیت، چسبندگی ضد پلاک
معایب	خواص مکانیکی ضعیف و چسبندگی میکروبی	شکل پذیری کم و شکنندگی ساخت دشوار و هزینه بالا	سازگاری زیستی پایین، رنگ و ظاهر نامناسب و البته منجر به بروز علائم حساسیت و ایجاد ناراحتی لثه می شود

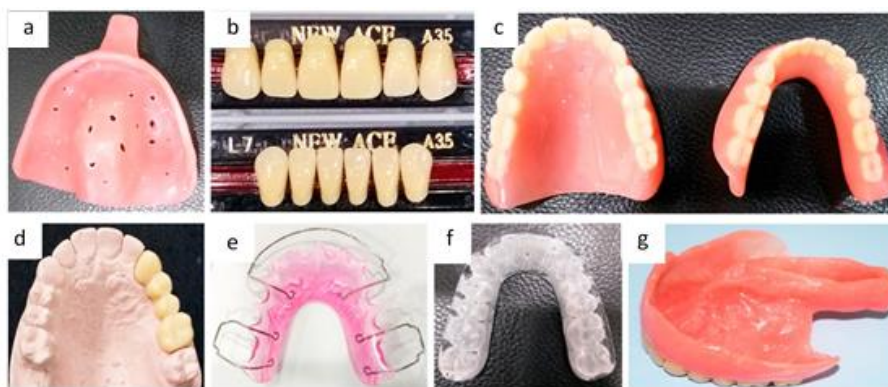
از سال ۱۹۳۷ به بعد، استفاده از پلیمرهای پلی متیل متاکریلات^۱ PMMA در پروتزهای دندانی به علت سبکی، سهولت کار، زیبایی و خواص مکانیکی و بیولوژیکی مطلوب آن، مورد توجه قرار گرفته است. کاربردهای کلیدی PMMA مطابق شکل ۲، شامل استفاده از آن در بخش های متنوع و گسترده ی دندان سازی می باشد [۱]. در ایران نیز تلاشها برای بومی کردن این محصول شروع شده است به طوری که در مرکز رشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند دندان مصنوعی با پایه PMMA تولید شده است و در مرحله تجاری سازی می باشد^۲.

با وجود کاربردهای فراوان و ویژگی های مطلوب PMMA، به دلایل متعددی همچون ناپایداری رنگ، مقاومت کششی و سایشی پائین و ایجاد حساسیت در دهان، شکستگی به دلیل جذب آب و ضعف ضربه و مقاومت خمشی کم، کاربرد این ماده به عنوان پروتز دندانی با محدودیت هایی مواجه بوده است. بنابراین محققین سعی کرده اند که با افزودن مواد مختلف و نانوذرات مناسب به پلیمر PMMA، نواقص آنها را برطرف کنند. در حال حاضر در ایران ماده PMMA اغلب برای ساخت پروتز موقت استفاده می شود در حالیکه در بسیاری از کشورهای پیشرفته از این

^۱ polymethylmethacrylate

^۲ در-مرکز-رشد-PMMA- تولید-دندان-مصنوعی-با-پایه/۱۰۲۶۸۲۲/ <http://www.iscanews.ir/news/۱۰۲۶۸۲۲/>

ماده در پروتزهای دائمی نیز استفاده می شود. از مزیت های این ماده دسترسی آزمایشگاهی آسان، قیمت ارزان، زیست سازگاری بالا، ثبات ابعادی و زیبایی آن می باشد. [۲].



شکل ۲- کاربرد دندان مصنوعی؛
بی اکریلیک؛ (c)
کننده کام؛ (g)

جایگزین بافت از دست رفته پس از عمل جراحی

یکی از قابلیت های منحصر به فرد PMMA این است که قبل از مرحله قالب گیری، می توان قالب را در دهان بیمار امتحان کرد. فریم PMMA پس از امتحان توسط دندانپزشک به لابراتوار ارجاع داده می شود تا برای مراحل بعدی کار آماده شود. برای ساخت دنچر^۳ نیز از بلنک^۴ های PMMA با رنگ پایه استفاده می شود. با تمام ویژگی های مثبتی که PMMA دارد اما یکی از مشکلات اساسی در ارتباط با PMMA مقاومت مکانیکی پایین آن می باشد.^۵

۲-۱- اهمیت و ضرورت تحقیق

از آنجا که بیشتر متقاضیان پروتزهای دندانی افراد مسن، آسیب دیده و افراد ضعیف جامعه هستند که به دلایل متعددی همچون سوء تغذیه، ضعف سیستم بهداشتی جامعه و حوادث ناگوار به استفاده از پروتز دندانی نیازمند هستند لذا این ضرورت احساس می شود که پروتزهای مناسب، مقاوم و ارزان قیمت در دسترس همه قرار بگیرد. به نظر می رسد که PMMA گزینه مناسبی برای این منظور است و با رفع نواقص جزئی آن می تواند به یک محصول بی بدیل که در اختیار جامعه دندانپزشکی است قرار بگیرد.^۶

^۳ denture

^۴ blank

^۵ <http://www.ptdentallab.ir/a/۶۴> ساخت بریچه های طولی متکی بر ایمپلنت

^۶ <https://dandanha.com/> پروتز-دندانی

۲- بیان مسئله

مسئله اساسی تحقیق و بررسی برای یافتن راهکاری مناسب در جهت رفع نواقص مکانیکی PMMA و استفاده از نانوذره مناسب برای بهبود خواص مکانیکی PMMA می باشد.

۳- اهداف

۳-۱- اهداف پژوهش

هدف از این پژوهش یک پژوهش کاربردی (Applied research) برای رفع یک نیاز (توانمند سازی و رفع معضل افراد فاقد دندان یا دارای مشکلات دندانی) و یک پژوهش توسعه‌ای (Developmental research) برای توسعه‌ی تکنولوژی ساخت پروتزهای دندانی است. به طور خلاصه هدف، تلاش در زمینه‌ی رفع معضلات جامعه‌ی دچار مشکلات دندانی با هدف توانمند سازی ملی و ارتقا سطح کیفیت پروتزهای دندانی ساخت داخل با پایه PMMA می باشد. همچنین در این پژوهش سعی شده است که با مطالعه و تحقیق بیشتر، نانوذراتی برای افزودن به PMMA پیشنهاد شود که ارزاتر و دسترسی به آن آسانتر باشد. همچنین تکنولوژی ساخت آن در ایران موجود و یا قابل بومی سازی باشد تا مشکل دسترسی به نانوذره مورد نظر وجود نداشته باشد.

۳-۲- سوالات پژوهش

بعد از ایجاد انگیزه اولیه، تحقیقاتی به صورت کلی حول موضوع انجام گرفت و این سوال ایجاد شد که چطور میتوان خواص مکانیکی ضعیف در پلیمر پلی متیل متاکریلات PMMA که امروزه به عنوان پایه برخی پروتزهای دندانی استفاده می شود را تقویت کرد تا از خواص بسیار سودمند این ماده بهره برد. با ادامه تحقیقات، پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که با استفاده از افزودن نانو سیلیکا (SiO_2 نانو ذره) با پوسته محافظتی PMMA ، که با نماد $\text{SiO}_2@PMMA$ نشان داده می شود، به بدنه و ماتریکس PMMA، میتوان معایب آن را اصلاح کرد.

۴- پیشینه تحقیق

از جهت پیشینه کار تحقیقی، تحقیقات گسترده‌ای در جهان به منظور افزایش خواص مکانیکی PMMA صورت گرفته است و نانوذرات مختلفی همچون نانوالیاف ها، نانوتیتانیا، نانوزیرکونیا و نانوتیوب کربن به بدنه PMMA اضافه و نتایج مطلوبی نیز گزارش شده است. همچنین افزودن نانوسیلیکا به PMMA نتایج رضایتبخشی را نشان

داده است [۲]. اما گزارشی مبنی بر استفاده از نانوسیلیکا با پوسته محافظتی PMMA ($\text{SiO}_2@\text{PMMA}$) به پروتز با پایه PMMA مشاهده نشده است.

۵- روش جمع آوری تحقیق

۵-۱- روش تحقیق

روش تحقیق به صورت یک تحقیق هم بستگی (عدم وجود نانوذره، وجود نانوذره و مقدار نانوذره‌ی موجود در یک پروتز و رابطه‌ی آن با شاخص کیفیت پروتز در ویژگی‌های مورد نظر)، یک پژوهش علی-معلولی (خواص وابسته به علل) و یک تحقیق به روش تحلیل محتوایی (مقایسه مقالات و شیوه‌های تحقیقی) است.

۵-۲- ابزارهای گردآوری داده‌ها

همانطور که گفته شد بخشی از تحقیق به صورت تحلیل محتوایی انجام شد که در این بخش از مقالات و کتاب‌های معتبر در رابطه با پروتزهای دندانی و همچنین مطالب موجود در وبگاه‌های دندان پزشکان معتبر ایرانی استفاده شد و بخش دیگری از داده‌ها که مربوط به انجام پژوهش میدانی بود در آزمایشگاه زیر نظر فرد متخصص و در لابراتوار معتبر دندان پزشکی تحت نظارت و همکاری تیم دندان‌سازی لابراتوار انجام و ارائه شد.

۵-۳- متغیرهای پژوهش

متغیرهای پژوهش به طور کلی وجود نانو ذره در پروتز با پایه PMMA و مشاهده تغییرات حاصل در ویژگی پروتز مطابق استانداردهای لابراتوار دندانسازی است.

متغیر مستقل را می‌توان نوع و مقدار نانو ذره موجود در پروتز معرفی نمود که باعث به وجود آمدن تغییراتی در متغیرهای وابسته و ویژگی‌های مورد نظر می‌شود.

۵-۴- جامعه و نمونه

نمونه‌های مورد نظر که در لابراتوار ساخته شده‌اند به شرح ذیل می‌باشد:

۱. پروتز خالص PMMA بدون افزودن نانوذره که به عنوان نمونه شاهد است. ۲. پروتز PMMA حاوی نانوسیلیکا که به عنوان نمونه تطبیقی تهیه شده است. ۳. پروتز PMMA حاوی نانوذرات PMMA که به عنوان نمونه تطبیقی تهیه شده است. ۴. پروتز PMMA حاوی نانوذرات نانوسیلیکا و نانوذرات PMMA که به عنوان نمونه تطبیقی تهیه شده است.

شده است. ۵. پروتز PMMA حاوی نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ که به عنوان نمونه اصلی تهیه شده است.

۵-۵-روش تحلیل داده ها

تحلیل داده ها به دو صورت تحلیل توصیفی و مقایسه ای انجام شد به طوری که در تجزیه و تحلیل توصیفی ویژگی های پروتز دندان با استفاده از نانو سیلیکا (SiO_2) به صورت کمی توسط پژوهشگران بررسی شد و آزمایشاتی توسط آنها در زمینه ی کنترل کیفیت پروتزها انجام شد، شاخص آماری توصیفی خلاصه و طبقه بندی گشت و شاخصه های به دست آمده با شاخصه های استاندارد و شاخصه های کنترل کیفیت پروتزهای در حال استفاده در لابراتوار مورد مقایسه واقع شد.

۵-۶-نتایج و یافته ها

بهبود خواص ظاهری و مکانیکی پروتز دندان با پایه PMMA در نتیجه ی افزودن نانو ذره به عنوان تقویت کننده خواص و همچنین به کار بردن این نانو ذره در قالب هسته-پوسته که منجر به جلوگیری از تجمع نانو ذرات میشود. پروتز PMMA حاوی نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ ، که به عنوان نمونه اصلی استفاده شد بهترین نتیجه مطلوب را در برداشته است.

۶-شرح پژوهش

۶-۱- خواص مکانیکی PMMA

مطابق جدول ۲، مدول الاستیک PMMA که میزان کشسانی پلیمر را نشان می دهد در حد $2/6 \text{ GPa}$ است که مقدار مطلوبی است اما مقدار مقاومت خمشی و فشاری آن تا حد 90 و 76 MPa است که از معایب مکانیکی PMMA می باشد که البته قابلیت بهبود و ارتقاء را دارد [۱].

جدول ۲- خواص مکانیکی PMMA [۱]

مقدار	خواص
۲/۶	مدول الاستیک (GPa)
۹۰	مقاومت خمشی (MPa)

مقاومت فشاری (MPa)	۷۶
مقاومت کششی (MPa)	۴۸-۶۲

۲-۶- ارتقاء خواص مکانیکی PMMA با افزودن نانوذرات

در طی سالهای اخیر محققان تلاش کرده اند که با افزودن مواد مختلف از جمله نانوذرات، نواقص مکانیکی PMMA را مرتفع کنند که به نتایج مطلوب هم رسیده اند. مطابق جدول ۳، افزودن نانوذرات مختلف همچون نانوالومینا Al_2O_3 ، نانوتیتانیا TiO_2 ، نانوزیرکونیا ZrO_2 ، نانوذرات نقره، نانوالماس، نانوذرات هیدروکسی اپتایت و نانوسیلیکا SiO_2 به پلیمر PMMA، موجب بهبود بعضی از خواص ظاهری و مکانیکی آن می شود [۲]. همچنین تلاشها برای شبیه سازی حداکثری پروتزه های دندانی با بافت دندان طبیعی منجر به تولید پروتزهایی شده است که ویژگی های ساختاری آنها از جهت جنس، رنگ، استحکام و زیبایی همچون دندان طبیعی باشد. مینای دندان طبیعی یک فرد بالغ از ماده کربنات هیدروکسی اپتایت با ضخامت حدود ۲۶ نانومتر تشکیل شده است که همین لایه نازک نانومتری خواص سطحی ویژه ای به دندان می بخشد^۷. بنابراین استفاده از نانوذرات در سطح و در بافت داخلی پروتز دندانی بر پایه PMMA می تواند علاوه بر رفع نواقص ساختاری آن، منجر به افزایش خواص مطلوب فیزیکی در پروتزه ها شود.

جدول ۳- نتایج حاصل از افزودن نانوذرات مختلف به PMMA [۲].

نانوذره	نتیجه افزودن آن به PMMA
آلومینا- Al_2O_3	۱. عدم بهبود جذب آب توسط PMMA ۲. عدم افزایش سختی
زیرکونیا- ZrO_2	۱. بهبود خواص جذب آب ۲. بهبود هدایت الکتریکی
تیتانیا- TiO_2	۱. مشاهده اثرات ضد قارچی ۲. رطوبت پذیری ضعیف

^۷ <http://peyman1986.blogfa.com/post/۲۳>

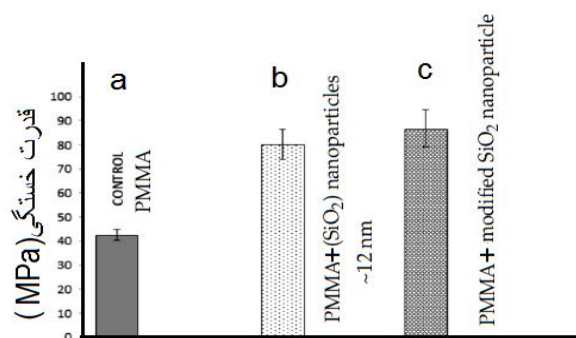
نقره-Ag	۱. افزایش مقاومت فشاری ۲. بهبود هدایت حرارتی
هیدورکسی اپتایت-HA	۱. بهبود استحکام کششی ۲. افزایش مدول الاستیک
سیلیکا-SiO ₂	۱. بهبود خواص سطح ۲. کاهش رشد میکروبی و قارچی

مطابق شکل ۳، افزودن نانوسیلیکا با ابعاد ۱۲ نانومتر به PMMA (نمونه a) موجب افزایش قدرت خستگی از ۴۰ به مقادیر بالاتر ۸۰ (نمونه b) و ۸۵MPa (نمونه c) در دو نمونه PMMA حاوی نانوسیلیکا شده است. نمونه c اصلاح شده^۸ نمونه b می باشد که نتایج بهتری را نشان داده است. در واقع ترکیب پلیمر PMMA و نانوسیلیکا منجر به تشکیل یک نوع نانوکامپوزیت^۹ می شود که خواص آن نسبت به PMMA متفاوت است. افزایش قدرت خستگی نانوکامپوزیت منجر به افزایش طول عمر آن میشود [۲].

با حصول نتایج مطلوب در استفاده از نانوذرات مختلف در بدنه PMMA، امیدها برای تولید پروتزهای اصلاح شده با پایه PMMA افزایش یافته است که کاربرد این ماده را در حوزه های مختلف دندانپزشکی وسیع تر می کند و تحولی در صنعت پروتزهای موقتی و دائمی دندانی و حتی پروتزهای استخوانی ایجاد خواهد کرد. بنا بر تحقیقات انجام شده، به علت خواص مطلوب پروتزهای حاوی نانوسیلیکا و همچنین قیمت نسبتا پائین نانوسیلیکا و امکان تولید آن در داخل ایران، تمایل برای تحقیقات بیشتر بر روی این ماده ایجاد شد و در نهایت تصمیم بر استفاده از نانوسیلیکا در پروتز با پایه PMMA گرفته شد.

^۸ modified

^۹ Nanocomposite جسم مرکب از چند ماده است که حاوی حداقل یک جزء نانو باشد-



شکل ۳- تاثیر افزودن نانوسیلیکا به PMMA [۲].

در ادامه با مطالعات اجمالی و پژوهش تطبیقی مشخص شد که در نانوکامپوزیت های PMMA که حاوی نانوسیلیکا می باشد پارامترهای مختلفی وجود دارد که با بهینه کردن تمامی آنها می توان به نتایج مطلوبی رسید تا حدی که پروتزه های دندانانی حاصل از نانوکامپوزیت PMMA و نانوسیلیکا، جایگزین مناسبی برای پروتزه های با پایه سرامیکی باشد. این پارامترها شامل نحوه افزودن نانوسیلیکا به PMMA، درصد نانوسیلیکا، شیوه آماده سازی پروتز و صدها پارامتر دیگر است که قابلیت بهینه سازی را دارد. به علت محدودیت، ادامه مطالعات و اهداف مورد نظر، مطابق با امکانات محدود و زمان پیش رو، به چند مورد تقلیل یافت تا پروژه قابلیت عملیاتی شدن را داشته باشد. در ادامه به جزئیات آن پرداخته می شود.

۳-۶- روش سنتز نانوکامپوزیت

در تهیه نانوکامپوزیت PMMA و نانوسیلیکا، یکی از مشکلات جدی عبارت است از تمایل بالای نانوسیلیکا به تجمع یا آگلومره^{۱۰} شدن که مطابق آنچه در شکل ۴-ا ملاحظه می شود، منجر به توزیع نامناسبی از نانوسیلیکا در بدنه PMMA می شود. همچنین ممکن است نانوسیلیکا در مراحل اولیه با پیش ماده^{۱۱} ای که PMMA را تولید می کند واکنش داده و منجر به توقف رشد پلیمری آن شود. نکته اساسی در افزودن نانوذرات به بافت (ماتریکس) PMMA، که منجر به تهیه یک نانوکامپوزیت^{۱۲} مناسب می شود توزیع یکنواخت نانوذرات در بدنه نانوکامپوزیت است که به نتیجه مطلوب منجر شود (مطابق شکل ۴-ب) [۱]. به همین دلیل راهکارهای مختلفی مثل استفاده از تکنیک انسیتو^{۱۳} (در محل) و یا اگزیتو^{۱۴} (خارج محل) برای تهیه نانوکامپوزیت ارائه شده است.

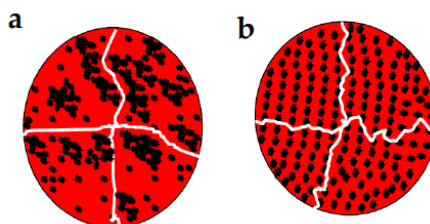
^{۱۰} agglomeration

^{۱۱} پیش ماده تولید PMMA، ماده متیل متاکریلات MMA است.

نانوکامپوزیت، جسم مرکب از چند ماده است که حاوی حداقل یک جزء نانو باشد^{۱۲}

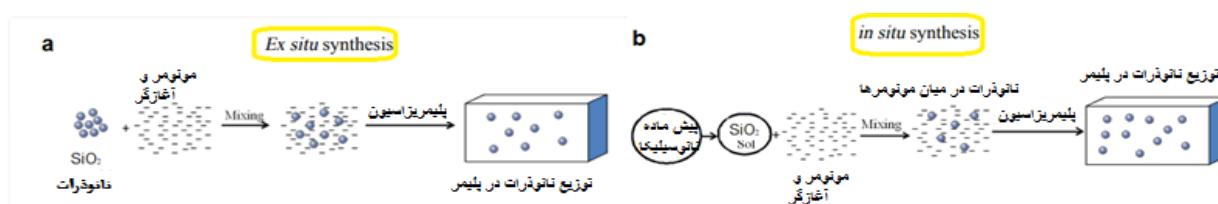
^{۱۳} Insitu

^{۱۴} Exitu



شکل ۴- توزیع غیر یکنواخت (a) و یکنواخت نانوذرات در نانوکامپوزیت (b)

مطابق شکل ۵-ا، در روش اگزیتو ابتدا نانوسیلیکا ساخته می شود و سپس نانوسیلیکا در محیطی که حاوی پیش ماده پلیمر PMMA می باشد به طور یکنواخت و با کمک همزن مکانیکی پخش می شود تا در جریان تشکیل پلیمر PMMA، نانوسیلیکا در بدنه آن به طور یکنواخت قرار بگیرد و از تجمع نانوسیلیکا در یک نقطه از پلیمر جلوگیری شود. در این روش، نانوسیلیکا از قبل ساخته شده و در محیط وجود دارد و زمانی که پلیمر PMMA تشکیل می شود نانوسیلیکا در میان اجزای آن پخش می شود.



شکل ۵- مقایسه دو روش انسیتو و اگزیتو برای ساخت نانوکامپوزیت

همچنین مطابق شکل ۵-ب، در روش انسیتو به طور همزمان در محیط واکنش، دو ماده وجود دارد که شامل: الف) پیش ماده تولید PMMA که همان مونومر متیل متاکریلات^{۱۵} MMA است و ب) پیش ماده تولید نانوسیلیکا که SiO_2 مولکولی می باشد و توسط عاملی به نانوسیلیکا تبدیل می شود. در روش انسیتو، هر دو ماده PMMA و نانوسیلیکا به طور همزمان تشکیل می شوند و برای اینکه نانوسیلیکا به صورت یکنواخت در بدنه PMMA پخش شود محیط واکنش پیوسته و با شدت به هم زده می شود تا از تجمع نانوسیلیکا در یک نقطه از پلیمر جلوگیری شود^{۱۶}. با مقایسه دو روش بالا، گرچه روش انسیتو روش بهتری برای ساخت نانوکامپوزیت است اما به دلایلی در این پروژه از روش اگزیتو استفاده شد. یکی از دلایل که در ادامه ذکر خواهد شد تفاوت شیوه استفاده از نانوسیلیکا در بدنه PMMA در این پژوهش می باشد که شامل استفاده از نانوسیلیکا با پوسته محافظتی در تهیه نانوکامپوزیت است که

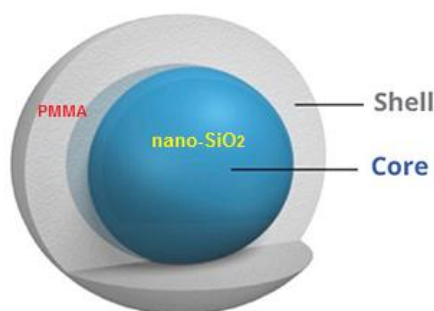
^{۱۵} Methylmetacrylate

^{۱۶} <https://www.mdpi.com/2073-4360/7/7/2037>

قرار است به عنوان پروتز در ساخت دندان استفاده شود. در لابراتوار امکان تهیه چنین نانوکامپوزیتی با روش انسیتو فراهم نبود.

۴-۶- نانوسیلیکای مهندسی شده

یکی از مباحثی که در تهیه یک نانوکامپوزیت مطرح است مطابق آنچه در بخش ۶-۳ اشاره شد یکنواختی نانوذرات در بدنه آن است. برای حصول به این هدف با انجام مطالعات و با استناد به مقالات معتبر مشخص شد که تمایل شدید نانوسیلیکا به آگلومره شدن از علل اصلی غیر یکنواختی در نانوکامپوزیت PMMA حاوی نانوسیلیکا می باشد. بنابراین با ابداع یک شیوه رایج در نانومهندسی یعنی ایجاد تغییرات در لایه‌های سطحی نانوسیلیکا و تغییر خواص ظاهری آن سعی شد که نوآوری در تهیه نانوکامپوزیت ایجاد شود [۳]. با انجام عملیات تکمیلی بر روی نانوسیلیکای خریداری شده، یک پوسته محافظتی از جنس PMMA بر روی آن ایجاد شد که محصول نهایی یک نانوکپسول^{۱۷} با ساختار هسته-پوسته^{۱۸} است و با نماد ($\text{SiO}_2@\text{PMMA}$) نشان داده می شود. استفاده از هسته نانوسیلیکا با پوسته PMMA محاسنی دارد که عبارتند از: الف) جلوگیری از آگلومره شدن نانوسیلیکا و چسبیدن آنها به هم ، ب) جلوگیری از واکنش زودهنگام نانوسیلیکا با پیش ماده تولید کننده پلیمر PMMA و توقف رشد زنجیره پلیمری آن و پ) شباهت ساختاری پوسته با بدنه کامپوزیت PMMA که مانع توزیع نامناسب نانوذرات در بدنه پلیمر می شود [۴]. شکل ۶، نمایی شماتیک از نانوکپسول مورد نظر را نشان می دهد که هدف این پژوهش رسیدن به این نوع طراحی از نانوکپسول و استفاده از آن در تولید نانوکامپوزیت PMMA برای مصارف پروتز دندانی می باشد.



شکل ۶- اجزای نانوکپسول با هسته nanoSiO_2 و پوسته PMMA

^{۱۷} nanocapsule

^{۱۸} Core-shell

۵-۶ پیشینه استفاده از نانوکپسول هسته-پوسته ($\text{SiO}_2@\text{PMMA}$)

نانوسیلیکا بارها توسط محققین مختلف و با شیوه های مختلف در پروتزهای دندانی مورد استفاده قرار گرفته است و نتایج مطلوب هم گزارش شده است [۲]. همچنین نانوکپسول هسته-پوسته ($\text{SiO}_2@\text{PMMA}$) بارها توسط محققین مختلف در زمینه های متعددی مورد استفاده قرار گرفته است [۳]. اما در بررسی های انجام شده گزارشی مبنی بر استفاده از نانوکپسول هسته-پوسته ($\text{SiO}_2@\text{PMMA}$) در پلیمر PMMA و تهیه نانوکامپوزیت آن برای مصارف دندانسازی و ساخت پروتز دندانی، مشاهده نشده است (شکل ۷).



شکل ۷- تحقیقات پژوهشگران درباره انتخاب نوع نانوذره

۷- بخش اول تجربی

ساخت نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ توسط پژوهشگران نوجوان در محل آزمایشگاه شیمی پژوهشسرای دانش آموزی استان البرز و با دریافت خدمات دستگاهی شرکت نانوعرشیا یاران میهن انجام گرفت است (شکل ۸).



شکل ۸- حضور پژوهشگران نوجوان در محل آزمایشگاه

۷-۱ مواد و تجهیزات

نانوسیلیکا با ابعاد ۱۳ نانومتر از شرکت پیشگامان نانومواد ایران، مونومر متیل متاکریلات (MMA) با فرمول شیمیایی $\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$ مدل مرک Merck از شرکت کیمیاگستر، سورفکتانت سدیم لوریل سولفات (SLS) و پتاسیم پرسولفات $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (KPS) از شرکت کیمیا تهران اسید تهیه شدند. تجهیزات آزمایشگاهی مورد استفاده در ساخت $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ ، شامل ترازو دیجیتالی BH-۶۰۰A، حمام اولتراسونیک VGT-۱۶۲۰T با توان ۵۰W و گستره ۴۰kHz، سانتریفیوژ TDL-۴، هیتر استیرر مدل آلفا ساخت ایران می باشد. واکنش در یک راکتور شیمیایی شامل بالن سه دهانه و کندانسور و در زیر هود انجام شد. همچنین از ظروف آزمایشگاهی بشر، قیف، لوله آزمایش، ارلن، کاغذ صافی و آسیاب دستی نیز استفاده شد. تجهیزات مورد استفاده برای آنالیز نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ ، شامل دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FE-SEM) مدل TeScan – Mira III، دستگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) زایس مدل EM۹۰۰، آشکارساز طیف سنجی پراکندگی انرژی پرتوی ایکس (Oxford Instruments EDS Microanalysis X-MAX-۸۰) در مرکز خدمات فناوری آزمایشگاهی شریف واقع در دانشگاه شریف می باشد.

(۱) تهیه محلول کلئید نانوسیلیکا

مطابق شکل ۹-۵، برای تهیه ۱۰۰ میلی لیتر محلول کلئید نانوسیلیکا، مقدار ۱ گرم از نانوسیلیکا در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر درون یک بشر ۵۰۰ میلی لیتری مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام اولتراسونیک دیسپرس شد تا نانوذرات به خوبی در محیط آبی پخش شوند. همچنین در یک بشر ۵۰۰ میلی لیتری دیگر، مقدار ۱ گرم از سورفکتانت SLS^{19} با ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط و به صورت محلول درآمد. محلول SLS به کلئید نانوسیلیکا به تدریج اضافه شد که حجم کلی ۲۰۰ میلی لیتر شد و در حمام اولتراسونیک به مدت ۲۰ دقیقه دیسپرس شد. سورفکتانت به توزیع یکنواخت نانوسیلیکا در محیط کمک می کند [۵].

(۲) آماده سازی راکتور شیمیایی

مطابق شکل ۹-۵، راکتور شیمیایی مورد نظر شامل یک بالن ته گرد سه دهانه ۵۰۰ میلی لیتری، مجهز به کندانسور (خنک کننده- با دو ورودی و خروجی آب)، و دماسنج است که توسط هیتراستیرر^{۲۰}، محلول درون آن حرارت و به هم زده می شود. یک مگنت کوچک نیز درون بالن قرار داده شد [۵].

(۳) افزودن محلول کلئید به راکتور

مطابق شکل ۹-۵، محلول کلئید حاوی نانوسیلیکا و SLS تهیه شده در بخش ۱، از طریق دهانه باز آن به راکتور شیمیایی افزوده شد و با چوب پنبه دهانه باز مسدود شد. محلول درون بالن به مدت ۲۰ دقیقه حرارت داده شد تا دما به ۷۰ درجه سانتیگراد رسید. در تمام مدت محلول به شدت استیر (چرخانده) شد و همزمان آب در کندانسور حرکت می کرد [۵].

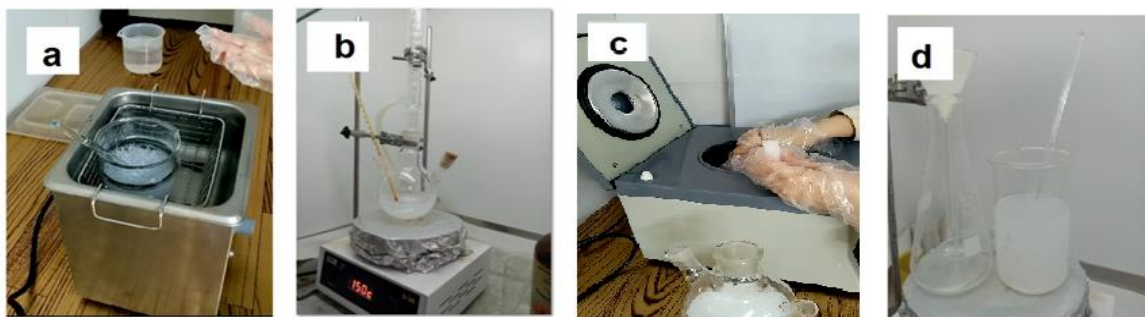
(۴) افزودن مونومر و KPS

بعد از رسیدن دمای محلول به ۷۰ درجه سانتیگراد، یک میلی لیتر از مونومر متیل متاکریلات MMA به آرامی و قطره قطره به راکتور اضافه شد و دهانه مجدداً با چوب پنبه مسدود شد. بعد از یک ربع از افزودن مونومر، یک میلی لیتر محلول که حاوی ۰/۰۱۵ گرم از پتاسیم پرسولفات KPS بود به راکتور اضافه و دهانه مجدداً با چوب پنبه مسدود شد. واکنش به مدت ۵ ساعت دیگر ادامه پیدا کرد تا فرایند کپسوله سازی نانوسیلیکا با پلیمر PMMA تکمیل شود.

^{۱۹} سورفکتانت‌ها مولکول‌های آلی و دارای ویژگی دوگانه آبدوستی و آبگریزی می‌باشند.

^{۲۰} وسیله گرم کننده دارای همزن مغناطیسی

نشانه تکمیل فرایند پلیمریزاسیون این است که محلول حاصل نباید هیچ بویی داشته باشد که نشان دهنده اتمام مونومرها در محلول است زیرا مونومر به شدت بدبو می باشد. پس از کنترل سیستم و اطمینان از پایان واکنش سیستم هیتر استیرر خاموش شد [۵].



شکل ۹- مراحل ساخت نانوکپسول (a) دیسپرس نانوسیلیکا در حمام اولتراسونیک و ترکیب با سورفکتانت SLS، (b) ایجاد پوسته PMMA بر روی نانوسیلیکا در راکتور شیمیایی، (c) جدا سازی نانوکپسول حاصل توسط سانتریفیوژ (d) جداسازی نهایی نانوکپسول توسط کاغذ صافی

۵) جداسازی نانوکپسول

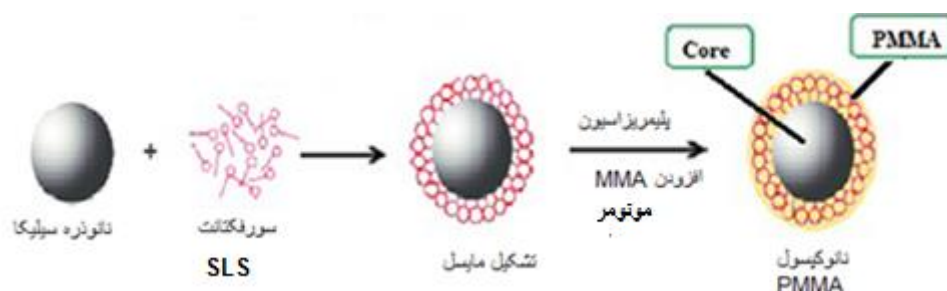
مطابق شکل ۹-۲، محلول حاصل پس از سرد شدن در چندین لوله آزمایش ریخته شد و به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد تا نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2\text{@PMMA}$ از محلول جدا شود. محلول روی لوله آزمایش که شامل مواد واکنش نکرده، مونومر اضافی، سورفکتانت و ماده آغازگر KPS است دور ریخته شد و مجدداً به هریک از لوله ها مقدار ۱۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد و کاملاً به هم زده شد تا دوباره نانوکپسول ها در محلول پخش شوند. سپس مطابق شکل ۹-۲، رسوبات نانوکپسول توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲، از محلول جدا شدند. این مرحله به منزله شستشوی نانوکپسول است. در نهایت نانوکپسول جدا شده در کاغذ صافی به مدت ۲ روز در هوای آزاد زیر هود قرار داده شد و بدون اینکه حرارت داده شود خشک شد. رسوبات خشک شده نهایتاً با آسیاب دستی خرد و یکنواخت شد [۵].

۶) محصول مورد انتظار

مطابق آنچه در شکل ۱۰ نشان داده شده است با مخلوط کردن نانوسیلیکا و سورفکتانت SLS، سورفکتانت اطراف نانوسیلیکا را گرفته و مایسل^{۲۱} تشکیل می دهد که موجب توزیع یکنواخت نانوسیلیکا در آب می شود و بستری

^{۲۱} گروهی از مواد فعال سطحی متراکم هستند که در یک کلویید مایع پراکنده اند.

مناسب برای قرار گیری مونومرها نیز می باشد. در مرحله بعد مونومرهای افزوده شده به محلول بر روی مایسل ها قرار گرفته و با کنار رفتن سورفکتانت جایگزین آنها می شود. در حضور آغازگر KPS، مونومرها تحت واکنش پلیمریزاسیون به هم متصل شده و اطراف نانوسیلیکا یک پوسته ایجاد می کنند. در نهایت یک لایه پلیمری PMMA در اطراف نانوسیلیکا قرار می گیرد که نقش پوسته را ایفا می کند [۶].



شکل ۱۰- تصویری شماتیک از نحوه تشکیل نانوکپسول

۷-۳- استفاده از نانوذرات دیگر برای مقایسه تطبیقی با نانوکپسول

علاوه بر نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ ، سه نمونه نانوذره دیگر نیز برای استفاده در پروتز دندانی با پایه PMMA استفاده شد تا مطابق آنچه در بخش ۸-۲ خواهد آمد، با نمونه پروتز حاوی نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ مقایسه شود. این سه نانوذره عبارتند از:

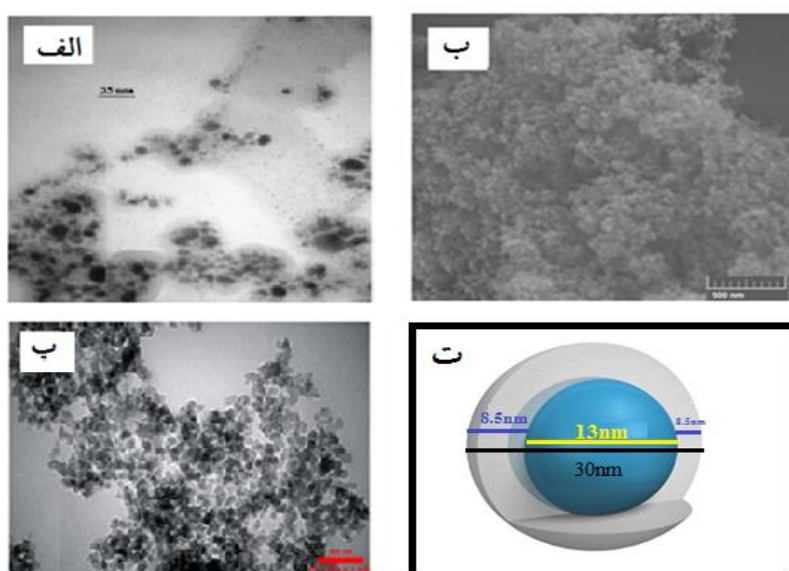
۱) نانوسیلیکای خریداری شده، بدون هیچ عملیات مهندسی بر روی آن. ۲) نانوذرات PMMA که این نانوذرات به همان شیوه شرح داده شده در بخش ۷-۲ و بدون استفاده از نانوسیلیکا تهیه شدند، به این ترتیب که در ابتدا ۲۰۰ میلی آب مقطر حاوی ۱ گرم SLS به بالن اضافه شد تا از نظر حجمی همانند آزمایش بخش ۷-۲ باشد. بعد از رسیدن دمای محلول به ۷۰ درجه سانتیگراد مونومر به آن اضافه شد و بقیه مراحل هم به همان صورت تکرار شد. ۳) مخلوط نانوذرات PMMA با نانوسیلیکا. مخلوط نانوذرات PMMA با نانوسیلیکا نیز از مخلوط مقداری از نانوذرات PMMA تهیه شده با مقداری از نانوسیلیکای خریداری شده به نسبت یک به یک تهیه شد.

۷-۴- تجزیه و تحلیل نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$

۱) تصویر FESEM

مطابق شکل ۱۱-الف، تصویر TEM مربوط به نانوسیلیکای خریداری شده نشان داده شده که ابعادی در حد ۱۳ نانومتر دارد. همچنین در شکل ۱۱-ب، تصویر FESEM مربوط به نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$

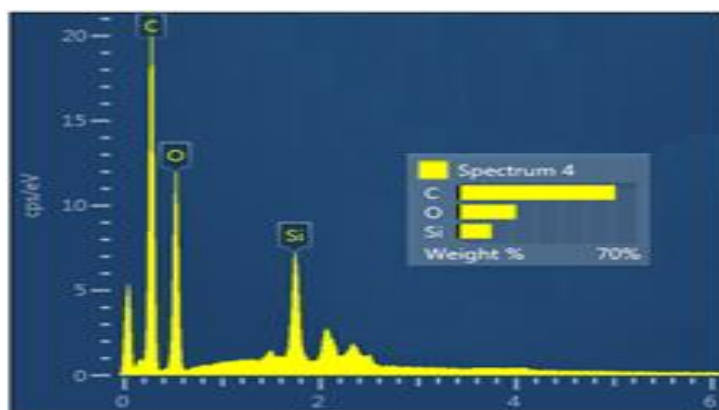
است که توزیع یکنواختی از نظر ابعاد دارد و همانطور که در شکل ۱۱-پ، ملاحظه می شود تصویر TEM نانوکپسول، تشکیل پوسته در اطراف هسته نانوسیلیکا را کاملاً تأیید می کند. ابعاد نانوکپسولهای ساخته شده به اندازه حدوداً ۳۰ نانومتر است. با توجه با اینکه نانوسیلیکای خریداری شده به ابعاد ۱۳ نانومتر است ضخامت پوسته PMMA به اندازه ۸/۵ نانومتر تخمین زده می شود (شکل ۱۱-ت).



شکل ۱۱- الف) تصویر TEM مربوط به نانوسیلیکای خریداری شده، ب) FESEM از نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@PMMA$ ، پ) TEM از نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@PMMA$ ، ت) نمایی از ابعاد هسته-پوسته

۲) نمودار EDS

نتایج طیف سنجی EDS در شکل ۱۲ آمده است که ترکیب درصد عناصر شرکت کننده در ساختار نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@PMMA$ را به صورت پیک هایی با ارتفاع مختلف نشان می دهد. این پیکها متناسب با مقدار عناصر موجود در ترکیب مورد سنجش است. از آنجا که مقدار وزنی هیدروژن نسبت به کربن و اکسیژن و سیلیسیوم بسیار کوچک است اغلب پیک مربوط به حضور هیدروژن مشاهده نمی شود. به همین نسبت عدم محاسبه هیدروژن در محاسبات هم تأثیری بسزایی در نتیجه نهایی ندارد. با توجه به نسبت عناصر شرکت کننده در ترکیب نانوذره، می توان نسبت وزنی هسته به پوسته را نیز محاسبه کرد. نتایج عددی طیف سنجی EDS در جدول ۴ آمده است. با یک محاسبه ساده و از روی درصد وزنی عناصر می توان نسبت عناصر به هم را نیز به طور تخمینی محاسبه کرد.



شکل ۱۲- نمودار EDS از نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2\text{@PMMA}$

جدول ۴- ترکیب درصد نانوکپسول ساخته شده بر اساس تجزیه و تحلیل نمودار EDS

عنصر	درصد وزنی عنصر Wt%	Atomic %
C	۶۱/۵۲۰	۷۲/۷۱
O	۲۲/۶۵۰	۲۰/۱۰
Si	۱۵/۸۳۰	۷/۱۹
Total:	۱۰۰/۰۰۰	۱۰۰/۰۰

بر این اساس با توجه به درصد Si در نمونه که برابر ۱۵/۸۳ درصد وزنی (Wt%) می باشد درصد مشارکت SiO_2 در هسته-پوسته تخمین زده می شود. هر اتم Si برابر ۲۸/۰۸۶ گرم و هر مولکول SiO_2 برابر ۶۰/۶۵ گرم است. لذا به طور تخمینی حضور ۱۵/۸۳ درصدی Si به معنی حضور ۳۴/۱۸۵ درصدی SiO_2 در نانوکپسول است که از تناسب ساده مطابق معادله ۱ بدست آمده است.

Si	SiO_2	
28.085	60.65g / mol	معادله ۱
15.83	$x = 34.185$	

با تفاضل این نسبت از ۱۰۰ مقدار درصد پوسته که PMMA می باشد به دست می آید که برابر ۶۵/۸۱۵ است. مطابق اعداد به دست آمده میتوان گفت که نسبت وزنی پوسته به هسته در نانوکپسول ساخته شده برابر ۱/۹۲۵ =

۳۴/۱۸۵ ÷ ۶۵/۸۱۵ می باشد. این عدد به معنی دو برابر بودن وزن پوسته به هسته است. نسبت بالای وزنی کربن که ۶۱/۵۲ است نیز دو برابری وزن پوسته به هسته را تأیید می کند. از آنجا که اکسیژن بین ترکیب پوسته و هسته مشترک است از روی درصد حضور اکسیژن در نانوذره نمیتوان به نتیجه قاطعی رسید. طیف سنجی EDS بیشتر یک تکنیک سنجش سطح است لذا این درصد احتمالاً با مقداری خطا همراه است.

۸- بخش دوم تجربی.

نانوذرات ساخته شده در لابراتوار دندانسازی^{۲۲} OPALESCENCE Dental Lab مورد ارزیابی قرار گرفت و پس از کسب تأییدات اولیه، در ساخت پروتزهای دندانی با پایه PMMA به کار گرفته شد. پژوهشگران نوجوان در محل لابراتوار دندانسازی ضمن آشنایی با مراحل ساخت پروتز دندانی با پایه PMMA، در ساخت پروتز حاوی نانوذرات نیز مشارکت داشتند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- آشنایی پژوهشگران نوجوان با مراحل ساخت یک پروتز PMMA

۸-۱ تجهیزات و مواد

مواد مورد استفاده در لابراتوار برای ساخت پروتز با پایه PMMA شامل محلول مونومر آکریل خودپخت مخصوص ترمیم از شرکت ایرانی آکروپارس، نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ ، نانوسیلیکا، نانوذرات

^{۲۲} آدرس لابراتوار: تهران، ضلع شرقی میدان جمهوری، خیابان کریمی پور، نبش کوچه امیرشاهی، پلاک ۱، واحد ۳، تلفن: ۰۲۱۶۶۹۰۳۸۷۱، موبایل: ۰۹۳۹۴۶۶۸۹۱۹، مدیریت آقای حسین سرباز، فارغ التحصیل دانشگاه علوم پزشکی تهران

PMMA و مخلوط نانوسیلیکا و نانوذرات PMMA می باشد. از دستگاه لایت کیور^{۲۳} برای تکمیل ساخت پروتز استفاده شد که با استفاده از امواج نور مرئی^{۲۴}، فرایند تکمیلی پلیمریزاسیون یا درمان^{۲۵} روی پروتز انجام می گیرد.

۸-۲- ساخت پروتز حاوی نانوذرات انتخابی

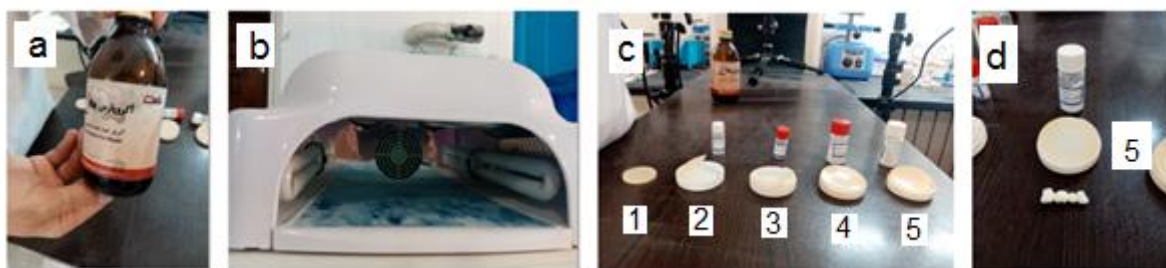
مطابق شکل ۱۴-a، به طور معمول در لابراتوار از مونومر آکریل خودپخت مخصوص ترمیم که حاوی متیل متاکریلات MMA می باشد برای تهیه پروتز دندان با پایه PMMA استفاده می شود. در این تحقیق مطابق با همان شیوه معمول و فقط با اندکی تغییر در ترکیب درصد اجزای تشکیل دهنده مواد پایه ای، پروتزهای مورد نظر تهیه شد. نمونه اصلی، که شامل پروتز حاوی نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ است با ترکیب دو درصد وزنی از نانوذره نسبت به مونومر تهیه شد. به این ترتیب که به ازای ۰/۹۸ گرم از مونومر آکریل خودپخت، ۰/۰۲ گرم از نانوذره $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ اضافه شد. نانوذره قبلاً در ۵ میلی لیتر آب مقطر پخش و توسط حمام اولتراسونیک دیسپرس شد و سپس به مونومر اضافه شد. مخلوط حاصل به شدت و با قاشقک به هم زده شد تا به صورت یک مخلوط غلیظ در آمد که نشان دهنده اتصال مونومرها به هم و آغاز پلیمریزاسیون است. مخلوط حاصل به درون ظرف نمونه منتقل و برای تکمیل فرایند پلیمریزاسیون و درمان به دستگاه لایت کیور منتقل شد و به مدت یک ساعت تحت تابش مستقیم اشعه مرئی در فاصله ۱۰ سانتی متری قرار گرفت. این نمونه پروتز با شماره ۵ در شکل ۱۲-C، نشان داده شده است.

برای مقایسه تطبیقی، سه نمونه پروتز دیگر شامل پروتز حاوی نانوسیلیکا SiO_2 (نمونه شماره ۲)، پروتز حاوی نانوذرات PMMA (نمونه شماره ۳)، و پروتز حاوی مخلوط دو نانوذره SiO_2 و PMMA (نمونه شماره ۴) نیز به همان شیوه ای که در بالا ذکر شد و با همان نسبت ۲ درصد وزنی تهیه شد تا با نمونه پروتز حاوی نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ (نمونه شماره ۵) مقایسه شود. همچنین یک نمونه پروتز به عنوان نمونه شاهد هم تهیه شد که حاوی هیچ نانوذره ای نمی باشد و با شماره ۱ در شکل ۱۲-C، نشانه داده شده است. این نمونه به عنوان نمونه شاهد برای مقایسه با نمونه پروتزهای حاوی نانوذره تهیه شد. نمونه پروتز شماره ۵ که نمونه اصلی می باشد مطابق شکل ۱۲-d، با یک نمونه پروتز معمولی موجود در لابراتوار که از جنس PMMA بود مقایسه و از نظر ظاهری مورد ارزیابی قرار گرفت که در بررسی های اولیه نتایج رضایت بخشی را از جهت ظاهری و سختی نشان می داد.

^{۲۳} light-Cured

^{۲۴} Visible

^{۲۵} cured

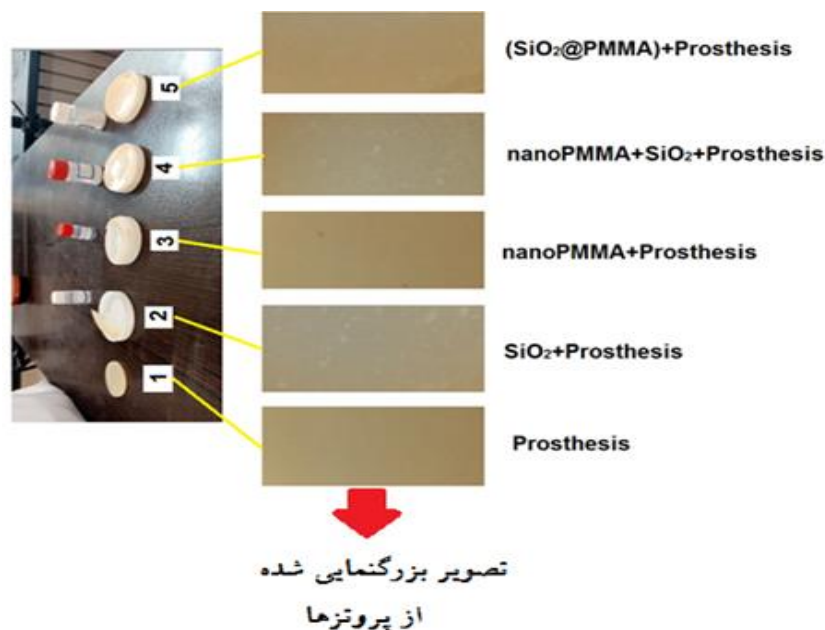


شکل ۱۴- (a) مونومر آکریل خود پخت، (b) دستگاه لایت کیور، (c) ساخت چندین نمونه حاوی نانوذرات مورد نظر، (d) مقایسه نمونه پروتز حاوی نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ با پروتز PMMA موجود در لابراتوار

۳-۸ مقایسه تطبیقی پروتزهای حاوی نانوذره با پروتز بدون نانوذره

(۱) مقایسه ظاهری

مطابق با شکل ۱۵، تصاویر بزرگنمایی شده هر یک از پروتزهای ساخته شده به همراه ترکیب اجزاء سازنده پروتز نشان داده شده است. نمونه شماره ۱، که پروتز بدون نانوذره (prosthesis) است به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شده است. نمونه شماره ۲، که پروتز حاوی نانوسیلیکا ($\text{SiO}_2 + \text{prosthesis}$) می باشد آثاری از غیر یکنواختی در آن کاملاً مشهود است که نشانه عدم توزیع مناسب نانوذره در بدنه پروتز است. نمونه شماره ۳، که پروتز حاوی نانوذرات PMMA ($\text{PMMA} + \text{prosthesis}$) می باشد به علت شباهت ساختاری نانوذره به بدنه پروتز که آن هم از جنس PMMA می باشد سطحی همگن و یکدست از پروتز مشاهده می شود که کاملاً به نمونه شاهد (شماره ۱) شبیه است.

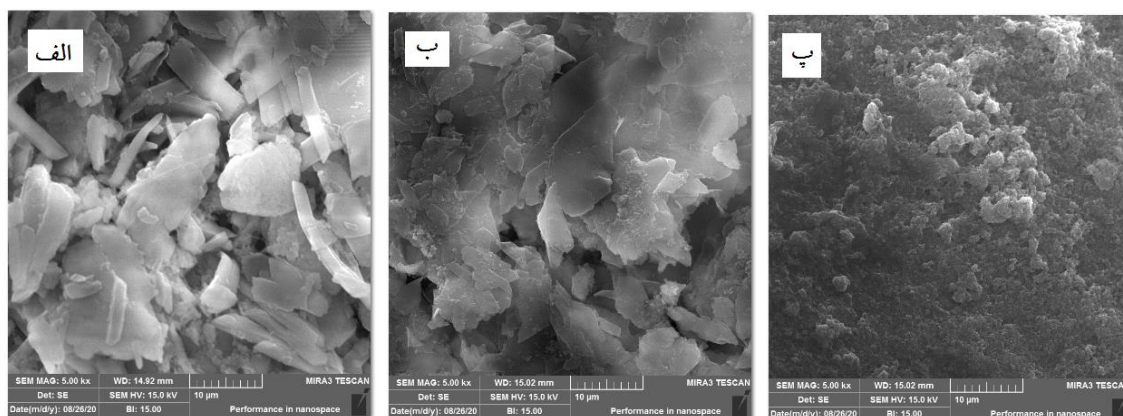


شکل ۱۵- مقایسه ظاهری پروتزهای حاوی نانوذره

نمونه شماره ۴، که پروتز حاوی مخلوط نانوسیلیکا و نانوذرات PMMA (nanoPMMA+SiO₂+prosthesis) می باشد نیز سطحی ناهمگون و غیر یکنواخت دارد که نشانه عدم توزیع مناسب نانوذره در بدنه پروتز است. نمونه شماره ۵، که پروتز حاوی نانوکپسول هسته-پوسته (SiO₂@PMMA +prosthesis) می باشد به علت شباهت ساختاری پوسته نانوکپسول به بدنه پروتز که هر دو از جنس PMMA می باشد توزیعی یکنواخت در بدنه پروتز داشته و از جهت ظاهری تفاوتی با نمونه شاهد (شماره ۱) و نمونه حاوی نانوذرات PMMA (شماره ۳) ندارد. بنابراین سه نمونه پروتز تهیه شده شماره ۱، ۳ و ۵ از بقیه نمونه ها بهترند. لذا برای ارزیابی بیشتر روی این سه پروتز تحقیقات بیشتری صورت گرفت.

۲) مقایسه تصاویر FESEM

تصاویر FESEM سه نمونه پروتز تهیه شده که از جهت ظاهری مناسب تر بودند در شکل ۱۶ نشان داده شده است. مطابق شکل ۱۶- الف، تصویر FESEM که مربوط به پروتز شماره ۱ است و به عنوان نمونه شاهد تهیه شد، بر خلاف ظاهر مناسبی که دارد توزیع غیر یکنواختی از PMMA را نشان می دهد. این غیر یکنواختی و عدم اتصال در بین بخش های مختلف پروتز میتواند دلیلی بر خواص مکانیکی ضعیف پروتزهای با پایه PMMA باشد.



پروتز شماره ۱
(نمونه شاهد)

پروتز شماره ۳
(حاوی نانوذره PMMA)

پروتز شماره ۵
(حاوی نانوکپسول SiO₂@PMMA)

شکل ۱۶- تصاویر FESEM مربوط به پروتز های تهیه شده شماره ۱ و ۳ و ۵

شکل ۱۶-ب تصویر FESEM مربوط به پروتز شماره ۳ را نشان می‌دهد که حاوی نانوذرات PMMA می‌باشد. در مقایسه با نمونه الف که نمونه شاهد است، توزیع یکنواخت تری را نشان می‌دهد و حفرات کمتری در ساختار آن دیده می‌شود. انتظار می‌رود که خواص مکانیکی نمونه پروتز شماره ۳ از خواص مکانیکی نمونه پروتز شماره ۱ بهتر باشد. در نهایت مطابق شکل ۱۶-پ، بررسی تصویر FESEM نمونه شماره ۵ که پروتز حاوی نانوکپسول هسته-پوسته SiO₂@PMMA می‌باشد توزیعی یکنواخت و بدون خلل و فرج را نشان می‌دهد که در بدنه آن آثاری از حضور نانوذرات به وضوح مشاهده می‌شود. به علت یکنواختی سطح و عدم وجود حفرات نسبت به آنچه در نمونه شاهد (۱۶-الف) و نمونه تطبیقی (۱۶-ب) مشاهده می‌شود، انتظار می‌رود خواص مکانیکی پروتز شماره ۵ کاملاً متفاوت و بهینه شده باشد.

پروتزهای تهیه شده باید برای بررسی بیشتر و تعیین مدول استحکام و مدول خمشی به آزمایشگاه مربوطه ارسال میشد اما به دلیل ابعاد کوچک پروتزها (ضخامت حدوداً ۲ سانتی متر) امکان تعیین دقیق خواص آنها میسر نبود^{۲۶}. اما به صورت مقایسه ای در لابراتوار مورد ارزیابی قرار گرفت و تفاوت محسوسی در نمونه پروتز شماره ۵ نسبت به نمونه های دیگر مشاهده شد که برتری خواص فیزیکی و ساختاری آن را نشان می‌داد.

^{۲۶} حداقل ابعاد مورد نیاز برای تعیین مدول استحکام ۱۰ سانتی متر می‌باشد.

۹- نتیجه گیری

- (۱) پروتزه‌های سرامیکی به علت خواص شکل پذیری کم، شکنندگی، ساخت دشوار و هزینه بالا نیازمند جایگزینی و یا اصلاح با مواد دیگر می باشند.
- (۲) پروتزه‌های فلزی به علت سازگاری زیستی پایین، رنگ و ظاهر نامناسب، ایجاد علائم حساسیت و ناراحتی لته جایگزین مناسبی برای پروتزه‌های سرامیکی نیستند.
- (۳) پروتزه‌های PMMA به علت سازگاری زیستی خوب، قابلیت پردازش، زیبایی شناسی و قابل ترمیم بودن جایگزین مناسبی برای پروتزه‌های سرامیکی هستند.
- (۴) پروتزه‌های PMMA به علت خواص مکانیکی ضعیف و چسبندگی میکروبی نیازمند اصلاح با موادی هستند که عیوب مکانیکی و میکروبی آنها را برطرف کند.
- (۵) اضافه کردن نانوذرات مختلف به پروتز PMMA از جمله زیرکونیا، تیتانیا، نقره هیدروکسی اپتایت و سیلیکا تاثیرات مثبتی را در خواص فیزیکی و شیمیایی پروتز نشان می دهد.
- (۶) افزودن نانوسیلیکا به پروتز PMMA از جهت بهبود خواص سطح، کاهش قدرت خستگی، کاهش رشد میکروبی و قیمت ارزان آن، همچنین سهولت تهیه آن در داخل ایران گزینه مناسبی برای افزودن به پروتز است.
- (۷) افزودن نانوسیلیکا به PMMA به علت تفاوت ساختاری این دو با هم، منجر به تشکیل نانوکامپوزیت غیر همگن و نامناسب می شود.
- (۸) اضافه کردن نانوسیلیکا به صورت هسته ی یک نانوکپسول به پروتز PMMA ایده ای جدید و ابتکاری است که مانع تجمع نانوسیلیکا و آگلومره شدن آن در بدنه نانوکامپوزیت می شود.
- (۹) اضافه کردن نانوسیلیکا به صورت هسته ی یک نانوکپسول به پروتز PMMA مانع واکنش زود هنگام نانوسیلیکا با مونومر سازنده پلیمر PMMA می شود.
- (۱۰) ایجاد پوسته ای از جنس PMMA در اطراف نانوسیلیکا به روش اگزیتو منجر به تولید نانوکپسول هایی به ابعاد ۳۰ نانومتر می شود که از طریق تصاویر FESEM و TEM ابعاد و ساختار آن تائید می شود.
- (۱۱) مطابق نمودار EDS درصد وزنی SiO_2 در نانوکپسول برابر ۳۴/۱۸۵ درصد و درصد وزنی PMMA برابر ۶۵/۸۱۵ است و این به معنی نسبت وزنی حدودا دو برابری پوسته به هسته است.
- (۱۲) افزودن نانوسیلیکا به پروتز PMMA بدون انجام فرایند تکمیلی بر روی نانوسیلیکا، موجب تشکیل نانوکامپوزیت غیر یکنواخت می شود که خاصیت مطلوبی به عنوان پروتز ندارد.

۱۳) افزودن نانوذرات PMMA به پروتز PMMA به علت شباهت ساختاری موجب تشکیل نانوکامپوزیت یکنواخت با خاصیت مطلوب ظاهری و ساختاری می شود.

۱۴) افزودن مخلوط نانوسیلیکا و نانوذرات PMMA به پروتز PMMA نیز موجب ایجاد سطحی ناهمگون و غیر یکنواخت در پروتز می شود که نشانه عدم توزیع مناسب نانوذره در بدنه پروتز است.

۱۵) افزودن نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ به پروتز به علت شباهت ساختاری پوسته نانوکپسول به بدنه پروتز که هر دو از جنس PMMA می باشد موجب توزیعی یکنواخت در بدنه نانوکامپوزیت می شود و خواص مطلوبی را در آن ایجاد می کند.

۱۶) مطالعه تصاویر FESEM مربوط به پروتز تهیه شده بدون نانوذرات، سطحی ناهمگون و غیر یکنواخت و دارای حفرات فراوان را نشان می دهد که می تواند دلیلی بر خواص مکانیکی ضعیف پروتز PMMA باشد.

۱۷) مطالعه تصویر FESEM مربوط به پروتز PMMA که حاوی نانوذرات PMMA می باشد بهبود خواص ظاهری پروتز نسبت به حالتی که نانوذره ای استفاده نشده است را نشان می دهد.

۱۸) مطالعه تصویر FESEM مربوط به پروتز حاوی نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ کیفیت بالای نانوکامپوزیت تهیه شده را نشان می دهد که ساختاری یکنواخت و بدون حفره تشکیل شده است که کاملاً مناسب برای تهیه پروتز است.

۱۰-پیشنهاها

۱. پژوهش حاضر فقط یک نسبت از هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ را مورد بررسی قرار میدهد. در پژوهش های آتی پیشنهاد می شود نسبت های مختلف از هسته-پوسته مورد آزمایش قرار گیرد تا نسبت های مناسب تری برای استفاده در پروتز های دندان به دست آید.

۲. در پژوهش های آینده اگر عوامل مداخله گری همچون شرایط اقتصادی، همکاری لابراتوارها، شرایط استفاده از آزمایشگاه های مجهزتر و غیره مورد بهبود واقع شود می توان خواص PMMA را به نحو مطلوبتری ارتقا داد زیرا با افزایش خواص مکانیکی این ماده میتوان خواص بسیار مرغوب تری نسبت به آنچه در سرامیک ها مشاهده می شود بدست آورد و همچنین شرایط ساخت راحت تری نیز خواهد داشت.

۳. یکی از معضلات برای افراد دچار مشکلات دندانی هزینه بالای پروتز هاست. پیشنهاد میشود با توجه به نحوه ساخت راحت پروتز های PMMA، بتوان در جهت کم کردن هزینه های درمانی اقدامات مفیدی انجام داد.

۱. Zafar, M.S., *Prosthodontic Applications of Polymethyl Methacrylate (PMMA): An Update*. Polymers, ۲۰۲۰, ۱۲(۱۰): □. ۲۲۹۹.
۲. Wang, W., et al., *Recent applications of nanomaterials in prosthodontics*. Journal of Nanomaterials, ۲۰۱۵, ۲۰۱۵.
۳. Xu, P., et al ,*Preparation and morphology of SiO 2/PMMA nanohybrids by microemulsion polymerization*. Colloid and Polymer Science, ۲۰۰۶, ۲۸۴(۷): p. ۷۵۵-۷۶۲.
۴. Lu, Y., et al., *Core-sheath paraffin-wax-loaded nanofibers by electrospinning for heat storage*. ACS applied materials & interfaces, ۲۰۱۸, ۱۰(۱۵): p. ۱۲۷۵۹-۱۲۷۶۷.
۵. Pilcher, S.C. and W.T. Ford, *Structures and properties of poly (methyl methacrylate) latexes formed in microemulsions*. Macromolecules, ۱۹۹۸, ۳۱(۱۱): p. ۳۴۵۴-۳۴۶۰.
۶. Ahangaran, F., A.H. Navarchian, and F. Picchioni, *Material encapsulation in poly (methyl methacrylate) shell: A review*. Journal of Applied Polymer Science, ۲۰۱۹, ۱۳۶(۴۱): p. ۴۸۰۳۹.



جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
اداره کل آموزش و پرورش استان اصفهان
مدیریت آموزش پرورش نیکبخت کرمان کرچ



شماره نامه : ۶۲/۱۶۱

تاریخ : ۱۳۹۹/۱۰/۲۰

پیوست : دعای خیر

*** کسی که بندگی خدا کند، خداوند همه چیز را بنده او می کند . امام حسن مجتبی (ع) ***

موضوع : انجام کار پژوهشی در آزمایشگاه شیمی پژوهش سرای معلم

بدین وسیله گواهی می شود دانش آموزان رونیا مختابادی و ژینا کریمی با شماره کد ملی ۰۱۵۱۳۱۴۸۹۶ و ۰۲۵۰۷۱۱۳۹۷ و پایه هشتم دبیرستان دوره اول متوسطه فرزندگان ۱ به منظور انجام پروژه پژوهشی نانو تحت عنوان مطالعه تطبیقی اثر مشارکت نانوکپسول هسته-پوسته $\text{SiO}_2@\text{PMMA}$ بر روی خواص پروتئزهای دندان با پایه پلی متیل متاکریلات PMMA به سرپرستی خانم دکتر اشرف حیدری به مدت ۲۰ ساعت در آزمایشگاه شیمی پژوهش سرای دانش آموزی معلم حضور داشته اند.

با تشکر و سپاس فراوان

زهره صادقیان

مدیر پژوهش سرای معلم او



آدرس: کرچ- ابتدای خیابان فدوی- پژوهش سرای دانش آموزی سلم تلفن: ۳۳۲۰۹۱۰۷

www.pazhooheshsara1.ir

شماره : تاریخ: ۹۹/۱۰/۱۵ پیوست:	 شرکت نانو عرشیا یاران میهن (نعم) شماره ثبت: ۳۰۵۵۷ با مسئولیت محدود
--------------------------------------	---

شماره اقتصادی	۴	۱	۱	۵	۱	۴	۷	۱	۶	۵	۴	۳
شماره ملی	۱	۴	۰	۰	۶	۰	۷	۱	۷	۱	۴	

بسمه تعالی

سلام علیکم

احتراما به عرض می رساند که پژوهشگران نوجوان:

خانم رونا مختابادی و خانم ژینا کریمی

به مدت سه روز کاری معادل ۲۴ ساعت، در محل آزمایشگاه این شرکت حضور فعال داشتند و ضمن آشنایی با دستگاه ها و تجهیزات موجود، از خدمات دستگاهی و تجهیزات آزمایشگاهی برای ساخت نانوکپسول هسته -پوسته $\text{SiO}_2\text{@PMMA}$ استفاده کردند. همچنین خدمات آزمایشگاهی مربوط به آنالیز و ارزیابی نانوکپسول هسته -پوسته $\text{SiO}_2\text{@PMMA}$ ، توسط مرکز خدمات آزمایشگاهی شریف در محل دانشگاه صنعتی شریف انجام شد.



با تشکر

حیدری

۹۹/۱۰/۱۵

نشانی دفتر مرکزی: کرج فردیس بلوار فردیس گلستان ۶۲ پلاک ۲۲ کد پستی: ۳۱۷۳۸۹۳۶۵۵	تلفن: ۰۹۱۲۷۶۷۲۱۵۷	ایمیل: info@nanoarshia.ir ashrafheidaripour@gmail.com سایت: www.nanoarshia.ir
--	-------------------	---

OPALescence Dental Lab

We give you the gift of nature

Mob: 0939-4668919

0938-7870808

Tel: 02166903871

بسم تعالی

اینجانب حسن سرتار مدیر لابراتوار اویالسنس واقع در تهران،
در باب برداشتن انجام شده توسط اینجانب و همکاران و تمام هزینه‌های
که در لابراتوار منتهی انجام شده است، به شما می‌فراهمم که این هزینه‌ها به قرار زیر:
کیت‌های نازک سیلیکا (۲) نازک PMMA (۵) کورتل PMMA @ SiO₂
انجام شده و این نمونه‌ها باید برگردان PMMA خاص می‌باشد.

لابراتوار تخصصی پروتزهای دندانی
اویالسنس
OPALescence Dental Lab

OPALescence

آدرس: تهران، ضلع شرقی میدان
جمهوری، خیابان کریمی پور، نبش کوچه
امیر شاهی، پلاک ۱، واحد ۳

عنوان پژوهش:

ساخت و مطالعه ذرات تیتانیوم دی اکساید بصورت ساختارهای کروی و توخالی در سلول های خورشیدی رنگدانه ای

استاد راهنما : دکتر مهسا امین صالحی

پژوهشگران : ستایش عذیری- نازنین فاطمه کیا حیرتی

نام مدرسه : دبیرستان استعداد های درخشان فرزندگان ۱ (دوره دوم)

اردیبهشت ماه ۱۴۰۰

سلامی

فهرست

۴.....	چکیده
۵.....	مقدمه
۸.....	پیشینه پژوهش
۹.....	اهداف تحقیق
۹.....	اهمیت و ضرورت تحقیق
۱۰.....	مواد ها و روش ها
۱۲.....	یافته های پژوهش
۱۳.....	نتیجه گیری
۱۴.....	پیشنهادات
۱۵.....	منابع
۱۶.....	چکیده انگلیسی

چکیده

با توجه به نیاز روز افزون بشر به انرژی و این واقعیت که عمده نیاز انرژی بشر از سوخت‌های فسیلی تامین می‌شود، یافتن منبع انرژی جدید از اهمیت بالایی برخوردار است. از جمله این منابع می‌توان به خورشید، منبعی بی‌کران و پاک اشاره نمود. در میان سلول‌های خورشیدی ساخته شده، سلول‌های خورشیدی نانوساختار و خاصه سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای از پتانسیل بهتری جهت تجاری سازی برخوردارند و با توجه به تحقیقات روزافزون در این حوزه از آینده‌ی روشنی برخوردارند.

از جمله راهکارهای افزایش بازده سلول خورشیدی رنگدانه‌ای، مدیریت نور بوده که ما در این تحقیق به بررسی این مهم با به کارگیری لایه پراکنده نور پرداخته و مقایسه‌ای میان ساختار کره‌های توپر و توخالی به عنوان لایه پراکنده انجام داده‌ایم. بدین منظور کره‌های مونودیسپرس توپر متشکل از هسته‌های SiO_2 و پوسته‌ای از TiO_2 و کره‌های توخالی TiO_2 سنتز و افزایش بازده در سلول نشان داده شده است. همچنین نشان داده شده است که بازده سلول با بکارگیری کره‌های توخالی به عنوان لایه پراکنده بیشتر افزایش یافته و از جمله پیشنهادات بهینه‌سازی این ساختارها می‌باشد.

کلمات کلیدی: سلول خورشیدی رنگدانه‌ای _کره‌های توپر_تیتانیوم دی اکسید

مقدمه

پیش‌بینی می‌شود مهم‌ترین چالش‌های آینده بشر در سال ۲۰۵۰ انرژی، آب و غذا و محیط‌زیست خواهند بود. در دنیای کنونی عمده نیاز انرژی بشر از سوخت‌های فسیلی تامین می‌شود. با توجه به مصرف روزافزون انرژی، محدود بودن این منابع و مشکلات زیست محیطی از جمله تولید گازهای گلخانه‌ای، گرم شدن زمین و ... یافتن منبع انرژی جدید، تجدید پذیر و دوستدار محیط‌زیست از اهمیت بالایی برخوردار است. از جمله این منابع می‌توان به خورشید اشاره کرد. خورشید منبع نامحدود و در دسترس انرژی پاک می‌باشد که اگر قابلیت استفاده از آن مهیا گردد، افقی از زندگی پاک و طبیعی را برای

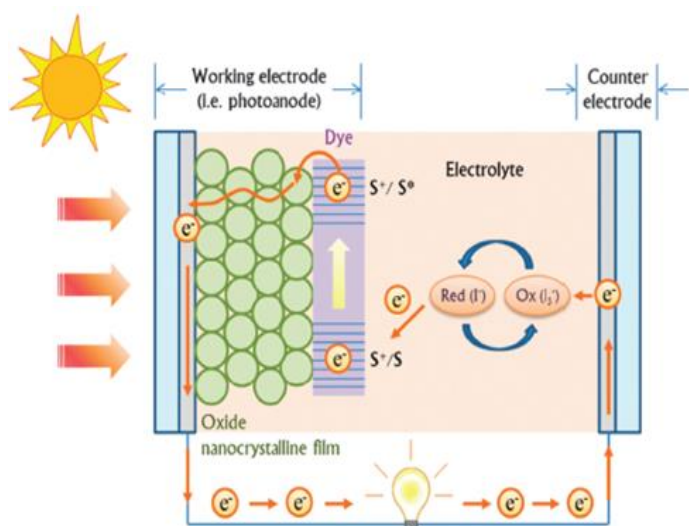
انسان متصور خواهد کرد. طی چند دهه اخیر با ساخت سلول-های خورشیدی استفاده از این منبع انرژی میسر شده است. از $1/7 \times 10^5 \text{ TW}$ انرژی خورشید که به سطح زمین برخورد می‌کند، مقدار انرژی قابل استفاده، تقریباً 600 TW تخمین زده شده است. بنابراین استفاده‌ی ۱۰٪ از سطح موثر خورشید، تقریباً استفاده از 60 TW توان آن می‌باشد.

خوشبختانه کشور ما در موقعیت مناسبی از جهت دریافت انرژی تابشی خورشید، قرار گرفته و از پتانسیل بالایی جهت استفاده از فناوری صفحه‌های خورشیدی برخوردار می‌باشد (ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در طول سال از ۳۰۰ روز آفتابی برخوردار است. میزان تابش خورشیدی در ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال تخمین زده شده است که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است).

انواع سلول های خورشیدی :

found. در این بخش اجزای سلول خورشیدی رنگدانه ای با

جزئیات آن بیان می شود.



شکل ۱-۰: شماتیکی کلی

از سلول خورشیدی رنگدانه ای

فوتوآند :

فوتوآند از سه جزء لایه ی شیشه ای رسانای شفاف لایه نشانی

شده (TCO)، اکسید ماده نیمه رسانا و رنگدانه تشکیل شده است.

لایه ی شیشه ای رسانای شفاف لایه نشانی شده:

شیشه رسانای شفاف لایه نشانی شده به عنوان زیرلایه ای برای

فوتوآند استفاده می شود. برای عملکرد بهتر سلول خورشیدی،

لایه باید مقاومت ورقه ای کم و شفافیت بالایی داشته باشد. به

علاوه، مقاومت ورقه تقریباً باید مستقل از دما تا 50°C باشد

چون تفجوشی در 450 تا 500°C انجام می شود.

بطور کلی میتوان عنوان کرد سلول های خورشیدی که امروزه

در دنیا مورد استفاده قرار می گیرند دارای یه نوع کلی هستند و

انواع نانو ساختار آن (نسل سوم) بیشتر از انواع دیگر نسل ها

مورد توجه هستند. سلول های خورشیدی نانو ساختار که بنام

سلول های حساس شده به رنگدانه نیز مشهور هستند تنها دسته

ای از فناوری نسل سوم سلول های خورشیدی هستند که تا

کنون به مرحله تجاری رسیده اند. سلول های خورشیدی

نانو ساختار میتوانند به صورت صفحات انعطاف پذیر نیز طراحی

شوند. همچنین با توجه به خواص مکانیکی موارد مورد استفاده

نیاز به محافظت در برابر ضربات کوچک ندارند. تولید نسل اول

سلول های خورشیدی (انواع سیلیکونی) به انرژی بالاتر و هزینه

ساخت بیشتری نیاز دارد. پایه اصلی این نسل از سلول های

خورشیدی بر اساس استفاده از سیلیکون استوار است و تمامی

مواد مورد نیاز جهت ساخت این نوع از سلول خورشیدی

وارداتی است. بعنوان مثال سیلیکون مورد استفاده در ساخت این

نوع از سلول های خورشیدی علاوه بر قیمت بالای محصول

میتواند خطر وابستگی به خارج در زمینه تامین مواد اولیه را نیز

داشته باشد. به همین دلیل تولید آن ها از اهمیت زیادی برخوردار

است.

ساختار اجزای سلول های خورشیدی رنگدانه ای :

سلول های خورشیدی رنگدانه ای از فتوآند، الکترولیت و

کاتد ساخته شده اند (Error! Reference source not

اکسید ماده نیمه رسانا :

اکسید مواد نیمه‌رسانا با گاف انرژی بزرگ، مانند Nb_2O_5 ، TiO_2 ، ZnO ، SnO_2 به ویژه TiO_2 ، پایداری شیمیایی خوبی تحت تابش در محلول دارند. به علاوه، آن‌ها غیرسمی و ارزان می‌باشند.

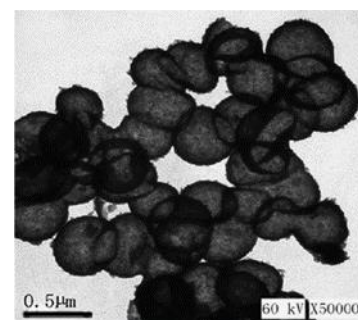
نانو ساختارهای کره‌های توپر TiO_2 :

نانوساختارهای کره‌های توپر TiO_2 با هسته‌ی SiO_2 که دارای ابعادی از مرتبه طول موج نور مرئی هستند، به دلیل اندازه‌ی مساحت سطح پایین، جذب رنگدانه‌ی کمتری داشته و بدین منظور می‌توان از یک لایه نانوذرات ۲۰ نانومتری به منظور جذب رنگدانه استفاده نمود. همچنین آزمایش‌ها نشان داده‌اند که زبری بیشتر این سطوح به پراکندگی نور کمک می‌کند.

ویژه خود قادر به پراکنده کردن نور و افزایش مسیر نوری می‌باشند. به علاوه اختلاف در ضریب شکست TiO_2 ، ۲/۴، و ضریب شکست SiO_2 ، ۱/۴۶، منجر به پراکندگی موثرتر نور خواهد شد و با گیراندازی نور بین لایه پراکنده و لایه شفاف زیرین باعث افزایش احتمال جذب نور توسط رنگدانه می‌شوند. به دلیل جذب نور بیشتر، تعداد فوتوالکتردهای تولیدی افزایش و در نتیجه چگالی جریان بالا رفته و به تبع آن بازده سلول خورشیدی زیاد می‌شود. با این وجود، این ساختار به دلیل داشتن

نانو ساختار کره‌های تو خالی TiO_2 :

کره‌های تو خالی TiO_2 به دلیل ساختار منحصر به فردشان پتانسیل استفاده بالایی داشته و در مقایسه با کره‌های توپر TiO_2 ، کره‌های تو خالی چگالی کمتری دارند.



تصویر TEM از کره‌های تو خالی TiO_2

پیشینه پژوهش :

به طوری که سیستم توان ماهواره به مدت ۸ سال کار کرد.	
Hoffman Electronics به سلول های با بازده ۱۴٪ رسید.	سال ۱۹۶۰
جایزه IEEE Morris N. Liebmann در هفدهمین کنفرانس متخصصین فتوولتائیک به خاطر تلاش تعیین کننده برای استفاده از سیلیکون آمورف در سلول های خورشیدی کم هزینه با قابلیت بالا به Christopher و David Carlson Wronski اعطا شد.	سال ۱۹۸۴
یک خانواده در کلرادو یک سیستم الکتریکی خورشیدی ۱۲ کیلوواتی روی خانه خود راه اندازی کردند .	سال ۲۰۰۰

تاریخچه سلول های خورشیدی با خاصیت خود تمیز شوندگی

سال ۱۹۱۶	اثر فتوالکتریک توسط نتایج تجربی Millikan اثبات شد.
سال ۱۹۱۸	دانشمند لهستانی Czochralski راهی برای رشد سیلیکون تک کریستالی ارائه کرد.
سال ۱۹۲۳	Einstein به خاطر تئوری هایش برای توضیح اثر فتوالکتریک جایزه نوبل را کسب کرد.
سال ۱۹۵۱	یک سلول تک کریستالی از ژرمانیوم به صورت یک پیوند $p - n$ رشد داده شد.
سال ۱۹۵۸	Hoffman Electronics به سلول های با بازده ۹٪ رسید. اولین ماهواره با انرژی خورشیدی به نام Vanguard I پیاده شد

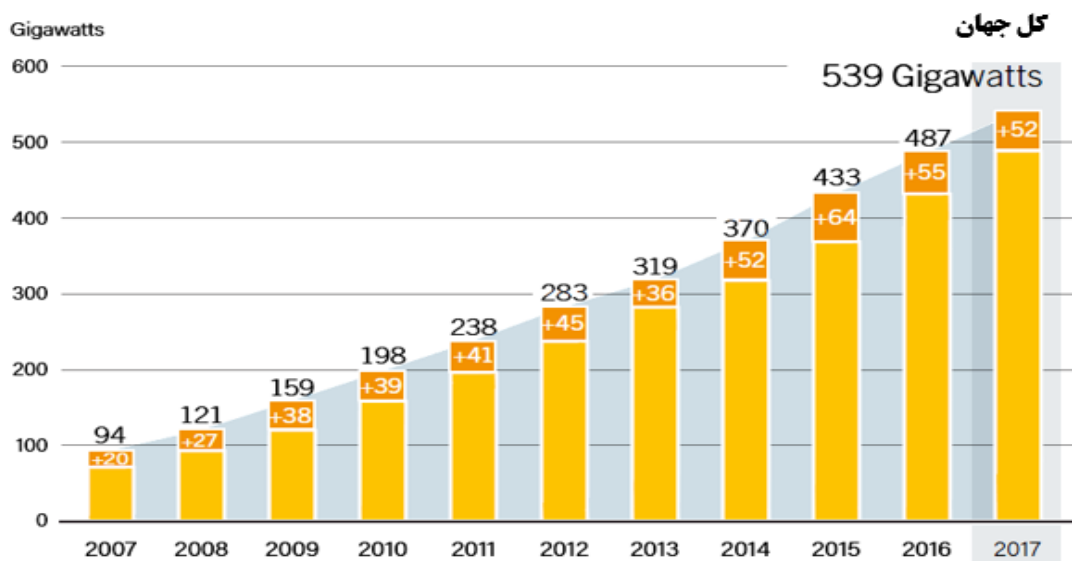
همانطور که میدانید چند سالی است که استفاده از انرژی خورشیدی در میان کشورهای دنیا رواج پیدا کرده است. و استفاده از پنل های خورشیدی علاوه بر مزایا قطعاً معایبی نیز دارد که یکی از برجسته ترین آنها مساله آلودگی سطح پنل ها به علل مختلف نظیر گردوغبار است که موجب کاهش کارایی و بازده عملکردی آنها می شود. از اینجا بود که دانشمندان به دنبال اندیشیدن چاره ای برای از بین بردن این آلودگی ها و یا کاهش میزان آلودگی بر روی سطوح بودند از طرفی تمیز کردن سطح پنل های خورشیدی نیز زمان بر و هزینه بر است و موادشوینده مورد استفاده می توانند به سادگی موجب خوردگی و آسیب سطح

فریم سلول ها و پنل شوند. از جمله راهکارهای غلبه بر این چالش استفاده از پوشش هایی با ویژگی خودتمیزشونده و ضدالکتریسته ساکن جهت جلوگیری از چسبندگی و ایجاد آلودگی ها در سطح این صفحات خورشیدی است. این پوشش ها مانع از نشست و شکل گیری لایه های فشرده جرم، لکه و گردوخاک در سطح پنل های خورشیدی شده، نیاز به شست و شوی پنل ها در فواصل زمانی کوتاه را از بین برده و از طرفی نیاز به استفاده از شوینده های قوی را جهت پاک کردن سطح پنل ها از بین می برند.

اهداف تحقیق

بدلیل اینکه کشور ما در موقعیت مناسبی از جهت دریافت انرژی تابشی خورشید، قرار گرفته و از پتانسیل بالایی جهت استفاده از فناوری صفحه های خورشیدی برخوردار می باشد (ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در طول سال از ۳۰۰ روز آفتابی برخوردار است. میزان تابش خورشیدی در ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت

بر مترمربع در سال تخمین زده شده است که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است)، بهمین دلیل استفاده از این منبع مهم در کشور بسیار حائز اهمیت است. امروزه یکی از مباحث مهم در کشور ها ساخت سلول های خورشیدی است که توجه بسیاری از دانشمندان را به خود معطوف ساخته است که ساخت این سلول ها از انرژی خورشیدی در مقایسه با انرژی های تجدید پذیر دیگر بسیار مهمتر است.



نمودار استفاده از انرژی خورشیدی در جهان از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷

اهمیت و ضرورت تحقیق

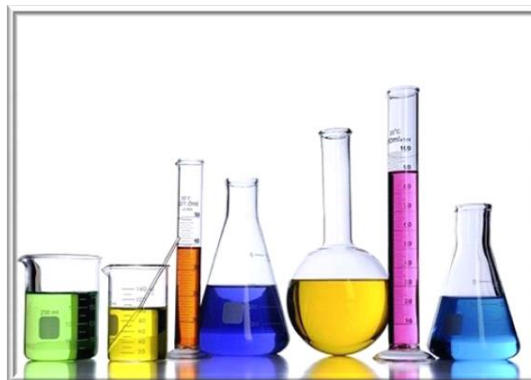
یکی از مهم ترین چالش های پیش رو در سال های اخیر، تامین انرژی و یافتن منابع جدید انرژی است. سلول های خورشیدی یکی از منابع انرژی است که به روش فتوولتاییک نورخورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند. همچنین بدلیل اهمیت انرژی های نو، ساخت موادی که توانایی تولید انرژی الکتریکی از منابع طبیعی را داشته باشد از اهمیت بسزایی برخوردار است.

مواد ها و روش ها

یک محلول آبدار با مولاریته یکسان (۰.۰۱ M) از $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ و (CH_3N) تهیه شد، این محلول به

صورت مغناطیسی به مدت ۴۰ دقیقه شدیداً هم زده شد تا در داخل آن رسوب سفید رنگی به صورت ذرات معلق تشکیل شود. سپس محلول حاصل (حاوی رسوبات سفید) رنگ در داخل یک بطری اتوکلاو ریخته شده و شیشه FTO با سایز ۱ در ۱ سانتی متر مربع برش داده شد و در داخل این بطری قرار داده شد. این بطری بعد از بستن درب آن در داخل یک خشک کن که قبلاً تا دمای $85^{\circ}C$ گرم شده بود قرار داده شده و به مدت ۱۸ ساعت در این شرایط نگهداری شد ۱۸ ساعت بعد بطری از خشک کن خارج شد و بطور طبیعی در دمای اتاق سرد شد. با انجام چنین فرآیندی یک لایه (فیلم) سفید رنگی روی زیرلایه های تشکیل می شد. نمونه از بطری خارج شد و چندین بار با آب یون زدایی شده، شسته شد. در داخل خشک کن در هوا در دمای $85^{\circ}C$ به مدت ۲ ساعت خشک شد تا نمک های باقی مانده و مواد آلی حذف شوند. سپس روی سلول خورشیدی تهیه شده جهت ایجاد خاصیت خودتمیزشوندگی (self-cleaning) محلول کلوئیدی

نانوذرات دی اکسید تیتانیوم اسپری شد و در نهایت سلول خورشیدی با نانوسیم های اکسید روی و خودتمیزشونده تهیه شد.



۱. قرار دادن شیشه FTO به مدت ۱۵ دقیقه در محلول

آب و صابون

مرحله اول = خرید و تهیه وسایل مورد نیاز

شیشه FTO را در سایز ۱.۷ و ۱.۲ برش می‌دهیم طبق مراحل زیر آن را شستشو می‌دهیم:

مرحله دوم = ساخت نانوسیم های اکسید تیتانیوم و پوشش دهی روی شیشه های رسانای FTO به روش هیدروترمال.

۱. تهیه محلول نانو سیم های اکسید تیتانیوم توسط همزن مغناطیسی

۲. قرار دهی اتوکلاو حاوی شیشه FTO و محلول سفید در آون تحت دمای ۸۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۸ ساعت و شیشه پوشش داده شد.

۲. قرار دادن شیشه FTO به مدت ۱۵ دقیقه در مخلوط اسیدکلریدریک (HCl) و اتانول

۳. قرار دادن شیشه FTO در استون به مدت ۱۵ دقیقه

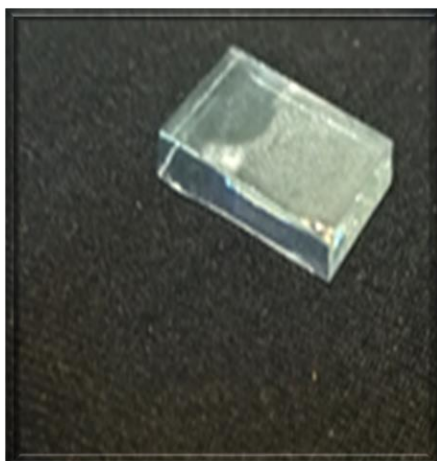
۴. قرار دادن شیشه FTO در اتانول به مدت ۱۵ دقیقه



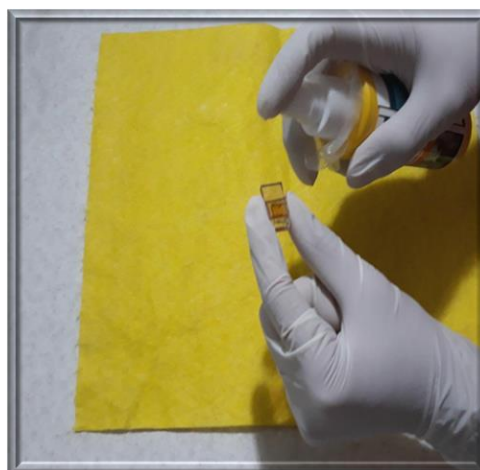
مرحله چهارم: اسپری کردن محلول آب گریز با افزایش بهره وری و خاصیت خودتمیزشوندگی



مرحله سوم = ساخت سلول خورشیدی مدل دای با الکتروود آند تهیه شده



مشخصه‌های سلول خورشیدی متشکل از یک لایه‌ی شفاف به ضخامت ۶ میکرومتر (سلول ۱)، سلول خورشیدی متشکل از یک لایه شفاف به ضخامت ۶ میکرومتر و یک لایه پراکننده



یافته های پژوهش

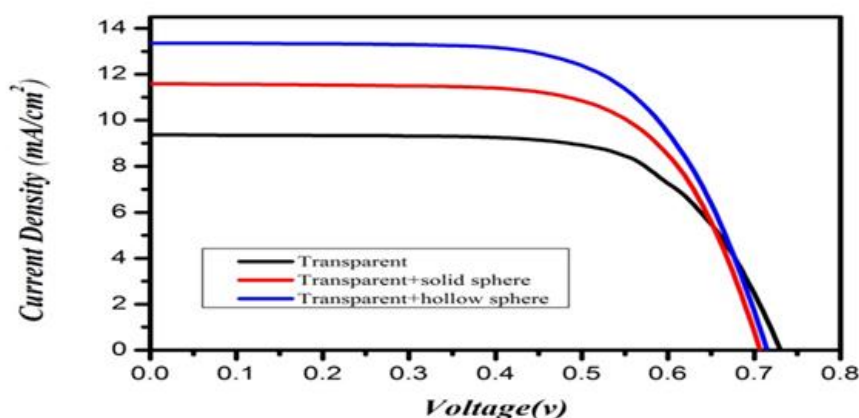
بررسی نمودار جریان- ولتاژ سلول خورشیدی رنگدانه‌ای ساخته شده از فیلم کره‌های توپر و توخالی TiO_2

با لایه پراکنده کره‌های توپر و توخالی به ترتیب به ۵/۵۴ و ۶/۲۹ افزایش یافته است. در واقع می‌توان نتیجه گرفت با به-کارگیری لایه پراکنده کره‌های توپر و توخالی بازده سلول به ترتیب ۱۶ و ۲۶ درصد نسبت به سلول بدون لایه پراکنده افزایش یافته است. به عنوان مقایسه‌ای میان ساختارهای توخالی و توپر، می‌توان مشاهده نمود بازده سلول ساخته شده از کره‌های توخالی ۱۰ درصد بیشتر از سلول ساخته شده با کره‌های توپر در شرایط یکسان می‌باشد.

کره‌های توپر TiO_2 ۱۰ میکرومتر (سلول ۲) و سلول خورشیدی متشکل از یک لایه شفاف به ضخامت ۶ میکرومتر و یک لایه پراکنده کره‌های توخالی TiO_2 ۱۰ میکرومتر (سلول ۳) را نشان می‌دهد. همانگونه که انتظار می‌رود با به‌کارگیری لایه پراکنده چگالی جریان و به تبع آن بازده سلول‌ها به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. سلول خورشیدی ۱ که در آن لایه پراکنده‌ای به کار نرفته است دارای بازده ۴/۶۵ می‌باشد. در صورتی که با به‌کارگیری لایه پراکنده بازده سلول ساخته شده

سلول	$J_{sc}(\text{mA cm}^{-2})$	$V_{oc}(\text{V})$	$\eta(\%)$	FF
۱	۹/۳۷	۰/۷۳	۴/۶۵	۰/۶۸
۲	۱/۵۹	۰/۷۱	۵/۵۴	۰/۶۸
۳	۱۳/۳۶	۰/۷۱	۶/۲۹	۰/۶۶

مشخصه‌های سلول خورشیدی رنگدانه‌ای برای سلول ۱ و ۲ و ۳



نمودار J-V برای سلول خورشیدی ۱ (Transparent) و ۲ (Transparent+ Solid sphere) و ۳ (Transparent+ Hollow sphere)

نتیجه گیری

در این تحقیق جهت افزایش بازده سلول خورشیدی رنگدانه‌ای، استفاده از لایه پراکننده نور لایه نشانی شده بر روی لایه‌ی شفاف، مورد بررسی قرار گرفته شده است. استفاده از لایه پراکننده نور به جای افزایش ضخامت لایه‌ی شفاف که باعث افزایش بازترکیب خواهد شد، مانع عبور نور از سلول می‌شود. این مهم با پراکندگی نور به طور موثر، افزایش مسیر نوری و به تبع آن افزایش احتمال جذب رخ می‌دهد. طبق تئوری Mie این پراکندگی موثر زمانی رخ می‌دهد که ابعاد ذره پراکننده از ابعاد طول موج نور مرئی باشد. بدین منظور کره‌های توپر و توخالی TiO_2 با اندازه‌ی ۴۷۰ نانومتر در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته اند.

با به کارگیری لایه پراکننده کره‌های توپر و توخالی TiO_2 به افزایش بازده سلول، به ترتیب ۱۶ و ۲۶ درصد دریافتیم که یافته-ای ارزشمند است. استفاده از کره‌های توخالی TiO_2 به دلیل اختلاف بیشتر ضریب شکست TiO_2 و هوا نسبت به TiO_2 و SiO_2 در ساختار کره‌های توپر، نور را به طور موثرتری پراکنده کرده، چگالی جریان و در نهایت بازده سلول خورشیدی افزایش می‌یابد که این پراکندگی موثرتر لایه کره‌های توخالی نسبت به کره‌های توپر در سلول را با افزایش ۱۰ درصدی بازده سلول مشاهده نموده‌ایم.

به علاوه در این تحقیق به دلیل استفاده از روش حذف شیمیایی به منظور حذف هسته‌های SiO_2 ، کره‌های کاملاً مونودیسپرس TiO_2 با سطحی هموار، بدون شکستگی و حفره به دست آمده-اند.

پیشنهادهات

همچنین به دلیل مناسب بودن ساختارها می توان آن ها را شبیه سازی و با الگوهای تجربی مقایسه نمود. همچنین می توان از این شبیه سازی ها جهت بهینه نمودن ساختارها یاری جست.

به عنوان پیشنهادی در ادامه تحقیق می توان هسته و پوسته را در هر دو ساختار مورد بررسی قرار داد و بهترین ابعاد هسته و ضخامت پوسته ها را بدست آورد و سلول های ساخته شده از این ساختارهای بهینه را مقایسه نمود. همچنین به دلیل مناسب

۱- حسین سالار آملی ، مهسا امیری ، مهران جوان بخت ، الهام ملکی.ساخت سلول خورشیدی نقاط کوانتومی Cds افزایش

راندمان آن با استفاده از یون منگنز. مجله نانو مقیاس.سال اول. شماره ۲. تابستان ۱۳۹۳.

۲-J. Perlin, “Silicon solar cell turns ۵۰,” ۲۰۰۴

۳- M. Law, L. E. Greene, J. C. Johnson, R. Saykally, and P. Yang, “Nanowire dye-sensitized solar cells,” *Nature materials*, vol. ۴, no. ۶, pp. ۴۵۵–۹, Jun. ۲۰۰۵.

۴- حسین کریمی ، روح الله حسینی ، حسن کاتوزیان.بررسی تجربی افزودن ترمو الکتریک به سلول خورشیدی.بیست و سومین همایش بین المللی مهندسی مکانیک ایران.دانشگاه صنعتی امیر کبیر. تهران.اردیبهشت ۱۳۹۴.

۵-تاریخچه پیدایش و پیشرفت سلول های خورشیدی مرکز تحقیقات نانو پترونیکس.دانشگاه علم و صنعت ایران

عنوان پژوهش:

**ساخت دستگاه پرتابل نگه دارنده مواد غذایی و ازبین برنده باکتری ها و ویروس ها با
استفاده از نانوتکنولوژی**

نام پژوهشگر:

زهرا قره حسنلو

و ریحانه علی قارداشی

پایه یازدهم مدرسه شهید بهشتی کرج

چکیده:

یکی از مواد غذایی مورد استفاده در جهان که بسیار مهم است و در کشور ایران نیز جزو مواد اصلی مورد استفاده ی ماست و در هرم غذایی مهم ترین نقش را دارد نان است. اما متأسفانه نان مصرفی بسیار سریع بیات میشود و یا کپک میزند که در این صورت تنها راه دور ریختن آن است و حتی نمی توان آن را برای تغذیه ی حیوانات و ... استفاده کرد چون در آن سمی بسیار خطرناک به نام مایکوتوکسین بوجود می آید که میتواند باعث بیماری یا حتی مرگ شود. به همین دلیل سالانه مقدار زیادی نان در سراسر جهان دور ریخته می شود و هدر می رود. همچنین شیوع بیماری کرونا و نیاز به ضد عفونی کردن یا گرم کردن مواد غذایی همچون نان، باعث شد که به فکر ساخت یک دستگاه نگهدارنده و ضد عفونی کننده مواد غذایی افتاده که بتوان با استفاده از آن از کپک زدگی و بیات شدن نان جلوگیری کرد یا سرعت آن را کاهش داد و همچنین باکتری ها و ویروس ها را از بین برد. در این طرح، ساخت دستگاه نگهدارنده نان و مواد غذایی به صورت پرتابل با قابلیت تنظیم دما و رطوبت محیط و همچنین ضد عفونی کننده و ممانعت از رشد باکتری ها و میکروب ها با استفاده از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و لامپ UV که از بین برنده ویروس کرونا روی سطح مواد غذایی و نان و میوه ها باشد انجام شد.

واژگان کلیدی: نان، بیات نان، کپک نان، نگهدارنده نان، نان نگهدارنده

تبدیل نشاسته از فرم ۱ به فرم ۲ در مغز نان علت بیات شدن نان است که در دمای کمتر از منفی بیست درجه و بالای پنجاه درجه اتفاق نمیافتد و در این محدوده دمای نشاسته به شکل ثابت ۱۱ است. فرم ۱ نشاسته دارای قدرت جذب و نگهداری رطوبت است اما در فرم ۲ نشاسته سریعاً رطوبت خود را از دست می‌دهد. این توضیح مختصری درباره بیات شدن نان است و اما کپک نان از خطرناک‌ترین نوع کپک‌هاست چون ماده‌ای سمی تولید میکند و به سرعت در بافت نان نفوذ می‌کند و اگر لایه‌های نان روی هم چیده شود بخش بالایی و پایینی خود را نیز الوده می‌کند. وقتی نان کپک‌بزنند راهی جز دور ریختن نان نیست [۳].

حال امروزه از نگهدارنده‌هایی همچون پروپیونات کلسیم و ... برای عمر بیشتر نان در کشور استفاده می‌شود اما متأسفانه این نگهدارنده‌هایی که مورد استفاده قرار می‌گیرند مدت زمان کوتاهی نان را برای ما قابل استفاده نگه می‌دارند و اما بعد از آن مدت کوتاه نان یا کپک می‌زند یا تردی خود را از دست می‌دهد [۴]. همچنین در بیشتر نانوائی‌ها در سراسر کشور از این نگهدارنده‌ها استفاده نمی‌شود و نگه‌دارنده‌ها تنها در نان‌های صنعتی بکار می‌روند که در کشور ما بدلیل وجود نان‌های سنتی زیاد مورد توجه نیست در نتیجه ما برای تهیه‌ی یک دستگاه و موادی برای استفاده در نان از علم جدید نانو استفاده کردیم و دستگاهی را برای نگهداری نان در برابر عوامل مخرب ساختیم.

پیشینه تحقیق

غلات و عملتا گندم که در اشکال مختلف غذای پایه‌ی مردم کشور محسوب می‌گردد از اهمیت بیشتر برخوردار

نان به محصولاتی گفته می‌شود که از پختن خمیر تخمیر یافته‌ی ارد گندم جو و ... به دست می‌آید که فرایند تخمیر در آن به وسیله مخمر صورت گرفته شده است. تعریف نان در سراسر دنیا یک غذای اصلی محسوب می‌شود و طبق تعریف نان به آن دسته از خمیر نمودن ماده اصلی ارد و مایه خمیر و ترکیب آن‌ها با آب یا سرخ کردن خمیری که متشکل از ارد و آب است تهیه می‌شود. نان همواره در نزد ایرانیان از جایگاه خاصی برخوردار بوده و قوت اصلی مردم کشورمان را تشکیل می‌دهد و بخش قابل توجهی از پروتئین و انرژی مورد نیاز بدن و همچنین انواع ویتامین‌های گروه ب و آهن و فیبر غذایی از آن تامین می‌گردد. سرانه مصرف نان در کشور ۳۲۰ گرم در روز برآورد شده است. بی‌شک تهیه و تولید و عرضه نان سالم و بهداشتی در حفظ سلامت جامعه موثر خواهد بود [۱].

نان به دلیل تامین بخش قابل توجه‌ای از انرژی مورد نیاز روزانه در جهان از اهمیت و جایگاه خاصی برخوردار است اما ضایعات و دور ریز بالای نان نیز معضل بزرگی در کشور به شمار می‌آید که بار سنگینی را بر اقتصاد بخصوص کشور ما بدلالی تحمیل می‌کند. حال این ترکیب که از مهم‌ترین مهره‌های غذایی و مهم‌ترین بخش هرم غذایی در کل جهان به حساب می‌آید به سرعت بیات می‌شود و یا کپک می‌زند و دور ریخته می‌شود و این نعمت خدا که از ارزش و اهمیت زیادی برخوردار است هدر می‌رود. از دست دادن آبی که در درون خود نان وجود دارد به عبارت دیگر از دست دادن رطوبت خود نان دلیل بیات شدن آن است [۲۱].

می باشد و نان به عنوان اصلی ترین غذای مصرفی دارای اولویت قابل ملاحظه ای است. تاریخچه ی نان که به طور تصادفی به وقوع پیوست به حدود ۴ تا ۵ هزار سال پیش بر می گردد به این صورت که خمیر شل و روانی روی قطعه ای سنگی در معرض افتاب و هوا قرار گرفت و خشک شد. می توان گفت تاریخچه ی نان به طور تقریبی به اواخر عصر حجر بر گری گردد. از آن زمان بود که برای اولین بار دانه غلات را با آب مخلوط کرده و سپس خمیر بدست آمده را می پختند. در دوران یونان باستان تهیه نان یکی از مهم ترین قسمت های آشپزی محسوب می شد که البته چون در مراسم مذهبی استفاده می گردید از اهمیت مذهبی هم برخوردار بود. اولین کوره بسته برای پخت غذا ها از جمله نان را همه احتمال زیاد یونانی ها ساختند. در تاریخ اروپا حداقل از قرن ۱۰۰۰ قبل از میلاد مسیح نان به عنوان غذای اصلی به چشم می خورد. از سال ۱۹۱۲ بود که نان های ورقه شده تهیه شد. ابتدا هیچ کس از این نان ها استقبال نمی کرد چون تصور افراد این افراد این بود که نان ورقه شده زود بیات می شود. اما از سال ۱۹۲۸ میلادی نان ها را برش زده و سپس بسته بندی می نمودند. از آن زمان این ابتکار مورد استقبال مردم قرار گرفت. نان های مسطح فوق العاده ابتدایی هستند. بشر وقتی خواست نان تهیه کند به روش مسطح آن را تولید کرد [۴].

سالیان سال مردم ثروتمند از نان های سفید و مردم فقیر از نان های تیره استفاده می کردند. در قدیم نان سفید نانی مرغوب محسوب می شد و چون گران تر بود تنها ثروتمندان قادر به خرید آن ها بودند اما از قرن بیستم این تصور غرض شد و از لحاظ علمی ثابت شد که نان های تیره حاوی مواد

مغزی هستند و ارزش غذایی بیشتری دارند اما در عین حال نان های سفید هنوز بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. ارزش غذایی نانی که در قدیم در ایران پخت می شد با بهترین نان های کنونی اروپا رقابت می کند. چون آن زمان از ارد سبوس دار و ترش برای تهیه خمیر استفاده می شد ولی مایه خمیر که امروزه از آن استفاده میشود از نظر بهداشتی بسیار مشکل ساز است.

نان

نان یکی از قدیمی ترین و مهم ترین غذاهایی است که بشر آن را تهیه نموده است و نان در سراسر دنیا یک غذای اصلی محسوب می شود و به آن دسته از غذا ها مطعلق است که از خمیر نمذدن ارد و مایه خمیر با آب یا سرخ کردن خمیری که متشکل از ارد و آب است تهیه می شود. نان به عنوان کالایی اساسی و ضروری دارای اهمیت ویژه ای در سبد مصرفی خانوار ها بوده و غذای اصلی و پایه بسیاری بسیاری از مردم در کشور های جهان را تشکیل می دهد. روزانه قسمت اعظم انرژی پروتئین املاح معدنی و ویتامین های گروه ب مورد نیاز بدن را تامین مینماید. در ایران ۶۰ تا ۶۵ درصد پروتئین و کالری و حدود ۲ یا ۳ گرم املاح معدنی و قسمت عمده از نمک طعام مورد نیاز روزانه افراد از خوردن نان تامین می شود. بطوریکه با مصرف متوسط رزانه ۳۰۰ گرم نان حدود ۵۰ درصد پروتئین ۶۰ درصد تیامین و نیاسین حدود ۴۰ درصد کلسیم و حدود ۸۰ درصد آهن مورد نیاز بدن یک فرد بزرگسال تامین می گردد [۵].

نان یکی از غلات بسیار مفید است. جویدن آن جهت رفع کندی دندان موثر است. نان گندم جو که بدون روغن پخته

شده باشد هضمی سریع دارد. نان خشک تکه تکه شده جهت بهبودی زخم معده نیز مفید است. این ها تنها تعدادی از فواید نان بود.

این نان مصرفی ما که بسیار مهم است و نقش مهمی در سفره ی غذایی ما دارد همه ساله هدر میرود و مقدار زیادی ضایعات به دنبال خواهد داشت که هم ضربه ی اقتصادی دارد و هم دور ریختن این همه نان نوعی اسراف است. ایجاد ضایعات نان دلایل متعددی از جمله: عدم نگهداری مناسب ارد. بیایاتی سریع. عدم آگاهی مصرف کنندگان به نگهداری از نان. کپک زدن نان و.... دارد. در این بین دو دلیل که بسیار مهم است و در شرایطش راهی جز دور ریختن نان نیست بیات شدن نان و کپک زدن آن است [۵].

بیات نان

هنگامی که نان را نگه دارند بیات می شود و پوسته ی روی آن نرم و چرم مانند میشود و طعم خوشایند خود را از دست میدهد. در همین هنگام درون نان نیز طعم و مزه ی خود را از دست می دهد و همراه با بیات شدن نان خمیر آن دیگر قابلیت ارتجاع نخواهد داشت. بیات شدن نان در قسمت پوسته بیشتر بع خاطر از دست دادن آب و رطوبت آن است اما در نانی که هم در پاکتی قرار دارد سریع تر انجام می شود با این که رطوبت نان آزاد نمیگردد. بیات شدن نان در قسمت خمیری نان به خاطر از دست دادن رطوبت نیست بلکه به خاطر رو به برگشت و انحطاط گذاردن امیلوپکتین در نشاسته ژلاتینه شده می باشد که بیشتر حجم نان را می سازد. این امر با مانده شدن نان افزایش می یابد و مولکول های امیلوپکتین منظم تر چیده میشود و در نان تازه مولکول

های امیلوپکتین و زنجیره های واحد های گلوکز که از آن ساخته شده اند به طور درهم کامل گرانول های نیمه ورم کرده نشاسته چیده شده اند. در نان بیات بسیاری از مولکول های امیلوپکتین به صورت خوشه ای چیده شده و زنجیره های واحد گلوکز به موازات یکدیگر چیده می شوند و به نظر می رسد که آن ها را شانه زده و در کنار هم جاده داده اند. وجود یا عدم وجود نظم در نان تازه و بیات به ترتیب توسط مطالعات با اشعه تایید گردیده است [۵ و ۴].

طی عمل بیات شدن نان در تغییر از نیمه ژلاتینه شدن نشاسته تا کم و بیش کریستالیزه شدن آب آزاد می شود و توسط پوسته جذب می گردد به همین علت نیز تردی خود را از دست می دهد و مانند چرم می گردد. اگر نان را بدون پوشش بگذارند پوسته ی آن دوباره سفت می شود زیرا رطوبت خود را به محیط پس می دهد اما پوسته ای مانند پوسته نان تازه نخواهد گردید.

در طی بیایاتی نان تغییراتی در ویژگی های فیزیکی آن رخ می دهد از جمله:

— تغییر در مزه بو و به عبارت دیگر کاهش کلی طعم و توسعه مزه خشکی (بیاتی)

— افزایش سطحی

— افزایش خاصیت خرد شدگی

— افزایش تیرگی و کدری نان

— افزایش متبلور شدن نشاسته

— کاهش ظرفیت جذب آب مغز نان

__کاهش مقدار نشاسته محلول

تازه تفاوتی چندان نخواهد داشت و یا می توان نان را برای مدت کوتاه در دمای بالای ۵۵ درجه نگهداری نمود که در این حالت نیز از بیات شدن آن جلوگیری خواهد شد [۵].

__کاهش تاثیرپذیری نشاسته در برابر امیلاز

__تغییر در ویژگی دمایی (گرمایی) [۵].

ج) استفاده کردن ترکیبات شیمیایی

با اضافه کردن پاره ای از ترکیبات شیمیایی به فرمول نان می توان از بیات شدن آن جلوگیری نموده و یا آن را به تاخیر انداخت. برای نمونه می توان از گلو تن ارد سویا شیر اب پنیر امیلوز پروتین و نشاسته هیدرولیز شده که به ظرفیت نگهداری اب در خمیر کمک میکند و از بیات شدن جلوگیری می نماید و پلی اکسی اتیلن مونو استعارات که از اسید استاریک و اکسید اتیلن تحت فشار بدست می آید مانع تغییرات نشاسته و بهم پیوستن ذرات ژلاتین شده آن می گردد در نتیجه موجب تاخیر در بیاتی نان می شود استفاده نمود. انزیم های الفا امیلاز سنتز شده توسط باکتری ها هم دارای چنین اثری هستند و بلاخره اضافه کردن مقدار کمی صمغ های گیاهی یا حیوانی مانند موم زنبور عسل میتواند بیات شدن نان را به تاخیر اندازد.

د) بسته بندی نان

چنانچه نان پس از تولید در زمان مناسب و در بسته مناسب بسته بندی شود بیات شدن آن احتمالاً به علت فشار بخار اب ایجاد شده در داخل بسته به تاخیر می افتد در این مورد نوع بسته و شرایط بسته بندی در نتیجه عمل دخالت دارند مواد بسته بندی از جنس الومینیوم و پلیاتیلن بیشترین اثر مثبت را در این مورد دارند.

کپک زدن نان

راه های جلوگیری از بیات شدن نان

برای این منظور از راه های مختلفی می توان استفاده نمود که مهم ترین آن ها عبارتند از:

الف) رعایت اصول تولید نان

به تجربه ثابت شده است که اگر در تولید نان نکات علمی به خوبی رعایت شوند ناندیر تر بیات می شود اگر نان از خمیری تهیه شود که قوام انکتر یا بیشتر از حد لازم باشد نان سریع تر بیات می شود اگر خمیر به خوبی و تا حد لازم مخلوط نشده باشد تخمیر آن بیشتر یا کتر از حد لازم باشد نان حاصل از آن سریع تر یات می شود. میزان رطوبت نان پس از خروج از تنور در این امر دخالت زیادی دارد و هر چه رطوبت کمتر باشد بیات شدن کمتر و دیر تر اتفاق می افتد و در نان های خشک بیات شدن متنفی است.

ب) نگهداری نان در دمای معین (کمتر از ۲۰ درجه سانتیگراد و یا بالاتر از ۵۵ درجه سانتیگراد)

به طوری که گفته شد بیات شدن نان در دمای بالای ۵۵ درجه و پایین ۲۰ درجه صورت نمی گیرد بنابر این می توان آن را بلافاصله پس از تولید منجمد و نگهداری نمود که در این صورت کمی پس از خارج شدن نان از حالت انجماد نان سالم و تازه به نظر می رسد کیفیت خوراکی آن با نان

کپک نوعی قارچ است که در محیط اطراف ما وجود دارد. روی میوه ها . در بین سفره ی غذا . در هوای آزاد و.... کپک با نشستن روی نان از مواد غذایی نان مثل نشاسته قند و املاح استفاده کرده و شروع به رشد و تکثیر می نماید. کپک ها انواع مختلفی دارند و وقتی شروع به رشد می کنند رنگ های مختلفی مثل سبز و یا خاکستری روی نان تولید می کنند. کپک های نان ریشه دار هستند و در مغز نان شروع به رشد می کنند و بسیار خطرناک هستند. لذا اگر نان ها روی هم چیده شده باشند و یکی از آن ها کپک بزند باید تمام نان ها دور ریخته شوند. چرا که الودگی به تمام قسمت های دیگر هم نفوذ کرده است.

نان کپک زده قاتل خاموش است مصرف نان های کپک زده عامل بروز سرطان در انسان است. مصرف نان های کپک زده باعث تولید مواد سرطان زا در بدن می شوند. حتی مصرف این نان ها برای دام نیز اشتباه است. مواد بجا مانده از نان کپک زده در بدن دام سموم خطرناکی را تولید می کند که شیر دام را الوده می سازد. لذا توصیه می شود نان کپک زده را در هر شرایطی دور ریخته و از مصرف آن برای دام و انسان جدا خودداری نمایید. کپک ها سیستم ایمنی بدن را تضعیف و تخریب می نمایند و مقاومت ما در برابر بیماری ها کم می نماید [۵ و ۳].

سه عامل عمده باعث رشد کپک بر نان می شود:

— گرمای به جا مانده در نان

— رطوبت به جا مانده در نان

— هوا

— غذای موجود در نان (قند و چربی)

راه های جلوگیری از کپک زدگی نان

الف) خشک کردن نان

منظور از خشک کردن آن نیست که ما نان را در افتاب بگذاریم تا خشک شود. منظور این است که درجه حرارت تنور را آن قدر کم کنیم که همه رطوبت نان گرفته شود. مثلاً اگر نانی به طور متوسط ظرف ۱ یا ۲ دقیقه پخته می شود باید این زمان به ۵ تا ۱۰ دقیقه برسد. نان کاملاً خشک شده و بتوان برای چند ماه آن را نگهداری کنیم. ایراد نان های خشک شده این است که هنگام مصرف باید آن ها را آب بزنیم تا نرم شود با غذا های ابکی مصرف کنیم که دیگر خانواده های ما کمتر از گذشته از این غذا ها میل می کنند [۵].

ب) انجماد نان

اگر شما می خواهید نان های تان کپک نزنند حتماً بایستی آن ها را داخل فریزر بگذارید. سرمای زیاد مانع نفوذ قارچ ها و کپک ها به بافت نان شده و لذا ماندگاری نان بالا می رود.

ج) استفاده از افزودنی ها در نان

همه نان هایی که ما میخوریم افزودنی دارند. مثلاً نمک. کنجد. شبلبله. گلو تن و مخمر هر یک افزودنی هستند که برای زیبا سازی، غنی سازی، پوک سازی و لذیذ سازی نان استفاده می شود. ولی یک سری افزودنی هست که به نام مواد نگه دارنده معروف است و ماندگاری نان را افزایش می دهد مثل اسید سیتریک و اسید پروپیونیک. تمامی نان های

صنعتی بر خلاف نان های سنتی مواد نگهدارنده دارند ولی هیچ نان سنتی مواد نگه دارنده ندارد [۵].

(د) نگهداری از نان

—چیدن نان های داغ بر روی هم کپک زدگی را تسریع فسادزدگی را تسهیل و ضایعات نان را تشدید می کند.

—قبل از سرد شدن کامل نان ها ان ها را نباید دسته کرد.

—حرارت نان باعث کپک زدگی زودرس ان می گردد.

—قرار دادن نان در یخچال بیا شدن نان را تسریع می نماید.

—نان سرد شده را باید در سفره نگهداری نمود.

—خرید نان به اندازه ی نیاز روزلنه تا مجبور به دور ریز نان نشوید.

—اگر تصمیم به نگهداری طولانی نان دارید باید ان را در پلاستیک قرار دهید و فریز کنید.

یک نان خوب برای خرید

—یک نان خوب ظاهری مناسب داشته کاملاً پخته و برشته شده بود و سطح ان سوخته نیست

—یک نان خوب دارای طعم دارای طعم و مزه خوشایند و بوی مطبوع ناشی از خمیر تخمیر شده استو طعم و مزه ی فلزی ناشی از مصرف جوش شیرین ندارد.

—یک نان خوب باید یافتی مناسب نرم و یکنواخت ناشی از خمیر عمل اوری شده با خمیر مایه داشته باشد و قابلیت برش پذیری ان مطلوب باشد.

اهداف طرح

هدف اصلی: ساخت دستگاه نگهدارنده نان و مواد غذایی به صورت پرتابل و همچنین ضد عفونی کننده و ممانعت از رشد باکتری ها و میکروب ها با استفاده از نانو تکنولوژی، لامپ UV

هدف فرعی: از بین برنده ویروس کرونا روی سطح مواد غذایی و نان و میوه ها

روش انجام پژوهش

مواد و لوازم مصرفی: نانوذرات دی اکسید تیتانیوم خریداری شده از نانوپیشگامان، اتانول ۹۶٪، دستگاه التراسونیک، ترازو، بشر، پردازنده آردوینو، سنسور DHT۲۲، سنسور LDR، لامپ UV، نمایشگر LCD، فن، آداپتور، جانونی و لوازم مصرفی

روش ساخت:

در این دستگاه از یک برد آردوینو به منظور پردازش اطلاعات از یک دستگاه شیلد LCD برای نمایش اطلاعات دستگاه و دریافت اطلاعات ورودی از کاربر استفاده شده است. از یک سنسور DHT۱۱ برای تشخیص میزان رطوبت هوا و دما استفاده شد. از یک عدد سنسور LDR (مقاومت الکتریکی حساس به نور) جهت تشخیص میزان نور محیط استفاده شده است. از یک عدد فن جهت تصویر و گردش هوا و خارج کردن رطوبت از درون دستگاه استفاده شده است LED (فرابنفش) برای استریل کردن و ضد عفونی کردن سیستم و جلوگیری از رشد قارچ و باکتری و ویروس و

....استفاده شده است.

از پوشش نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم به همراه نقره درون سطح داخلی جانونی برای جلوگیری از رشد باکتری و کپک استفاده شده است که برای این کار ۰.۵ گرم از نانوذرات دی اکسید تیتانیوم درون ۵۰ میلی لیتر حلال اتانول ریخته شدند و به خوبی همزده شدند و توسط دستگاه التراسونیک به مدت ۳۰ دقیقه دیسپرز شدن تا ذرات دی اکسید تیتانیوم از حالت کلوخه ای و آگلومره خارج شود و سپس سطح داخلی جانوی اسپری شدند و زمان داده شد در دمای محیط تا به خوبی پوشش خشک شود. همچنین جهت تامین انرژی از یک عدد ادپتور استفاده شده است.

نقش پردازنده:

پردازنده اصلی این پروژه یک برد اردوینو از نوع UNO میباشد که وظیفه پردازش اطلاعات و اتصال اجزای مختلف به یکدیگر را به عهده دارد.

نقش سنسورها:

در این پروژه از سنسور اندازه گیری رطوبت و دما، از نوع DHT۲۲ استفاده شده است. و از سنسور LDR (مقاومت الکتریکی حساس به نور) جهت تشخیص میزان نور محیط استفاده شده است.

لامپ UV:

یکی از اصلی ترین اجزای این دستگاه نیز اشعه UV میباشد که این اشعه را بر سطح نان و همچنین دیگر مواد میتبلاند، همچنین جهت جلوگیری از داغ کردن این لامپ ها و در نتیجه کاهش طول عمر آنها، برای هر کدام از سنسور ها

از یک تکه فلزی به نام هیت سینک که در پشت هر کدام چسبیده شده استفاده شد.

قطعات ارتباطی:

جهت نمایش اطلاعات و همچنین وضعیت دستگاه، از یک نمایشگر از نوع LCD کاراکتری و در ابعاد ۱۶ در ۲ استفاده شده است.

دیگر قطعات:

برای خنک کردن محیط داخلی دستگاه، یک عدد فن بر روی دیواره دستگاه قرار گرفته است. همچنین منبع تغذیه این دستگاه یک عدد ادپتور با سطح ولتاژ ۱۲ ولت و جریان دهی ۲ آمپر میباشد. همچنین یک کلید فشاری جهت تشخیص باز یا بسته بودن درب جانونی نیز قرار داده شده است.



شکل ۱: تصویری از قطعات استفاده شده



شکل ۲: تصاویر مربوط به مراحل ساخت

بحث و نتایج :

بسته بندی مناسب یکی از راههای صحیح نگهداری نان می باشد که ضمن حفظ بهداشت نان و جلوگیری از خشک شدن نان موجب تازگی و افزایش زمان ماندگاری آن نیز می گردد. بدین منظور بهتر است برای بسته بندی نان از کیسه های پلاستیکی مخصوص که دارای منافذ ریز می باشد استفاده شود تا از تجمع رطوبت در کیسه جلوگیری شود. نگهداری نان به دو صورت امکان پذیر است: با کاهش درجه حرارت و از طریق انجماد می توان از کاهش کیفیت به مقدار زیادی جلوگیری کرد. مدت نگهداری نان های معمولی در فریزرهای خانگی در حدود ۲ ماه می باشد، و بهتر است قبل از مصرف حداکثر ۱ تا ۲ ساعت آنرا در حرارت محیط قرار داده و سپس مصرف کرد. نان تازه ای که از تنور یا فر بیرون می آید، بافت نرم و عطر و طعم دلچسبی دارد اما بی توجهی به اصول نگهداری اش، مغزش را سفت می کند، به طوری که کمتر کسی حاضر می شود به آن لب بزند و به اصطلاح به آن نان «بیات» می گویند.

عده ای تصور می کنند گذاشتن نان در یخچال، جلوی بیات شدن آن را می گیرد اما این باور غلط است زیرا این کار روند بیات شدن را سریع تر می کند. تنها راه پیشگیری از بیات شدن نان، نگهداشتن آن در فریزر در دمای منفی ۱۰ تا منفی ۴ درجه سانتیگراد است.

چرا UV برای درمان نان ؟

سیستم UV با استفاده از نور فوق العاده بنفش در طول موج با شدت بسیار بالا منجر به غیر فعال کردن تمام آلوده کننده های بیولوژیکی در هوا از جمله اسپور، باکتری و ویروس می شود. این لامپ ها از شیشه ای با کیفیت بالا ساخته شده اند اما برای کاربردهای صنایع غذایی این پوشش ها در یک پوشش ضد انفجار نیز پوشیده شده اند تا اطمینان حاصل شود که احتمال شکست یک لامپ از راه دور وجود نخواهد داشت و هیچ قطعه ای به محصولات وارد نخواهد شد. چراغ های اشعه ماوراء بنفش در استریلی کردن محیط های مختلف بسیار خوب هستند. ممکن است در یخچال خود و یا در ماشین ظرفشویی خود را به عنوان مثال. و یا حتی ضد آب یکی و آن را در درب به ماشین لباسشویی خود قرار دهید.

چرا نانوذرات دی اکسید تیتانیوم؟

TiO₂ در اثر تابش نور می تواند گونه های •OH و •O₂ را تولید نماید. این ترکیبات به غشای خارجی باکتری ها که شامل فسفولیپید، پروتئین و LPS (لیپوفسفوساکارید) می باشد، حمله می کنند و باعث تخریب باکتری می شود. در روش دیگر یون های مس (به عنوان کمک کننده به خاصیت فتوکاتالیستی) در داخل ذرات TiO₂ لایه نشانی می شود و مکانیزم تخریب باکتری و ورود مس به داخل سیتوپلاسم را داریم که عمل تخریب باکتری سریعتر و در تابش نور کمتر انجام می شود [۹۱].

گونه های مسی که بر روی TiO₂ لایه نشانی شده اند مخلوطی از فاز مس و یون های مس (Cu⁺, Cu^{۲+}) گزارش شده اند. موقعی که فیلم TiO₂ /Cu مورد تابش قرار می گیرد یون های مس می توانند به فلز مس کاهش یابند و فلز مس می تواند به

وسیله‌ی حفره و الکترون‌ها مرتباً به یون‌های مس اکسید شود. علاوه بر مس از نقره لایه نشانی شده بر روی TiO_2 نیز برای از بین بردن میکروب‌ها استفاده شده است که نقره اثر ضد میکروبی بهتری را نشان داده است.

امروزه استفاده از آجرهایی که برای کشتن باکتری‌ها به کار می‌روند می‌توانند در بیمارستان‌ها و وسایل مراقبتی برای کاهش شیوع عفونت و بیماری‌های خطرناک که سیستم ایمنی انسان را ضعیف می‌کند، مفید باشد. تعداد باکتری‌های دیواره‌ی اتاق عمل بعد از به کار گیری آجرهای فوتوکاتالیستی به عدد صفر کاهش پیدا کرد و باکتری‌های موجود در هوا نیز به میزان قابل توجهی تقلیل یافته است [۱].

ویژگی‌ها و کاربردهای طرح:

- افزایش مدت زمان ماندگاری نان و جلوگیری از کپک و بیات شدن نان
- جلوگیری از هدر رفت بی‌رویه رنان و کاهش دورریز نان
- قابلیت ضد عفونی کنندگی مواد غذایی و نان و همچنین از بین برنده ویروس کرونا
- قابلیت تنظیم دما و رطوبت مورد نیاز برای هر ماده غذایی بسته به شرایط نگهداری
- قابلیت استفاده پرتابل
- قیمت مناسب
- استفاده از نانوتکنولوژی و خاصیت فوتو کاتالیستی نانوذرات دی اکسید تیتانیوم برای از بین بردن باکتری و آلاینده‌ها

نتیجه گیری نهایی:

ساخت دستگاه نگهدارنده نان و مواد غذایی به صورت پرتابل با قابلیت تنظیم دما و رطوبت محیط و همچنین ضد عفونی کننده و ممانعت از رشد باکتری‌ها و میکروب‌ها با استفاده از نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و لامپ UV که از بین برنده ویروس کرونا روی سطح مواد غذایی و نان و میوه‌ها است که منجر به افزایش مدت زمان ماندگاری نان و کاهش دورریز نان شده و همچنین قابلیت استفاده در هر زمان و مکانی با قیمت مناسب کاربردی دارد. همچنین از آن برای مواد غذایی دیگر همچنین میوه‌ها و ... نیز می‌توان استفاده کرد.

پیشنهادهات:

در ادامه قصد داریم با افزودن سلول های خورشیدی روی درب جانونی، میزان انرژی مورد نیاز دستگاه را با استفاده از انرژی خورشیدی تامین کنیم که قابلیت انتقال به هر مکانی را بدون نیاز به الکتریسته و شارژ داشته باشیم.

تشکر و قدردانی

از تمام کسانی که ما را در پیشبرد این پروژه یاری کرده اند سپاسگزاری می گردد.

مراجع

[۱] J.W. Draper "On a new Imponderable Substance and on a Class of Chemical Rays analogous to the rays of Dark Heat", , The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, ۱۸۴۲, LXXX, pp. ۴۵۳-۴۶۱.

[۲] J.W. Draper "Description of the Tithonometer, The Practical Mechanic and Engineer's Magazine, January ۱۸۴۴, pp. ۱۲۲-۱۲۷.

[۳] کتاب گندزدایی آب با استفاده از اشعه فرابنفش ، نویسنده سامان کرمخانی ، تاریخ انتشار: ۱۹ شهریور ۱۳۹۵.

[۴] برگرفته از کتاب صنایع دستی کهن ایران تألیف هانس ای. وولف، ترجمه دکتر سیروس ابراهیمزاده ابراهیم پورداوود، خرده اوستا.

[۵] Wikipedia.ir

[۶] Nano.ir

بررسی کارایی خواص آبدوستی و آبگریزی در استحصال آب از مه در استان البرز

استاد راهنما:

نرگس آقائی^{۲۷}

پژوهشگران:

سوگند ساکی محمدی ، عسل امیری فر ، نرگس آقائی

نام مدرسه:

پژوهشسرای دانش آموزی ناحیه یک کرج

تابستان ۱۴۰۰



سابقه و هدف: دو سوم جمعیت جهان کمبود آب را تجربه می‌کنند. آب جوی معادل ۱۰ درصد از تمام آب شیرین دریاچه‌های روی زمین است. تخمین زده می‌شود که بخار آب و قطرات موجود در جو، حدود ۱۳۰۰۰ تریلیون لیتر است. این مقدار منبعی طبیعی است که می‌تواند قسمتی از مشکلات آب در جهان را حل کند. استحصال آب از بخار آب موجود در هوا در منطقه نیمه خشک ساحلی شمال غربی هند انجام و منجر به بهبود مشکل آب آشامیدنی در منطقه ساحلی، جایی که آب‌های زیرزمینی کم کیفیت و منابع سطحی کمیاب هستند، شده است. در حالت ایده آل، سیستم‌های برداشت آب از موادی درست می‌شوند که بتوانند آب را با حداقل انرژی مورد نیاز استحصال کند. تا کنون برای استحصال آب از بخار آب از مواد متعددی استفاده شده است. در تحقیقات اخیر به فناوری نانو به منظور استحصال آب از مه اشارات زیادی شده است. هدف از انجام این پژوهش، مقایسه و عملکرد الیاف آبریز و الیاف آبدوست با ایجاد ترکیبی سطح آبدوست نانوذرات کیتوسان در پس زمینه ای از سطح آبریز پلی اتیلن سبک (LDPE) و آلومینیوم، که از برجستگی‌های سطح پستی خمیده سوسک‌های صحرای نامیب الهام گرفته شده است.

مواد و روش‌ها: به منظور امکان‌سنجی استحصال آب از رطوبت هوا به عنوان یک فناوری جدید جهت تأمین بخشی از آب مورد نیاز ساکنان جنوب شرق ایران، ابتدا داده‌های فشار بخار آب، رطوبت نسبی و بارش ایستگاه البرز برای یک دوره آماری یک ساله (۱۳۹۸-۱۳۹۹) از مرکز تحقیقات هواشناسی استان البرز اخذ گردید. جهت محاسبات عملی مقدار آب استحصالی از رطوبت هوا، جمع‌کننده الیاف شیشه (جمع‌کننده آبریز)، الیاف خرما (جمع‌کننده آبدوست) و ترکیب پلی اتیلن و آلومینیوم و نانوذرات کیتوسان (جمع‌کننده ترکیبی آبدوست و آبریز) به ابعاد ۱*۱ مترمربع طراحی و به مرحله اجرا گذاشته شد. مقدار آب استحصالی از این جمع‌کننده به صورت روزانه به مدت یک ماه (اول دی تا پایان دی) بررسی شد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که افزودن نانوذرات آبدوست کیتوسان به پس زمینه پلی اتیلن سبک در مقایسه با جمع‌کننده‌های آبدوست و آبریز میزان استحصال آب را به میزان سه برابر افزایش داده است.

واژه‌های کلیدی: استحصال آب از جو^{۲۸}، خواص آبدوستی، خواص آبریزی، نانوذرات کیتوسان

فصل اول

۳	مقدمه
۵	روش تحقیق
۵	شرح انجام آزمایش
۶	طراحی قاب جمع کننده های آب از رطوبت هوا
۶	نصب جمع کننده های آب از رطوبت هوا
۶	جمع کننده آبگریز
۷	جمع کننده آبدوست
۱۱	جمع کننده ترکیبی
۱۲	محاسبه میزان آب موجود در هوا
۱۳	نتایج استحصال آبدوست
۱۳	نتایج استحصال آبگریز
۱۵	نتایج استحصال ترکیبی
۱۶	منابع
۱۸	پیوست ها

فهرست جداول

عنوان

جدول ۱.....	۱۱
جدول ۲.....	۱۳
جدول ۳.....	۱۳
جدول ۴.....	۱۴
جدول ۵.....	۱۵
جدول ۶.....	۱۶
جدول ۷.....	۱۶

فهرست نمودارها

۱-مقایسه سه جمع کننده در از اول دی تا ۳۰ دی در سال ۱۳۹۹ در استان البرز.....	۱۶
---	----

فهرست شکل ها

شکل ۱.....	۵
شکل ۲.....	۷
شکل ۳.....	۷
شکل ۴.....	۸

مقدمه

آب اساس زندگی روی زمین است، زیرا ۷۱ درصد از سطح زمین را در بر می گیرد. در اقیانوس‌ها، دریاها و رودخانه‌ها نشان داده می شود، علاوه بر این که جزء اصلی در ترکیب اکثر موجودات زنده به حساب می آید، آب به سه شکل، جامد، مایع و گازی نیز وجود دارد. اهمیت آب برای بدن انسان از آنجایی که ۶۰٪ از وزن بدن آن را تشکیل می دهد و برای بسیاری از حیوانات و گیاهان ضروری ترین ماده برای زندگی محسوب می شود (۶). کشور ایران ۱۰۱ درصد از مساحت کل جهان را به خود اختصاص داده است اما فقط ۰/۴۳ درصد از آب‌های موجود در جهان را در اختیار دارد. ایران دارای اقلیم آب و هوایی خشک و نیمه خشک است و میزان بارندگی در آن ۰/۲۵ بارندگی متوسط در جهان و سهم سرانه مصرف هر ایرانی ۰/۲۵ سرانه جهانی است. با توجه به ارقام بالا ایران یکی از فقیرترین کشورها از لحاظ منابع آبی سرانه در جهان می باشد (۸). تولید آب شیرین از رطوبت هوا در دهه‌های اخیر، دانشمندان برای پاسخگویی به نیازهای آبی ناشی از رشد جمعیت همواره در فکر بهبود استفاده از منابع موجود و بهره‌برداری از آن‌ها بوده‌اند. بارش‌های جوی هر ساله میلیون‌ها مترمکعب آب منابع سطحی و زیرزمینی کره زمین را تغذیه می‌کنند اما بهره‌برداری به صورت کامل از این منابع به دلیل پراکندگی زمانی و مکانی نامناسب، ممکن نیست. به‌ندرت به این موضوع توجه می‌شود که در دنیا مخازن طبیعی آب زیادی به شکل بخار آب وجود دارد. در چرخه هیدرولوژیکی تمام بخار آب ناشی از تابش انرژی خورشید، به باران تبدیل نمی‌شود بلکه بخشی از بخار آب به دلیل پایین بودن تراکم به بارش تبدیل نگردیده و به صورت مرئی یا نامرئی

در فضا پراکنده می‌شود. حال مسئله مهم این است که چگونه می‌توان بخار آب موجود در هوا را به آب شیرین تبدیل کرد. در سال‌های اخیر پژوهشگران با استفاده از قوانین ساده فیزیکی موفق به جمع‌آوری مه و رطوبت بالای هوا و تبدیل آن‌ها به آب شیرین شده‌اند. ایده تولید آب از رطوبت موجود در هوا از قرن‌ها پیش، شاید از آغاز زراعت و کشاورزی ذهن بشر را به خود مشغول کرده است. مشاهده گیاهانی که به‌طور طبیعی، رطوبت هوا را به صورت شبنم بر روی برگ‌های خود ظاهر می‌کردند و یا در زمان مه‌های غلیظ، باریکه‌ای از جریان آب بر روی تنه آن‌ها قابل مشاهده بود، امکان تهیه آب از هوای مرطوب را در اذهان قوت می‌بخشد. جمع‌آوری مه توسط گیاهان و انجام آزمایشات علمی و تجربی بر پوشش گیاهی از اواخر قرن هجدهم شروع شده است. از طرف دیگر جمع‌آوری مه‌های وزشی توسط جمع‌کننده‌های مصنوعی ساخت بشر یک زمینه نسبتاً جدید تحقیقات را ایجاد کرده است. استحصال آب از رطوبت هوا به عنوان یک منبع جدید آب که هزینه آن نسبت به سایر روش‌ها، کمتر است و در ظرفیت‌های پایین می‌تواند توجیه اقتصادی نیز داشته باشد، مطرح است. تولید آب از رطوبت هوا در مناطق زیر می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد:

- الف: منابع آبی موجود، همانند آب‌های سطحی، چاه‌ها و حاصل از بارندگی نتواند پاسخگوی نیازهای مردم باشد.
- ب: مکان‌هایی که انتقال خط لوله و تصفیه کردن آب برای مصارف عمومی و کشاورزی، غیرممکن و پرهزینه باشد.
- پ: مناطقی که دارای آب و هوایی گرم و مرطوب است.

استخراج آب از رطوبت هوا می‌تواند با استفاده از روش‌های مختلف مکانیکی، جذبی و متراکم کردن هوای مرطوب انجام شود. در این سیستم‌ها خنک‌کننده‌ها با مصرف انرژی، با استفاده از مواد جاذب و تراکم هوای مرطوب و... می‌توان آب شیرین تولید کرد (۱۷). تکنولوژی ساده و قابل دسترس، استحصال آب با کیفیت خیلی خوب و پایداری منبع آب برای سال‌های متمادی، از عواملی است که باعث شده است این فن‌آوری جدید مورد توجه قرار گیرد. امروزه کمبود و آلودگی آب، زندگی میلیون‌ها نفر از ساکنان زمین، خصوصاً کشورهای فقیر را به شدت با خطر مواجه ساخته است. از نگاه آمار، ۸۰ درصد جمعیت جهان تنها به ۲۰ درصد از ذخایر آب سالم و بهداشتی دسترسی دارند. بیماری‌های ناشی از آب آلوده نیز عامل بسیاری از مرگ درون یخچال‌های طبیعی محبوس شده‌اند. علی‌رغم اینکه نمک‌زدایی آب تازه‌ی به نسبت ارزانی تولید می‌کند اما احتیاج به توزیع گسترده‌ای از زیرساخت‌ها و هزینه‌ی بالای سرمایه‌ی اولیه دارد. یکی از چالش‌های بزرگ برای تولید آب برداشت پراکنده از آب جو است، بطوری‌که صرفاً امکان تولید محلی آب درجایی که آب کم یا آلوده است را فراهم می‌کند. در این زمینه اندیشمندان هر یک از زاویه تخصص علمی خود سعی نموده تا با بررسی این مسئله، شناخت بهتری را از آن ارائه داده و راه حل‌های ارائه شده را ارتقا بخشند (بازارگان، مه یکی از مهمترین منابع تأمین آب میباشد که امروزه آنچنان که باید مورد توجه قرار نگرفته است. اما در دوران باستان استحصال آب مه در بعضی از مناطق تنها منبع تأمین آب بشر بوده است. استحصال آب مه، جمع‌آوری مه و رطوبت هوا میباشد که عمدتاً برای تأمین آب مناطق روستایی واقع در نواحی خشک و نیمه خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۱). استحصال آب از هوا (EWA) تکنولوژی انحصاری براساس استحصال آب از جریان هوا است. مکنون و همکاران در سال ۲۰۱۴، استحصال آب از هوا میتواند به عنوان یک راه حل جایگزین برای تأمین آب، که در آن نه آب شور و نه زیرساخت‌های موجود فراهم است، بکار گرفته میشود. تکنولوژی استحصال آب از هوا ممکن است راه حلی مناسب برای ذخیره آب در مناطق خشک مثل کشورهای جنوبی مدیترانه، و همچنین کشورهایی که از آب آلوده رنج می‌برند از جمله کشورهای گرمسیری و همچنین کشورهای به دور از ساحل که در آن سیستم

و میرها در کشورهای فقیر جهان است. بحران آب مشکلی ناشناخته است که کشتار آن به مراتب از بیماری‌های مسری و تمام جنگلهایی که در سطح جهان جریان دارد، بیشتر خواهد بود. آب از دیرباز در نگاه ایرانیان نیز دارای ارزش و جایگاه والایی بوده است. این موضوع را می‌توان از روی آثار به جای مانده از آن زمان فهمید. با توجه به آنکه بسیاری از نواحی ایران دارای آب و هوایی گرم و خشک می‌باشند، تأمین آب برای کشاورزی و مصارف خانگی همواره برای ایرانیان دغدغه بوده است.

اما این دغدغه هیچ گاه مانند امروز به بحران بدل نگردیده است. با این حال سیاره‌ی ما کمبود آب ندارد، بلکه آب آن یا شور هستند یا لوله کشی طولانی در دسترس نباشد، تکنولوژی استحصال آب از هوا راه حل خوبی برای آب شیرین ارائه میدهد. سانگ و همکاران در سال ۲۰۰۸ استحصال آب از مه برای تأمین آب شهر باندآچه در کشور اندونزی را مطالعه کردند. آنها دریافتند که با ارائه آموزشهای مناسب میتوان منابع آب ایمن تری برای استفاده فراهم آورد که به هزینه کمتری نیاز دارد.

اندروز و همکاران در سال ۲۰۱۱ دریافتند که استفاده از طرح‌های مش زیستی به عنوان جمع‌کننده، در افزایش کارایی مه موثر می‌باشد. این طراحی از برگ آبگریزی *Cotula* گیاهی پرزدار بومی جنوب آفریقا، برگرفته شده است. و همچنین نورگارد و همکارانش در سال ۲۰۱۲ پنج گونه سوسک به‌عنوان جاذب شبنم و مه شناسایی کرده‌اند. در این میان، چهار گونه به نام‌های *Physosterna*، *Stenocara*، *Onymacris unguicularis*، *Cribripes* و *Onymacris bicolor* به‌عنوان جاذب‌های مستقیم رطوبت هوا و یک گونه به نام *Onymacris laeviceps* به‌عنوان جاذب غیرمستقیم رطوبت هوا معرفی شدند. جمری و همکاران در سال ۲۰۱۴ رفتار به دام انداختن مه و بازدهی جمع‌آوری آب به‌وسیله‌ی سوسک سیاه صحرای نامیبیا را مورد بررسی قرار دادند. در

ادامه دیگر محققین نظیر پارکر و کیم در سال ۲۰۱۹ رفتار چهار جنس مختلف (نمونه‌های زنده) سوسک‌های نامیبیایی شامل *Onymacris unguicularis*, *Physosterna Cribripes*, *Stenocara gracilipes* و *Onymacris laeviceps* از طریق مشاهده مورد بررسی قرار گرفت. از میان سوسک‌های زنده، فقط سوسک *Onymacris unguicularis* رفتار کلاسیک به دام انداختن مه را در هنگام ایجاد مه نشان داد. هم‌چنین بال سوسک‌های مرده از نظر بازدهی جذب آب و از طریق روش‌های حجم‌سنجی با استفاده از لوله‌ی اپندروف و جمع‌آوری آب حاصل از جذب مه مورد آزمایش قرار گرفت. در این بررسی، تفاوت معنی‌داری میان مقدار آب جذب‌شده به‌وسیله‌ی بال‌های این چهار گونه سوسک مشاهده نشد؛ هرچند که هریک از این گونه‌ها ساختار و نواحی سطحی متفاوت و خاصی دارند. با یکسان‌سازی اندازه‌ی سوسک‌های مختلف نسبت به مساحت بال *Physosterna Cribripes* به‌عنوان بزرگ‌ترین

سوسک در میان این چهار گونه، نشان داده شد که بزرگ‌ترین سوسک، کم‌ترین حجم آب را جذب کرده‌اند؛ درحالی‌که *Onymacris unguicularis* و *Stenocara gracilipes* بیش‌ترین بازده آب‌گیری از رطوبت هوا را داشتند. *Stenocara gracilipes* کوچک‌ترین سوسک در میان این چهار گونه، بیش‌ترین حجم آب را جذب کرد. نشان داده شد که سوسک *Stenocara gracilipes* حدود دو برابر آب بیش‌تری نسبت به *Physosterna Cribripes* به ازای واحد سطح جذب کرده است. این دو گونه‌ی سوسک که روی بال‌های خود برجستگی‌های تپه‌ای شکل دارند، در مقایسه با دو گونه‌ی دیگر که بال‌های شیاردار دارند، در دو سر طیف بازدهی آب‌گیری از رطوبت هوا قرار گرفتند. در نمونه‌های مرده‌ی هر چهار گونه سوسک، هیچ‌گونه نواحی آب‌دوستی روی بال‌ها آن‌ها یافت نشد. فقط سوسک *Physosterna Cribripes* نواحی کوچکی از موم آب‌گریز را نشان داد.



شکل ۱: نمونه‌هایی از نمونه‌ها از هر گونه سوسک تولید کننده آب از که در کنار یکدیگر قرار گرفته اند

امیرآبادی در سال ۱۳۹۱ به طور معمول مناطق مورد نظر برای اجرای پروژه نواحی بیابانی می‌باشد که در صورت کمبود منابع آب، از آب مه استفاده می‌کنند. مهم‌ترین تفاوت اقلیمی بیابانهای ساحلی با سایر بیابانها در وجود رطوبت بیشتر درهوا و تغییرات دمایی کمتر در طول سال می‌باشد و رطوبت هوای بیابانهای ساحلی به مراتب بیشتر از رطوبت موجود در هوای بیابان های داخلی خشکی‌ها می باشد. با این وجود باز هم بیابانهای ساحلی نیز دو دسته عمده دارند.

۱- بیابانهای ساحلی گرم همراه با مه آلودگی کم و رطوبت هوای زیاد

۲- بیابانهای ساحلی سرد که بخش زیادی از فصول سال نیز مه آلود می‌باشند

در مورد بیابان‌های دسته اول بیابان‌های ساحلی صحرای آفریقا، جنوب غربی آسیا خصوصا بیابان‌های حاشیه خلیج فارس، دریای عمان و دریای سرخ را میتوان نام برد .این نوع بیابان‌ها مانند بیابان‌های محصور درخشکی‌ها بارندگی کمی دریافت میکنند و میزان مه‌آلودگی چندانی ندارند و مهم‌ترین تفاوت آنها با بیابان‌های نواحی داخلی در دمای متعادلتر و رطوبت نسبی بیشتر هوا می‌باشد .به طوری که رطوبت نسبی هوای آنها بسیار بیشتر از سایر بیابانها می‌باشد و مطمئناً برنامه‌ریزی برای استحصال آب باید تمرکز مناسبی بر این رطوبت و روزهای

مهالودی که در زمستان وجود دارد باید داشته باشد. همچنین از این طرح در جزایر و مناطق کوهستانی که با کمبود منابع آب زیرزمینی مواجه اند بهره گرفته می شود. شناختی کلی از شرایط هواشناسی و اقیانوس شناسی در سراسر کره زمین همراه با شناخت توپوگرافی از محل، ما را به این نتیجه رهنمون میسازد که بسیاری از کشورها ممکن است پتانسیل بهره برداری از برنامه های استحصال آب از مه را داشته باشند. در جزایر و سواحل جنوبی در ماههای گرم سال مه تشکیل میشود. از سوی دیگر سواحل جنوبی کشور کمترین مقدار بارش را در ماه های گرم سال دریافت میکنند. بنابراین استحصال آب از مه در این مناطق در جهت رشد و توسعه این مناطق یک ضرورت است. به طور کلی نقاط مهخیز ایران را به سه بخش میتوان تقسیم بندی کرد:

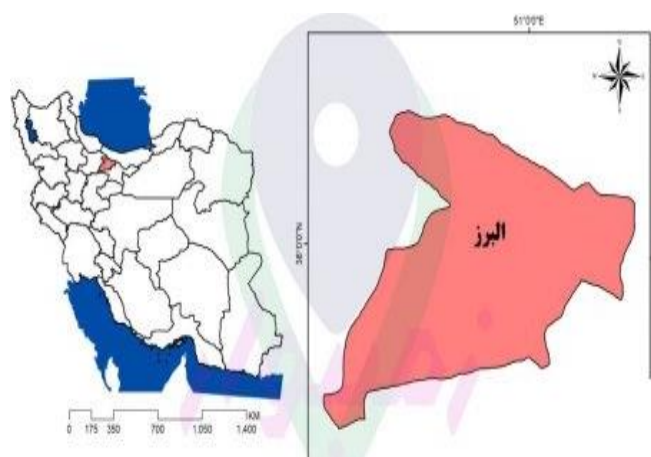
مناطق کوهستانی که به دلیل داشتن شرایط مساعد جهت تشکیل مه اوروگرافیک، طول فصل مه بیشتری دارند.

مناطق ساحلی و جزایر که به دلیل مجاورت با پهنه های آبهای وسیع طول فصل مه زیادتری دارند.

مناطق مختلفی که به دلیل ارتفاع بالا و بودن در مسیر توده هوای گرم و مرطوب مساعد برای تشکیل مه های میباشند

رحیمی در سال ۱۳۹۲ بهره برداری و مدیریت منابع آب، امری اجتناب ناپذیر است. بر این اساس لازم است روشهای عملی استحصال آب که کمترین اثر مخرب زیست محیطی داشته باشند، توسعه یابند. هوای اطراف ما دارای درصدی از رطوبت میباشد. این رطوبت که در بعضی از مناطق واقعاً چشمگیر است میتواند به نوعی چاره ساز مشکل کم آبی باشد. محمودی و همکاران در سال ۱۳۹۴ دریافتند نتیجه حاصل

از این مطالعه نشان داد که جنوب شرق ایران با توجه به داشتن رطوبت نسبی بالای ۷۰ درصد در بیش تر ایام سال و وزش مداوم باد شرایط مناسبی جهت استحصال آب از رطوبت هوا دارد با توجه به این که کشور ایران در ناحیه کمربند خشک جهان واقع شده است و قسمت اعظم آن از کمبود آب کافی رنج می برد و نیز به منظور امکان سنجی این موضوع که آیا می توان برای شهرهای واحد های کوچک کشاورزی و حتی مسکونی را با روشی آسان و ارزان تأمین نمود، این پژوهش به اجرا در آمد. بنابراین بررسی کارایی خواص آبدوستی و آبگریزی در استحصال آب از مه (تلاش در جهت دستیابی به منابع آب جدید) از اهداف اصلی این پژوهش به حساب می آید.



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی استان البرز

روش تحقیق

در پژوهش حاضر به طور ترکیبی از پژوهش های کتابخانه ای، اینترنتی و آزمایشگاهی به منظور جمع آوری اطلاعات استفاده شده است و هم چنین مراحل عملی کار در دانشکده پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و پژوهشسرای دانش آموزی معلم صورت گرفت.

شرح انجام پژوهش

به منظور بررسی امکان استحصال آب از رطوبت هوا در کرج، داده ها جهت محاسبه رطوبت مطلق هوا و رطوبت نسبی ایستگاه جهت پتانسیل سنجی استحصال آب برای یک دوره یک ماه از اول دی ماه ۱۳۹۹ تا ۳۰ دی ماه ۱۳۹۹ مرکز تحقیقات هواشناسی کرج اخذ گردید. مشخصات ایستگاه در جدول و موقعیت آن در شکل ۱ آورده شده است.

جدول ۱ مشخصات جغرافیایی ایستگاه البرز

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
اداره تحقیقات هواشناسی کشاورزی کرج	۴۸' ۳۵°	۵۷' ۵۰°	۹/۱۲۹۲ متر

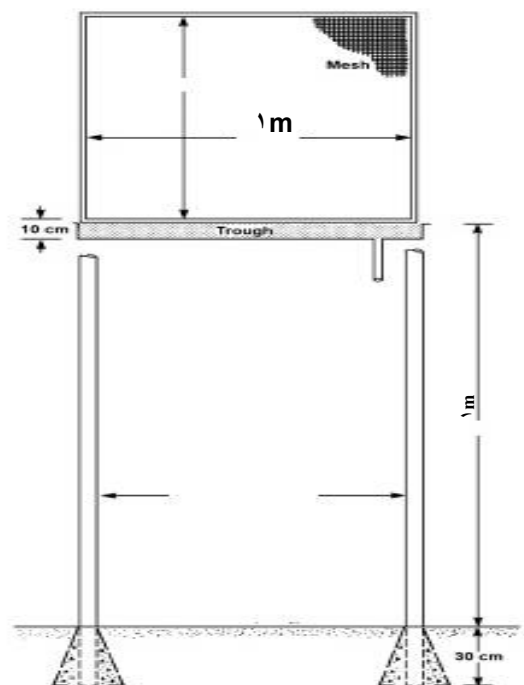
۴- محاسبه میزان آب موجود در هوا:

به منظور بررسی پتانسیل آب موجود در هوای ایستگاه کرج، بایستی از پارامتر رطوبت مطلق هوا با واحد گرم بر مترمکعب استفاده نمود. این پارامتر از طریق رابطه ۱ محاسبه می گردد:

$$m = \frac{216.98}{T} \times e$$

دمای هوا بر حسب درجه کلونین و T ، e که در آن فشار بخار بر حسب میلی بار می باشد. نتایج حاصل از این معادله میزان بخار آب موجود در یک مترمکعب از هوا را به ما نشان خواهد داد.

۵- طراحی قاب جمع کننده های آب از رطوبت هوا



شکل ۳- موقعیت جغرافیایی استان البرز

مناسب ایجاد شده، قرار داده شده است. دو انتهای این لوله کاملاً عایق بندی شده است. این لوله به نحوی تعبیه شده که دارای شیب ملایم یک درصد می باشد و به انتهای پایینی آن، شیلنگی وصل شده که آب را به مخزن منتقل می کند. قطره های شکل گرفته روی شبکه الیاف ها با یکدیگر تشکیل قطرات بزرگ تر را می دهند و در اثر جاذبه زمین به سمت جمع کننده ای که در زیر قاب قرار دارد، حرکت می کنند و سپس به قاب جمع کننده هدایت می شوند. کل قسمت های جمع کننده بر روی تیرک هایی محکم شده است پس از انتخاب چهارچوب مورد نظر و طراحی آن، مرحله نصب جمع کننده ها می باشد. نصب این جمع کننده ها در دانشکده کشاورزی کرج صورت گرفت.

در این پژوهش ما از یک جمع کننده های پرده ای استفاده نموده ایم. قسمت اصلی یک جمع کننده پرده ای چهار قاب فلزی ۱*۱ متر آن است. دلیل این انتخاب در این امر نهفته است که با این ابعاد می توانیم به راحتی آب استحصالی در واحد سطح را محاسبه کنیم. البته این ابعاد می تواند کوچک تر یا بزرگ تر نیز باشد. ارتفاع قاب از سطح زمین حدود ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد، ضلع پایینی قاب در داخل یک لوله پی وی سی که در امتداد طول آن شکافی به اندازه

—طراحی اولیه جمع کننده

۳ نصب جمع کننده ها از رطوبت هوا

۳-۱ جمع کننده آبگریز-الیاف بازالت:

الیاف بازالت مانند الیاف شیشه و کربن جزء الیاف با کارایی بالا و از نظر ترکیب شیمیایی و روش تولید بسیار شبیه الیاف شیشه نوع E بوده و عمدتاً از سیلیکا تشکیل شده اند. از ویژگی های مهم بازالت، سازگاری آن با محیط زیست است و همچنین الیاف بازالت از استحکام کششی و خواص آبگریزی زیاد و هم چنین مقاومت شیمیایی بالاتر نسبت به الیاف شیشه و مقاومت در مقابل خوردگی بالا برخوردارند. الیاف بازالت تهیه شرکت تولید شده شرکت چینی GBF با مشخصات جدول زیر تهیه شد:

جدول ۲: مشخصات فیزیکی الیاف بازالت مورد استفاده شده

طول (m)	قطر (μm)	جذب آب
۱	۱۰	۰.۵<



شکل ۴ جمع کننده الیاف بازالت

۳-۲ جمع کننده آبدوست: الیاف خرما

طبق بررسی مقالات طبیعت آبدوست الیاف نقش مهمی در ایجاد اتصال بر عهده دارد. این الیاف به آسانی آب جذب میکنند و در آب به صورت تعلیق پراکنده میشوند. الیاف خرما را از بازار محلی تهیه شد.

جدول ۳: مشخصات فیزیکی الیاف بازالت مورد استفاده شده

طول (m)	قطر (μm)	جذب آب (%)
۱	۷۰۷	۳۰-۶۶

۳-۳ جمع کننده: ترکیبی سطح آبدوست نانوذرات کیتوسان در پس زمینه ای از سطح آبگریز پلی اتیلن سبک و آلومینیوم

۵ گرم نانوذرات کیتوسان را در محلول اسید استیک یک درصد به حجم ۱۰۰ میلی لیتر مخلوط و در روی دستگاه مگنت استریر قرار داده شد تا مخلوط همگنی حاصل آید. سپس با کمک سرنگ ۵ سی سی درون حباب های پلی اتیلن سبک تزریق شد.



شکل ۵: پلی اتیلن سبک حبابدار که درون حباب ها محلول نانوذرات کیتوسان قرار گرفته

نتیجه گیری

۴-۱ محاسبه میزان آب موجود در هوا

با توجه به بررسی میانگین دما هفتگی استان البرز و میانگین فشار بخار هفتگی میزان حجم آب موجود در هوا طبق فرمول (فصل سوم^{۲۹}) محاسبه گردید:

جدول ۴: اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه میزان آب موجود در هوا

دی ماه	میانگین دمای هوای هفتگی (T) درجه کلونین	میانگین فشار بخار برحسب میلی بار (e)
هفته اول	۲۸۵.۱۵	۴.۸۹
هفته دوم	۲۸۳.۱۵	۰.۷۱
هفته سوم	۲۸۰.۱۵	۷.۳۴
هفته چهارم	۲۸۱.۱۵	۱.۷۳

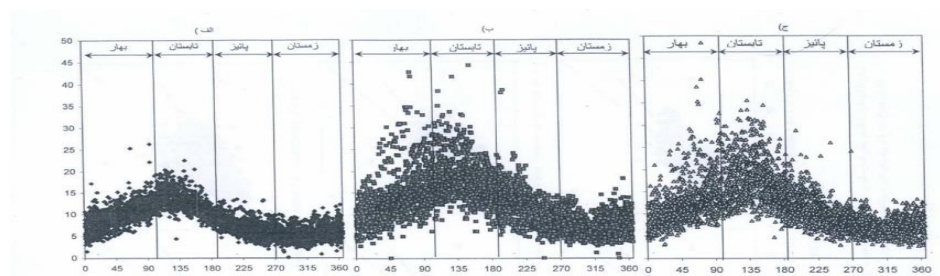
$$M_1 = \frac{216.98}{285.15} \times 4.89 = 3.7$$

$$M_2 = \frac{216.98}{283.15} \times 0.71 = 0.54$$

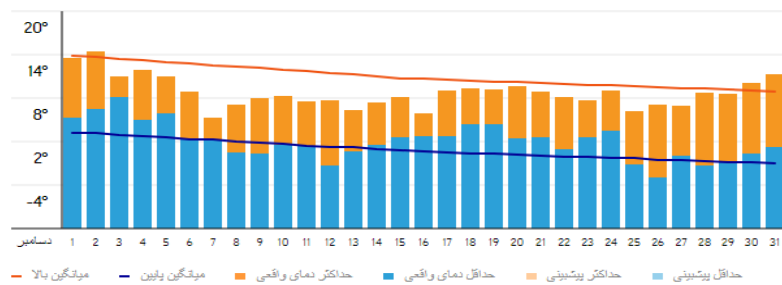
$$M_3 = \frac{216.98}{280.15} \times 7.34 = 5.68$$

$$M\xi=(216,9\lambda)/(2\lambda1,10)\times1,73=3,7$$

$$\times e^{\frac{216.9\lambda}{T}}\quad m=29$$



شکل ۶- تغییرات فشار بخار اندازه گیری شده در چندین سال در استان البرز طبق داده های تحقیقات کشاورزی کرج



شکل ۷- نمودار دمای هوای کرج در دی ماه و اوایل بهمن سال ۱۳۹۹



شکل ۸: یادداشت برداری روزانه میزان آب استحصال شده از رطوبت هوا توسط دانش آموزان

نتایج حاصل از مقدار آب استحصال شده از جمع کننده الیاف خرما بر حسب میلی لیتر بر متر مربع در روز در استان البرز

جدول ۵ مقدار آب استحصال شده از جمع کننده الیاف خرما بر حسب میلی لیتر بر متر مربع در روز در استان البرز							
هفته	شنبه	یکشنبه	دوشنبه	سه شنبه	چهارشنبه	پنجشنبه	جمعه
۱	۴۰.۸	۲۰.۳	۳۰.۷	۱۰.۶	۲۰	۲۰.۳	۱۰.۷
۲	۱۰.۸	۱۰.۶	۱۰.۱	۱۰.۵	۱۰	۱۰.۱	۱۰.۸
۳	۱۰	۸۰	۶۰	۱۰.۲	۱۰.۷	۰	۲۰.۲
۴	۱۰.۳	۲۰.۶	۱۰.۴	۲۰.۷	۴۰	۳۰	۸۰
جمع کل: ۶۲۹.۴							

آب استحصال شده از

نتایج حاصل از مقدار

جمع کننده الیاف بازالت بر حسب میلی لیتر بر متر مربع در روز در استان البرز

هفته	شنبه	یکشنبه	دوشنبه	سه شنبه	چهارشنبه	پنجشنبه	جمعه
۱	۷۰	۶۰	۶۰.۷	۵۰.۶	۶۰.۱	۵۰.۷	۵۰.۲

۲	جدول مقدار آب استحصال شده از جمع کننده الیاف با زلّت بز حسب میلی لیتر بر متر مربع در روز در استان البرز	۷۰.۴	۵۰.۹	۴۰.۸	۵۰.۹	۴۰.۸	۷۰.۴
۳		۷۰.۲	۲۰.۳	۴۰.۷	۱۰.۲	۳۰.۹	۱۰۰
۴		۳۰.۸	۶۰	۷۰.۹	۷۰.۷	۶۰.۴	۷۰
جمع کل:							۱۵۰۱.۲

هفته	شنبه	یکشنبه	دوشنبه	سه شنبه	چهارشنبه	پنجشنبه	جمعه
۱	۲۰۰	۱۲۰.۳	۲۰۰.۱	۲۰۰.۵	۱۹۰.۸	۱۸۰.۷	۱۷۰.۹
۲	۲۱۰.۶	۲۳۰.۲	۱۷۰	۱۱۰.۱	۱۶۰.۵	۱۶۰.۵	۲۰۰.۱۰
۳	۸۲	۲۵۰	۱۹۰.۳	۱۷۰.۱	۱۴۰.۷	۱۸۰.۴	۲۹۰.۴
۴	۲۹۰.۵	۲۹۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۹۰.۹	۲۹۰	۲۵۰.۶

۳-۴ نتایج

آب استحصال

کننده ترکیبی

جمع: ۵۶۲۱.۲

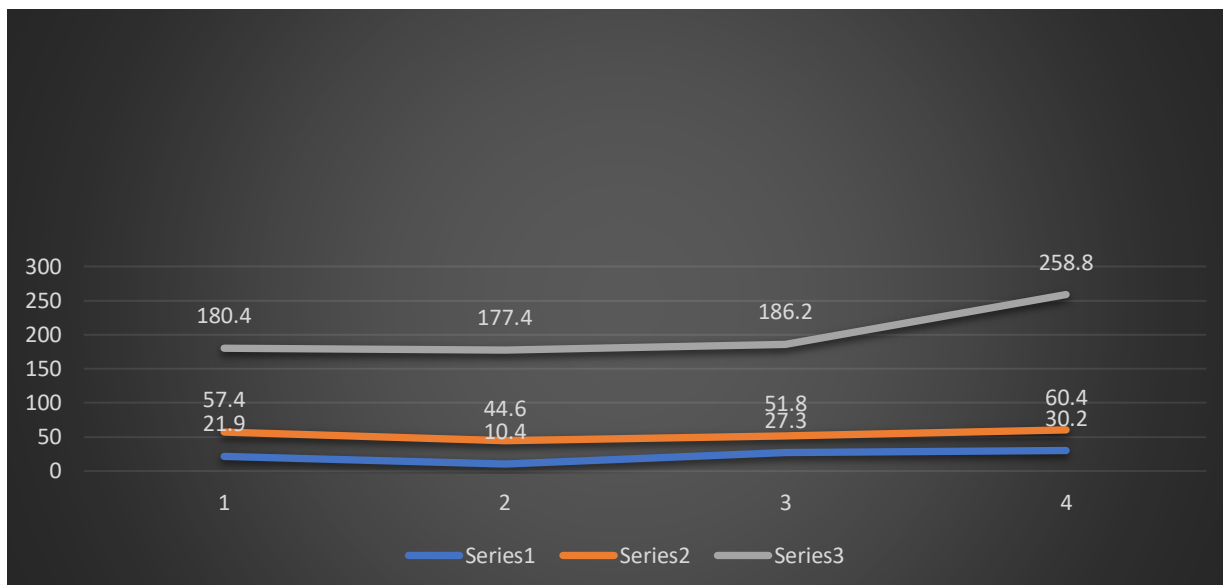
حاصل از مقدار

شده از جمع

سطح آبدوست

نانوذرات کیتوسان در پس زمینه ای از سطح آبگریز پلی اتیلن سبک و آلومینیوم بر حسب میلی لیتر بر متر مربع در روز در استان البرز

جدول ۷ مقدار آب استحصال شده از جمع کننده ترکیبی سطح آبدوست نانوذرات کیتوسان در پس زمینه ای از سطح آبگریز پلی اتیلن سبک و آلومینیوم بر حسب لیتر میلی بر متر مربع در روز در استان البرز



نمودار ۱ - مقایسه سه جمع کننده در از اول دی تا ۳۰ دی در سال ۱۳۹۹ در استان البرز

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که:

۱- بررسی میانگین مقدار آب موجود در هوا استان البرز در ماه اول زمستانی نشان داد که هفته دوم دی ماه به کمترین مقدار و در هفته چهارم بیشترین مقدار رطوبت در ماه ایجاد می‌گردد. بر این اساس میزان رطوبت موجود در هوا رابطه مستقیمی با میزان آب استحصال شده داشته است.

۲- با توجه به بررسی میزان رطوبت هوای استان البرز طی چندین سال گذشته، کمترین مقدار رطوبت سال مربوط به نیمه دوم ماه دی می‌باشد.

۳- میزان آب استحصالی از جمع کننده ها به ترتیب افزایشی جمع کننده ترکیبی سطح آبدوست نانوذرات کیتوسان در پس زمینه ای از سطح آبگریز پلی اتیلن سبک و آلومینیوم ۵۶۲۱.۲ میلی لیتر بر متر مربع در ماه سپس الیاف بازالت ۱۵۰۱.۲ میلی لیتر بر متر مربع در ماه و کمترین مقدار جمع کننده الیاف خرما با میزان حجم آب استحصالی ۶۲۹.۴ میلی لیتر بر متر مربع در ماه می‌باشد در نتیجه استفاده از جمع کننده هایی با خواص آب دوستی و آب گریزی میزان استحصال آب را تا بیش از یک و نیم برابر افزایش خواهد داد.

۴- جمع کننده ترکیبی از مواد بسیار ارزان و مقرون بصرفه تولید و کارآمد قابل قبولی از خود نشان داده است.

نتیجه حاصل از این مطالعه نشان داد استفاده از جمع کننده ترکیبی سطح آبدوست نانوذرات کیتوسان در پس زمینه ای از سطح آبگریز پلی اتیلن سبک و آلومینیوم به منظور استحصال آب از رطوبت هوا به طور یقین یک منبع جایگزین مناسب برای تهیه آب شرب بوده و مکمل بسیار مناسبی برای جبران کمبودها می باشد. طرح این استحصال را می توان در مکان هایی نظیر مناطق ساحلی استان های بوشهر، هرمزگان، خوزستان، مناطق ساحلی شمال و مناطق کوهستانی شمال و شمال غرب کشور که درجه حرارت پایین و رطوبت بالایی دارند و دارای مه شدید هستند، اجرا نمود. امروزه در کشورهای توسعه یافته که در آن ها حتی کمبود آب شرب وجود ندارد، برای آبیاری جنگل ها، مراتع و کشاورزی این روش مورد استفاده قرار می گیرد (علیزاده و همکاران ۲۰۱۰). امید است ما نیز سهم کوچکی در برطرف نمودن کم آبی کشور عزیزمان ایران داشته باشیم.

پیشنهادهات:

- ✓ بررسی تغییر ابعاد و شکل هندسی جمع کننده ترکیبی بر روی میزان آب گردآوری شده
- ✓ مکان‌سنجی احداث سایت استحصال رطوبت هوا و مه سطحی در استان البرز در ابعاد بزرگ با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی

سپاسگزاری

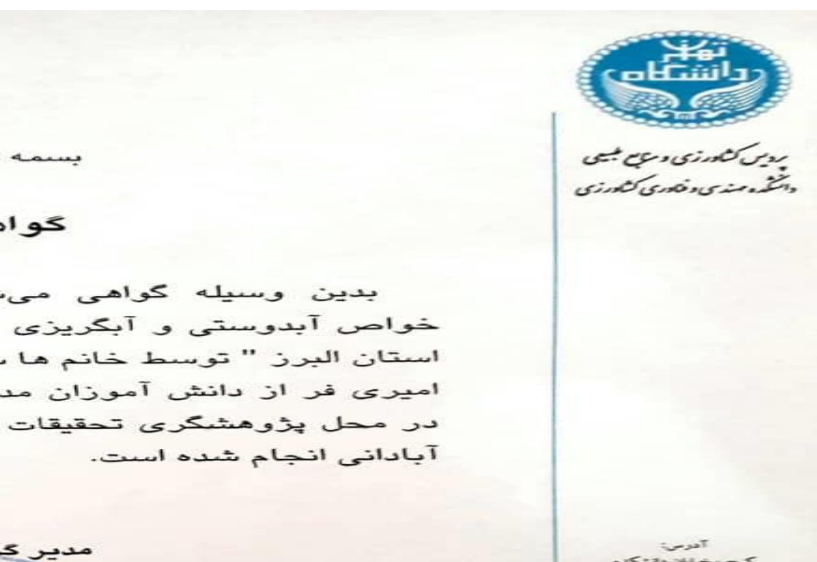
با تقدیر و تشکر شایسته از استاد فرهیخته سرکار خانم نرگس آقائی و هم‌چنین مدیریت محترم پژوهش سرای دانش آموزی ناحیه یک کرج و مدیریت مدرسه فرزنانگان یک کرج که با نکته‌های دلاویز و گفته‌های بلند، صحیفه‌های سخن را علم پرور نمود و همواره راهنما و راه‌گشای نگارنده در اتمام این پروژه بودند.

منابع فارسی

- ۱- بازارگان، مجید، احمدی علی بیگلویی، مریم. (۱۳۹۳). تولید آب شیرین با استفاده از سرمایش زیرزمینی هوای مرطوب و انرژی خورشید. *دوفصلنامه انرژی های تجدیدپذیر و نو*. ۱۵-۴، (۱)، ۱،
- ۲- رحیمی، الهام و ملکی نژاد، حسین، ۱۳۹۲، بررسی و مقایسه مدل شبکه عصبی و شبکه عصبی- موجکی در پیش بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت نمدان استان فارس)، پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران.
- ۳- محمودی، پیمان، خواجه امیری خالدی، چکاوک، سالاری فنودی، محمدرضا. (۱۳۹۵). مطالعه امکان سنجی استحصال آب از رطوبت هوا در جنوب استان سیستان و بلوچستان. *مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک* ۲۰۱۶، ۳۰۶۷، doi: ۱۰،۲۲۰۶۹/jwfst.۲۰۱۶، ۲۶۵-۲۵۳، (۲)، ۲۳،
- ۴- علی، فلاح علمداری. ۱۳۸۸ تابستان. بررسی انواع آب شیرین کن های متداول و طراحی یک نمونه آب شیرین کن خورشیدی. کارشناسی، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- ۵- علی، محمدی. ۱۳۹۱ آذر. تولید آب شیرین از هوای مرطوب با سیستم سرمایش زیرزمینی. کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- ۶- جهانشاهی، محمد رضا، ۱۳۹۷، ارزیابی و تحلیل آثار خشکسالی بر روی اکوسیستم و منابع آبی حوضه آبریز اهرم، هفتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، یزد،،،
- ۷- محمد مهدی، امیرآبادی فراهانی. ۱۳۹۱ تابستان. ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم ترکیبی آب شیرین کن اسمز معکوس. کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- ۸- میجانی، نیلوفر و جم نژاد، فاطمه و ملکی نژاد، حسین، ۱۳۹۷، بررسی شدت خشکسالی های هواشناسی و هیدرولوژیک در دشت کرمان باغین، هفتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، یزد،،،، <https://civilica.com/doc/۸۴۵۵۹۳>.

- ۹- Andrews HG, Eccles EA, Schofield WCE, Badyal JPS (۲۰۱۱) Threedimensional hierarchical structures for fog harvesting. *Langmuir* ۲۷:۳۷۹۸-۳۸۰۲.
- ۱۰- Alizadeh, A. ۲۰۱۰. Principle of Applied Hydrology. Emam Reza University Press, ۶۵۰p.
۱۱. Schemenauer, R.S., and Cereceda, P. ۱۹۹۴a. A Proposed Standard Fog Collector for Use in High-Elevation Regions. *J. Appl. Meteorol.* ۳۳: ۱۱. ۱۳۱۳-۱۳۲۲.
۱۲. Mekonnen, M.M., Pahlow, M., Aldaya, M.M., Zarate, E. and Hoekstra, A.Y. (۲۰۱۴) Water Footprint Assessment for Latin America and the Caribbean: An analysis of the sustainability, efficiency and equitability of water consumption and pollution, Value of Water Research Report Series No. ۶۶, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands
۱۳. Song, J.; Han, M.; Kim, T. and Song, J. (۲۰۰۸). Rainwater harvesting as a sustainable water supply option in Banda Aceh, J. Desalin, ۲۴۸: ۲۳۳-۲۴۰.
۱۴. Nørgaard T, Ebner M and Dacke M ۲۰۱۲ Animal or plant: which is the better fog water collector? *PLoS ONE* ۷ www.plosone.org Parker A R and Lawrence C R ۲۰۰۱ Water capture by a desert beetle *Nature* ۴۱۴ ۳۳-۳۴.
- ۱۵- Ju J, Bai H, Zheng Y, Zhao T, Fang R and Jiang L ۲۰۱۴ A multi-structural and multi-functional integrated fog collection system in cactus *Nature Commun.* ۳ ۱۲۴۷.
- ۱۶- Chakrabarti U, Paoli R, Chatterjee S, Megaridis CM. Importance of Body Stance in Fog Droplet Collection by the Namib Desert Beetle. *Biomimetics* (Basel). ۲۰۱۹ Aug ۲۸; ۴(۳):۵۹. doi: ۱۰.۳۳۹۰/biomimetics۴۰۳۰۰۵۹. PMID: ۳۱۴۶۶۲۳۴; PMCID: PMC۶۷۸۴۳۰۲.
- ۱۷- Farayedhi, N. I. Ibrahim, P. Gandhidasan, Condensate as a water source from vapor compression systems in hot and humid regions, *Desalination Journal*, Vol. ۳۴۹, pp. ۶۰-۶۷, ۲۰۱۴
- ۱۸- B. A. Habeebullah, Potential use of evaporator coils for water extraction in hot and humid areas, *Desalination Journal*, Vol. ۲۳۷, pp. ۳۳۰-۳۴۵, ۲۰۰۹.

پیوست ها:



عنوان پروژه:

تنفس دوباره زمین ، فاضلاب پاک با استفاده از پیل های سوختی میکروبیولوژی

محقق:

غزل حسینی کلویر

چکیده

تصفیه فاضلابها یکی از مسائل بسیار با اهمیتی میباشد و از انجایی که بر زندگی ما و بسیاری از موجودات زنده تاثیر مستقیم دارد امروزه توجهات بسیاری را به خود جلب کرده است. جهت تصفیه فاضلاب روشهای متعددی پیشنهاد شده که معمولاً این روشها یا زمانبرند و یا به صرف هزینه های بالا نیاز دارند. همچنین وجود مشکل های جهانی ناشی از استفاده سوخت های فسیلی و تلاش برای یافتن روش های جایگزین تامین انرژی بشر از یک سو و وجود انرژی فراوان و نهفته در مواد دورریختنی و فاضلاب ها از سوی دیگر، استفاده از فاضلاب را بعنوان یک منبع انرژی، عملی مقرون بصرفه و مفید به لحاظ زیست محیطی بیان میکند. از طرفی استفاده ی دوباره از آب در چرخه بازیاب مجدد فاضلاب به صورت روش های خاص ، بخشی از راه کارهای منطقی جهت مقابله با چالش جهانی نیازمندی آب در جامعه بشری می باشد. بازیاب دوباره فاضلاب و برگشت آب در سیکل مصرف ، نیازمند انرژی زیادی میباشد لذا استفاده از پیل های سوختی میکروبی بعنوان راه حل در این مسیر قابل تامل و بررسی است . استفاده از پیل سوختی میکروبی روشی نوین میباشد که نگرش جدیدی را جهت تولید جریان الکتریسیته و به طور همزمان، تصفیه فاضلاب ارائه داده است . روشی که امکان تولید انرژی مورد نیاز سیستم تصفیه را نیز فراهم میگردد.

کلمات کلیدی: فاضلاب، تصفیه فاضلاب، پیل سوختی میکروبی، انرژی پاک

منابع آب شیرین در جهان محدود و آسیب پذیر بوده این منابع محدود دارای ارزش اقتصادی ویژه همراه با اثرات اجتماعی و اقتصادی و زیست محیطی است . با بزرگ شدن شهرها و افزایش جمعیت آنها از یک سو و گسترش صنایع و کارخانه ها از سوی دیگر مسئله آلودگی محیط زیست روز به روز اهمیت بیشتری پیدا می کند و زندگی آنها را در معرض خطر جدی قرار می دهد.. فاضلاب یا پساب (wastewater)، آب مصرف شده ای است که خواص فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی آن به حدی تغییر کرده است که قابلیت مصرف در بهترین مورد خود را از دست داده است. بنا به تعریف، فاضلاب ها همواره بر اثر فعالیت جوامع بشری و مصرف آب

توسط آن ها و تغییرات حاصل از این امر بر اختصاصات و ترکیب آب مصرفی ایجاد می شوند... اگر فاضلاب تصفیه نشده انباشته شود، تجزیه مواد آلی آن ممکن است منجر به تولید مقدار زیادی گازهای بدبو شود.

از آنجاییکه فاضلاب ها یکی از عوامل آلودگی محیط زیست هستند، لذا بایستی آنها را جمع آوری و از شهرها بیرون آورده، نخست آنها را

پالایش و تصفیه نموده و سپس به گردش آب در طبیعت برگردانده شود، علاوه بر این موضوع کاربرد دوباره فاضلاب ها به علت نیاز روز

افزون به آب روز به روز بیشتر مورد توجه قرار می گیرد.

به ویژه در ایران به علت کمبود آب و گرانی آب آشامیدنی ، استفاده از فاضلاب های پالایش شده برای مصرف های غیر خانگی مانند

آبیاری ، فضاهای سبز درون شهرها ، پارک ها جنگل کاری و شستشوی خیابانها و کانال های فاضلاب اهمیت ویژه ای پیدا می کند. البته

باید یاد آور شد که کاربرد فاضلاب های تصفیه شده برای مصرفهای آشامیدنی به علت اقتصادی و روانی هنوز در جهان جنبه گسترده و

عملی به خود نگرفته است در صورتی که استفاده دوباره از فاضلاب های تصفیه شده و فرستادن آن در شبکه شهری برای آبیاری فضاهای

سبز و مصرف های صنعتی از سال ۱۹۲۸ در آریزونای امریکا شروع و روز به روز در نقاط بیشتری از جهان مورد استفاده قرار می گیرد.

۱- فاضلاب چیست ؟

فاضلاب یا گنداب عبارت است از آب استفاده شده ای که برای مصرف خاص خود قابل استفاده مجدد نیست یا به عبارتی کیفیت آن

پایین تر از قبل استفاده از آن میباشد. این آب دارای مقادیری فضولات جامد و مایع است که از خانه ها، خیابانها، شستشوی زمین ها و در

مجموع ناشی از فعالیت‌های انسانی نظیر سرویس‌های بهداشتی، کارخانه‌ها، صنایع و کشاورزی است. چون حجم فاضلاب تولیدی در

اجتماعات به موارد زیر بستگی دارد :

۱- عادات فردی، هر چه میزان مصرف آب مردم بیشتر باشد فاضلاب تولیدی آن‌ها بیشتر خواهد شد.

۲- نوع شبکه گردآوری فاضلاب (ترکیبی یا مجزا) در نوع ترکیبی حجم فاضلاب بیشتر خواهد شد.

۳- تغییرات فاضلاب در زمان

۲-۱- انواع فاضلاب‌ها

۱- **فاضلاب‌های خانگی** : که شامل فاضلاب توالت‌ها ، دست شویی‌ها ، حمام‌ها ، ماشین‌های لباسشویی و ظرفشویی می‌باشد .

۲- **فاضلاب‌های صنعتی** : خواص فاضلاب‌های صنعتی و پساب کارخانه‌ها کاملاً بستگی به نوع فرآورده‌های کارخانه دارد بعضی از

آنها دارای خاصیت قلیایی با اسیدی زیادی هستند دسته‌ای از آنها خاصیت خورندگی و عده‌ای دارای مواد سمی هستند . در فاضلاب

برخی از کارخانه‌ها مانند کارخانه‌های بهره‌برداری از معادن ، کارخانه‌های فولادسازی و کارخانه‌های شیمیایی بیشتر مواد خارجی را

مواد معدنی تشکیل می دهند در صورتی که در برخی دیگر از کارخانه ها مانند کارخانه های تهیه مواد غذایی و کارخانه های نشاسته سازی

بیشتر مواد خارجی در فاضلاب مواد آلی است درجه آلودگی این فاضلاب ها می تواند گاهی چندین برابر آلودگی فاضلاب های خانگی

باشد . فاضلاب های صنعتی اگر به روش مناسبی تصفیه شوند می توان آنها را به عنوان منابع مطمئن و پر ارزش در کشاورزی به کار برد.

کاربرد آنها نه تنها از نظر آبیاری تمام فصلی و یا آبیاری تکمیلی زراعت می تواند موثر باشد بلکه از نظر میزان مواد غذایی مورد نیاز گیاه

غنی و با ارزش می باشد.

۳- فاضلاب های سطحی : این فاضلاب ها ناشی از بارندگی و ذوب یخ ها و برف های نقاط بلند هستند این فاضلاب ها به علت جریان

در سطح زمین و تماس با الودگی هاو خاکروبه های روی زمین و شستن سطح خیابان ها آلوده شده و مقداری مواد آلی و معدنی در آنها

وجود دارد بیشترین قسمت مواد خارجی در این فاضلاب ها مواد معدنی مانند ماسه و شن می باشد به علاوه پس مانده ذرات گیاهی و

حیوانی و مواد نفتی و دوده قسمت دیگری از مواد خارجی موجود در آب های سطحی را تشکیل می دهند.

۳-۱- ترکیب فاضلاب

فاضلاب تقریباً ۹۹/۹ درصد آب و حدود یک دهم در صد مواد جامد در بر دارد که بخشی از آن مواد آلی و بخش دیگر مواد معدنی جامد

به حالت محلول یا معلق در آب میباشند. بوی بد فاضلاب اغلب به علت مواد آلی موجود در آن می باشد. این مواد بیشتر قابل تجزیه

میکروبی هستند و بعضاً تجزیه میکروبی منجر به تولید بوی نامطبوع می شود

۴-۱- هدف از تصفیه فاضلاب ها

الف) تأمین شرایط بهداشتی برای زندگی مردم : فاضلابهای شهری همیشه دارای میکروب های گوناگون می باشند که قسمتی از آنها را

میکروب های بیماری زا تشکیل می دهند که بر اثر تماس انسان با این منابع خطر گسترش این بیماری ها بین مردم به وجود می آید .

ب) پاک و زیبا نگه داشتن محیط زیست : وارد نمودن فاضلابهای تصفیه نشده به محیط زیست موجب آلودگی محیط زیست شده علاوه

بر این مناظر زشت ، بوهای ناخوشایند و سرانجام تولید حشرات بخصوص مگس و پشه را به همراه دارد این حشرات خود وسیله ای برای

جا به جا شدن میکروب های بیماری زا و آلوده شدن محیط زیست می باشند .

ج) بازیابی فاضلاب : با توجه به اینکه فاضلاب ها دارای نمکهای معدنی کمتر از آب دریاها می باشند و در واقع آبهای شیرین آلوده می

باشند بنابراین با تصفیه آنها جهت آبیاری کشاورزی به مراتب ارزان تر از شیرین سازی آب دریاها می باشند هم چنین به علت

وجود مواد کودی در فاضلاب تصفیه شده می تواند منبع غذایی خوبی برای گیاهان و تقویت زمین کشت زارها باشند .

۵-۱- مراحل تصفیه فاضلاب

پالایش فاضلاب در سه مرحله انجام می شود :

الف – مرحله مقدماتی که شامل تصفیه فیزیکی از قبیل آشغال گیری ته نشینی مواد معلق آن.

ب – مرحله تصفیه ثانویه از قبیل هوا دهی و استفاده از باکتری های گوناگون موجود در فاضلاب برای تصفیه آن

ج - مرحله تصفیه نهایی که شامل زلال سازی و تصفیه تکمیلی از قبیل نیترات زدایی گذرانیدن فاضلاب از صافی ماسه ای ، استفاده از

کربن فعال ، نمک زدایی با روش تعویض یونی در تصفیه خانه های فاضلاب شهری به ندرت از سومین مرحله تصفیه فاضلاب استفاده می

شود زیرا ایجاد و راهبری تأسیسات تصفیه تکمیلی فاضلاب بسیار پرهزینه است .

ح)جلوگیری از انقراض موجودات ابزی :افزایش الودگی در مناطق دریایی و اقیانوس به یک تهدید تبدیل شده است زیرا هیدروکربن های

موجود در روغن ای سطح دریاها منجر به عدم دریافت اکسیژن توسط موجودات می شود. همچنین اب الوده پرورش زندگی ابزیان را

تحت تاثیر قرار داده است چرا که ماهی ها و گیاهان در توانایی خود برای بازسازی و تکثیر خود دچار کمبود شده اند

۶-۱-روش های تصفیه فاضلاب

دو روش جهت تصفیه فاضلاب های استفاده می شود :

۱- روش هوازی یا صافی چکیده : در این روش فاضلاب با تعداد زیادی میکروارگانسیم و هوا تماس می یابد . میکروارگانسیم ها از مواد

الی به عنوان غذا استفاده کرده و از اکسیژن هوا جهت تبدیل قسمتی از غذا به دی اکسید کربن و آب بعنوان انرژی استفاده می کنند و از

آنجا که این میکروارگانسیم انرژی زیادی از طریق اکسیداسیون بدست می اورند رشد آنها بسیار سریع بوده و قسمت اعظمی از مواد آلی

فاضلاب به سلولهای جدید تبدیل می شوند قسمتی که به سلولها تبدیل شده اند در حقیقت تثبیت نشده بلکه فقط تغییر شکل داده اند هر

چند که این سلولها قابل خارج شدن از فاضلاب است ولی لجن بیولوژیکی که تولید می نمایند مسئله مهمی در امر دفع لجن می باشد.

تولید کم سلول های بیولوژیکی به عنوان لجن

۲- روش بی هوازی : در این روش نیز فاضلاب ها با تعداد زیادی از میکروارگانیسم

احتیاج کم به مواد غذایی معدنی

مخلوط می گردد گاز ولی اکسیژن دخالتی ندارد در این شرایط باکتری هایی که رشد

عدم احتیاج به اکسیژن و وسایل هوا دهی

می کنند قابلیت تبدیل مواد آلی فاضلاب را به اکسید کربن و گاز متان را دارا می

باشند . در روش بی هوازی گاز متان نمی تواند انرژی مورد نیاز ارگانیسم ها را به

گاز متان بعنوان محصول آخر مورد نیاز

مقدار زیاد فراهم نماید در نتیجه رشد این باکتری ها از نسبت آهسته تری برخوردار

بوده و قسمت کوچکی از فاضلاب به سلول های جدید تبدیل می شوند و قسمت اعظم فاضلاب ، قابل تجزیه به گاز متان و گاز کربنیک

می گردد در روش غیر هوازی حدود ۸۰٪ تا ۹۰٪ از مواد آلی تجزیه شدنی فاضلاب قابل تثبیت به گاز متان می باشد.

امتیازات روش غیر هوازی تصفیه فاضلاب

پیل مورد نظرمائیز دراین زمینه درامرتصفیه ،نوع تصفیه بصورت هوازی خواهد بود با توجه به امتیازات گفته شده طرح تصفیه فاضلاب به

روش غیرهوازی دارای معایب نیز می باشدمن جمله لزوم درجه حرارت نسبتاً بالا برای بکارگیری واحد تصفیه در متعارف (۸۵ تا ۹۵

درجه فارنهایت) حال دراین مقاله به بررسی چگونگی عملکرد پیل سوختنی در فرایند تصفیه میپردازیم اما قبل از هرچیز بهتر است درباره

پیل سوختنی ،انواع ان ونحوه عملکرد پیل مورد نظر توضیح دهیم.

۲-پیل سوختنی و تصفیه فاضلاب

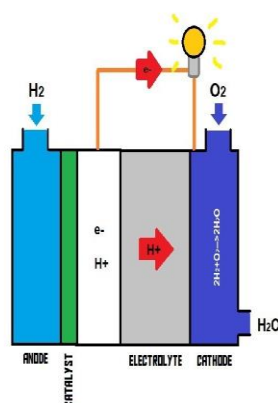
۱-۲- پیل سوختی

پیل سوختی (به انگلیسی: FUELCELL) یا سلول سوختی دستگاهی است که از طریق یک واکنش شیمیایی انرژی الکتریکی تولید می‌کند.

انرژی تولید شده مستقیم بوده و همه پیل‌های سوختی دو قطب الکتریکی (الکتروود) به نام آند و کاتد دارند. در واقع، واکنش‌های شیمیایی

در این الکتروودها صورت می‌گیرد و منجر به تولید الکتریسیته می‌شود. علاوه بر این، هر پیل سوختی الکترولیت و کاتالیست نیز دارد؛ نقش

الکترولیت جابه‌جایی ذرات باردار بین الکتروودها است، در حالی که کاتالیست سرعت واکنش‌ها را در الکتروودها افزایش می‌دهد.



HYDROGEN FUEL CELLS

تصویر ۱-۱ پیل سوختی هیدروژنی

با اینکه هیدروژن سوخت اصلی ورودی پیل محسوب می‌شود، برای شکل گرفتن واکنش، به اکسیژن نیز نیاز است. یکی از بزرگ‌ترین

جذابیت‌های پیل سوختی این است که الکتریسیته با کمترین میزان آلودگی تولید می‌شود. در واقع، بیشترین میزان از اکسیژن و هیدروژن

ورودی به پیل، در نهایت به شکل یک محصول فرعی بی‌خطر، یعنی آب، ترکیب خارج می‌شود. عملاً، هر پیل سوختی مقدار خیلی کمی

جریان مستقیم برق تولید می‌کند و به همین دلیل تعداد زیادی پیل در دسته‌های بزرگی که پشته یا استک (Stack) نامیده می‌شوند برای

تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۲-تاریخچه پیل سوختی

علی‌رغم اینکه پیل سوختی از فناوری‌های نوین محسوب می‌شود، اما بیش از ۱۵۰ سال موضوع آشنایی برای پژوهشگران بوده است.

تاریخچه این پیل‌ها به دو دوره متمایز تقسیم می‌شود: دوره اول که حدود صد سال طول کشید، از سال ۱۸۳۹ با ساخت اولین پیل سوختی

با الکترولیت اسید سولفوریک توسط آقای گرو آغاز گردید. با تلاش دانشمندان بزرگی مانند جکس، هابر، مون و همکاران و شاگردان آنها

منجر به درک علمی از پیل سوختی و شناخت تنگناهای این فناوری تا سال ۱۹۴۰ گردید.

دوره دوم از سال ۱۹۴۰ آغاز می‌شود که بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ نمونه‌های تحقیقاتی متعددی از پیل‌های سوختی توسط شرکت‌های

بزرگی مانند جنرال الکتریک با ظرفیت ۰/۰۲ وات الی ۱۵ وات ساخته شد. اما هنوز این ظرفیت برای کاربردهای فنی و صنعتی مورد نظر،

کافی و قابل قبول نبود. تا اینکه در سال ۱۹۶۵ یک واحد پیل سوختی با ظرفیت یک کیلووات توسط شرکت جنرال الکتریک به منظور

استفاده در ماهواره گمینی ۵، ساخته شد و توجه دانشمندان را به خود جلب نمود. این پیل سوختی با ولتاژ ۲۵ ولت و شدت جریان خروجی A

۴۰ آمپر توانست در طول ۷ پرتاب ماهواره گمینی ۵، انرژی برابر با ۵۱۹ کیلووات ساعت طی بیش از ۸۴۰ ساعت پرواز را تأمین کند. بدین

ترتیب معلوم گردید که پیل‌های سوختی می‌توانند برای بسیاری از مقاصد هوا - فضا مناسب بوده و انرژی مورد نیاز آنها را به صورت

پیوسته و پایدار تأمین کنند. این امر موجب گردید تا در سراسر جهان روی توسعه دانش فنی و تکنولوژی ساخت پیل‌های سوختی

سرمایه‌گذاری‌های بزرگی صورت گیرد. امروزه نیز تحقیقات وسیعی در جهت ارتقاء ظرفیت، کاهش هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری و

توسعه ویژگی‌های کاربردی پیل‌های سوختی در جریان می‌باشد. از آنجایی که برق خروجی از پیل‌های سوختی جریان مستقیم (DC) است.

برای مصرف‌کننده‌های جریان متناوب از مبدل‌های DC به AC استفاده می‌کنند. از پیل‌های سوختی می‌توان برای تأمین انرژی الکتریکی مورد

نیاز در مناطقی که دور از شبکه‌های سراسری انتقال و توزیع برق هستند و نیز در ایستگاه‌های ماهواره‌ای و مخابراتی و غیره نیز به‌طور

رضایت‌بخشی استفاده نمود. ۲-۳- نحوه عملکرد پیل سوختی

هدف از ساخت پیل سوختی تولید جریان برق در امر تصفیه فاضلاب به گونه‌ای است که مثلاً بتوان یک موتور الکتریکی را راه‌اندازی و یا

چراغی روشن کرد. به دلیل ماهیت عملکردی الکتریسیته، جریان تولیدی در پیل سوختی در نهایت به آن باز می‌گردد تا یک مدار را کامل

کند. در واقع، این واکنش‌های شیمیایی هستند که جریان را تولید می‌کنند و اصل عملکرد پیل سوختی را شکل می‌دهند.

انواع مختلفی پیل سوختی وجود دارد که تا حدی متفاوت از یکدیگر عمل می‌کنند، اما به طور کلی، اتم‌های هیدروژن به آند پیل وارد و در

آنجا در یک واکنش شیمیایی یونیزه شده و دارای بار مثبت می‌شوند. جریان الکترون‌های جدا شده از هیدروژن، جریان داخل سیم را شکل

می‌دهد. اگر جریان متناوب (AC) نیاز باشد، جریان مستقیم خروجی از پیل وارد دستگاه به نام اینورتر می‌شود تا به جریان متناوب مطلوب

تبدیل شود.

در پیل سوختی، اکسیژن به کاتد وارد شده و در بعضی انواع پیل سوختی در آنجا با الکترون‌هایی که از مدار بر می‌گردند و یون‌های

هیدروژن که از طریق الکترولیت از آند عبور کرده‌اند، واکنش می‌دهد. در انواع دیگر، اکسیژن به همراه الکترون‌ها از الکترولیت گذشته و در

آند با یون هیدروژن واکنش می‌دهد. ترکیب هیدروژن و اکسیژن چه در آند اتفاق بیفتد و چه در کاتد، ماحصل آن آب خواهد بود که از پیل

خارج می‌شود. می‌توان گفت تا وقتی که ورودی اکسیژن و هیدروژن پیل تأمین شود، برق نیز تولید خواهد شد.

مزیت دیگر پیل سوختی در مقایسه با دیگر منابع این است که پیل سوختی به صورت شیمیایی برق تولید می‌کند و نه با واکنش احتراق؛

بنابراین محدودیت‌های قوانین ترمودینامیکی مانند محدودیت کارنو را ندارد و در نتیجه، پیل سوختی در استخراج انرژی از یک سوخت،

بهینه‌تر و کارآمدتر عمل می‌کند. علاوه بر این، حرارت اتلافی پیل را نیز می‌توان کنترل و از آن برای افزایش کارایی سیستم استفاده کرد.

الکترولیت نقشی کلیدی در پیل سوختی ایفا می‌کند، زیرا باید به یون‌های مشخصی اجازه عبور بین کاتد و آند را بدهد. اگر الکترون‌های

آزاد یا ذرات دیگر بتوانند از الکترولیت عبور کنند، واکنش شیمیایی را دچار اختلال خواهند کرد. محققان و مخترعان برای دستیابی به

کارآمدی بیشتر، مدل‌های مختلفی از پیل را طراحی کرده‌اند که جزئیات فنی هر کدام متفاوت از دیگری است. در ساخت پیل، مسئله‌ای که

بیشترین محدودیت را برای سازندگان ایجاد می‌کند، انتخاب الکترولیت است. بعضی از پیل‌ها به هیدروژن خالص نیاز دارند، بنابراین به

دستگاه‌ها یا قطعات اضافه‌ای نیز برای خالص کردن سوخت احتیاج خواهند داشت، مانند تبدیلگر (Reformer) یا بهساز سوخت.

. امروزه انواع الکترولیت‌های متداول عبارتند از: آلكالی، كربنات مذاب، اسید فسفریک، غشاء تبادل پروتون (PEM) و اكسید جامد پیل‌های

سوختی براساس نوع الکترولیت استفاده شده در آنها به شش نوع اصلی طبقه‌بندی می‌شوند. سه نوع اول الکترولیت مایع دارند و سه

مدل آخر الکترولیت جامد

۴-۲- انواع مختلف پیل‌های سوختی

پیل سوختی الكالی (قلیایی)(AFC)

پیل سوختی كربنات مذاب(MCFC)

پیل سوختی اسید فسفوریك(PAFC)

پیل سوختی الکترولیت پلیمر (PEMFC)

پیل سوختی اكسید جامد(SOFC)

پیل سوختی میکروبی(MFC)

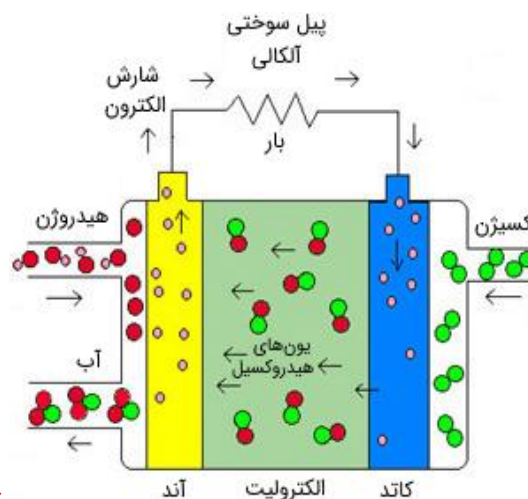
پیل سوختی الكالی (قلیایی)(AFC): در پیل سوختی آلكالی از اكسیژن و هیدروژن متراكم برای سوخت و از هیدروكسید پتاسیم (KOH) در

آب به عنوان الکترولیت استفاده می‌شود. بازده آن تقریباً ۷۰ درصد و دمای کاری اش ۱۵۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد است. همچنین، توان

خروجی این نوع پیل سوختی در بازه ۳۰۰ وات تا ۵ کیلووات است. از این نوع پیل در فضاییمای آپولو برای تأمین برق و آب آشامیدنی

همزمان با آن استفاده شد. این نوع از پیل به هیدروژن خالص نیاز دارد، الکترودهای آن از جنس پلاتین و گران قیمت و مانند هر مخزن

سیال دیگری امکان نشتی دارد.



تصویر ۱-۱- پیل سوختی آلکالی

پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC): پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC) از ترکیبات نمک مانند سدیم یا منیزیم در دمای بالا به عنوان

الکترولیت استفاده می‌کند. بازده آن از ۶۰ تا ۸۰ درصد متغیر است و دمای کاری آن در حدود ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد است. تاکنون

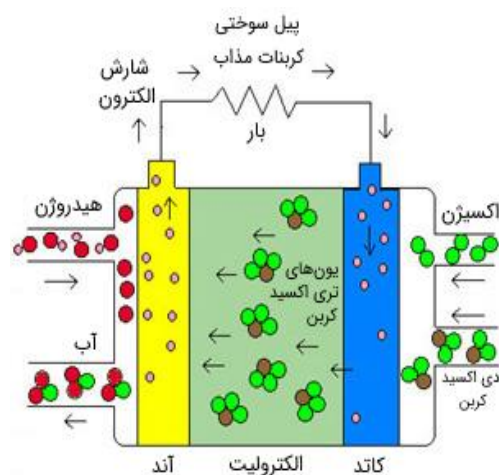
واحدهایی از این نوع با ظرفیت بیش از ۲ مگاوات ساخته شده‌اند و طراحی واحدهایی با ظرفیت ۱۰۰ مگاوات نیز موجود است. دمای

بالای کاری در این پیل‌ها، آسیب ناشی از مونوکسید کربن را محدود می‌کند و همچنین گرمای اتلافی می‌تواند برای تولید برق بیشتر بازیابی

شود. الکترود-کاتالیست‌های این نوع پیل سوختی که از جنس نیکل است، به نسبت الکترودهای پلاتینی نوع قبلی، قیمت بالایی ندارد؛ اما

دمای کاری بالا، انتخاب مواد الکترود و کاربردهای ایمن آن را محدود می‌کند (به طور مثال، این دمای کاری برای استفاده‌های خانگی بسیار

بالا و غیرایمن است



۱-۲- تصویر پیل سوختی کربنات مذاب

پیل سوختی اسید فسفوریک (PAFC): پیل سوختی اسید فسفوریک (PAFC) نیز به طریق مشابه از اسید فسفوریک به عنوان الکترولیت

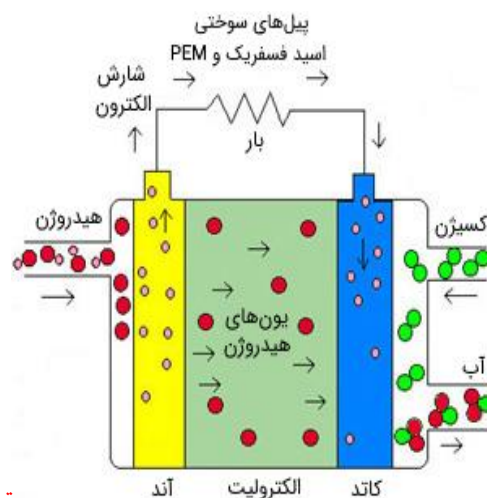
استفاده می‌کند. بازدهی این نوع پیل در حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد بوده و دمای کاری آن بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد است. توان پیل‌های

سوختی موجود از این نوع تا ۲۰۰ کیلووات است، اما توان واحدهایی تا ۱۱ مگاوات نیز آزمایش شده است. پیل‌های سوختی اسید

فسفوریک غلظت کربن مونوکسید را تا ۱٫۵ درصد می‌پذیرند که این باعث می‌شود گستره انتخاب سوخت برای آن گسترده‌تر باشد. با این

حال، اگر گازوئیل به عنوان سوخت مورد استفاده قرار گیرد، باید سولفور آن زدوده شود. این نوع پیل به الکتروکاتالیست پلاتینی نیاز

دارد و علاوه بر آن، قطعات داخلی نیز باید نسبت به محیط اسیدی خورنده مقاوم باشند .



تصویر ۳-۱- پیل سوختی اسید فسفریک

پیل سوختی الکترولیت پلیمر یا غشاء مبادله‌کننده پروتون (PEMFC): پیل سوختی با غشاء تبادل پروتون (PEM) با الکترولیت پلیمری کار

می‌کند که در قالب یک صفحه نازک و نفوذپذیر درآمده است. بازده آن ۴۰ تا ۵۰ درصد، دمای کاری‌اش حدود ۸۰ درجه سانتی‌گراد و توان

خروجی آن معمولاً بین ۵۰ تا ۲۵۰ کیلووات است. الکترولیت جامد و انعطاف‌پذیر این سلول‌ها نشتی نداشته و ترک نمی‌خورد. گرچه دمای

پایین کاری، پیل‌های PEM را برای کاربردهای خانگی و درون خودرو مناسب کرده است، اما سوخت آن‌ها باید تصفیه و خالص شده و دو

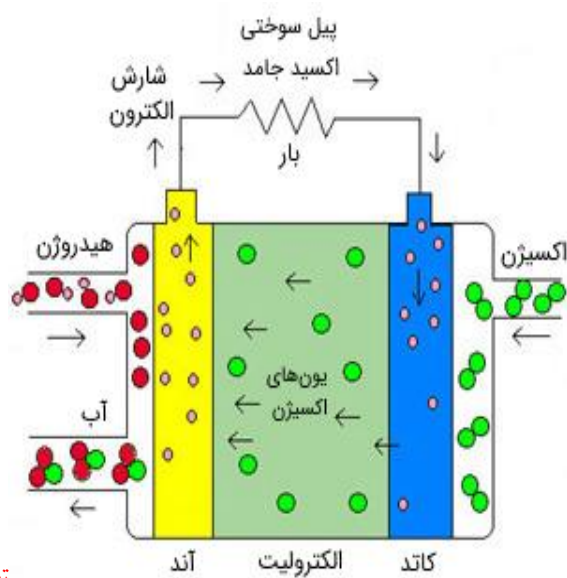
الکتروکاتالیزور پلاتینی در هر دو طرف غشاء قرار گیرد که خود، هزینه ساخت آن را افزایش می‌دهد.

پیل‌های اکسید جامد (SOFC) از نوعی اکسید فلز به عنوان الکترولیت بهره می‌برند که ترکیبی سرامیکی و سخت است. بازده این پیل‌ها در

حدود ۶۰ درصد و دمای کاری آن‌ها تقریباً ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد است که این دمای بالا کاربری آن‌ها را محدود می‌کند. خروجی این

پیل‌ها تا ۱۰۰ کیلووات گزارش شده است. در چنین دمای بالایی به تبدیل گر یا بهساز برای جداسازی هیدروژن نیازی نیست و گرمای

اتلافی نیز می‌تواند برای تولید برق بیشتر بازبایی و استفاده شود.



تصویر ۴-۱- پیل‌های اکسید جامد

۱-۳- پیل سوختی میکروبی

یکی دیگر از انواع پیل سوختی، نوع میکروبی آن است. این نوع پیل یک مخزن ذخیره باکتری دارد که با تجزیه قند (MFC) یا سایر مواد

ارگانیکی و حتی فاضلاب توسط باکتری‌ها برق تولید می‌کند. نکته مهم در این نوع پیل، تأمین مواد ارگانیکی به روشی قابل اطمینان است،

زیرا در صورت عدم رسیدن به موقع غذا، باکتری‌ها از بین می‌روند.

پیل‌های سوختی میکروبی قادر هستند از خاصیت کاتابولیکی میکروب‌ها برای تولید الکتریسیته از مواد متنوعی مانند ضایعات پیچیده آلی و

توده زیستی تجدید پذیر استفاده کنند. این موضوع مزیت مهمی برای پیل سوختی میکروبی در مقایسه با دیگر انواع پیل سوختی شیمیایی

می‌باشد، زیرا انواع دیگر پیل سوختی باید از سوخت‌های خالص (مانند هیدروژن) استفاده کنند ولی در پیل سوختی میکروبی ضایعات و

پساب‌ها بهترین انتخاب به عنوان سوخت پیل به حساب می‌آیند.

یک پیل سوختی میکروبی یک نوع بیوراکتور خاص است که در آن الکترون‌های فرآیند شده در طی فعالیت متابولیکی میکروبی جدا شده و

برای تولید نیروی الکتریکی مفید مورد استفاده قرار می‌گیرند. تحت شرایط معمولی رشد هوازی، میکروب‌های کموتروف ترکیبات شیمیایی

را اکسید کرده و الکترون آن را به مولکول‌های واسط حامل الکترون انتقال می‌دهند، سپس مولکول‌های واسط، الکترون را به سیستم انتقال

الکترون رسانده و در نهایت الکترون به دریافت کننده نهایی الکترون یعنی اکسیژن می‌رسد. میکروب‌ها در مخزن آند رشد کرده که در آن

ترکیبات دهنده الکترون اکسید می‌شوند و در آن به جای اینکه الکترون به اکسیژن یا دیگر گیرنده‌های خارجی الکترون انتقال داده شود به

آند وارد می‌گردد. الکترون سپس از آند از طریق یک مدار که شامل یک بار مقاومتی خارجی است عبور می‌کند و به کاتد وارد می‌شود و از

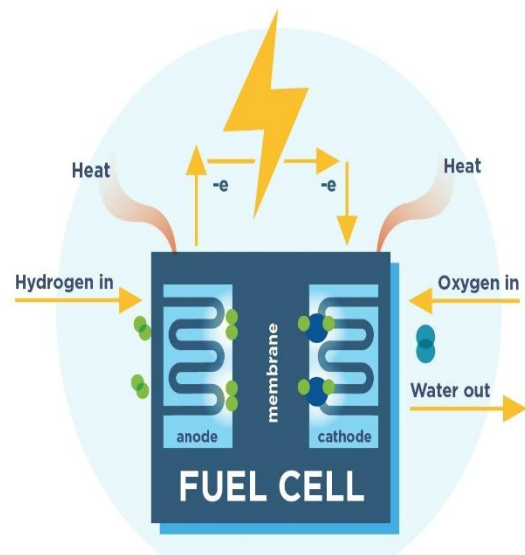
کاتد نیز به گیرنده نهایی الکترون که در مخزن کاتد قرار دارد می‌رسد. مخزن آند از مخزن کاتد توسط یک غشاء انتقال پروتون یا غشاء

انتقال کاتیون جدا شده است. پروتون از مخزن آند بوسیله این غشا به مخزن کاتد وارد شده و در نهایت به اکسیژن می‌رسد تا با هیدروژن

ترکیب شده و آب تولید کند. با منحرف کردن جریان انتقال الکترون از سیستم تنفسی به الکترودها، پیل سوختی میکروبی انرژی شیمیایی

را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. همچنین طراحی‌های محیط زیستی این سیستم شامل استفاده از آند جایگذاری شده در رسوبات

بی‌هوازی و قرار دادن کاتد در لایه هوازی می‌باشد.



تصویر ۶-۱- اساس بیوشیمیایی پیل سوختی میکروبی

پیل های سوختی میکروبی یک فن آوری جدید برای تولید انرژی های جایگزین و پایدار است که در آن با استفاده از باکتری های خاص به عنوان کاتالیزور برای تولید الکترون های آزاد، از فاضلاب جریان الکتریکی تولید می شود. پیل سوختی میکروبی چشم اندازی جذاب و امید بخش در ساخت پالایشگاه های زیستی ترسیم آن ها با بهره گیری از باکتری های کشف شده، از می کند که در ضایعات و پسماندهای آلی، برق تولید می شود. اهمیت این فن آوری عدم تولید گازهای گلخانه ای و همچنین استفاده از منابع آلی تجدید پذیر و در نتیجه نامحدود بودن آن است. انرژی شیمیایی نهفته در این ترکیبات در مقایسه با سایر روش های تبدیل انرژی ها از جمله تولید اتانول و هیدروژن هیدروکربن شیمیایی موجود در که به لحاظ تکنیکی و اقتصادی با مسائل بیشماری روبرو است، روشی مناسبی برای تبدیل مستقیم به انرژی الکتریکی محسوب

می‌شود و لذا بدون هیچ احتراق و تولید آلاینده و با راندمانی بالا برق تولید می‌شود^۲ اساس بیوشیمیایی پیل سوختی

میکروبی معادله کلی اکسیداسیون هوازی یک ترکیب آلی بدون در نظر گرفتن رشد سلولی بصورت زیر است:



در یک پیل سوختی این فرآیندها بصورت فیزیکی جدا می‌شوند. رشد میکروب‌ها در آند اتفاق می‌افتد و در کاتد اکسیژن پذیرنده نهایی

الکترون است. پروتون تولید شده بوسیله اکسیداسیون گلوکز از غشاء انتقال دهنده پروتون عبور کرده و به مخزن کاتد وارد می‌شود. از آنجایی

که سیستم انتقال الکترون میکروب‌ها مدار بندی شده است نیروی محرکه پروتون که تولید ATP را انجام می‌دهد ایجاد نمی‌گردد. بنابراین

بازدهی ATP برای رشد میکروبی در آند کم می‌باشد. بازدهی ATP کم موجب بازدهی کم توده زیستی شده که در رشد بی‌هوازی معمولاً

دیده می‌شود. اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که مسیر متابولیکی رشد باکتریایی در پیل سوختی میکروبی مابین شرایط هوازی و بی‌هوازی

می‌باشد.

۲-۳- پیل‌های سوختی میکروبی برای تصفیه ی فاضلاب‌ها

میزان بالای انرژی مورد نیاز در روش معمولی تصفیه ی فاضلاب، یک تکنولوژی تصفیه ی که انرژی کمتر همراه با عملکرد بهتر را داراست

مطالبه کرده است. پیل‌های سوختی میکروبی که به عنوان بیو سنسور استفاده می‌شوند اگر برای تصفیه ی فاضلاب‌ها مورد استفاده قرار

گیرند قادر به تامین انرژی پاک علاوه بر تصفیه ی موثر فاضلاب‌ها خواهند بود. پیل‌های سوختی میکروبی می‌توانند برای مشکلاتی که

روش های سنتی تصفیه ی فاضلاب ها با آن مواجه هستند جوابی فراهم کنند آنها قادر به بازیافت انرژی هستند در صورتیکه ورودی و تولید

لجن را محدود می کنند.

۹ فایده اصلی استفاده از این پیل ها به جای سیستم های معمول جهت تصفیه پساب ها عبارتند از:

(۱) تولید الکتریسیته،

(۲) عدم نیاز به هوادهی برای سیستم های هوا-کاتد

(۳) کاهش لجن تولیدی در مقایسه با سیستم های هوازی

(۴) عاملی برای کنترل بو

(۵) عملکرد در دمای معمولی

(۶) درصد تبدیل بالا

(۷) بدون نیاز به هیچ فرآیند تصفیه گاز

(۸) بدون نیاز با انرژی ورودی

(۹) قابلیت اجرا در هر مکان

۴- نتیجه گیری

تکنولوژی پیل سوختی میکروبی یک فناوری نوپا است که جنبه های ناشناخته بسیاری دارد. این سیستم هنوز در مقیاس صنعتی و بزرگ

نصب نشده است. با این وجود پیش بینی می شود سیستم کارآمدی به منظور تصفیه ی پساب باشد، چراکه می تواند بخشی از برق مورد نیاز

سیستم های تصفیه ی پساب را تأمین کند. مصرف برق سیستم های تصفیه آب و پساب بسیار بالاست است تا آنجایی که امروزه در ایالت

متحده در حدود ۲٪ از کل برق مصرفی، صرف سیستمهای آب و پساب می شود. از همین رو بایستی پارامترهای موثر در کارایی این سیستم

را شناخت، در حال حاضر رفتار میکروارگانیسم ها و واسطه های آن به مقدار زیادی ناشناخته مانده است.

مشاهده شده است که با چندین مانع مواجهیم همچون:

احتیاج به بکار بردن کاتد های پایدار

وجود مواد آلی مخصوص فاضلاب ها

برداشت مواد مغذی باقی مانده.

ترکیب تصفیه ی فاضلاب ها با تولید برق می تواند به جبران هزینه های تصفیه ی فاضلاب کمک کند و آن را به صرفه تر می کند. با افزایش

نیاز بشر به سوخت های با آلودگی و هزینه کمتر، مطالعات در زمینه افزایش دامنه کاربرد پیل های سوختی، بیشتر شده است. یکی از انواع

پیل های سوختی، پیل سوختی میکروبی است که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از باکتری ها به عنوان سوبسترای پیل

سوختی، میتوان پساب ها و فاضلاب ها را به انرژی الکتریکی تبدیل کرد، که این امر باعث کاهش هزینه های سالیانه تصفیه پساب ها در

بسیاری از کشورها شده است. به طوریکه در بسیاری از کشورها به طور تقریب ۳۳ بیلیون گالن از آبهای باطله کارخانه ها و پساب ها را از

بین میبردند. اما امروزه با استفاده از این تکنولوژی پیشرفته توانسته اند، از این پساب ها به نحو احسن استفاده کنند.

منابع

فهرست منابع فارسی

۱- تصفیه پساب حاوی سولفید با استفاده از تکنولوژی جدید پیل سوختی میکروبی و تولید انرژی پاک بصورت همزمان ۱، فرید

طالب نیا ۲، سید کریم حسینی نژاد * ۱، حسین امانی ۱، غالمرضا باکری ۱ - گروه بیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی شیمی-دانشگاه

صنعتی نوشیروانی بابل ۲ - گروه شیمی، دانشکده علوم پایه-دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل.

۲-، تعیین میکرو ارگانیسم ها و همچنین محیط های کشت مناسب جهت استفاده در پیل های سوختی میکروبیولوژیکی به عنوان منبع

پاک انرژی، ششمین همایش ملی بیوتکنولوژیکی جمهوری اسلامی ایران، مرداد ۱۳۸۸ مختاریان نادر، رحیم نژاد مصطفی، نجف پور

قاسم، قریشی سیدعلی اصغر

۳-مروری بر عملکرد پیل های سوختی میکروبی و کاربرد آن در تصفیه فاضلاب محسن قربانی^{۱*}، لاله اسماعیل پور^۲، شایان شهره^۲

، شبیم لطفی^۲، لیدا رحمان زاده^۲، محمد حسن سیفی

فهرست منابع لاتین

Aelterman P, Rabaey K, Pham HT, Boon N, Verstraete W. Continuous electricity generation at high voltages and currents using stacked microbial fuel cells. Environ Sci Technol ۲۰۰۶;۴۰:۳۳۸۸-۹۴.

Allen RM, Bennetto HP. Microbial fuel-cells: electricity production from carbohydrates. Appl Biochem Biotechnol ۱۹۹۳;۳۹/۴۰:۲۷-۴۰.

Andrea E., Manana M., Ortiz A., Renedo C., Eguiluz L.I., Perez S., Delgado F., A simplified electrical model of small PEM fuel cell, Department of electrical engineering, E.T.S.I.I.T. University of Cantabria, Spain, ۲۰۰۶.

Angenent LT, Karim K, Al-Dahhan MH, Wrenn BA, Domínguez-Espinosa R. Production of bioenergy and biochemicals from industrial and agricultural wastewater. *Trends Biotechnol* 2008;26:177–85.

Appleby AJ, Fouldes FR. Fuel cell handbook. New York: Van Nostrand Reinhold; 1989.

B.E. Conway, in *physical Chemistry, an advanced Treatise*, Vol. 11A, H. Eyring, ed., Academic Press New York, 1970.

Back JH, Kim MS, Cho H, Chang IS, Lee J, Kim KS, et al. Construction of bacterial artificial chromosome library from electrochemical microorganisms. *FEMS Microbiol Lett* 2008;238:65–70.

Bennetto HP, Dew ME, Stirling JL, Tanaka K (1981) Rates of reduction of phenothiazine ‘redox’ dyes by *E. coli*. *Chem Ind* 5: 776–778

Bennetto HP. Microbial fuel cells. *Life Chem Rep* 1988;2:363–403.

Bergel A, Feron D, Mollica A. Catalysis of oxygen reduction in PEM fuel cell by seawater biofilm. *Electrochem Commun* 2005;6:900–4.

Beun JJ, Van Loosdrecht MCM, Heijnen JJ (2001) N-removal in a granular sludge sequencing batch airlift reactor. *Biotechnol Bioeng* 70(1):82–92

Bond DR, Holmes DE, Tender LM, Lovley DR. Electrode-reducing microorganisms that harvest energy from marine sediments. *Science* 2002;295:483–5.

Bond DR, Lovley DR. Electricity production by *Geobacter sulfurreducens* attached to electrodes. *Appl Environ Microbiol* 2003;69:1048–55.

Bullen RA, Arnot TC, Lakeman JB, Walsh FC. Biofuel cells and their development. *Biosens Bioelectron* 2006;21:2010–40.

Bullen RA, Arnot TC, Lakemanc JB, Walsh FC (۲۰۰۵) Biofuel cells and their development. Biosens Bioelectron

۲۱(۱۱):۲۰۱۵-۲۰۴۵



سمینار علمی دانش آموزی دانش

عنوان پروژه:

طراحی و ساخت دستگاه تصفیه آب کارواش با روشی نوین

اساتید راهنما:

سرکار خانم مهسا امین صالحی و سرکار خانم مرضیه آزادفلاح

پژوهشگر:

ملیکا گرام^۱

دیرستان امید یکتا

سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۳۹۹



تقدیم به...

والدین عزیزان،

که راه پرافتخار کسب علم و معرفت را پیش پایمان نهادند.

استادان کرامی،

خانم مرضیه آزادفلاح و سرکار خانم مهسا این صاحبی که امر سرپرستی این پروژه را به عهده

داشتند و بادل سوزی بی ادعا و نگاه علمی خود ما را در انجام این طرح یاری نمودند.

فهرست مطالب

چکیده طرح **Error! Bookmark not defined.**

مقدمه **Error! Bookmark not defined.**

کاهش و آلودگی منابع آبهای زیرزمینی [۲](#)

فرآیند پراکسی الکتروکواگولاسیون [۴](#)

کاربرد روشهای اکسیداسیون پیشرفته [۵](#)

اکسیداسیون پیشرفته به روش واکنش فنتون [۵](#)

پیشینه طرح [۶](#)

مواد لازم و مصرفی **Error! Bookmark not defined.**

روش ساخت **Error! Bookmark not defined.**

بحث و نتایج [۱۱](#)

نتیجه گیری [۱۳](#)

پیشنهادهای [۱۳](#)

منابع و مآخذ [۱۴](#)

فهرست جداول

- جدول ۱: شاخص‌های اصلی منابع آب در ایران ۱
- جدول ۲: وضعیت شاخص بحران آب در مناطق مختلف آن در سال ۲۰۱۱ ۴
- جدول ۳: کیفیت پساب ورودی ۱۲
- جدول ۴: کیفیت آب خروجی ۱۲

فهرست اشکال

- شکل ۱: ته نشین شدن ذرات بزرگ آب در سپتیک ۷
- شکل ۲: فیلترهای سیلیس، رزین و کربن ۷
- شکل ۳: فیلتر میکرونی ۷
- شکل ۴: فیلتر میکرونی ۷
- شکل ۵: تحت فشار قرار گرفتن توسط پمپ ۷
- شکل ۶: مخزن ۷
- شکل ۷: لحیم کردن سیم ها به پمپ های R۳۸۵ ۹
- شکل ۸: پمپ های R۳۸۵ و آداپتور ۱۲ ولت ۹
- شکل ۹: پمپ و آداپتور ۲۴ ولت ۱۰
- شکل ۱۰: فیلترهای ۵ و ۰/۲ میکرونی ۱۰
- شکل ۱۱: فیلتر جاذب ذرات بزرگ و کربن اکتیو ۱۰
- شکل ۱۲: مخزن ۱۰
- شکل ۱۳: تهیه ۳/۱۹ اکسید آهن سه ظرفیتی ۱۰
- شکل ۱۴: ریختن محلول در فیلتر الکتروفتون ۱۰
- شکل ۱۵: تصویر نهایی دستگاه ۱۱
- شکل ۱۶: کیفیت پساب ورودی ۱۲

فهرست نمودار

نمودار ۱: نمودار تغییرات سرانه آب تجدیدپذیر و جمعیت کشور در صد سال اخیر.....۳

چکیده

این روزها کمبود آب به موضوع روز تبدیل شده و تمام نهادها به خصوص آب و فاضلاب در تلاش برای اطلاع رسانی در خصوص صرفه جویی از این مایع حیاتی هستند. کارواش یکی از صنایعی است که میزان بسیار زیادی آب مصرف کرده و میزان آب اتلافی آن بسیار بالاست. نقطه نظر حفاظت از محیط زیست و بهره برداری موثر از منابع آب استفاده مجدد از آب کارواش از جمله موارد مهم در سراسر جهان است البته تا کنون روش های موجود بسیار پرهزینه بوده و صرفه ی اقتصادی نداشته اند. هم اکنون ۹۰٪ کارواش ها فاقد دستگاه تصفیه فاضلاب کارواش هستند. همچنین فاضلاب کارواش ها ماهیتی شیمیایی داشته و نمی توان برای تصفیه فاضلاب آن ها از روش های بیولوژیکی استفاده نمود. بدین منظور با هدف پیشگیری از مشکلات و کم شدن آن ها، در این پروژه سیستمی طراحی و ساخته شد که با استفاده از فیلتر جاذب ذرات بزرگ، فیلتر ذغال اکتیو، فیلترهای ۵ و ۲ میکرونی، و فیلتر الکتروفتون فعالیت کرده و به صورت بهینه و هدفمند آب کارواش را تصفیه کرده و به آب مورد استفاده مجدد در کارواش ها و یا مناسب برای مصارف کشاورزی و آبیاری تبدیل می کند. در این سیستم برای تصفیه آب کارواش که حاوی میزان قابل توجهی روغن، گریس، چربی و انواع دترجنت هاست، فرآیند پراکسی الکتروکواگولاسیون با استفاده از الکتروکد آلومینیومی صورت می گیرد. تصفیه فاضلاب کارواش ها ناشی از این

صنعت با کمترین هزینه و صرف کمینه انرژی صورت گرفته و کمک بزرگی بر حفظ و مصرف دوباره منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی

کشور نموده و میزان آب اتلافی کارواش‌ها را به حداقل خود می‌رساند.

کلمات کلیدی: بحران آب – تصفیه – فاضلاب کارواش – الکتروکواگولاسیون

۱- مقدمه

از مجموع کل آب های جهان، ۹۷/۶ درصد آن را آب شور دریاها و اقیانوس ها تشکیل می دهد که به دلیل شوری در عمل قابل

استفاده نیستند. ذخایر آب شیرین تنها ۲/۶ درصد کل حجم ذخایر آب های سطح زمین را تشکیل می دهد که بخش بیشتر آن به

صورت یخ در قطب های کره زمین و یخچال های طبیعی و آب های زیرزمینی وجود دارد. به این ترتیب، از مجموع آب های کره

زمین تنها ۰/۱۴ درصد آن قابل استفاده بوده و در واقع، حیات آدمی وابسته به همین مقدار ناچیز آب است. ملاحظه می شود به

رغم اینکه بخش بیشتر سطح زمین را آب پوشانده، تنها بخش ناچیزی از آن برای بشر قابل استفاده بوده و در واقع، تمام

برنامه ریزی های بشر باید با توجه به این محدودیت ها صورت پذیرد.

سهم ایران از منابع آب شیرین نسبت به مناطق دیگر در سطح پایین تری قرار دارد. در حالی که یک درصد از جمعیت آن به ایران

اختصاص دارد، سهم آن از منابع آب شیرین تنها ۰/۳ درصد است. از مجموع ۳۹۷/۹ میلیارد متر مکعب بارندگی سالانه در کشور

۶۶ درصد آن پیش از رسیدن به رودخانه تبخیر می شود. کل منابع آب تجدید پذیر داخلی سالانه برابر ۱۲۸/۵ میلیارد متر مکعب

است و با احتساب ۹ میلیارد متر مکعب منابع آب تجدید پذیر خارجی، حجم سالانه منابع آب تجدید پذیر واقعی ۱۳۷/۵ میلیارد

متر مکعب برآورد می شود [۱].

جدول ۱: شاخص‌های اصلی منابع آب در ایران

مقدار	شاخص
۲۲۸ میلی متر	متوسط بلندمدت بارندگی سالانه (ارتفاع در واحد سطح)
۳۹۷/۹ میلیارد مترمکعب	متوسط بلندمدت حجم بارندگی سالانه
۱۲۸/۵ میلیارد مترمکعب	متوسط بلندمدت حجم منابع آب تجدیدپذیر داخلی
۹/۰ میلیارد مترمکعب	متوسط بلندمدت حجم منابع آب تجدیدپذیر خارجی
۱۳۷/۵ میلیارد مترمکعب	متوسط بلندمدت حجم منابع آب تجدیدپذیر واقعی
۶/۶ درصد	ضریب وابستگی منابع آب خارج از کشور

بهره‌برداری بی‌رویه و افت منابع آب‌های زیر زمینی در سال‌های اخیر افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، خسارت‌های

غیرقابل جبرانی بر منابع آب زیرزمینی کشور وارد کرده و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی باعث افزایش سفره‌های آب

شور و شور شدن منابع آب شیرین در نقاط مختلف کشور شده است. تداوم افت بارندگی در کشور در مقایسه با روند بلندمدت

و بهره برداری نادرست از منابع آب کشور سبب شده است که در چند دهه گذشته سطح آب سفره‌های زیرزمینی کشور حدود ۱۸

متر کاهش یابد[۲].

کاهش و آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی

بحران آب در بسیاری از شهرهای ایران به مرحله هشدار رسیده است. تهران با جمعیت هشت و نیم میلیونی، دو برابر مصرف

سرانه آب را نسبت به استانداردهای جهانی دارد. با وجود اینکه ۷۰ درصد از ذخایر آبی شهر تهران از منابع سطحی تامین می‌شود

اما در فصول گرم و سال‌های کم باران ۵۰٪ آب این شهر از منابع زیرزمینی تامین می‌شود. این در حالی است که مصرف بیش از

اندازه منابع زیر زمینی و کم شدن آب این ذخایر، خطر آلودگی این آب‌ها را افزایش می‌دهد. سهم سرانه آب در شهر تهران به ۳۵۰

متر مکعب در سال رسیده است و همین موضوع باعث شده تا کمبود آب آشامیدنی در این شهر از وضعیت بحران عبور کند[۳].

سالانه بیشتر از ۴۰۰ هزار مترمکعب آب آشامیدنی تهران در مراکز شست و شوی خودرو مصرف می‌شود، و این فاجعه در حال است

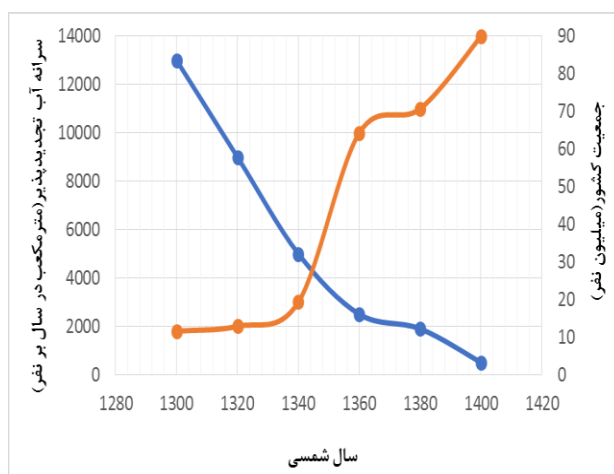
که هر سال سخت تر با بحران کم آبی و خشکسالی رو به رو هستیم، تلخی ماجرا از جایی گزنده می‌شود که از بین ۳۲۰ کارواش

موجود در کلان‌شهری مانند تهران، ۱۰ درصد از آب شرب شهری استفاده می‌کنند؛ یعنی در خوشبینانه‌ترین حالت ۳۲ کارواش

در سطح تهران میلیون‌ها لیتر آب شرب را حرام شستن خودروهای ما می‌کنند. با احتساب این که هر کارواش به طور میانگین بین

۲۰ تا ۵۰ مترمکعب آب در روز مصرف می‌کند، بیش از ۴۰۰ هزار مترمکعب در سال آب شرب به چاه های تهران ریخته می‌شود.

این اعداد نگران‌کننده در حالی اعلام می‌شوند که ۱۵۰ واحد کارواش هم در شرف تأسیس هستند.



نمودار ۱: نمودار تغییرات سرانه آب تجدیدپذیر و جمعیت کشور در صد سال اخیر

هزینه تصفیه هر مترمکعب آب هزار و ۲۰۰ تومان اعلام شده است و به این معناست که دولت برای تصفیه این ۴۰۰ هزار مترمکعب

آب شرب، بیش از ۴۸۳ میلیون تومان هزینه می‌کند. هر کارواش بین ۲۰ تا ۵۰ مترمکعب در روز آب مصرف می‌کند؛ به عبارت

دیگر مصرف آب کارواش‌ها بین نیم تا یک لیتر بر ثانیه اعلام شده است. میانگین این اعداد ۳۵ مترمکعب در روز است که یک

ضرب و تقسیم ساده به ما نشان می‌دهد که هر کارواش به‌طور میانگین در یک ماه هزار و ۵۰ مترمکعب و در یک سال ۱۲ هزار و

۶۰۰ مترمکعب آب مصرف می‌کند. با توجه به این‌که آب و فاضلاب تهران معتقد است تنها ۱۰ درصد کارواش‌ها آب شرب مصرف

می‌کنند، روی کاغذ حداقل ۴۰۰ هزار مترمکعب آب شرب سالیانه برای شست‌وشوی خودروها دور ریخته می‌شود[۴].

جدول ۲: وضعیت شاخص بحران آب در مناطق مختلف آن در سال ۲۰۱۱

منطقه	میزان بارندگی	منابع شیرین		برداشت آب شیرین (درصدی از منابع تجدید پذیر داخلی)
		سهم از منابع آب شیرین جهان (درصد)	سرانه (متر مکعب)	
آفریقا	۶۷۸	۹/۳	۳۷۶۴	۵
آمریکا	۱۰۸۵	۴۵/۱	۲۰۲۷۲	۴
آسیا	۸۲۷	۲۸/۰	۲۸۱۶	۲۰
خاورمیانه	۲۱۷	۱/۱	۱۵۵۹	۵۵
ایران	۲۲۸	۰/۳	۱۷۱۸	۷۲/۳
اروپا	۵۷۷	۱۵/۵	۸۸۸۴	۵
اقیانوسیه	۵۸۶	۲/۱	۳۰۴۴۷	۲
جهان	۸۱۳	۱۰۰	۶۰۷۹	۹

فرآیند پراکسی الکتروکواگولاسیون

فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته براساس تولید رادیکال های آزاد و فعال به ویژه هیدروکسیل ($OH^\bullet$) قرار دارند که به دلیل

قدرت بالای اکسیداسیون بسیار مطرح بوده اند. این فرآیندها از بیشترین کارایی در حذف ترکیبات آلی به علت پتانسیل اکسیداسیون

بالا و غیرانتخابی بودن برخوردار است. از مهمترین واکنش های اکسیداسیون و کاهش که منجر به تولید رادیکال ($OH^\bullet$) می شود،

می‌توان به واکنش یون فرو با پراکسید هیدروژن اشاره نمود. فرآیند پراکسی الکتروکواگولاسیون نیز از این طریق تولید رادیکال‌های

هیدروکسیل می‌نماید. پراکسید هیدروژن از خارج به سیستم انعقاد الکتریکی در این روش افزوده می‌شود که در واکنش با آند

آهن واکنش فنتون در فرآیند اتفاق می‌افتد. فرآیند پراکسی الکتروکواگولاسیون مشابه فنتون عمل می‌نماید. آند قربانی آهن به عنوان

منبع Fe^{2+} در فرآیند پراکسی الکتروکواگولاسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد. Fe^{2+} ممکن است به طور مداوم در کاتد با توجه

به راه اندازی سلول الکترولیتی نیز احیا شود [۵-۸].

این فرآیند در تجزیه پساب‌های غیرقابل تجزیه بیولوژیکی و تبدیل آن‌ها به مواد قابل تجزیه در تصفیه به طور موثری عمل نموده

و به حذف فلزات سنگین، فسفر و غیرفعال سازی باکتری‌ها منجر می‌شود. قابلیت معدنی سازی، تولید پساب با سمیت کمتر،

سهولت تصفیه نهایی، راهبری و بهره برداری آسان تر موجب شده که این فرایند به راحتی در تصفیه آلاینده‌ها مورد استفاده قرار

گیرد. رادیکال هیدروکسیل عامل اصلی تخریب مواد آلی می‌باشد زیرا در گرفتن الکترون فعال است، سریع واکنش می‌دهد،

غیرانتخابی است و قادر است از تمام مواد آلی مرکب الکترون بگیرد [۷-۹].

کاربرد روش‌های اکسیداسیون پیشرفته

در حال حاضر از این تکنیک جهت تصفیه ترکیبات آلی تجزیه ناپذیر، مانند آفت کش ها، مواد رنگ آمیزی، مواد دارویی و ترکیبات

شیمیایی آلی استفاده می‌شود. همچنین از این روش جهت پیش تصفیه مواد آلی سمی استفاده شده است و بدین ترتیب اثرات منفی

مواد آلی سمی بر سیستم‌های تصفیه بیولوژیک کاهش یافته است. مکانیزم اصلی در فرآیند اکسیداسیون پیشرفته، تولید رادیکال‌های

آزاد واکنش پذیر است. رادیکال‌های هیدروکسیل ($OH^\bullet$) در تخریب ترکیبات آلی شیمیایی مؤثر هستند. این رادیکال‌ها الکترون

دوست هستند و به سرعت با نزدیکترین ترکیب آلی الکتروود دار وارد واکنش می‌شوند [۱۰-۱۲].

اکسیداسیون پیشرفته به روش واکنش فنتون

استفاده از پراکسید هیدروژن و نمک آهن می‌تواند بسیاری از مولکول‌های آلی را اکسید نماید. فرآیند فنتون جز روش‌های مرسوم

اکسیداسیون پیشرفته می‌باشد که مطالعات زیادی در زمینه آن صورت گرفته است. فنتون یکی از ساده‌ترین روش‌های اکسیداسیون

پیشرفته است و نیاز به هیچگونه دستگاه یا انرژی الکتریکی برای انجام واکنش ندارد. همچنین روش فنتون از کاتالیزور غیرسمی

آهن بهره می‌جوید و نیز باید توجه داشت که معرف آن یعنی پراکسید هیدروژن، به عنوان دوستدار محیط زیست محسوب می‌گردد.

این روش جزء روش‌های سازگار با نیازهای محیط زیست می‌باشد و به دلیل اجرا و بهره برداری آسان آن از جذبه‌ی بالایی برای

بکارگرفته شدن جهت تصفیه آب و فاضلاب برخوردار است [۸].

۱-۱- پیشنهاد طرح

طبق مطالعات کتاب خانه ای و میدانی هم اکنون در تصفیه آب تعداد بسیار محدودی از کارواش‌ها حدودا از ۴ تا ۵ دستگاه تصفیه

آب استفاده می‌شود. به طوری که در مرحله‌ی اول فاضلاب کارواش‌ها در سپتیک قرار گرفته و ذرات بزرگ آن ته نشین می‌شوند

(شکل ۱). در مرحله‌ی دوم آب به کپسول سیلیس ریخته می‌شود. اساس کار این فیلتر تصفیه فیزیکی با به دام انداختن ذرات معلق

در لایه‌های بستر فیلتر می‌باشد. آب از قسمت فوقانی دستگاه وارد و پس از عبور از لایه‌های بستر صافی و انجام فرآیند زلال

سازی، از قسمت زیرین فیلتر خارج می‌شود. پس از سیلیس به کپسول رزین ریخته شده و سختی و رسوبات آب گرفته می‌شود.

سپس آب از فیلتر رزین به فیلتر کربن ریخته و رنگ و بوی آن گرفته شده و آب گند زدایی می‌شود (شکل ۲). و در آخر آب

باهدف از بین بردن گل و لای و دیگر رسوبات تا سطح اندازه دانه میکرونی وارد فیلترهای میکرونی از جمله فیلتر ۵ میکرون شده

به طوری که آب با سطح ذرات کمتر از ۵ میکرون نهایتاً از فیلتر خارج شده (شکل ۳) (شکل ۴). سپس با استفاده از پمپ تحت

فشار قرار گرفته (شکل ۵) و در مخزن ذخیره شده و مورد استفاده‌ی مجدد قرار می‌گیرد (شکل ۶). البته این فیلترها و مواد داخل

آنها باید حداقل هر ۶ ماه یک بار عوض بشوند. در نتیجه تهیه و نگهداری این سیستم‌ها بسیار هزینه بر بوده و برای کارواش‌ها

مقرون به صرفه نیست. لذا همانطور که گفته شد ۹۰٪ از کارواش‌ها فاقد دستگاه تصفیه هستند.



شکل ۱: ته نشین شدن ذرات بزرگ آب در سپتیک



شکل ۲: فیلترهای سیلیس، رزین و کربن



شکل ۳: فیلتر میکرونی



شکل ۴: فیلتر میکرونی



شکل ۵: تحت فشار قرار گرفتن توسط پمپ



شکل ۶: مخزن

۱-۲- مواد لازم و مصرفی

سه پمپ R۳۸۵، سه کلید، آداپتور ۱۲ ولت، پمپ ۲۴ ولت، آداپتور ۲۴ ولت، فیلترهای ۵ و ۰/۲ میکرون، چوب پنبه پلاستیکی،

چسب آکواریوم، پیچ، مقداری سیم، یک سو کننده، دو عدد الکتروود، فیلتر جاذب ذرات بزرگ، کربن اکتیو، ظرف های پلاستیکی،

شلنگ، مخزن پلاستیکی، رابط پنوماتیک، شلنگ پنوماتیک، شیر آب، ۳/۱۹ گرم اکسید آهن سه ظرفیتی (هماتیت)، ۱۰۰ میلی لیتر

آب مقطر، چند قطره آب اکسیژنه با غلظت ۸۰۰ میلی گرم بر لیتر، قطره چکان، اره، مته، همزن مغناطیسی،

۳-۱- روش ساخت

در اولین مرحله پمپ های R۳۸۵ با استفاده از پیچ بر روی صفحه PVC وصل شد. پمپ آب ۲۴ ولت به همراه آداپتور ۲۴ ولت بر

روی صفحه PVC وصل شد. فیلترهای ۵ و ۰/۲ میکرونی با استفاده از اره به ارتفاع ظرف برش داده شدند و سپس ابتدا و انتهای

آنها توسط چوب پنبه پلاستیکی بسته شد. و درون ظرف های پلاستیکی قرار داده شدند و توسط چسب، درب آنها بسته شد. یکی

از چوب پنبه ها را با استفاده از مته به اندازه شلنگ سوراخ می کنیم. ظرف پلاستیکی را از کنار، دو سوراخ کرده و به سوراخ پایینی،

شلنگ ورودی آب و به سوراخ پایینی، شلنگ خروجی فیلتر الکتروفتون را متصل خواهیم کرد. یک سوپاپ یک طرفه (یک سو

کننده) را نیز برای وارد کردن مواد شیمیایی به فیلتر الکتروفتون بر روی درب ظرف قرار می دهیم. دو عدد الکتروود را به دیواره های

فیلتر الکتروفتون متصل کرده و آنها را به آداپتور ۱۲ ولت وصل می کنیم. یک فیلتر جاذب ذرات بزرگ را از کربن اکتیو پر کرده و

به ورودی شلنگ الکتروفتون وصل می کنیم. خروجی فیلترها را به سه پمپ R۳۸۵ متصل خواهیم کرد. برای هر پمپ یک کلید

خاموش و روشن به صورت سری با تغذیه ۱۲ ولت قرار می دهیم تا بتوانیم هر کدام را به شکل جداگانه کنترل کنیم. در مرحله ی

آخر یک ظرف بزرگ را برای ذخیره آب تصفیه قرار می‌دهیم و بر روی در آن یک رابط پنوماتیک جهت ورودی و یک شیر آب

به همراه شلنگ برای خروجی قرار می‌دهیم.

جهت فعالسازی فرآیند پراکسی کوآگولاسیون و تولید رادیکال هیدروکسیل با توجه به وزن مولکولی آهن محلول ۰/۲ مولار از

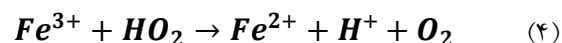
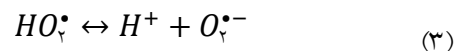
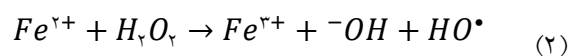
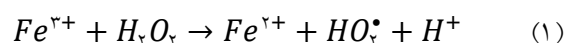
اکسید آهن سه ظرفیتی (هماتیت) تهیه شد که ۳/۱۹ گرم از اکسید آهن در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد، و روی همزن

مغناطیسی قرار گرفت تا به خوبی حل شود و محلول یکدست شود. سپس درون ظرف مورد نظر ریخته شد که در آن الکتروود قرار

دارد. و به جهت فعالسازی واکنش چند قطره آب اکسیژنه با غلظت ۸۰۰ میلی گرم بر لیتر به کاتد اضافه شد. درآخردستگاه روشن

شده و شروع به فعالیت می‌کند.

فرمول‌های حاصل از واکنش‌های شیمیایی دستگاه جهت تولید رادیکال‌های هیدروکسیل عبارت‌اند از:





شکل ۷: لحیم کردن سیم ها به پمپ های R۳۸۵



شکل ۸: پمپ های R۳۸۵ و آداپتور ۱۲ ولت



شکل ۹: پمپ و آداپتور ۲۴ ولت



شکل ۱۰: فیلترهای ۵ و ۰/۲ میکرونی



شکل ۱۱: فیلتر جاذب ذرات بزرگ و کربن اکتیو



شکل ۱۲: مخزن



شکل ۱۳: تهیه ۳/۱۹ اکسید آهن سه ظرفیتی



شکل ۱۴: ریختن محلول در فیلتر الکتروفتون



شکل ۱۵: تصویر نهایی دستگاه

۲- بحث و نتایج

امروزه اکثر محققان در تلاش هستند تا روش‌های مؤثر و درعین حال مناسب از لحاظ اقتصادی را به منظور تصفیه فاضلاب‌های

صنعتی ارائه دهند. کشور ایران به دلیل واقع شدن بخش‌های عمده‌ای از پهنه آن در مناطق جغرافیایی خشک و ویژگی‌های توپوگرافی

آن از یک‌سو و توزیع نامتوازن زمانی و مکانی بارندگی‌ها از سوی دیگر در مرز تنش آبی قرار گرفته است و لذا توجه به مدیریت

منابع آب در کشور جهت دستیابی به توسعه پایدار امری اجتناب ناپذیر است. بنابراین در کشورهایی مانند ایران که با کمبود منابع

آبی مواجه می‌باشند، توجه به تولید و حفظ منابع آبی از اهمیت بالایی برخوردار است، همچنین در چنین کشورهایی تصفیه آب

دارای اهمیت بسزایی است، اما سیستم های تصفیه آب موجود در بازار دارای محدودیت‌ها و مشکلاتی بوده که در نتیجه استفاده

از آنان را برای صناعی مانند کارواش ها محدود ساخته است. لذا با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان به این موضوع اشاره

نمود که در ارتباط با فاضلاب‌هایی که دارای مواد شیمیایی می‌باشند استفاده از فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته می‌تواند بسیار مفید

باشد و سبب می‌گردد که بار آلی کم و دارای قابلیت تجزیه بیولوژیکی بالا وارد سیستم‌های بیولوژیکی گردد که هم از لحاظ

راندمان و هم از لحاظ اقتصادی قابل توجه باشد. دانسیته جریان یکی از مهمترین پارامترهای موثر بر راندمان حذف در فرآیند

پراکسی الکتروکواگولاسیون محسوب می‌شود. کاربرد دانسیته جریان به افزایش مقدار پراکسید هیدروژن و تعداد رادیکال های

($OH^{\bullet}$) در محیط الکترولیت منجر می‌شود. افزایش دانسیته جریان به افزایش حذف آلاینده به علت افزایش شار منجر میشود.

می‌توان کاهش راندمان حذف را به تولید کمپلکس هیدروکسید فریک به علت تبدیل Fe^{2+} به Fe^{3+} نسبت داد. یعنی آهن سه

ظرفیتی به صورت ترتیب می‌یابد، از چرخه کاتالستی خارج می‌شود و از واکنش بین آهن سه ظرفیتی و پراکسید هیدروژن

جلوگیری می‌کند. بنابراین آهن دو ظرفیتی دوباره تولید می‌شود. علاوه بر این کاتالیز $Fe(OH)_3$ به کاهش ظرفیت اکسیداتیو به

علت تجزیه پراکسید هیدروژن به اکسیژن و آب منجر می‌شود.

7/8/2019

پایش زیست مینا

شرکت پایش زیست مینا

(آزمایشگاه همکار سازمان ملی استاندارد، سازمان محیط زیست و سازمان غذا و دارو)

دکتر فرهاد موسی خانی (D.V.M, Ph.D)

نام شرکت: نام شما گرم	نام درخواست کننده: نام شما گرم
تاریخ نمونه برداری: ۱۳۸۸/۱۲/۱۲	تاریخ دریافت نمونه: ۱۳۸۸/۱۲/۱۲
تاریخ ارسال گزارش: ۱۳۸۸/۱۲/۱۲	نام و نام خانوادگی:
نام و نام خانوادگی:	نام درخواست کننده: کرج
کد نمونه: ENNA-521	تاریخ انجام آزمون: ۱۳۸۸/۱۲/۱۲
تاریخ انجام آزمون: ۱۳۸۸/۱۲/۱۲	تعداد: ۱
تعداد: ۱	نام و نام خانوادگی:

آزمون های شیمی

No.	Parameter	Unit	Result	استانداردهای خروجی فاضلاب		
				تخلیه به آب های سطحی	تخلیه به چاه جاذب	تخلیه به آب های سطحی
۱	PH	-	8.43	6.5 - 8.5	5 - 9	6 - 8.5
۲	COD (اکسیژن مورد نیاز شیمیایی)	mg/lit O ₂	236	≤100	≤100	≤200
۳	Total Phosphate (فسفات کل)	mg/lit PO ₄	3.04	≤18.4	≤18.4	-
۴	Surfactant (دترجنت)	mg/lit MBAS	2.02	≤1.5	≤0.5	≤0.5
۵	Turbidity (کدورت)	NTU	179	≤50	-	≤50
				توضیحات: هیچ آب کاروش قبل از تصفیه می باشد.		

* نمونه جزء طرح پایش نمی باشد.

شکل ۱۶: کیفیت پساب ورودی

جدول ۳: کیفیت پساب ورودی

آزمون های شیمی						
No.	Parameter	Unit	Result	استانداردهای خروجی فاضلاب		
				تخلیه به آب های سطحی	تخلیه به چاه جاذب	تخلیه به آب های سطحی
1	PH	-	۸٫۴۳	۶٫۵-۸٫۵	۵-۹	۶-۸٫۵
2	COD (اکسیژن مورد نیاز شیمیایی)	Mg/lit O ₂	۲۳۶	≤۱۰۰	≤۱۰۰	≤۲۰۰
3	Total Phosphate (فسفات کل)	Mg/lit PO ₄	۳٫۰۴	≤۱۸٫۴	≤۱۸٫۴	-
4	Surfactant (دترجنت)	Mg/lit MBAS	۲٫۰۲	≤۱٫۵	≤۰٫۵	≤۰٫۵
5	Turbidity (کدورت)	NTU	۱۷۹	≤۵۰	-	≤۵۰
توضیحات: پساب کارواش قبل از تصفیه می باشد.						

7/8/2019	پایش زیست مینا	شرکت پایش زیست مینا (آزمایشگاه همکار سازمان ملی استاندارد سازمان محیط زیست و سازمان غذا و دارو) دکتر فرهاد موسی خانی (D.V.M, Ph.D)	
نام شرکت: علوم مینا گرام	نام درخواست کننده: علوم مینا گرام	کد نمونه: 512-ENV	نام شرکت: علوم مینا گرام
تاریخ نمونه برداری: 1398/07/12	تاریخ دریافت نمونه: 1398/07/12	تاریخ انجام آزمون: 1398/07/12	تاریخ نمونه برداری: 1398/07/12
تاریخ ارسال گزارش: 1398/07/12	تاریخ نمونه پساب	تعداد: 1	تاریخ ارسال گزارش: 1398/07/12
موقع پایشگاه:	آزمایش درخواست کننده: گرج		موقع پایشگاه:
آزمون های شیمی			
No.	Parameter	Unit	Result
1	PH	-	8.09
2	COD (اکسیژن مورد نیاز شیمیایی)	mg/lit O ₂	54
3	Total Phosphate (فسفات کل)	mg/lit PO ₄	0.36
4	Surfactant (دترجنت)	mg/lit MBAS	<0.06
5	Turbidity (کدورت)	NTU	1.73
توضیحات: همین آب کاروش بعد از تصفیه می باشد.			
* نمونه جزء طرح پایش نمی باشد.			

شکل ۱۷: کیفیت پساب خروجی

جدول ۴: کیفیت آب خروجی

آزمون های شیمی						
No.	Parameter	Unit	Result	استانداردهای خروجی فاضلاب		
				تخلیه آب های سطحی	تخلیه به چاه مجاذب	مصارف کشاورزی و آبیاری
1	PH	-	۸,۰۹	۶,۵-۸,۵	۵-۹	۶-۸,۵
2	COD (اکسیژن مورد نیاز شیمیایی)	Mg/lit O ₂	۵۴	≤۱۰۰	≤۱۰۰	≤۲۰۰
3	Total Phosphate (فسفات کل)	Mg/lit PO ₄	۰,۳۶	≤۱۸,۴	≤۱۸,۴	-
4	Surfactant (دترجنت)	Mg/lit MBAS	<۰,۰۶	≤۱,۵	≤۰,۵	≤۰,۵
5	Turbidity (کدورت)	NTU	۱,۷۳	≤۵۰	-	≤۵۰
توضیحات: پساب کارواش (آب) بعد از تصفیه می باشد.						

۳- نتیجه گیری

در سیستم ساخته شده با تکیه بر فیلترهای مختلف و با بکارگیری فرآیند الکتروکواگولاسیون بصورت هوشمندانه و با هدف صرفه

اقتصادی منجر به تصفیه آب شده و پس از تصفیه آب کاملاً تصفیه شده خارج می گردد. و در حال حاضر می تواند جهت بازچرخانی

آب و کاهش مصرف آب به این صنعت کمک و از آلوده کردن محیط زیست جلوگیری بعمل آورد. از جمله مزیت های این سیستم می توان به راحتی آن در ساخت، استفاده از فیلترهای کم هزینه، و مصرف کم برق اشاره کرد. همچنین حدود ۱ مترمکعب آب را در هر شبانه روز تصفیه می کند. لذا با توجه به نتایج به دست آمده، مشاهده می شود که دستگاه تا حد بسیار زیاد و چشم گیری، مفید بوده و آب خارج شده از دستگاه نه تنها برای استفاده مجدد در کارواش ها بلکه برای مصارف کشاورزی نیز قابل استفاده بوده و با توجه به انرژی و زمان استفاده شده نتایج به دست آمده بسیار سودمند است.

پیشنهادهای

به دلیل کم هزینه و کاربردی بودن دستگاه میتوان با تغییر نوع فیلترهای استفاده شده مانند استفاده از فیلترهای سرامیکی، فیلتر گچی، فیلترهای نانو مانند فیلتر نانو ذرات نقره، طلا، دی اکسید تیتانیوم و... یا استفاده از تابش اشعه فرا بنفش، (UV) و همچنین فرآیند ازون زنی برای گند زدایی آب کارواش و یا استفاده در صنایع گسترده ای مانند کارخانه های ذوب آهن، کارخانه های تراشکاری، کارخانه های ساخت ماشین آلات، قالیشویی، تصفیه آب گلخانه ها و یا حوضچه های پرورش آبزیان استفاده کرد.

سپاسگزاری

از تمام کسانی که ما را در پیشبرد این پروژه یاری کرده اند؛ همچنین اساتید راهنما و داوران گرامی کمال تشکر را داریم.

مراجع

- (۱) بیرآن، صدیقه و هنربخش، نازلی. ۱۳۸۷. بحران وضعیت آب در ایران وان. فصلنامه راهبرد، سال شانزدهم، شماره ۴۸.
- (۲) کشاورزی، مصطفی و روستا، آبودر. ۱۳۹۲. بحران آب، سدهای زیر زمینی راهکاری برای حفاظت از سفره‌های آب زیرزمینی. دومین همایش ملی بحران آب.
- (۳) شریف واقفی، سید حمید رضا، ۱۳۸۵، مدیریت مصرف آب و نقش آن در کاهش سرانه مصرف آب و فاضلاب، اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.
- (۴) کارگری، نرگس و رضا مستوری، ۱۳۸۸، بررسی میزان مصرف آب در بخش های مختلف ایران، مقایسه با کشورهای همسایه و ارایه راهکارهای اصلاحی، همایش ملی الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب، مشهد، شرکت مهندسين مشاور مهتاب ثامن.
- (۵) یزدانبخش، احمدرضا؛ محمدرضا مسعودی نژاد و سیما الیاسی، ۱۳۹۳، بررسی کارآیی فرآیند پراکسی الکتروکواگولاسیون در حذف COD آنتی بیوتیک آزیترومايسين از محلول‌های آبی، فصلنامه بهداشت در عرصه.
- (۶) بهروزه، مریم؛ محسن عباسی و شهریار عصفوری، ۱۳۹۶، بررسی انواع روش‌های نوین و ترکیبی فرایند فنتون جهت تصفیه پساب‌های مختلف، چهارمین کنفرانس بین المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

۷) برهماتیت خالص و مقایسه خواص Cu ، Mn و Co غلامی، هدایت؛ مهدی علی زاده؛ علی خانزخانی و بهزاد آقابرابی، ۱۳۹۶، بررسی تاثیر کاتالیزتی

آنها توسط واکنش فتون به منظور حذف آلاینده های آلی از آب، ششمین کنفرانس و نمایشگاه بین المللی مهندسی متالورژی و مواد، تهران، انجمن مهندسی

متالورژی و مواد ایران و انجمن علمی ریخته گری ایران.

۸) موسوی سیدعلیرضا، محوی امیرحسین، مصداقی نیا علیرضا، ناصری سیمین. کارآیی فرآیند فتون در حذف دترجنت و بهبود تصفیه پذیری بیولوژیکی

پساب صنایع شوینده و پاک کننده. مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی. ۱۳۸۷؛ ۶ (۱): ۶۳-۷۳

۹) Arslan, A. I., Balcioglu, I. A., Bahnemann, D. W., Advanced chemical oxidation of reactive dyes in simulated dyehouse effluents by ferrioxalateFenton/UV-A andTiO₂/UV-A processes. Dyes and Pigments. ۴۷, p. ۲۰۷ (۲۰۰۰).

۱۰) Dantas, T. L. P., Mendonça, V. P., José, H. J., Treatment of textile wastewater by heterogeneous Fenton process using a new composite Fe^۲O₃/carbon. Chemical Engineering Journal, ۱۱۸, p. ۷۷ (۲۰۱۶).

۱۱) Pignatello, J. J., Dark and photoassisted Fe^{۳+}catalysed degradation of chlorophenoxy herbicides by hydrogen peroxide. Environmental Science and Technology, ۲۶, p. ۹۴۴ (۱۹۹۲).

۱۲) Lin, S. S., Gurol, M. D., Catalytic decomposition of hydrogen peroxide on iron oxides: kinetics, mechanism and implication. Environmental Science and Technology, ۳۲, p. ۱۴۱۷ (۱۹۹۸).



شاخسار شرمی

مبینا عبقری^۱

فرزانگان یک تهران دوره دوم

بهار ۱۴۰۰



فهرست

چکیده	۳
مقدمه	۴
شرح مقاله	
شاخصار شرمی چیست	۵
معرفی گیاهان	
مشخصات گیاهشناسی ذرت	۵
مشخصات گیاهشناسی گل آهاری	۹
مشخصات گیاهشناسی لوبیا	۱۲
مشخصات گیاهشناسی نخود	۱۴
هدف اصلی پرداختن به موضوعات مرتبط به گیاهان	۱۷
مروری بر تحقیقات پیشین	۱۷
اهمیت و ضرورت طرح	۱۸
روش انجام پژوهش	
وسایل مورد نیاز	۱۸
روش انجام کار	۱۹
بیان داده ها	
بررسی رشد بذور کشت شده	۲۰
فاصله سایه انداز گیاهان	۲۰
تجزیه و تحلیل داده ها و مقایسه با پژوهش های پیشین	۲۱
نتیجه گیری	۲۲
پیشنهادات	۲۲
محدودیت ها	۲۳

پایان.....۲۳

منابع.....۲۴

(کلیه مراحل پروژه اعم از تحقیق، ترجمه مقالات، کاشت گیاهان و عکاسی از مراحل رشد آنها، تایپ و صفحه آرایی، طرح روی جلد و نقاشی با فتوشاپ را خودم انجام داده ام. قابل ذکر می باشد تا به حال به این موضوع در ایران پرداخته نشده است)

حقیقت نگار وجود و عدم

به نام خداوند لوح و قلم

نخستین سرآغاز آغاز هاست

خدایی که داننده ی راز هاست

چکیده

من از میان تمام پدیده هایی که در میان گیاهان رخ می دهد، شاخصار شرمی را برای بررسی انتخاب کردم. شاخصار شرمی نوعی رفتار در میان گیاهان است که محتمل است بر اساس تکامل طی میلیون ها سال در آنها شکل گرفته باشد. این رفتار باعث می شود تاج پوشه درختان و گیاهانی که در مجاورت هم قرار دارند، با هم برخورد نکنند. با توجه به اینکه رشد ریشه، تابع رشد برگ است، این رفتار موجب به دست آوردن منابع مغذی خاک و نور خورشید به طور مساوی می شود. برای بررسی دلیل این پدیده در گیاهان زراعی و تزئینی، من گیاهانی یک ساله (گل آহারی، لوبیا، نخود و ذرت) را انتخاب کردم و را به فاصله ی ۴ سانتی متر از یکدیگر کاشتم. بذرها در گلدان هایی مجزا کاشته شدند تا تنها یک متغیر برای بررسی (مواد مغذی موجود در خاک) داشته باشیم. پس از سی روز، هیچ اثری از شاخصار شرمی در گیاهان دیده نشد. در نتیجه، رقابت اصلی گیاهانی که رفتار شاخصار شرمی را از خودشان بروز می دهند، بر سر مواد مغذی موجود در خاک است. زیرا تمام بذرها در این مدت، در معرض مقدار یکسانی از نور خورشید نبودند. پس رقابت بر سر نور خورشید نمی تواند دلیل شکل گیری این رفتار باشد.

گیاهان در زندگی ما نقش بسیار مهم و گسترده ای دارند. به طوری که در تمام جنبه های حیات، میتوان آثار آنها را مشاهده کرد. با پیشرفت هر چه بیشتر نقش آنها در زندگی ما، متوجه می شویم که بررسی پدیده هایی که در طول عمر گیاهان رخ می دهد، از نیازهای بشریت به شمار می رود. البته انسان ها نیاز به بهره برداری از طبیعت و محیط زیست دارند ولی این موضوع نباید باعث آسیب زدن به محیط زیست گردد زیرا در نهایت طبیعت بخشی از زندگی ماست و ما هم جزئی از طبیعت هستیم. همان طور که افلاطون میگوید: «هرچه بیشتر در سرشت طبیعت اندیشه کردم، از خلاقیت خالق نیز بیشتر متحیر و شگفت زده شدم». قطعا منظره های زیبای جنگل ها و آبشار ها را با زمینی که روز به روز، گرم تر و گرم تر می شود قابل مقایسه نیست. وظیفه ی ما به عنوان انسان، این است که با تمام توجه به پدیده های طبیعی بنگریم و از میان آنها روش هایی برای بهتر کردن محیط زندگی خود و دیگر جانداران روی کره زمین از جمله گیاهان شویم. پدیده های طبیعی، خود، الگویی برای خلاقیت و پیشرفت های نوین هستند و گویی ما را راهنمایی می کنند.

اگر در جنگلی در مناطق مرطوب، قدم بزنید و به اطراف خود دقت کنید، گیاهانی را می بینید که به طور کاملاً مشهود از طرف شاخه های خود، از یکدیگر فاصله گرفته اند. طرحی شبیه پازل! اما این پدیده به چه معناست؟ آیا گیاهان از جمله درختان برای رشد و ادامه حیات خود به فضای شخصی نیازمندند؟ بله. گیاهان به دلایل مختلفی این روش را در پیش میگیرند این پدیده شاخسار شرمی^۱ است (عبقری، مبینا ۱۳۹۹).

البته شاخسار شرمی اولین بار در سال ۱۹۲۰ مشاهده شد، اما نخستین باری که آن را به یک اسم مشخص نامیدند سال ۱۹۵۵ بود.^۱ با توجه به شواهدی که از محیط طبیعی موجود است، این دسته رفتارهای گیاهان در بهبود یافتن روند رشد آنها تاثیر مستقیم دارد. چرا که این دست رفتارها در اثر انتخاب طبیعی^۲ و طی سال ها تکامل^۳ به وجود آمده اند. پس اگر این پدیده، برای شاخص های بازدهی گیاه مانند افزایش میوه دهی یا افزایش طول عمر، مفید و اثربخش است، باید روش استفاده از آن در کشاورزی را بیایم و به کار ببندیم. قصد من از این پژوهش، رسیدن به پاسخ این سوال هاست: مهم ترین دلیل بروز این رفتار توسط گیاهان چیست؟ آیا گیاهان لوبیا، ذرت، نخود فرنگی و گل آহারی این رفتار را دارند؟ برای این بررسی من از گیاهان یک ساله ای مانند ذرت و نخود فرنگی استفاده کردم تا پژوهش نتیجه سریع تری ارائه دهد. دلیل انتخاب این گیاهان سهولت در کاشت و نگهداری و سازگاری آنها بود. این گیاهان را به راحتی می توان در یک منزل مسکونی کاشت و پدیده شاخسار شرمی را در آنها بررسی کرد.

شرح مقاله

شاخسار شرمی چیست؟

شاخسار شرمی پدیده ای است که در برخی از گونه های درخت مشاهده شده است ، که در آن تاج درختان کاملاً انباشته با یکدیگر تماس ندارند ، و یک سایبان با شکاف های کانال مانند تشکیل می دهند.

معرفی گیاهان

مشخصات گیاهشناسی ذرت

ذرت گیاهی تک لپه ای است. موقعی که ارتفاع ساقه ذرت به ۸۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر رسید، کلاله های ابریشم مانند یا کاکل ذرت به تعداد دانه های ذرت موجود در بلال ، نمایان می شوند.

۱. M. Franco (14 August 1986). "The Influences of Neighbors on the Growth of Modular Organisms with an Example from Trees".

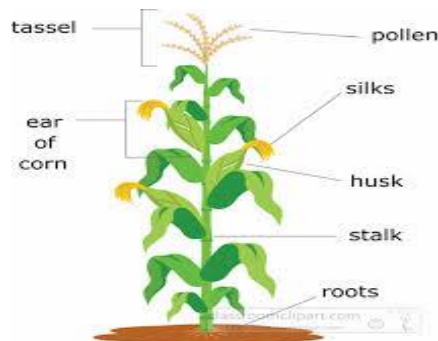
۲. Natural Selection

۳. Evolution

گیاه ذرت به طور کلی ساقه‌ای مشابه با گیاه بامبو دارد و دارای ارتفاع ۳ متری است؛ گرچه برخی از نژادهای طبیعی تا ۱۳ متر هم قادر به رشد هستند. ساقه به طور معمول در این گیاه از چندین گره و میان‌گره تشکیل می‌شود که هرکدام حدود ۱۸ سانتی‌متر ارتفاع دارند. برگ‌های شمشیری که از بخش گره رشد خود را آغاز می‌کنند، ارتفاعی ۱۲۰ سانتی‌متری و عرضی در حدود ۹ سانتی‌متر دارند. در زیر این برگ‌ها که به شکلی موازی با ساقه رشد می‌کنند، بلال‌ها به وجود می‌آیند که روزانه به طور میانگین حدود ۳ میلی‌متر رشد می‌کنند. بلال‌ها گل‌آذین ماده به شکل سنبله هستند که از بخش میانی گیاه رشد می‌کنند و توسط برگ‌ها به طور کامل پوشانده می‌شوند. برخی از انواع ذرت برای تولید بلال‌های پرورشی بهتر، کشت شده‌اند. برای مثال نوع “baby corn” که در بخش‌های وسیعی از آسیا به عنوان سبزی مصرف می‌شود، دارای چنین منشأیی می‌باشد.



در رأس ساقه ساختاری به نام **تاسل**^۱ قرار دارد که در واقع گل‌آذین نر این گیاه است. زمانی که تاسل بالغ می‌شود و در شرایط ایده‌آل گرم و خشک قرار می‌گیرد، **بساک** می‌ترکد و گرده آزاد می‌شود. دانه‌ی گرده ذرت توسط باد پراکنده می‌شود^۲ و به دلیل سرعت زیاد آن‌ها، اغلب دانه‌های گرده به فاصله‌ی چند متری از تاسل پخش می‌شوند.



برگهای ذرت بطور متناوب و به صورت افتاده در دو طرف ساقه قرار گرفته‌اند. زاویه بین برگ و ساقه، ۹۰ درجه می‌باشد. شاخه‌های آن، میان گره‌های بسیار کوتاهی دارند که از این گره‌ها، برگهای تغییر شکل یافته‌ای بوجود می‌آید که هم دیگر و بلال را می‌پوشانند.

۱. Tassel
۲. anemophilous

بیرونی ترین این برگها ، برگي است کامل که غلاف ، زبانک ، گوشواره و پهنک دارد. اما برگهای زیرین غير کاملند.

ذرت گیاهی ساقه بلند است و دارای ریشه‌ای کشیده است که طول آن به ۱۸۳ تا ۲۱۳ سانتی‌متر می‌رسد و اغلب در ۶۱ سانتی‌متر بالایی از خاک پراکنده می‌شود. ریشه‌های نازک‌تر فضای بیشتری برای نفوذ به خاک دارند و در نتیجه نقش کلیدی در حرکت در خاک و جذب آب و مواد مغذی دارند. ریشه‌های نازک که اغلب “ریشه‌های مویین” نامیده می‌شوند، در واقع تارهای بسیار کوچکی هستند که توسط سلول‌های ریشه، به منظور کمک در جذب مواد مغذی تولید شده‌اند. گاهی شرایط آب و هوایی و خاک به گونه‌ای است که سیستم ریشه‌ای باید به جبران کمبود آب در گیاه کمک کند .متأسفانه به‌دست آوردن اندازه‌ی دقیق و مناسب ریشه که تمامی نیازهای فصلی گیاه را برطرف می‌کند امکان‌پذیر نیست. به دلیل وجود ریشه‌های سطحی در ذرت، این گیاه به خشکی حساس است و هم‌چنین در صورت وزش بادهای شدید ریشه‌ی آن از خاک خارج می‌شود.

در اوایل رشد گیاه ، بعضی از یاخته‌های موجود در بخش بالایی ساقه اصلی ذرت از شاخه‌های فرعی متمایز می‌شود. در انتهای این شاخه‌ها ، عضوی به نام بلال بوجود می‌آید که در واقع ، گل ماده گیاه ذرت است.

ذرت از طریق دو مسیر اصلی به آمریکا راه یافت. با توجه به مطالعه‌ی ژنتیکی که توسط امبراپا^۱ انجام شد، پخش ذرت از مکزیک به آمریکای جنوبی از طریق دو مسیر اصلی صورت گرفت: مسیر اول که حدود ۶۰۰۰ سال پیش به رشته کوه‌های آند منتهی شده و مسیر دوم شامل راهی است که ۲۰۰۰ سال پیش به دشت‌های آمریکای جنوبی رسیده است.

۱. Embrapa

تا پیش از اهلی شدن، ساقه‌ی میانی ذرت تنها ۲۵ میلی‌متر رشد می‌کرد و تنها یک ساقه وجود داشت. از دیدگاه Spielvogel قرن‌ها انتخاب مصنوعی توسط بومیان آمریکا منجر به قابلیت این گیاه در چند ساقه شدن شد و ارتفاع آن نیز به چندین سانتی‌متر رسید. قبایل آلمک و مایا چندین واریته از ذرت را در سراسر Mesoamerica کشت کردند. حدود ۲۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح پراکنش این گیاه در سراسر آمریکا آغاز شد و اکنون بیش‌ترین گیاه دانه‌داری است که در آمریکا کشت می‌شود. برای مثال در سال ۲۰۱۴ نزدیک به ۳۶۱ میلیون تن از این گیاه در آمریکا برداشت شد که حدود ۴۰ درصد آن برای تولید الکل مورد استفاده قرار گرفت. پس از ورود اروپایی‌ها به آمریکا در سال ۱۴۹۲، مهاجران اسپانیایی از ذرت استفاده‌های گوناگونی می‌کردند، سپس تاجران آن را به اروپا برده و به دیگر کشورها معرفی کردند. ذرت به دلیل قابلیت و توانایی بالا در تحمل اقلیم‌های گوناگون، توانست در سراسر زمین پخش شود. تنها چند دهه بعد از سفر کریستوف کلمب، ذرت در اسپانیا کشت شد و سپس در ایتالیا، آفریقای غربی و مناطق دیگر گسترش یافت.

نزدیک به ۴۵۰۰ سال پیش پراکندگی ذرت به سمت شمال آغاز شد. در طی هزاره‌ی اول بعد از میلاد مسیح، کشت ذرت در مناطق شمالی گسترش بیشتری یافت. در واقع کشاورزی و مصرف ذرت در مقیاس بزرگ در شمال شرقی آمریکا از سال ۹۰۰ میلادی آغاز شد. بومیان آمریکا جنگل‌ها و چمن‌زارهای فراوانی را برای کشت ذرت از بین بردند. طی تحقیقی که در سال ۲۰۰۵ توسط خدمات جنگلی USDA انجام گرفت، افزایش کشت ذرت در ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ سال پیش، در بخش‌هایی که اکنون جنوب شرقی آمریکا به شمار می‌روند، عاملی مهم در کاهش جمعیت‌های صدف‌های دو کفه‌ای آب شیرین این منطقه که به تغییرات آب و هوایی بسیار حساس‌اند، بوده است.

ذرت در قسمت هایی با جای زیاد، با خاک زهکشی مناسب با قلیایی بودن حدود ۵۸ تا ۶۸ رشد می کند. کافی است که با کمی کود آلی قبل از کاشت گیاه مخلوط شود و بهتر است که کود دادن را در فصل پاییز قبل از کاشت انجام شود.

گیاه ذرت باید در شرایط نور کامل کاشته شود. دمای ایده آل خاک برای رشد ریشه ی ذرت ۷۹ درجه است و در دمای زیر ۵۰ درجه گیاه یا رشد اندکی خواهد داشت و یا اصلاً رشد نخواهد کرد. گرده افشانی ذرت به وسیله باد انجام می گیرد. بنابراین برای تکثیر ذرت آن ها را در فضاهایی کشت نماید که امکان گرده افشانی به راحتی برقرار شود. فضاهای کوچک شده محیط مناسبی برای گرده افشانی ایجاد می کنند. این گیاه عمل گرده افشانی را به شکل یکنواخت انجام نمی دهد و گاهی نیز متقاطع عمل می کند. معمولاً این گیاه ۱۰ الی ۱۴ روز بعد از کاشت در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد، شروع به جوانه زدن می کند اما سرعت جوانه زدن آن فقط ۷۵ درصد می باشد. جوانه ذرت را باید در عمق ۲ سانتی متری خاک کاشته شود. دانه های گیاه باید حدود ۵ تا ۱۰ سانتی متر باهم فاصله داشته باشند و کنار هم در یک ردیف کاشته شوند. البته فاصله این گیاه از سایر گونه های گیاهی باید بین ۴۵ تا ۶۰ سانتی متری باشد. ذرت هایی که بیش از حد نزدیک به هم کاشته شده باشند، به آب و کود بیشتری نیاز خواهند داشت.

مشخصات گیاهشناسی گل آهاری

آهار حدود ۲۰ گونه مختلف دارد که گیاهانی یک تعلق دارد کاسنیان آستروئیده است که به زیرخانواده نام یک سرده گل آهاری ساله و یا چند ساله هستند و از نظر ارتفاع، اندازه گلها و رنگ گلبرگها تنوع جالب توجهی دارند. بسیاری از گونه های این گیاه را می توان به عنوان گیاهان زینتی استفاده کرد اما برخی متداولتر از دیگران هستند و معمولاً نمونه هایی که امروزه به عنوان گیاهانی

زینتی کاشته میشوند، یکساله هستند و یا حتی اگر از نظر گیاهشناسی چندساله باشند باز هم به عنوان گیاهی یکساله مورد استفاده قرار میگیرند و از آنان میتوان برای کاشت در گلدان و یا حاشیه باغچه ها استفاده کرد. یکساله ، گیاهی است یک ساله با برگ های به نسبت پهن، دراز و نوک تیز که تا حدودی خشن بوده و به صورت متقابل و بدون دمبرگ هستند. رنگ برگ های آن کمی به خاکستری می گراید و طول ساقه آن در بعضی گونه ها به ۶۰ سانتی متر می رسد گل آهاری دارای انواع کم پر و پرپر است. رنگ گل ها متنوع بوده، به طوریکه مجموعه آن منظره بسیار جالبی ایجاد می کند. برخی رقم ها دارای گلبرگ های دو رنگ و در برخی گلبرگ ها کمی پیچیده هستند. دارای رقم های پاکوتاه با ارتفاع ۳۰ سانتی متر و رقم های پابلند با ارتفاع ۸۰ سانتی متر و نیز انواع گل درشت و گل ریز است و به طور کلی گیاهی با تنوع زیاد است. این گیاه بومی مناطق جنوب غربی ایالات متحده آمریکا تا قسمتهای مکزیک است. این گیاه به خاکی با زهکش خوب نیاز دارد . وجود مواد ارگانیک به رشد این گیاه کمک می کند. مثلا مخلوط خاک معمولی +خاک برگ برای کاشت این گیاه مناسب است. در مورد کود نیز می توان در طی فصل رشد و هر ۳-۴ هفته یکبار از کود با فرمول ۱۰-۱۰-۱۰ استفاده کرد. مکانی با حدود ۶-۸ ساعت نور مستقیم آفتاب مناسب است. نور کم موجب بلند شدن و ضعیف شدن ساقه ها، تشکیل گلهایی کوچک و یا عدم شکل گیری گلها ،پریدگی رنگ برگها و همچنین شیوع بیماری قارچی بخصوص کپک سفید می شود. شدت زیاد نور آفتاب بخصوص در زمانی که هوا گرم نیز می باشد، منجر به سوختگی نوک و حاشیه برگها، ریز شدن گلها و کوتاهی عمر گلها می شود. بنابراین اگر گیاه در مکانی کاشته شود که از سایه در طی بعد از ظهر برخوردار باشد، گیاه به خوبی رشد کرده و گل می دهد.

این گیاه با استفاده از بذر به آسانی تکثیر می شود. حتی برخی از انواع آهار، بذرهای را خود به خود بر روی خاک اطراف محل رویش خود می ریزند و در فصل رشد آینده با مناسب شدن شرایط آب و هوایی بذرهای رشد کرده و گیاهان جدیدی تولید می کنند. یکی از کارهای جالب در رابطه با کاشت آهار این است که بذرهای را از اواسط بهار (البته در صورت کاشت در فضای باز) با فاصله زمانی کاشته شود. این کار باعث می شود که گروه های مختلف این گیاه که از نظر مرحله رشد با یکدیگر کمی متفاوت هستند در باغچه وجود داشته باشند و به همین دلیل مدت زمان طولانی تری گلدان می مانند. عمق کاشت بذرهای در حدود ۰.۵ سانتیمتر است. بهتر است بذرهای را در بستر سبک همانند مخلوط خاک برگ+ کوکوپیت+ پرلایت و یا خاک باغچه+ خاک برگ + مخلوط کوکوپیت و پرلایت کاشته شود. مخلوط کاشت باید مرطوب باشد و بر روی بذرهای نیز به ضخامت ۰.۵ سانتیمتر خاکبرگ ریخته شود. زمانی مناسب کاشت بذرهای این گیاه در فضای باز است که دمای شبانه به زیر ۱۰ درجه سانتیگراد نزول نکند. با آمدن تابستان هوا گرمتر از آن می شود که بذرهای با کیفیت مناسب سبز نکنند. اگر بذرهای را در خانه کاشته شده باشند و قصد انتقال گیاهان جوان را به باغچه داشته باشیم زمانی برای این کار مناسب است که گیاهان جوان ۴-۶ برگ دارند و فاصله هر دو گیاه از هم باید حدود ۲۰-۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود. همچنین اگر بذرهای را به شکل مستقیم در خاک باغچه کاشته می شوند بهتر است که خاک تا عمق ۲۰ سانتیمتری به خوبی نرم و آماده سازی شده باشد و اگر قصد نگهداری این گیاهان را در گلدان داشته باشیم بهتر است که گلدان حداقل ۳۰ سانتیمتر عمق داشته باشد. برای روزهای اولیه کاشت بذرهای و برای جلوگیری از جابجایی آنان در زمان آبیاری، می شود روش غبارپاشی به جای آبیاری معمولی به کار بگیریم.

گل آهار محل گرم و آفتابی را می پسندد. همچنین یک دوره موقتی خشکی و بی آبی را تحمل می کند. اما برای یک رشد طبیعی به خاکی با رطوبت کافی نیاز دارد. با این وجود باید توجه داشت که آب و هوای بارانی و بسیار مرطوب برایش مضر است.

مشخصات گیاهشناسی لوبیا

لوبیا گیاهی یکساله است. برگهای مرکب که از سه جفت برگچه تشکیل شده اند بادمبرگ طولانی به طور متناوب روی ساقه آن قرار گرفته اند. ممکن است برگچه ها از کرکهای ریز پوشیده شده باشند. گیاه لوبیا دارای یک ریشه اصلی راست و ریشه های فرعی فراوان، در روی ریشه های کوچک لوبیا غده های قهوه ای رنگ نامنظم، تثبیت کننده ازت قرار گرفته است. گلهای لوبیا به صورت خوشه ای یا منفرد از جوانه های جانبی کنار برگها بوجود می آیند جام گل لوبیا سفید یا ارغوانی میباشد. بر اثر تلقیح گل میوه آن که به صورت غلاف یا نیام می باشد، بوجود می آید نیام لوبیا بلند، باریک و گاهی ممکن است خمیده باشد. در هر نیام تعداد ۴ تا ۱۲ عدد بذر وجود دارد. نیام نارس لوبیا به صورت سبز مصرف می شود و به آن اسنپ بینز^۱ می گویند. نیام ممکن است نخ دار و یا بدون نخ باشد. انواع بدون نخ آن، بخصوص زمانیکه به صورت نارس برداشت می شود، بیشتر مورد توجه است و آنرا سترینگلز بین^۲ می نامند. لوبیا به دلیل سازگاری زیاد نسبت به دیگر گیاهان در اکثر مناطق ایران کشت می شود. لوبیا سبز در هر نوع خاک رشد می کند بهترین خاک برای لوبیا سبز، خاکهای رسی شنی می باشد و پی اچ بین ۵/۵ تا ۶/۵ را می پسندد. کودهای آلی و شیمیایی برای زمین لوبیا مناسب هستند میزان مصرف کودهای حیوانی برای لوبیا سبز تا ۴۰ تن در هکتار می باشد که قبل از آماده شدن زمین به زمین اضافه می کنند. کودهای شیمیایی که دارای فسفر و پتاسیم باشند برای لوبیا لازم است و آنها باید قبل از کشت

۱. Snap Beans
۲. Stringless Bean

به زمین اضافه شوند. آزمایشهای نشان داده است که لوبیا چندان نیازی به تثبیت ازت ندارد. بنابراین نسبت به اضافه کردن کودهای ازته عکس العمل مثبت نشان می دهد. اگر در زمینی که باید محصول لوبیا در آن کاشته شود قبل از لوبیا کود سبز در آن کاشته باشند باید زمین را در پائیز سال پیش از کاشت لوبیا شخم زد و آنرا تا بهار بعد با کلوخ به حال خود باقی گذاشت تا کود سبز در خاک بپوسد و زمین آماده برای کاشت لوبیا گردد. در غیر اینصورت می توان زمین را در پائیز سال قبل از کاشت و یا در بهار سال کاشت لوبیا شخم کرد. در کل برای لوبیای پاکوتاه با توجه به مقدار مواد غذایی زمین معمولاً حدود ۴۰ کیلوگرم ازت، ۶۰ کیلوگرم فسفات کیلوگرم کودهای پتاسه در هکتار نیاز است برای لوبیای بلند مقدار کود ازته بیشتر بوده (حدود ۸۰ کیلوگرم) و نیز ۸۰ کیلوگرم ۱۲۰ کود فسفاته و حدود ۱۶۰ کیلوگرم کود پتاسه بسته به نوع زمین و مواد موجود در آن در هر هکتار در نظر می گیرند مضافاً باید توجه داشت که زمین مورد نظر بایستی از نظر منیزیم نیز غنی باشد. قبل از کاشت زمین را با دیسک کاملاً نرم کرده و پس از آن در صورت لزوم با کولتیواتور کلوخه های حاصل از دیسک را خردتر می کنند به طوریکه زمین مورد کاشت کاملاً پوک و نرم گردد. باید توجه داشت که بذرها را قبلاً با مواد شیمیایی ضد عفونی کرده و یا این که از بذرهای ضد عفونی شده استفاده کنند برای جوانه زدن لوبیا نیاز به دمای بیش از ۱۵ درجه سانتی گراد است. لوبیا در بهار بعد از رفع یخبندان زمانی که دمای خاک حدود ۱۲ تا ۱۶ درجه سانتی گراد می باشد کاشته می شود در مناطق جنوبی کشور مانند خوزستان در اوایل بهار کاشته می شود. کشت آن بصورت ردیفی انجام می گیرد. عمق کاشت بذر آن در حدود ۲ تا ۳ سانتی متر می باشد. فاصله دو بوته در ارقام پا کوتاه ۱۰ سانتی متر و فاصله دو خط کشت حدود ۹۰ سانتی متر در نظر گرفته می شود. در ارقام پا بلند فاصله دو بوته ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر و فاصله دو

خط کشت از یکدیگر حدود ۹۰ سانتی متر می باشد ارقام پا کوتاه نیازی به قیم ندارند، ولی برای انواع پابلند و رونده باید قیم در نظر گرفته شود. نصب قیم قبل از گل دهی انجام می گیرد. معمولاً ارقام پاکوتاه نسبت به ارقام پابلند زودتر میوه می دهند و این زمان حدود ۵۰ تا ۶۰ روز از زمان کاشت تا موقع برداشت طول می کشد، ولی دوره میوه دهی آنها کمتر است برای این که برای یک مدت طولانی محصول داشته باشیم کشت آن هر ۲ تا ۳ هفته تکرار می شود. کشت لوبیا سبز تا ۸ هفته قبل از یخبندان پائیز ادامه دارد. در ارقام پابلند از زمان کاشت تا موقع برداشت محصول ۶۰ تا ۷۰ روز طول می کشد. انواع پابلند لوبیا سبز دوره میوه دهی طولانی تری دارند و تا سرد شدن هوا در پائیز میوه دهی آنها ادامه دارد. فاصله دو بوته در ارقام پاکوتاه ۱۰ سانتی متر و فاصله دو خط حدود ۹۰ سانتی متر در نظر گرفته میشود در ارقام پا بلند فاصله دو بوته ۴۰-۳۰ سانتی و فاصله در خط کشت از یکدیگر ۹۰ سانتی متر می باشد.

مشخصات گیاهشناسی گیاه نخود

نخود گیاهی علفی یکساله، کوچک، کرکدار و روز بلند است. برگهای آن مرکب، متناوب که حدود ۵ سانتی متر طول داشته دارای ۹ تا ۱۵ جفت برگچه با یک برگچه منفرد در انتهاست. ساقه آن تقریباً ۲۵ تا ۵۰ سانتی متر ارتفاع دارد. ریشه آن بخوبی منشعب می شود و تا عمق یک الی دو متری خاک نفوذ می کند. گلهای نخود به صورت منفرد و بر روی دمگل نسبتاً بلندی قرار گرفته است. رنگ گلها سفید یا آبی بنفش است. گلهای نخود دارای کاسه گلی بلند و باریک است که از ۵ کاسبرگ به هم پیوسته تشکیل یافته است. دارای یک تخمدان و ۱۰ پرچم به شکل دیادلفوس است. پرچم ها همزمان با باز شدن جداره غشای بساک

بطور دسته جمعی و قبل از بازشدن گل در بالای کلاله قرار می گیرند و لذا امکان دگر کشنی را کاهش می دهند. میوه آن غلافی است متورم و پرزدار که حاوی ۱ تا ۳ دانه است. نخود گیاهی است مقاوم به خشکی نیاز به اقلیمی خشک و سرد دارد و دارای دو تیپ زمستانه و تابستانه است تیپ زمستانی آن دارای دانه های ریز بوده و بیشتر در ممالک شرقی آسیا و ایران کاشته می شود. این دسته از گیاهان کوچک با گلهای صورتی و فوم رویش خوابیده هستند. دانه های آنها به رنگهای مختلف بوده و دارای رنگیزه آنتوسیانین می باشند. تیپ تابستانه آن دارای دانه های درشت و به رنگ کرم است. این تیپ نخود را در کشورهای غرب آسیا و همچنین ایران می کارند. این دسته از گیاهان فاقد آنتوسیانین بوده و گلهای آنها سفید است. این نوع نخودها به تیپ مدیترانه ای هم مشهور هستند. نخود نه تنها دمای بالا بلکه دمای پائین را نیز به خوبی تحمل می کند. جوانه زنی بذرهاي آن در دمای ۲ تا ۵ درجه سانتی گراد آغاز می شود و شاخ و برگ آن تا دمای منفی هشت تا منفی یازده درجه سانتی گراد را تحمل می کند. دمای تا ۳۰ درجه سانتی گراد است. این گیاه در طی دوره گل دهی نیاز به دمایی معتدل دارد و هوای داغ ۲۰ مطلوب برای رشد آن و تنش خشکی باعث کاهش محصول می شود دوره گل دهی آن ممکنست بیش از یک ماه طول بکشد و با توجه به اینکه نخودگیاهی است با رشد نامحدود غلافهای آن به طور همزمان به مرحله بلوغ نمی رسند. هنگامی که دمای روز ۳۵ درجه سانتی گراد و دمای شب ۱۴ الی ۱۵ درجه سانتی گراد باشد این گیاه بهتر می رسد. رطوبت بالا و هوای ابری اثری نامطلوبی بر روی گل دهی و غلاف دهی آن داشته و مقدار مواد قابل ذخیره در بذر را کاهش می دهد. نخودگیاهی روز بلند است و عمل متقابل درجه

حرارت و طول روز تاریخ گل دادن آن را تحت کنترل دارد. بین مقدار شاخه های فرعی گیاه و عملکرد گیاه رابطه مستقیم وجود دارد. تراکم بوته در واحد سطح تعداد شاخه های فرعی گیاه و غلافهای آنرا تحت تاثیر قرار می دهد، با افزایش تراکم و دور شدن از تراکم مطلوب تعداد شاخه های فرعی گیاه در نتیجه غلافهای آنها کاهش می یابد از طرفی دیگر با کاهش تراکم و دور شدن از تراکم مطلوب نیز قادر به جبران کاهش محصول حتی با افزایش تولید بیشتر شاخه های فرعی نمی باشد. با بزرگ شدن غلاف معمولاً تعداد گل و تعداد غلاف در گیاه کاهش پیدا می کند. غلاف نخود با توجه به برداشتن کلروفیل وانجام عمل فتوسنتز در مناطق خشک دارای اهمیت است ریشه های نخود قوی و انبوه هستند و معمولاً ریشه های واریته های دیررس به مراتب از واریته های زودرس راست تر و انبوه تر هستند. این گیاه بر روی اکثر خاکها مخصوصاً لومهایی که به اندازه کافی دارای آهک هستند رشد می کند بافتهای سنگین، رسی و مرطوب مناسب گیاه نیستند. استفاده صحیح از کود می تواند افزایش عملکرد نخود را باعث شود. این گیاه اکثراً برای افزایش محصول نیاز به کودهای فسفره پتاس دارو آهک دارد. آهک را بایستی قبل از کاشت استفاده کرد و بطور کامل آنرا با لایه شخم خاک مخلوط کرد. بهتر است آنرا همراه با شخم پائیزه با خاک مخلوط کرد. هنگامی که نیاز به منیزیم باشد، سنگ آهک دولومیت، مصرف می شود زیرا دارای کلسیم و منیزیم می باشد. در موقع کاشت نخود حدود ۲۰ کیلوگرم ازت در هکتار استفاده می شود واکنش نخود به فسفر متغیر است جایی که آب عامل محدود کننده ای برای رشد گیاه باشد معمولاً گیاه به فسفر واکنش نشان می دهد حتی اگر خاک از نظر فسفر در دسترس گیاه فقیر باشد.

هدف اصلی پرداختن به موضوعات مرتبط به گیاهان

کشاورزی و توسعه پایدار در سال‌های اخیر به شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند و این امر باعث شده تا روش‌هایی که به مصرف کمتر آب یا نتیجه بهتر زراعی مربوط هستند، بیشتر استفاده شوند. با انجام این پژوهش، امید است به روش‌هایی بهتر برای کاشت محصولات زراعی و آسیب کمتر به گیاهان دست پیدا کرد.

مروری بر تحقیقات پیشین

جیمز گودی^۱ و همکارانش در سال ۲۰۰۹ مقاله‌ای را در مجله السویر^۲ چاپ کردند که در آن آمده: «تاج درختان سوزنی برگ به روش‌های قابل پیش بینی رشد می‌کنند. مثلاً هنگام استقرار، این درختان معمولاً به صورت تاج دار رشد می‌کنند و در همه جهات گسترده می‌شوند میزان انسداد و بلند شدن تاج درخت به گونه، ژنتیک، میزان باروری، تراکم اولیه، پراکندگی ساقه، عامل‌های تخریب و مرگ زودرس بستگی دارد.. همانطور که درختان از لحاظ طولی رشد می‌کنند، ساقه‌ها و تاج‌هایشان با یکدیگر برخورد می‌کنند که باعث خراش و آسیب دیدگی شاخسار و جوانه‌ها، سایه اندازی دو طرفه، شکستن شاخه‌ها و از دست دادن برگ‌ها می‌شود».^۳

فرانسیس پوتز^۴ و همکارانش در سال ۱۹۸۴ در مقاله‌ای به اسم «آسیب مکانیکی و فاصله‌ی بین شاخه‌ای»^۵ نوشتند: «شکاف‌های کوچک معمولاً برای مدت کوتاهی باز می‌مانند، به طور موقت با حرکات شاخه در هنگام وزش باد بسته می‌شوند و با رشد جانبی برای همیشه بسته می‌شوند با این حال، در بعضی از جنگل‌ها، نور به داخل سایبان نفوذ می‌کند و یک مرز پایدار و قابل توجه در اطراف تاج‌های منفرد که از زمین قابل مشاهده است را تشکیل می‌دهد».^۶

۱. James Goudie

۲. ELSEVIER

۳. J.W. Goudie et al. / *Forest Ecology and Management* 257 (2009) 321–331

۴. Francis Putz

۵. Mechanical Abrasion and Intercrown Spacing

۶. Putz et al. *Crown Shyness*

شاخسار شرمی) در اینجا به طور مستقیم به این اسم اشاره نشده) یکی از اجزای اصلی تاثیر گذار در بهره وری و پویایی جنگل

است.^{۴۶}

پژوهش هایی که روی درختان جنگل انجام می شوند، عموماً روی تاثیر باد های شدید روی درختان و عواقب فاجعه بار(شکستن یا ویران شدن ساقه و شاخه های گیاه) تمرکز دارند.^{۴۷}

اهمیت و ضرورت طرح

از آنجایی که جمعیت کره زمین رو به افزایش است، انسان باید در پی روش های کارآمد تری برای توسعه حیات در سطح زمین باشد. به طوری که به خودش و گونه های گیاهی و حیوانی موجود کمترین آسیب را بزند. با افزایش جمعیت، یکی از مهم ترین مواردی که مورد توجه قرار می گیرد، نیاز بیشتر به غذاست. که اکثر غذا های ما به طور مستقیم یا غیر مستقیم از طریق گیاهان زراعی به دست می آید. با توجه به این موضوع، با بررسی هر چه بیشتر گیاهان زراعی و دیگر گیاهان می توان به روش هایی برای کارایی بیشتر زمین های زراعی با مساحت کمتر و باردهی بیشتر دست پیدا کرد. شاید با استناد بر نتایج به دست آمده از این پژوهش ها، بتوان روش های بهتری را برای استفاده از زمین به کار

برد.

روش انجام پژوهش

وسایل مورد نیاز

بذر گیاهان ذرت، آহারی، لوبیا و نخود، ۵۰ گلدان به قطر ۳.۵ سانتی متر، ۲۰۰ گرم خاک



۱. Rudnicki, Mark 2002
۲. Rudnicki, Mark et al. 2000

روش انجام کار

ابتدا به ارتفاع یک و نیم سانتی متر در هر گلدان خاک می ریزیم. سپس در بیست گلدان بذر نخود، در ده گلدان بذر آহারی، در ده گلدان بذر ذرت و در ده گلدان دیگر بذر لوبیا را قرار می دهیم. سپس گلدان ها را به الگوی نشان داده شده در تصویر گلدان ها را کنار هم قرار می دهیم. بین هر دو ردیف از گلدان ها پنج سانتی متر فاصله می گذاریم. گلدان ها را در معرض خاک مناسب و نور غیر مساوی قرار می دهیم و هر روز دو نوبت به هر کدام دو قاشق غذاخوری تا زمانی که جوانه بزنند آب می دهیم. بعد از جوانه زدن به مراتب فقط میزان آب دادن را افزایش می دهیم (تعداد آبیاری بذر ها تغییری نمی کند. زمان آبیاری ساعت ده صبح و ده شب است).







بیان داده ها

بررسی رشد بذور کشت شده

روز پس از کشت شروع به رشد ۵روز و نخود ۴ روز، آهار ۷روز، لوبیا ۶رشد هر کدام بذرها پس از کشت بررسی شد. بذر ذرت کردند.

فاصله سایه انداز گیاهان

فاصله سایه انداز اطراف گلدان هر گیاه پس از ۳۰ روز اندازه گیری و بررسی شد.

میانگین فاصله ی سایه انداز آهار: ۶ سانتی متر

میانگین فاصله ی سایه انداز نخود: ۴ سانتی متر

میانگین فاصله ی سایه انداز لوبیا: ۸ سانتی متر

میانگین فاصله ی سایه انداز ذرت: ۱۳ سانتی متر

تجزیه و تحلیل داده ها و مقایسه با پژوهش های پیشین

تا به حال پژوهش زیادی در رابطه با شاخصار شرمی انجام نشده است. تعداد اندکی مقاله با این موضوع موجود است که در هیچ کدام شاخصار شرمی به صورت مستقیم بحث نشده و مطالب گفته شده بر اساس گیاهان یا درختانی است که از قبل کاشته شده بودند و پس از چندین سال این پدیده در آنها مشاهده و مورد بررسی قرار گرفته. پس بسیاری از عوامل محیطی و اتفاق هایی که در طول زندگی هر گیاهی پیرامونش رخ می دهند، از دست و نظر پژوهشگر خارج بودند. با توجه به این مسئله داده های چنین پژوهشی نمی تواند کاملاً قابل استناد باشد. من گیاهانی را انتخاب کردم که یک ساله بودند و به سرعت جوانه زده و رشد می کردند. همچنین شرایط خاصی برای نگهداری نیاز نداشتند و در منزل می شد آنها را کاشت و همچنین شرایط کاشت و رشدشان به هم نزدیک بود تا پژوهش تنها یک متغیر (جدا بودن خاک گلدان ها) داشته باشد. در بسیاری از مقالات تنها نام تعدادی از گیاهان (از جمله اکالیپتوس) و درختانی ذکر شده که این پدیده را بروز می دهند و حدس هایی هم در رابطه با عامل اصلی این رفتار زده شده. در این پژوهش من گلدان گیاهان را از یکدیگر جدا کردم تا بر سر مواد مغذی موجود در خاک یا فضای ریشه برای رشد کردن رقابتی نباشد. سپس نور در شرایطی در اختیار بذر ها قرار گرفت که در هر دسته ده تایی (پنج عدد از هر گونه گیاه)، یک گونه از گیاهان نور کافی را در دسترس داشتند (به علت رشد بیشتر ساقه و برگ ها) و گروه دیگر به علت رشد کمتر در پشت سایه ی گونه اول قرار گرفته و نور کافی به آنها نمی رسید. با این حال اثری از پدیده شاخصار شرمی در آنها دیده نشد و گیاهانی که نور کافی به آنها نمی رسید به اندازه هم گونه شان در ردیف های دیگر که نور کافی داشتند رشد کردند! و تلاش بسیار زیادی برای کسب نور در این گیاهان دیده می شد.

ارتفاع رشد ساقه و فاصله سایه انداز گیاهان اندازه گیری شده و تقریباً هر روز ثبت شده. میانگین رشد گیاهانی که نور کافی در دسترس نداشتند به اندازه میانگین رشد هم گونه آنها در ردیف های دیگر بود. این نتایج حاکی از آن است که پدیده شاخسار شرمی بر سر عوامل موجود در خاک رخ می دهد و چون رشد پوش برگ درختان از رشد ریشه آنها تبعیت می کند، باعث بروز پدیده شاخسار شرمی در آنها می شود. البته عواملی مانند وزش باد های شدید که اگر باعث افتادن یا آسیب دیدن شاخه های یکی از درختان باشد امکان دارد به دیگری هم آسیب بزند هم می تواند در بروز این پدیده دخیل باشد که در اینجا متغیر ما نبوده.

نتیجه گیری

پدیده شاخسار شرمی در اثر تکامل طی نسل های زیادی از گیاهان به دست آمده. شاید این پدیده به رشد بهتر تمام گیاهان کمک نکند. اما می تواند نشانی باشد از کمبود عاملی که گیاه به آن نیاز دارد و باعث شود ما آن را برایش تامین کنیم. با توجه به نتایجی که به دست آمد، این عامل بیشتر در خاک یافت می شود.

پیشنهادهات

- به دست آوردن لیستی از محصولات زراعی کهاین پدیده را بروز می دهند با فراهم کردن زمین کشاورزی
- استفاده از آن به عنوان زنگ خطر کمبود عاملی در خاک برای کشاورز
- زیر نظر داشتن طیف گسترده ای از گیاهان از رده های مختلف برای بررسی پدیده شاخسار شرمی در آنها و یافتن ارتباط میان رده گیاه و بروز این پدیده و در نتیجه به دست آوردن زمان پیدایش پدیده شاخسار شرمی با توجه به زمان جدا شدن رده گیاهانی که این پدیده را بروز می دهند در درخت فیلوژنیک گیاهان (زمان جدا شدن گره)

• گیاهان به هر روشی

شوند می توانند نور

خود را به دست

گویی با یکدیگر کنار

فقط کافیت

در دسترس آنهاست،



که کاشته

مورد نیاز

بیاورند.

می آیند!

خاکی که

مقدار کافی

مواد مورد نیاز گیاه در آن حضور داشته باشند. مثلا می توان گیاهان را در یک زمین کشاورزی با الگوی زیر کاشت (برای

گیاهانی که از زمان جوانه زدن با هم رشد کنند):

محدودیت ها

این پژوهش در شرایط کرونایی انجام شده و با توجه به اینکه گیاهان هر روز نیاز به بررسی، اندازه گیری و عکس برداری داشتند، امکان اینکه در جایی بیرون از خانه و در محیطی شبیه ساز محیط طبیعی کاشته شوند وجود نداشت. در نتیجه از تاثیر عواملی مانند باد، حشرات، حیواناتی که در محیط طبیعی با گیاهان زندگی می کردند چشم پوشی شده (البته برای آزمایش در محیط طبیعی عوامل بیرونی که از بحث پژوهشی خارج هستند باید به طور دقیق اندازه گیری شده و در نظر گرفته شوند).

پایان

گیاهان سرمایه ی حیات روی کره زمین هستند. بیاید با کمک گرفتن از دست بشریت که آسیب های زیادی به محیط زیست وارد کرده، اندکی شاخسار شکسته آنها را ترمیم کنیم.

Michael G. Simpson (۲۰۱۳). Plant Systematics ۲nd ed

Jane B. Reece et al. (۲۰۲۰). Campbell biology, ۹th.ed

Lincoln Taiz et al. (۲۰۱۵). Plant Phisiology and Development, ۶th.ed

Susan E. Eichhorn, Peter H. Raven (۲۰۱۳). Biology of plants. ۸th.ed

James W. Goudie et al. (۲۰۰۸) An empirical model of crown shyness for lodgepole

Dipanjana Ghosh, Poulumi Das (۲۰۱۸). Crown Shyness

Putz et al. ۱۹۸۴ (The American Midland Naturalist, Vol ۱۱۲, No ۱, Jul ۱۹۸۴)

M. Franco (14 August 1986). "The Influences of Neighbors on the Growth of Modular Organisms with an Example from Trees".

Rudnicki, Mark ۲۰۰۲

<http://daneshnameh.roshd.ir>