شاپا: ۴۲۵۵-۲۵۸۸
فصلنامه علمی مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار
سال چهارم، شماره ۱ (پیاپی: ۱۱)، بهار ۱۳۹۹

مطالعات محیط زیست منابع طبیعی و توسعه پایدار

ISSN: 2588-4255
مطالعات محیط زیست منابع طبیعی و توسعه پایدار

فصلنامه علمی مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار
سال چهارم، شماره ۱ (پیاپی ۱۱)، بهار ۱۳۹۹

صاحب امتیاز و مدیرمسئول: منیژه ملائی
زیرنظر شورای سردبیری
مدیر اجرایی: معصومه دانش

فراخوان پذیرش مقاله:

نشریه «مطالعات محیط‌زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار» توسط موسسه مطبوعاتی مطالعات کاربردی شباک و با همکاری علمی اساتید برجسته دانشگاه‌های کشور به انتشار مقالات علمی در زمینه حسابداری و اقتصاد می‌پردازد. ازاین‌رو از تمام اساتید، صاحب‌نظران، کارشناسان، دانشجویان و پژوهشگران دعوت می‌شود با ارسال مقالات علمی خود از طریق وب‌سایت نشریه به نشانی www.ENSD.ir در پربارتر کردن این نشریه، ما را یاری نمایند.

برای ارسال مقاله کافی است تا در وب‌سایت ثبت‌نام نموده و با ورود به پنل کاربری، مقاله خود را ثبت کنید.

محورها و موضوعات پذیرش مقاله:

- مهندسی کشاورزی
- منابع طبیعی، مرتع و آبخیزداری
- جنگل و صنایع چوب
- شیلات
- محیط‌زیست
- مدیریت مناطق بیابانی
- آبیاری و زهکشی
- زراعت و اصلاح نباتات
- مهندسی اقتصاد کشاورزی
- علوم باغبانی
- ترویج و آموزش کشاورزی
- علوم خاک
- علوم دام و طیور
- مهندسی صنایع غذایی
- مکانیزاسیون کشاورزی و مکانیک بیوسیستم
- توسعه روستایی

نشریه
نشانی: کرج، بلوار امام خمینی (باغستان)، بین خیابان پنجم و ششم، روبروی مجموعه ورزشی انقلاب، پلاک ۷۳۵، ساختمان پرند، واحد یک
۰۲۶ ۳۴ ۳۴ ۷۶ ۷۸ / ۰۲۱ ۳۳ ۲۰ ۲۴ ۸۷
۰۲۱ ۴۳ ۸۵ ۷۱ ۲۴
www.JARES.ir
Shij.journals@gmail.com

چاپ
انتشارات هنر و علوم دانشگاهی، تلفن: ۰۲۱ ۳۳ ۸۴۰۷۹۲
نشانی: تهران، افسریه، ۱۵ متری اول، کوچه ۲۸، پلاک ۲۹۳

فهرست مقالات

سال چهارم، شماره ۱ (پیاپی ۱۱)، بهار ۱۳۹۹

ISSN: 2588-4255

فصلنامه علمی تخصصی مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار
سال چهارم، شماره ۱ (پیاپی: ۱۱)، بهار ۱۳۹۹

بحران آب یک امر اجتماعی و نیازمند همیاری علوم

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۰۹
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۲۰
کد مقاله: ۴۱۰۵۴

بهمن خسروی پور[۱]، خدیجه سلیمانی هارونی [۲]

چکـــیده

آب مایه حیات است و نعمتی است که بی‌توجهی و عدم مدیریت مناسب آن بشریت را به مخاطره می‌اندازد؛ تا آنجا که تحلیلگران، جنگ‌های آینده را در راستای منابع آبی و رسیدن به آن می‌دانند. در حقیقت بحران آب یک امر اجتماعی است و آب به عنوان یکی از پدیده‌های اساسی محیط زیستی، پدیده‌ای چندوجهی است که مدیریت بهره‌برداری و توسعه منابع آب نیز یک موضوع پیچیده و چندبعدی است و به نظر می‌رسد تاکنون بیشتر بعد فنی آن مد نظر قرار گرفته و به ابعاد اجتماعی- جامعه شناختی آن کمتر توجه شده بلکه از جنبه‌های فنی و زیستی مورد توجه قرار گرفته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد ارتباط متقابل و معنی‌داری بین ساختار مدیریت آب و ساختار جامعه شناختی کشورها اعم از سیاسی، اجتماعی و اقتصادی وجود دارد که بدون شناخت و توجه به آن نمی‌توان راهکار جامع و پایداری برای مدیریت منابع آب کشور ارائه داد. در این مقاله مروری با مطالعه اسناد مکتوب ضمن بررسی بحران آب و اهمیت توجه در بکارگیری استراتژی‌های مناسب برای گذر از این بحران به نقش و اهمیت سایر علوم همچون تاریخ، حسابرسی آب، علوم اجتماعی و ... پرداخته و در پایان چند راهکار برای تقویت پیوند سایر علوم با علم مهندسی آب و ترغیب محققان به داشتن دیدگاه جامع‌تر و چندبعدی به فرایند مدیریت آب ارائه شده است.

واژگـان کلـیدی: مدیریت منابع آب، علوم اجتماعی، هیدرولوژی اجتماعی، حسابرسی آب

۱- استاد و عضو هیأت علمی گروه ترویج و آموزش‌کشاورزی دانشگاه علوم‌کشاورزی و منابع‌طبیعی خوزستان؛ *b.khosravipour@gmail.com*
۲- دانشجوی دکتری آموزش کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان؛ *khadijeh.soleimani@gmail.com*

۱- مقدمه

تخریب محیط زیست، رشد جمعیت، شهرنشینی، الگوهای ناپایدار و نابرابر مصرف، درگیری‌ها و ناآرامی‌های اجتماعی و مهاجرت‌های بی‌سابقه از جمله فشارهای بهم پیوسته ایست که بشر با آنها روبروست (Un-Water, 2019). و در این میان، نقش آب نه تنها به عنوان یک عنصر مهم زیست محیطی و یک کالای اساسی، بلکه به عنوان یک ضرورت برای اشکال محتلف زندگی و اهمیت آن در توسعه اقتصادی ـ اجتماعی و انسانی و بعضاً ابزاری برای تسلط اقتصادی بشمار می‌رود(Rault et al., 2008; Aromolaran et al., 2019). به لحاظ، ظهور تمدن‌های پیچیده در جایی که انسان توانست آب را مهار کند (Manual, 2008)، آب به عنوان یک منبع باارزش برای ارزش افزوده اقتصادی برای بخش کشاورزی و صنعت مورد توجه قرار گرفته است (Rault et al., 2008) و اهمیت حیاتی آب بر کسی پوشیده نیست (حجازی و اسماعیلی کیا، ۱۳۹۲).

آب مایه حیات است و نعمتی است که بی‌توجهی و عدم مدیریت مناسب آن بشریت را به مخاطره می‌اندازد تا آنجا که تحلیلگران، جنگ‌های آینده را در راستای منابع آبی و رسیدن به آن می‌دانند (اسکوهی و اسماعیلی، ۱۳۹۶). آب نقش اساسی در زندگی انسان و کشاورزی دارد زیرا مهمترین منبع برای تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی است. با توجه به کمبود شدید آب و تقاضای زیاد در مورد این منبع کمیاب، مدیریت صحیح و برنامه ریزی برای حفظ این منبع بسیار ضروری است (Khatibi & Arjjumend., 2019; Gholamrezai & Sepahvand., 2017). زیرا شواهد حاکی از فشار رو به تزاید بر منابع آب در سراسر جهان است (Manual, 2008; Srdjevic et al., 2017) و وضعیت اکولوژیکی آب به دلیل افزایش فشار فعالیت های انسانی؛ تغییر اقلیم و مدیریت نامناسب در سراسر جهان تهدید می‌شود (Fecih et al., 2018; Franzen et al., 2015; FAO, 2014). لذا نتیجه مستقیم این شرایط، لزوم توجه به این موهبت را دو چندان نموده است (حجازی و اسماعیلی کیا، ۱۳۹۲؛ صالحی و عزیززاده، ۱۳۹۳).

بحران آب یک امر اجتماعی است (Rault, 2008). آب به عنوان یکی از پدیده‌های اساسی محیط زیستی، پدیده‌ای چندوجهی است که مدیریت بهره‌برداری و توسعه منابع آب نیز یک موضوع پیچیده و چندبعدی است و به نظر می رسد تاکنون بیشتر بعد فنی آن مد نظر قرار گرفته و به ابعاد اجتماعی- جامعه شناختی آن کمتر توجه شده بلکه از جنبه‌های فنی و زیستی مورد توجه قرار گرفته است (صالحی، ۱۳۹۶و حب وطن، ۱۳۹۲).

بررسی ها نشان می دهد ارتباط متقابل و معنی داری بین ساختار مدیریت آب و ساختار جامعه شناختی کشورها- اعم از سیاسی، اجتماعی و اقتصادی- وجود دارد و بدون شناخت و توجه به آن نمی‌توان راهکار جامع و پایداری برای مدیریت منابع آب کشور ارائه داد (حب وطن، ۱۳۹۲).

متاسفانه در ایران، غفلت از ابعاد اجتماعی و فرهنگی آب تا سال‌های اخیر، کاملاً مشهود بوده و طی دهه اخیر نیز که ابعاد اجتماعی-فرهنگی آب مورد توجه قرار گرفته است، خلأ بنیان‌های نظری و اندیشه‌ای در مباحث مطروحه کاملاً مشهود است. پرداختن به مسائل آب و اتخاذ راهکارهای مناسب برای مدیریت این منبع حیاتی در جامعه، مستلزم ارتقای دانش، اندیشه و مبانی نظری است تا با برخورداری از این مبانی علمی قوی و نیز تجربیات گسترده بین‌المللی، بتوان از دستاوردهای بشری در عرصه نظر و عمل برای مواجهه با پدیده آب در ایران استفاده کرد (صالحی، ۱۳۹۶).

اصولاً مدیریت و بهره برداری از منابع آب موضوعی پیچیده و چندبُعدی (حب وطن، ۱۳۹۶) و در عین حال سیستمی پیچیده متشکل از مولفه‌های گوناگون آب، تاسیسات فنی، مردم، نهادها و روابط گوناگون اجتماعی و محیط طبیعی است و بنابراین نیازمند یک نگاه و رویکرد میان‌رشته‌ای و کل‌نگر است. به عنوان مثال از آنجا که بهره‌برداری و مصرف آب توسط افراد و گروه‌های انسانی صورت می‌گیرد، بنابراین مثلاً جامعه‌شناسی به عنوان علمی که ساختارها و گروه‌ها و نهادهای اجتماعی موجود در یک جامعه و روابط آنها را مطالعه می‌کند می‌تواند در شناخت نظام مدیریت منابع آب و حل مشکلات موجود در آن مفید باشد. از سوی دیگر، اغلب کارشناسان معتقدند مشکل اصلی در منابع آب اغلب کشورها نه در کمبود فیزیکی آب بلکه در نحوه مدیریت و حکمرانی آب ریشه دارد (حب وطن، ۱۳۹۷).

مدیریت آب همیشه نیازمند علومی بیش از علوم فیزیکی بوده زیرا فرایندی است که شامل هزاران یا حتی میلیون‌ها برنامه-های عملیاتی، مالی، برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری و استفاده از تصمیمات است و بیشتر تصمیمات توسط مصرف کنندگان آب و بهره برداران گرفته می شود و نسبتاً تعداد معدودی توسط مدیران سیستم گرفته می‌شود، لذا هماهنگ‌سازی این تصمیمات در یک سیستم پیچیده و وابسته به یک چارچوب مؤثر اقتصادی و اجتماعی و یک سیستم اجتماعی و اقتصادی بزرگتر برای پشتیبانی است (Lund, 2015).

لذا در این مقاله با بررسی منابع مکتوب به بررسی نقش و اهمیت برخی از علوم در مدیریت منابع آب پرداخته شده است تا شاید گامی در جهت ترغیب محققان به توجه بیشتر به اهمیت سایر علوم برای نیل به موفقیت در برنامه‌های مدیریت منابع باشد.

۲- حسابداری آب

حسابداری آب علم نوینی است که برای سازماندهی اطلاعات آب مطرح شده و برای مطالعه رابطه بین اقتصاد و محیط زیست، چارچوبی مفهومی ایجاد می نماید. این علم در پاسخ به نیاز مبرم موجود برای تهیه اطلاعات شفاف و با هدف مدیریت کارای آب ایجاد شده است (حجازی و اسماعیلی کیا، ۱۳۹۲). حسابداری آب به ایجاد حساب‌های آب به عنوان سازوکاری جهت کمک به فرایند تصمیم‌گیری‌های مرتبط با آب اشاره دارد که این فرایند شامل استفاده از حساب‌های آب در مدیریت، برنامه‌ریزی، کنترل و پاسخگویی سازمان‌ها در قبال منابع می‌باشد. حساب‌های آب براساس اصول و قواعد مقرر شده توسط سازمان ملل شکل گرفته است و بر جریان فیزیکی آب تمرکز دارد (صالحی و عزیززاده، ۱۳۹۳).

۳- علوم اجتماعی و مدیریت آب

مدیریت موفقیت آمیز منابع وابسته به تغییر در رفتار کسانی است که مدیریت این منابع را برعهده دارند و عدم حمایت آنها گاهی ناشی از کمبود دانش و درک لازم از رفتار مورد نظر است لذا درک اثر عوامل اجتماعی، روانشناسی، نهادی و اقتصادی برای موفقیت استراتژی های مدیریت منابع ضروری است (Floress et al., 2015).

آب، علاوه بر جنبه‌های فنی و طبیعی، مساله‌ای است با ابعاد مختلف اجتماعی و فرهنگی. آب، منبع زندگی است؛ آب، منبع الهام است؛ آب، منبع قدرت است؛ آب، منبع همکاری یا تضاد است و نهایتاً، آب، منبع پایداری است (صالحی، ۱۳۹۶)

یکی از مهمترین علل ناکامی این نظام مدیریت، عدم توجه به مسئله آب در ایران به مثابه مسئله‌ای پیچیده، بین رشته‌ای و بدخیم است که سبب شده ارزیابی‌های صورت گرفته از پروژه‌ها و طرحها، صرفا به ابعاد اقتصادی و فنی محدود شده و به واسطه نادیده گرفتن سایر ابعاد، در بعضی موارد حتی اهداف اقتصادی آنها نیز در کوتاه و بلندمدت محقق نگردد. یکی از مهمترین ابعاد مغفول در نظام مدیریت منابع و مصارف آب در ایران، ابعاد اجتماعی است (فاضلی و فتاحی، ۱۳۹۷).

۴- تاریخ و مدیریت منابع آب

برنامه‌ریزی برای توسعه و مدیریت منابع آب، بدون توجه به دو مقوله تاریخ و زمان می‌تواند به تکرار تجارب ناموفق گذشته یا اقداماتی بدون تجارب ناموفق گذشته یا اقداماتی بدون آینده نگری بینجامد که به واسطه اثرات انباشتی و رابطه آنها با سایر متغیرها در طول زمان، سبب شده است که این نظام برخی از اشتباهات و اقدامات ناکارآمد را چندین و چندبار تکرار نماید. طرح‌های مختلف مدیریت و توسعه منابع آب در حوضه زاینده رود آشکارترین نمود این مسئله است. جامعه شناسی تاریخی بحران آب در حوضه زاینده رود نشان می دهد که افزایش منابع آبی حوضه به دلایل گوناگون نه تنها می تواند کمبو آب را در این حوضه حل نماید بلکه با افزایش شکاف بین مصارف و منابع آبی حوضه، بحران آب را در آن تشدید می‌کند؛ اما این نظام به دلیل نادیده گرفتن تاریخ در مطالعات خود، بدون توجه به تجارب تاریخی گذشته، همچنان بر طبل تکرار راهکارهای قدیمی و پرهزینه ای می کوبد که توانایی حل مسأله را ندارند (فاضلی و فتاحی، ۱۳۹۷).

به لحاظ مدیریت آب، امروز کشورمان در یکی از حساس‌ترین گذرگاه های تاریخی خود قرار دارد که به طور حتم شناسایی و تبیین صحیح این مسئله نیازمند نگاه تاریخی به ابعاد مختلف آن است. در واقع تاریخ می‌تواند به ما بگوید که چگونه در یک شرایط جغرافیایی به وضعیت ناگوار فعلی رسیده‌ایم و در ادامه چگونه از این وضعیت نامطلوب که در نظام اجتماعی ما به طور حتم تاثیر گذار خواهد بود، خارج شویم و در این مسیر نیازمند چه ابزارهایی هستیم. بررسی و واکاوی تفاوت وضعیت امروز ایران با دو هزار سال پیش به طور حتم بسیاری از مسائل را روشن خواهد کرد (آل یاسین، ۱۳۹۷).

بحران آب – و نه البته کم‌آبی– محصولی سیاسی– اجتماعی با ابعاد اقتصادی و محیطزیستی گسترده است. تصور نمی‌شود بحرانی که منشائی سیاسی–اجتماعی دارد و برآمده از سازماندهی و صورت‌بندی اجتماعی خاصی است، صرفا با رویکردهای اقتصادی و فنی قابل‌تعدیل، کنترل یا حل‌شدن باشد (فاضلی، ۱۳۹۶).

۵- هیدرولوژی اجتماعی

برخلاف رویکردهای دقیق مهندسی، مدیریت آب تمامی نگرش‌هایی را شامل می‌شود که تعامل بشر و چرخهی آب در آن نقش اساسی دارد، واقعیتی که تاکنون در کشور دیده نشده و پایش نیز نگردیده است. امروزه توسعه جوامع انسانی، منجر به پیوندی ناگسستنی میان بشر و سیستم‌های هیدرولوژیک شده و اثرات توسعه اجتماعی از طریق تصمیم‌گیری‌های مدیریتی بر سیستم‌های آبی بازتاب می‌یابند. به‌طور یقین در چنین شرایطی پیش‌بینی واکنش‌های حوضه‌های آبریز با تکیه بر هیدرولوژی سنتی غیرممکن

خواهد بود. این شرایط منجر به تحولی عظیم در علم هیدرولوژی گردید و موضوع جدید » هیدرولوژی اجتماعی« در سال ۲۰۱۲ برای اولین بار مطرح شد. هیدرولوژی اجتماعی، شکل گرفته در چارچوب‌های اقتصاد و سیاست، مرزهای علم هیدرولوژی را به سمت پذیرش انسان به‌عنوان جزئی تفکیکناپذیر و یکپارچه با چرخه‌ی هیدرولوژی سوق داده است .این شاخه‌ی نوظهور از هیدرولوژی، در جستجوی درک معنادار پویایی، همتکاملی و برهمکنش‌های سیستم‌های پیوسته‌ی انسان ـ آب بوده، به‌طور مؤثری یکپارچگی جامع جنبه‌های محیطی و اقتصادی ـ اجتماعی هیدرولوژی را در نظر داشته و با تمرکز بر اصول علمی و بنیادین، شناسایی و تحلیل برهمکنش‌ها، بازخوردها و همتکاملی رفتار جوامع انسانی با سیستم هیدرولوژیکی را بر عهده می‌گیرد (قلی زاده سرابی و قهرمان، ۱۳۹۶).

نتیجه‌گیری

آمار جهانی (فائو) نشان می‌دهد بخش کشاورزی به طور میانگین حدود ۷۰ درصد آب مصرفی را در جهان به خود اختصاص داده است. سهم آب مصرف‌شده در بخش کشاورزی در منطقه خاورمیانه و قاره آفریقا به ترتیب ۸۴ و ۸۲ درصد است. این رقم برای کشورها، متفاوت است؛ به‌طوری‌که برای کشور هند ۹۱ درصد، برزیل ۶۰ درصد، مصر ۸۶ درصد، چین ۶۴٫۶ درصد است (روزنامه شرق، ۱۳۹۶). وجود این آمار نشان می‌دهد که بحران آب یک بحران جدی است و باید برای بخش عمده مصرف کننده آب یعنی بخش کشاورزی چاره‌ای اندیشید و این در گروه مشارکت و همیاری گروه بهره برداران از آب یعنی کشاورزان است و این امر تحقق پذیر نیست جز با درک مناسب از فرایند مدیریت منابع آب و این که باید پذیرقت مدیریت منابع آب پدیده ای چند بعدی است و باید از سایر علوم بهره برد و یاری جست.

از راه‌حل‌های پیشنهادی در این راستا می‌توان به اقدامات مشترک بین وزارت‌های مختلف از جمله وزارت علوم، وزارت آموزش و پرورش، وزارت نیرو و وزارت جهاد کشاورزی در خصوص برگزاری کارگاههای آموزشی ویژه کارکنان و دانشجویان و هنرآموزان و آگاهی سازی آنان اشاره داشت. همچنین پیشنهاد می‌شود تعدادی واحدهای درسی برای رشته‌های دانشگاهی فنی و مهندسی آب و خاک تعریف و تدوین گردد که در آنها مباحث غیرسازه‌ای و میان‌رشته‌ای مانند جامعه‌شناسی توسعه روستایی، جامعه‌شناسی زیست‌محیطی، ارزیابی تاثیرات اجتماعی طرح‌ها و پروژه‌های آبی، ارزیابی اثرات محیطزیستی، آمایش سرزمین و ... تدریس و آموزش داده شود البته پیشنهاد می‌شود این حرکت از سطوح پایین‌تر آموزشی یعنی از مدارس در مقاطع حتی ابتدایی آغاز گردد.

منابع

- اسکوهی، م و اسماعیلی، ک. ۱۳۹۶. دیدگاههای مسأله بحران آب و راههای برون‌رفت از آن. نشریه آب و توسعه پایدار. سال چهارم. شماره ۲. بخش ویژه ضرورت تغییر در سیاست‌های آب کشور.
- آل یاسین،ا. ۱۳۹۷. احیای دانش بومی، راهکار موثر مدیریت بحران آب در کشور. نشستی تحت عنوان "نگاه تاریخی به دانش و فناوری آب در ایران" در تالار خیام خانه اندیشمندان علوم انسانی.به گزارش ایرنا. کد خبر : ۸۳۰۵۰۳۷۶
- حب وطن, محمد، ۱۳۹۲، مدیریت منابع آب و جامعه شناسی توسعه؛تحلیلی بر ساختار مدیریت منابع آب کشور از دیدگاه جامعه شناسی، پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشگاه شهید بهشتی، https://www.civilica.com/Paper-WRM05-WRM05_453.html
- حب وطن، م. ۱۳۹۷. رویکردهای جدید مدیریت منابع آب، بایستی کل‌نگر و مجهز به رهیافت های علوم اجتماعی باشند. خانه آب ایران. http://waterhouse.ir/news/1148
- حجازی، ر و اسماعیلی کیا. ۱۳۹۲. سیستم های حسابداری آب. فصلنامه پژوهش حسابداری. دوره ۳. شماره ۴. شماره پیاپی ۱۱. زمستان ۱۳۹۲. صص: ۴۴-۲۷.
- روزنامه شرق. ۱۳۹۶. اهمیت توجه به آب و مدیریت بهینه آن در بخش کشاورزی. ۱۷ مهر ۱۳۹۵. کد خبر: ۸۲۲۶۰۲۶۲
- صالحی، ص. ۱۳۹۶. آب؛ مساله علوم اجتماعی یا علوم طبیعی. سایت خبری تجارت فردا. تاریخ انتشار: ۷ بهمن.
- صالحی، م و عزیززاده، م. ۱۳۹۳. حسابداری آب. اولین همایش ملی حسابداری و حسابرسی، بندر گز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندر گز، https://www.civilica.com/Paper-FNCAA01-FNCAA01_054.html
- فاضلی، م و فتاحی، س. ۱۳۹۷. علوم اجتماعی و آب: دشتور کارهای مغفول. فصلنامه اندیشکده تدبیر آب ایران. سال هفتم. شماره ۲۱. صص: ۸-۵.
- فاضلی،م. ۱۳۹۶. کم آبی یا بحران آب. جامعه شناسی سیاسی بحران آب در ایران. http://www.css.ir/fa/content/102580/%DA%A9%D9%85_%D8%A2%D8%A8%DB%8C_

%DB%8C%D8%A7_%D8%A8%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D9%86_%D8%A2%D8%A8_

- قلی زاده، ش و قهرمان، ب. ۱۳۹۶. تغییر رویکردهای مدیریت منابع آب از نگرش هیدرولوژی مهندسی تا هیدرولوژی اجتماعی. نشریه آب و توسعه پایدار. سال چهارم. شماره ۲. بخش ویژه ضرورت تغییر در سیاست‌های آب کشور.
- Aromolaran, A. K., Ademiluyi, I. O., Sotola, A. E., Wole-Alo, F. I., Aromiwura, O. A., & Ogunsuyi, O. E. (2019). Effect of water scarcity on households' livelihoods in Iwoye-Ketu Area of Ogun State, Nigeria. Journal of Water and Land Development .
- FAO (2014). Coping with water scarcity in agriculture a global framework for action in a changing climate. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. Available at http://www.fao.org/3/a-i6459e.pdf
- Fecih, A., Habi, M., & Morsli, B. (2018). Evaluation of hydro-agricultural techniques and assessment of know-how implemented by traditional societies: Case of the region of Béni-Snous in the city of Tlemcen–Algeria. Journal of water and land development, 39(1), 39-50.
- Floress, K., Akamani, K., Halvorsen, K. E., Kozich, A. T., & Davenport, M. (2015). The role of social science in successfully implementing watershed management strategies. Journal of Contemporary Water Research & Education, 154(1), 85-105.
- Franzén, F., Hammer, M., & Balfors, B. (2015). Institutional development for stakeholder participation in local water management—An analysis of two Swedish catchments. Land Use Policy, 43, 217-227.
- Gholamrezai, S., & Sepahvand, F. (2017). Farmers' participation in water user association in western Iran. Journal of Water and Land Development, 35(1), 49-56.
- Ker Rault, P. A. (2008). Public participation in integrated water management: a wicked process for a complex societal problem.
- Khatibi, S., & Arjjumend, H. (2019). Water Crisis in Making in Iran.
- Manual, T. (2008). Conflict Resolution and Negotiation Skills for Integrated Water Resources Management.
- Lund, J. R. (2015). Integrating social and physical sciences in water management. Water Resources Research, 51(8), 5905-5918.
- Rault, P. A. K., & Jeffrey, P. J. (2008). On the appropriateness of public participation in Integrated Water Resources Management: some grounded insights from the Levant. Integrated Assessment, 8(2 .)
- Srdjevic, Z., Funamizu, N., Srdjevic, B., & Bajcetic, R. (2017, July). Grounded theory methodology and public participation in water management. EWRA, 10th World Congress on Water Resources and Environment "Panta Rhei.
- United Nations World Water Development Report. https://en.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2019

Water Crisis is a Social Issue that Needs the Help of Science

Bahman Khosravipour, Khadijeh Soleimani Harooni
Professor of Agricultural Extension and Education Department, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran* Corresponding Author
Ph.D. student of Agricultural Education, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran

Abstract
Water is the lifeblood and a blessing that neglects it and mismanages it to the point that analysts see future wars in the direction of and access to water. In fact, the water crisis is a social issue, and water as one of the fundamental environmental phenomena is a multifaceted phenomenon where the management of water resource utilization and development is a complex and multidimensional issue, and seems to be the most technical aspect to date. Its social and sociological dimensions have been neglected but technical and biological aspects have been considered. Studies show that there is a significant and significant relationship between water management structure and sociological structure of countries, including political, social and economic, which cannot be integrated and sustainable for water resources management without recognition and attention. Provided. In this review article, while studying the written documents, while examining the water crisis, and the importance of attention in applying appropriate strategies to overcome this crisis, the role and importance of other sciences such as history, water auditing, social sciences, etc. are discussed. To further link the other sciences with water engineering science and encourage researchers to have a more comprehensive and multidimensional view of the water management process.

Keywords: Water Resources Management, Social Sciences, Social Hydrology, Water Account

فصلنامه علمی تخصصی مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار
سال چهارم، شماره ۱ (پیاپی: ۱۱)، بهار ۱۳۹۹
ISSN: 2588-4255

بررسی تأثیر بیوچار برگ زیتون بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک لوم سیلتی

معصومه فراستی[۱]، حسین شاکری[۲]، علی راحمی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۰۵
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۱۶
کد مقاله: ۶۷۹۸۰

چکـــیده

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر بیوچار برگ زیتون بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک لوم‌سیلتی شامل جرم مخصوص ظاهری، رطوبت وزنی، ظرفیت نگهداری رطوبت، تخلخل، رطوبت اشباع، هدایت‌الکتریکی و اسیدیته خاک می‌باشد. تیمارهای پژوهش شامل سه سطح بیوچار (یک، دو و چهار درصد) و سه دمای پیرولیز ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد با سه تکرار می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد که تیمار دمایی ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، یک و دو درصد بیوچار دارای بیشترین جرم مخصوص ظاهری و تیمار ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، چهار درصد بیوچار دارای کمترین جرم مخصوص ظاهری می‌باشند. با افزایش دمای پیرولیز، جرم مخصوص ظاهری افزایش‌یافته است. همچنین تیمار ۵۰۰ درجه، چهار درصد بیوچار بیشترین میزان تخلخل و تیمارهای ۷۰۰ درجه، دو درصد بیوچار دارای کمترین تخلخل بودند. صفت رطوبت اشباع در تیمار ۳۰۰ درجه، یک درصد و ۵۰۰ درجه، چهار درصد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بود. تیمار دمایی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، تیمار چهار درصد دارای بیشترین آب قابل‌دسترس و تیمار دمایی ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، بیوچار یک درصد کمترین میزان آب قابل‌دسترس را داشتند. با افزایش درصد بیوچار میزان آب قابل‌دسترس افزایش‌یافته است. نتایج بیانگر اثرات مؤثر کاربرد بیوچار بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با بافت متوسط می‌باشند.

واژگـان کلـیدی: بیوچار، دمای پیرولیز، ماده آلی، منحنی رطوبتی خاک، هدایت‌الکتریکی.

۱- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس *Farasati2760@gmail.com*
۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، *H.rostami1996@gmail.com*.
۳- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، *Rahemi@gonbad.ac.ir*.

۱- مقدمه

در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان ازجمله ایران، کمبود ماده‌آلی[1] خاک، کمبود منابع آلی و ناپایداری آن‌ها در خاک، از بزرگ‌ترین چالش‌های مطرح‌شده در ضعف حاصلخیزی خاک و رشد و عملکرد نامناسب گیاه محسوب می‌شود (فروهر و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی موجب شده که مقدار ماده‌آلی در خاک‌های کشاورزی روزبه‌روز کمتر شود و به دنبال آن عملکرد محصول کاهش یابد؛ بنابراین برای حفظ حاصلخیزی خاک، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن و حفظ تعادل در عوامل زیست‌محیطی، مصرف کودهای آلی در خاک‌های کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر است (Zhang and Sun,2014). برای بهبود پایدار حاصلخیزی خاک‌ها با استفاده از مواد آلی موجود، پایدار کردن مواد آلی از طریق تبدیل آن‌ها به بیوچار[2] که از ماندگاری حداقل ۵۰ تا ۱۰۰ ساله در خاک برخوردار است می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد اساسی پیشنهاد شود (Lehmann and Joseph,۲۰۰۹). لذا استفاده از بیوچار در زمین‌های کشاورزی به‌عنوان منبع تأمین‌کننده مواد آلی برای رشد گیاه و اصلاح‌کننده‌ای برای بهبود ویژگی‌های خاک پیشنهادشده است (Rawat et al.,2019; Rehman et al.,2018). بیوچار نام یک ترکیب آلی غنی از کربن است که از طریق تجزیه گرمایی هر نوع زیست‌توده تحت شرایط بدون اکسیژن یا حضور جزئی آن، که در اصطلاح پیرولیز[3] گفته می‌شود، به دست می‌آید (Lehmann and Joseph,2009). تحقیقات نشان داده است این ماده نیز با ترسیب‌کربن[4] تأثیر عمده‌ای در کاهش گازهای گلخانه‌ای و بهبود پدیده گرمایش جهانی دارد (Liu et al.,2014). اساساً تولید بیوچار باهدف جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق تثبیت بلندمدت کربن پیشنهادشده است (verheijen et al., 2010). همچنین بررسی‌های انجام‌شده پیرامون تأثیر بیوچار نشان می‌دهد که مقدار تأثیر بیوچار به‌عنوان یک اصلاح‌گر برای خاک با توجه به ماهیت فیزیکی و شیمیایی، از تعامل بیوچار با خاک و همچنین اثرات حاصل از آن بر بهره‌وری گیاه تعیین می‌شود (Chintala et al., 2014; Chan et al., 2007) نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد ذرات بیوچار بر روی ظرفیت نگهداشت آب[5] و مواد مغذی[6] اثر می‌گذارد (Lei et al., 2013).لذا براین اساس ذرات کوچک‌تر دارای سطح بالاتری هستند که باعث افزایش مواد مغذی و ظرفیت نگهداشت آب شود. بیوچار بسیار متخلخل است (Atkinson et al., 2010) و بنابراین می‌تواند به‌طور بالقوه به ذخیره‌سازی و نگهداشت آب در خاک کمک کند و به‌طور بالقوه با آرایش منافذ بین ذرات بر اثرات مربوط به نگهداشت آب، خاک تأثیر مثبت می‌گذارد (Hardie et al., 2014). تحقیقات متعددی پیرامون تاثیر بیوچار در بهبود پایداری خاکدانه‌ها (Ouyang et al., 2016)، افزایش تخلخل، کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت اشاره می‌کند (Andrenelli et al., 2016). در تحقیقی که برای بررسی اثرات کوتاه‌مدت بیوچار حاصل از برگ خرما تحت شرایط دمایی متفاوت (۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰، ۴۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد) بر حفظ رطوبت در خاک لوم شنی صورت گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیق، به‌طورکلی با افزایش دما در دامنه ۳۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد کاربرد بیوچار باعث کاهش معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) جرم مخصوص ظاهری و افزایش معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) منافذ بزرگ‌تر از ۰/۲ میکرومتر که به لحاظ ذخیره رطوبت قابل‌دسترس گیاه حائز اهمیت است می‌گردد (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۵).در تحقیق دیگری به بررسی تأثیر بیوچار تولیدشده از خرده چوب در دمای ۵۲۵ درجه سانتی‌گراد را بر جرم مخصوص ظاهری و آب قابل‌دسترس در خاک با بافت لوم سیلتی که بیوچار به میزان ۳ درصد وزنی به خاک اضافه شد، پرداخته شد. یافته‌های حاصل از تحقیق خاطرنشان می‌کند که افزودن بیوچار به خاک لوم سیلتی سبب افزایش ۴/۲ درصدی آب قابل‌دسترس و سبب کاهش ۱۰/۳ درصدی جرم مخصوص ظاهری شد (Burrell er al.,2016). همچنین در پژوهشی که پیرامون اثرات مفید کوتاه‌مدت کاربرد بیوچار ضایعات مختلف پسته بر بهبود برخی ویژگی‌های شیمیایی و حاصلخیزی یک خاک لومی، در نمونه‌های تیمار شده با سه بیوچار تهیه‌شده از تفاله نرم پسته، پوست سخت پسته و چوب درختان پسته ۲۰ ساله در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس (به میزان ۵ درصد وزنی)، در هر پنج زمان (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ ماه) صورت پذیرفت، یافته‌های به‌دست‌آمده از پژوهش حاکی از آن است که کاربرد مواد بهساز و زمان‌های مختلف خوابانیدن، اثر معنی‌داری بر میزان pH خاک نداشته است اما در طرف مقابل، افزایش معنی‌دار از میزان قابلیت هدایت الکتریکی نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد (خادمی و همکاران، ۱۳۹۷). در تحقیقی دیگر جهت بررسی پیرامون تأثیر بیوچار ذرت بر خصوصیات شیمیایی و میکروبیولوژیکی دو خاک آهکی رسی و شنی، مطالعه‌ای انجام گردید، یافته‌های تحقیق حاکی از آن بوده است که با افزایش دمای گرما کافت، pH (۹۷–۱۰ درصد) و سطح ویژه (۱۴۷۲–۱۲۱ درصد) بیوچار افزایش‌یافته است و همچنین مصرف بیوچار در دو خاک آهکی شنی و ماسه‌ای باعث افزایش pH (۵–۲ درصد) و قابلیت هدایت الکتریکی (۶۶–۸ درصد) در مقایسه با نمونه شاهد شده

[1] Organic matter
[2] Biochar
[3] Pyrolysis
[4] Carbon sequestration
[5] *Water holding capacity*
[6] *Nutrient*

است (خادم و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به مطالب ذکرشده و اهمیت بیوچار بر خصوصیات خاک‌ها و همچنین به دلیل اینکه تاکنون اثر بیوچار برگ درخت زیتون بر خصوصیات خاک موردبررسی قرار نگرفته است. در این پژوهش اثرات دما، روز و درصد بیوچار برگ زیتون بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک لوم سیلتی پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

این تحقیق در پاییز ۱۳۹۶ در آزمایشگاه مرتع دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبدکاووس باهدف بررسی تأثیر کاربرد بیوچار برگ زیتون بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک لوم سیلتی انجام شد. برای تهیه بیوچار برگ زیتون، ابتدا برگ زیتون یک هفته در معرض هوا خشک شد. برگ خشک‌شده زیتون با استفاده از دستگاه خردکن به قطعات ریز به ابعاد کمتر از دو سانتی‌متر تبدیل شد. با استفاده از ورقه‌های آلومنیومی، پاکت‌های مخصوص ساخته و با قرار دادن برگ خردشده زیتون در داخل آن‌ها بسته‌های حدود ۲۰۰ گرمی تهیه و کاملاً مسدود شد. بسته‌ها در یک کوره الکتریکی در دماهای ۳۰۰،۵۰۰ و ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت چهار ساعت در شرایط بدون اکسیژن حرارت داده شدند. لازم به ذکر است که در غالب پژوهش‌ها برای پیرولیز آهسته مدت‌زمان حرارت دهی یک تا چهار ساعت و درجه حرارت لازم بین ۳۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد گزارش‌شده است (Yu et al.,2013). بدین ترتیب سه نوع بیوچار با نام‌های B300، B500 و B700 از یک نوع ماده اولیه برگ زیتون، ولی در دماهای متفاوت تهیه شدند. سپس بازده بیوچار از رابطه زیر تعیین گردید:

$$Yield\ \% = \frac{m_{biochar}}{m_{raw}} \times 100 \qquad (۱)$$

در این رابطه، Yield بازده تولید به درصد و mbiochar و mraw به ترتیب وزن بیوچار و وزن ماده خام برحسب گرم می‌باشد. دانه‌های کوچک‌تر از دو میلی‌متر دارای مناسب‌ترین دانه‌بندی جهت مصارف کشاورزی می‌باشد (Lehmann and Joseph,2009)، ازاین‌رو نمونه‌های بیوچار به‌دست‌آمده آسیاب شده و از الک دو میلی‌متر عبور داده شد. بیوچارهای تهیه‌شده که معادل یک، دو و چهار درصد خاک بود، به‌صورت دستی و به‌طور یکنواخت با خاک مخلوط شدند. خاک مورداستفاده از عمق (۰-۳۰ سانتیمتری) با بافت لوم سیلتی و جرم مخصوص ظاهری ۱/۱۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب تهیه شد. خاک تهیه‌شده در هوای آزاد خشک و کوبیده شده و از الک دو میلی‌متر عبور داده شد. نمونه‌های مخلوط خاک و بیوچار به مدت دو ماه در داخل کیسه‌های نایلونی، در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد و با رطوبت ثابت در انکوباتور خوابانده شدند. در روز اول، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ روز از خواباندن نمونه‌ها، جرم مخصوص ظاهری، رطوبت وزنی، تخلخل، درجه اشباع، EC و pH نمونه‌ها تعیین شد. جرم مخصوص ظاهری نمونه‌ها قبل از خواباندن بر اساس معادله زیر محاسبه گردید:

$$\rho_b = 100/[\left(\frac{x}{p_1}\right) + (\frac{100-x}{p_2})] \qquad (۲)$$

در این رابطه، ρ جرم مخصوص ظاهری مخلوط خاک و بیوچار($g.cm^{-3}$)، ρ_1جرم مخصوص ظاهری بیوچار، ρ_2جرم مخصوص ظاهری خاک و x درصد وزنی بیوچار می‌باشد (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۵). رطوبت در مکش‌های ۳۰۰ و ۱۵۰۰۰ سانتیمتر به ترتیب رطوبت در ظرفیت مزرعه و رطوبت در نقطه پژمردگی دائم می‌باشند. با استفاده از معادله زیرآب قابل‌دسترس گیاه در تیمارهای مختلف تعیین شد:

$$PAWC = \theta_{FC} - \theta_{PWP} \qquad (۳)$$

در این رابطه، θ_{FC} رطوبت در ظرفیت مزرعه و θ_{PWP} رطوبت در نقطه پژمردگی دائم می‌باشد. میزان رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم با استفاده از دستگاه صفحات فشاری تعیین گردید. برای تعیین ظرفیت نگهداری رطوبت در تیمارهای مختلف، ابتدا نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت به حالت اشباع نگهداری شدند. سپس به مدت ۲۴ ساعت در کاغذ صافی قرار داده شدند تا پس از خروج آب ثقلی وزن تر آن‌ها تعیین شود. نمونه‌های مرطوب به مدت ۲۴ ساعت دیگر در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن خشک آن‌ها تعیین شود و درنهایت ظرفیت نگهداری رطوبت (درصد وزنی) با استفاده از معادله زیر تعیین گردید (Yu et al.,2013):

$$WHC(\%) = \frac{M_{wet}-M_{dry}}{M_{dry}} \times 100 \qquad (۴)$$

در این رابطه، WHC به درصد و Mwet و Mdry به ترتیب وزن تر نمونه و وزن خشک نمونه برحسب گرم می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفت، به این صورت که معنی‌داری تفاوت بین تیمارهای مختلف از طریق تجزیه واریانس یک‌طرفه داده‌ها تعیین شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

نتایج خصوصیات خاک منطقه موردمطالعه در جدول ۱ ارائه‌شده است.

جدول ۱- برخی از خصوصیات خاک مورد مطالعه

عمق (cm)	هدایت‌الکتریکی (ds/m)	اسید یته	رطوبت اشباع	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	تخلخل	شن	سیلت	رس	رطوبت وزنی	رطوبت Fc	رطوبت pwp
						(٪)					
۰-۳۰	۱/۹۱	۵/۷۳	۲/۲۷	۱/۱۵	۰/۴۴	۲۲/۲	۷۲	۵/۸	۴/۰۸	۰/۲۲	۰/۰۸

بازدهی بیوچار در دمای ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۲۴/۳۳، ۱۳/۳۸ و ۱۳/۶۴ بود که نشان‌دهنده افزایش بازدهی بیوچار با افزایش دمای پیرولیز می‌باشد. در جدول ۲ تجزیه واریانس روز، دما و بیوچار و همچنین اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه بر روی تمام صفات موردمطالعه ارائه‌شده است.

جدول ۲. تجزیه واریانس روز، دما و بیوچار و همچنین اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه بر روی تمام صفات موردمطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	ظرفیت نگهداشت آب	جرم مخصوص ظاهری	تخلخل	رطوبت اشباع	رطوبت‌پژمردگی دائم	هدایت‌الکتریکی	اسیدیته‌خاک
روز	۳	۰/۰۰۰۰۳۰۸۹	۰/۰۱۷۴۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۳۸۶۱۱*	۰/۶۰۷۴۳۳۳۳**	۰/۰۳۷۵۱۹۴۴**	۳/۴۸۵۹۸۸۸۹**	۱/۵۰۴۲۳۳۳۳**
دما	۲	۰/۰۰۰۱۶۹۰۰**	۰/۰۴۶۹۰۰۰۰**	۰/۱۷۶۴۳۳۳۳**	۰/۸۱۸۲۹۵۳۷**	۰/۰۱۲۱۰۸۳۳**	۰/۸۵۲۳۰۸۳۳**	۱/۴۶۷۰۷۵۰۰**
بیوچار	۲	۰/۰۰۰۱۸۰۷۵**	۰/۰۳۶۰۷۵۰۰**	۰/۰۵۸۰۰۸۳۳**	۱/۷۸۹۰۷۳۱۵**	۰/۰۳۱۰۵۸۳۳**	۶/۹۹۹۰۰۰۸۳۳**	۰/۲۲۱۵۷۵۰۰**
روز × دما	۶	۰/۰۰۰۰۱۲۸۹	۰/۰۰۱۹۶۶۶۷**	۰/۰۰۰۲۱۱۱۱*	۰/۰۵۶۷۳۹۸۱**	۰/۰۰۰۵۱۹۴۴**	۱/۴۳۶۵۳۰۵۶**	۰/۲۰۷۰۷۵۰۰**
روز × بیوچار	۶	۰/۰۰۰۰۰۵۶۴	۰/۰۰۰۳۴۱۶۷*	۰/۰۰۱۶۵۲۷۸**	۰/۰۸۵۴۷۲۲**	۰/۰۰۰۲۶۹۴۴**	۰/۰۸۵۴۶۳۸۹**	۰/۲۴۰۲۷۵۰۰**
دما × بیوچار	۴	۰/۰۰۰۳۶۷۷۵**	۰/۰۰۳۱۰۰۰۰**	۰/۰۰۵۸۹۵۸۳**	۰/۰۲۱۳۴۵۳۷**	۰/۰۰۰۷۹۵۸۳**	۰/۲۲۵۶۸۳۳۳**	۰/۰۱۸۷۷۵۰۰**
روز × دما × بیوچار	۱۲	۰/۰۰۰۳۶۷۷۵	۰/۰۰۰۲۸۳۳۳**	۰/۰۰۰۴۹۰۲۸**	۰/۰۲۲۳۶۷۵۹**	۰/۰۰۰۰۵۶۹۴*	۰/۳۲۷۳۰۵۵۶**	۰/۰۳۲۰۴۱۶۷**
خطا	۷۲	۰/۰۰۰۲۵۰۰	۰/۰۰۰۱۰۰۰۰	۰/۰۰۰۱۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۳۳۳	۰/۰۰۰۰۲۵۰۰	۰/۰۱۰۰۰۰۰	۰/۰۰۳۶۳۳۳۳
Cv	-	۹/۸۰	۰/۷۹	۲/۴۹	۰/۲۸	۲/۳۰	۳/۸۷	۰/۸۹

***: بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد است. **: بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد است.**

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که تأثیر کاربرد بیوچار زیتون بر ظرفیت نگهداشت آب، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل، رطوبت اشباع، رطوبت‌پژمردگی‌دائم، هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بوده است. نتایج تجزیه واریانس به‌دست‌آمده حاکی از آن است که اثرات اصلی روز، دما و بیوچار و همچنین اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه بر روی تمام صفات موردمطالعه به‌جز ظرفیت نگهداشت آب در سطوح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بودند. درحالی‌که در ظرفیت نگهداشت آب، اثرات دما و بیوچار و همچنین اثر متقابل دما × بیوچار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. در جدول‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ نتایج مقایسه میانگین صفات موردمطالعه را در روزهای اول، پانزدهم، سی‌ام و پس از شصت روز آورده شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین بر روی تمام صفات موردمطالعه در روز اول

تیمار روز	دما	بیوچار	ظرفیت نگهداشت آب	جرم مخصوص ظاهری	تخلخل	رطوبت اشباع	رطوبت پژمردگی‌دائم	هدایت الکتریکی	اسیدیته خاک
۱	۳۰۰	۱	۰/۰۴۸^{ab}	۱/۳۳^{ab}	۰/۳۴^{f}	۲/۹۴۳۳^{a}	۰/۱۵^{e}	۲/۶۸^{d}	۶/۷۹۶۷^{de}
	۳۰۰	۲	۰/۰۴۵^{b}	۱/۳۲^{b}	۰/۴۰^{d}	۲/۵۰۳۳^{c}	۰/۱۷^{c}	۲/۸۶^{c}	۶/۷۰۶۷^{ef}
	۳۰۰	۴	۰/۰۵۳^{ab}	۱/۲۵^{e}	۰/۴۶^{c}	۲/۱۷۳۳^{e}	۰/۲۲^{a}	۳/۴۰^{a}	۶/۶۷۶۷^{f}
	۵۰۰	۱	۰/۰۵۵^{a}	۱/۳۰^{c}	۰/۳۸^{e}	۲/۶۳۳۳^{b}	۰/۱۶^{d}	۳/۲۴^{b}	۶/۸۳۶۷^{bcd}
	۵۰۰	۲	۰/۰۴۹^{b}	۱/۳۲^{b}	۰/۴۸^{e}	۲/۰۳۳۰^{f}	۰/۱۸^{b}	۳/۳۴^{ab}	۶/۷۶۶۷^{def}
	۵۰۰	۴	۰/۰۵۵^{a}	۱/۲۴^{e}	۰/۵۶^{a}	۱/۷۸۶۷^{i}	۰/۲۲^{a}	۳/۳۹^{a}	۶/۹۳۶۷^{ab}
	۷۰۰	۱	۰/۰۵۱^{ab}	۱/۳۴^{a}	۰/۳۱^{g}	۲/۲۷۳۳^{d}	۰/۱۵^{e}	۲/۲۲^{e}	۶/۹۲۶۷^{abc}
	۷۰۰	۲	۰/۰۵۵^{a}	۱/۳۳^{ab}	۰/۳۱^{g}	۲/۰۰۳۳^{g}	۰/۱۶^{d}	۳/۳۹^{a}	۶/۸۲۶۷^{cd}
	۷۰۰	۴	۰/۰۴۸^{ab}	۱/۳۰^{e}	۰/۳۵^{f}	۱/۹۲۳۳^{h}	۰/۱۸^{b}	۳/۳۹^{a}	۶/۹۷۶۹^{a}
LSD۰/۰۵			۰/۰۰۸۶	۰/۰۱۷۲	۰/۰۱۷۲	۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۸۶	۰/۱۷۱۵	۰/۱۰۳۴

با توجه به جدول ۳، در تیمارهای دمایی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، یک و چهار درصد بیوچار و دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، دو درصد بیوچار، بیشترین ظرفیت نگهداشت آب ۰/۰۵۵ را داشتند. درحالی‌که کمترین آن در تیمار ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد، دو درصد بیوچار ۰/۰۴۵ مشاهده شد، بااین‌حال ازنظر آماری بین آن‌ها تفاوتی مشاهده نشد؛ بنابراین در اولین روز آزمایش، با افزایش دمای پیرولیز، میزان رطوبت وزنی افزایش‌یافته است اما معنی‌دار نبوده است. مقایسه میانگین در روز اول جدول ۳ نشان داد که تیمار دمایی ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، یک درصد بیوچار دارای بیشترین جرم مخصوص ظاهری و تیمار ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، چهار درصد بیوچار دارای کمترین جرم مخصوص ظاهری بودند. با افزایش درصد بیوچار از یک‌به‌چهار درصد در دماهای ۳۰۰ و ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، جرم مخصوص ظاهری نسبت به شاهد به ترتیب از ۰/۰۴۸ به ۰/۰۵۳ و از ۰/۰۵۱ به ۰/۰۴۸ کاهش‌یافته است. این کاهش با افزایش سطوح تیمارها نرخ صعودی داشته است. همچنین تیمار ۵۰۰ درجه، چهار درصد بیوچار بیشترین میزان تخلخل و تیمارهای ۳۰۰ درجه، یک درصد بیوچار و ۷۰۰ درجه، چهار درصد بیوچار دارای کمترین تخلخل بودند. صفت رطوبت اشباع در تیمار ۳۰۰ درجه، یک درصد و ۵۰۰ درجه، ۴ درصد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بود. با افزایش دمای پیرولیز، میزان رطوبت اشباع کاهش‌یافته است. طبق جدول ۳، تیمار دمایی ۳۰۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، تیمار چهار درصد دارای بیشترین ظرفیت نگهداری آب در خاک و تیمار دمایی ۳۰۰ و ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، بیوچار یک درصد کمترین میزان ظرفیت نگهداری آب در خاک را داشتند. با افزایش درصد بیوچار میزان آب قابل‌دسترس افزایش‌یافته است. تیمار ۳۰۰ درجه، چهار درصد، ۵۰۰ درجه، چهار درصد و ۷۰۰ درجه‌دو و چهار درصد دارای بیشترین شوری و تیمار ۷۰۰ درجه، یک درصد دارای کمترین شوری بودند. با افزایش درصد بیوچار، شوری افزایش‌یافته است. تیمار ۷۰۰ درجه، چهار درصد بیوچار و تیمار ۳۰۰ درجه، دو درصد بیوچار به ترتیب دارای بیشترین و کمترین pH بودند. با افزایش دما مقدار pH افزایش‌یافته است.

جدول ۴- مقایسه میانگین بر روی تمام صفات موردمطالعه در روز ۱۵

تیمار روز	دما	بیوچار	ظرفیت نگهداشت آب	جرم مخصوص ظاهری	تخلخل	رطوبت اشباع	رطوبت پژمردگی‌دائم	هدایت الکتریکی	اسیدیته خاک
۱۵	۳۰۰	۱	۰/۰۴۸^{bcd}	۱/۳۲^{ab}	۰/۳۶^{f}	۲/۵۰۳۳^{a}	۰/۱۸^{e}	۱/۵۱^{f}	۶/۶۲۶۷^{f}
	۳۰۰	۲	۰/۰۴۲^{d}	۱/۲۸^{d}	۰/۴۰^{d}	۲/۲۷۳۳^{b}	۰/۱۹^{d}	۲/۳۸^{d}	۶/۵۸۶۷^{g}
	۳۰۰	۴	۰/۰۵۲^{abc}	۱/۲۵^{a}	۰/۴۴^{c}	۲/۰۸۳۳^{e}	۰/۲۳^{b}	۲/۴۷^{d}	۶/۸۲۶۷^{c}
	۵۰۰	۱	۰/۰۵۵^{ab}	۱/۳۰^{c}	۰/۴۲^{d}	۲/۱۷۳۳^{d}	۰/۱۹^{d}	۱/۴۱^{f}	۶/۶۷۶۷^{e}
	۵۰۰	۲	۰/۰۴۸^{bcd}	۱/۲۷^{d}	۰/۴۶^{b}	۲/۰۰۳۳^{f}	۰/۲۰^{c}	۲/۰۷^{e}	۷/۶۷۶۷^{cd}
	۵۰۰	۴	۰/۰۵۷^{a}	۱/۲۲^{f}	۰/۵۴^{a}	۱/۷۲۳۳^{i}	۰/۲۵^{a}	۳/۱۹^{b}	۶/۰۵۶۷^{b}
	۷۰۰	۱	۰/۰۵۲^{abc}	۱/۳۳^{a}	۰/۳۱^{h}	۲/۳۸۳۳^{b}	۰/۱۷^{f}	۲/۷۹^{c}	۶/۷۵۶۷^{d}
	۷۰۰	۲	۰/۰۴۹^{abcd}	۱/۳۱^{bc}	۰/۳۳^{a}	۱/۹۲۳۳^{g}	۰/۱۸^{e}	۳/۱۰^{b}	۷/۷۹۶۷^{d}
	۷۰۰	۴	۰/۰۴۴^{cd}	۱/۳۰^{c}	۰/۳۵^{f}	۱/۷۸۶۷^{h}	۰/۲۰^{c}	۳/۴۵^{a}	۷/۱۴۶۷^{a}
LSD۰/۰۵			۰/۰۰۸۶	۰/۰۱۷۲	۰/۰۱۷۳	۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۸۶	۰/۱۷۱۵	۰/۱۰۳۴

با توجه به جدول ۴، تیمارهای دمایی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، چهار درصد بیوچار بیشترین ظرفیت نگهداشت آب را داشتند. درحالی‌که کمترین آن در تیمار ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد، دو درصد بیوچار مشاهده شد، بااین‌حال ازنظر آماری بین آن‌ها تفاوتی مشاهده نشد. با توجه به جدول ۴، در پانزدهمین روز آزمایش، با افزایش دمای پیرولیز، میزان رطوبت وزنی افزایش‌یافته است اما معنی‌دار نبوده است. مقایسه میانگین در روز پانزدهم (جدول ۴) نشان داد که تیمار دمایی ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، یک درصد بیوچار دارای بیشترین جرم مخصوص ظاهری (۱/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر) و تیمار ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد، چهار درصد بیوچار دارای کمترین جرم مخصوص ظاهری (۱/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر) بودند. با افزایش دمای پیرولیز جرم مخصوص ظاهری افزایش‌یافته است. با افزایش درصد بیوچار در تیمارهای دمایی ۳۰۰ درجه، ۵۰۰ درجه و ۷۰۰ درجه به ترتیب جرم مخصوص ظاهری از ۱/۳۲ به ۱/۲۵، ۱/۳ به ۱/۲۲ و ۱/۳۳ به ۱/۳ کاهش‌یافته است. علت کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک و افزایش تخلخل کل خاک می‌تواند ناشی از اختلاط خاک با موادی با جرم مخصوص کمتر مطابق جدول ۳ و تأثیر افزایش ماده آلی خاک در اثر کاربرد بیوچار باشند. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهشی که پیرامون تأثیر بیوچار بر خصوصیات خاک لوم رسی سیلتی صورت گرفت، نیز مطابقت داشت (Andrenelli et al., 2016). ماده آلی باعث بهبود شرایط خاکدانه سازی، وضعیت تخلخل و نفوذپذیری خاک را ارتقا می‌بخشد. از این طریق جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. همچنین تیمار ۵۰۰ درجه، چهار درصد بیوچار بیشترین میزان تخلخل و تیمارهای ۷۰۰ درجه، دو درصد بیوچار دارای کمترین تخلخل بودند. صفت رطوبت اشباع در تیمار ۳۰۰ درجه، یک درصد و ۵۰۰ درجه، چهار درصد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بود. طبق جدول (۴)، تیمار دمایی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، تیمار چهار درصد دارای بیشترین ظرفیت نگهداری آب در خاک و تیمار دمایی ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، بیوچار یک درصد کمترین میزان ظرفیت نگهداری آب در خاک را داشتند. با توجه به تعریف رطوبت قابل‌دسترس به‌عنوان حد بین رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم خاک، با افزایش درصد بیوچار میزان ظرفیت نگهداری رطوبت افزایش‌یافته و در تیمارهای ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد با افزایش درصد بیوچار ظرفیت نگهداری آب در خاک از ۰/۸۱ به ۰/۲۳، ۰/۱۹ به ۰/۲۵ و ۰/۱۷ به ۰/۲ افزایش‌یافته است. در نتیجه، استفاده از بیوچار می‌تواند خصوصیات خاک را تغییر دهد. نتایج نشان می‌دهد درصد رطوبت قابل‌دسترس خاک برای تیمار ۷۰۰ درجه چهار درصد دارای بیشترین شوری و تیمار ۳۰۰ و ۵۰۰ درجه، یک درصد دارای کمترین شوری بودند. با افزایش درصد بیوچار و دما، شوری افزایش‌یافته است، تیمار ۷۰۰ درجه، چهار درصد بیوچار و تیمار ۳۰۰ درجه، دو درصد بیوچار به ترتیب دارای بیشترین و کمترین pH بودند، با افزایش دما مقدار pH افزایش‌یافته است، که این نتایج با نتایج پژوهشی که پیرامون گروه‌های عملکردی ویژگی‌های بیوچار (pH و EC) با استفاده از طیف‌سنجی همبستگی NMR دوبعدی C ۱۳ صورت گرفت، هم‌راستا می‌باشد (Lei et al.,2013). پس از گذشت پانزده روز از خواباندن خاک و بیوچار، روند تغییرات تیمارها مانند روز اول بوده است اما مقدار پارامترها افزایش‌یافته است.

جدول ۵- مقایسه میانگین بر روی تمام صفات موردمطالعه در روز ۳۰ ام

تیمار روز	دما	بیوچار	ظرفیت نگهداشت‌آب	جرم مخصوص ظاهری	تخلخل	رطوبت اشباع	رطوبت پژمردگی‌دائم	هدایت الکتریکی	اسیدیته خاک
۳۰	۳۰۰	۱	۰/۰۴۷^{cd}	۱/۲۹^{bc}	۰/۳۸^{e}	۲/۰۸۳۳^{a}	۰/۲۰^{f}	۲/۶۱^{c}	۶/۱۸۶۷^{e}
	۳۰۰	۲	۰/۰۴۶^{cd}	۱/۲۷^{d}	۰/۴۰^{d}	۲/۰۰۳۳^{b}	۰/۲۱^{a}	۲/۸۲^{b}	۶/۹۳۶۷^{c}
	۳۰۰	۴	۰/۰۵۴^{bc}	۱/۲۳^{e}	۰/۴۲^{c}	۱/۹۲۳۳^{c}	۰/۲۷^{b}	۲/۹۸^{a}	۶/۹۴۶۷^{c}
	۵۰۰	۱	۰/۰۵۶^{ab}	۱/۲۷^{d}	۰/۴۲^{c}	۲/۰۰۳۳^{b}	۰/۲۲^{d}	۱/۶۱^{f}	۶/۷۶۶۷^{d}
	۵۰۰	۲	۰/۰۴۴^{d}	۱/۲۴^{e}	۰/۱۹^{b}	۱/۸۵۳۳^{d}	۰/۲۴^{c}	۲/۰۵^{e}	۷/۰۸۶۷^{b}
	۵۰۰	۴	۰/۰۶۴^{a}	۱/۱۶^{f}	۰/۵۰^{a}	۱/۷۲۳۳^{f}	۰/۲۹^{a}	۲/۳۴^{d}	۶/۹۷۶۷^{c}
	۷۰۰	۱	۰/۰۵۶^{ab}	۱/۳۱^{a}	۰/۳۲^{g}	۱/۹۲۳۳^{c}	۰/۱۹^{g}	۱/۵۳^{f}	۶/۹۷۶۷^{c}
	۷۰۰	۲	۰/۰۵۷^{ab}	۱/۳۰^{ab}	۰/۳۳^{g}	۱/۷۸۶۷^{a}	۰/۲۱^{e}	۲/۱۸^{de}	۷/۲۶۶۷^{a}
	۷۰۰	۴	۰/۰۴۵^{d}	۱/۲۸^{cd}	۰/۳۵^{f}	۱/۷۲۳۳^{f}	۰/۲۴^{c}	۲/۱۸^{de}	۷/۲۶۶۷^{a}
LSD۰/۰۵			۰/۰۰۸۶	۰/۰۱۷۲	۰/۰۱۷۲	۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۸۶	۰/۱۷۱۵	۰/۱۰۳۴

با توجه به جدول ۵، در تیمارهای دمایی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، چهار درصد بیوچار بیشترین ظرفیت نگهداشت آب را داشتند. درحالی‌که کمترین آن در تیمار ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، چهار درصد بیوچار مشاهده شد. پس از گذشت سی روز از آزمایش، با افزایش دمای پیرولیز، میزان رطوبت وزنی کاهش‌یافته است اما معنی‌دار نبوده است. مقایسه میانگین در روز سی‌ام در جدول ۵ نشان داد که تیمار دمایی ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، یک درصد بیوچار دارای بیشترین جرم مخصوص ظاهری و تیمار ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، چهار درصد بیوچار دارای کمترین جرم مخصوص ظاهری بودند. با افزایش دمای پیرولیز، جرم مخصوص ظاهری افزایش‌یافته است. همچنین تیمار ۵۰۰ درجه، چهار درصد بیوچار بیشترین میزان تخلخل و تیمارهای ۷۰۰ درجه، یک و دو درصد بیوچار دارای کمترین تخلخل بودند. صفت رطوبت اشباع در تیمار ۳۰۰ درجه، یک درصد و ۵۰۰ و ۷۰۰ درجه، چهار درصد به ترتیب دارای

بیشترین و کمترین مقدار بود. طبق جدول ۵، تیمار دمایی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، تیمار چهار درصد دارای بیشترین آب قابل‌دسترس و تیمار دمایی ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، بیوچار یک درصد کمترین میزان آب قابل‌دسترس را داشتند. با افزایش درصد بیوچار میزان آب قابل‌دسترس افزایش‌یافته است. تیمار ۳۰۰ درجه چهار درصد دارای بیشترین شوری و تیمار ۷۰۰ درجه، یک درصد دارای کمترین شوری بودند. با افزایش درصد بیوچار، شوری افزایش‌یافته است. تیمار ۷۰۰ درجه، دو و چهار درصد بیوچار و تیمار ۳۰۰ درجه، یک درصد بیوچار به ترتیب دارای بیشترین و کمترین pH بودند. با افزایش دما مقدار pH افزایش‌یافته است. برخلاف روز اول و پانزدهم، در روز سی‌ام با افزایش دمای پیرولیز، میزان رطوبت وزنی کاهش‌یافته است اما معنی‌دار نبوده است. علت این امر می‌تواند ناشی از جرم مخصوص ظاهری کمتر و درنتیجه تخلخل بیشتر بیوچار باشد که منجر به افزایش منافذ خاک برای حفظ رطوبت بیشتر می‌شود (نیک‌روش و همکاران، ۱۳۹۵).

جدول ۶- مقایسه میانگین بر روی تمام صفات موردمطالعه در روز ۶۰ ام

تیمار روز	دما	بیوچار	ظرفیت نگهداشت آب	جرم مخصوص ظاهری	تخلخل	رطوبت اشباع	رطوبت پژمردگی‌دائم	هدایت الکتریکی	اسیدیته خاک
۶۰	۳۰۰	۱	۰/۰۴۸^{abc}	۱/۲۶^{c}	۰/۳۹^{e}	۲/۳۸۳۳^{a}	۰/۲۳^{f}	۲/۳۷^{c}	۶/۱۱۶۷^{de}
	۳۰۰	۲	۰/۰۴۸^{abc}	۱/۲۴^{d}	۰/۴۰^{e}	۲/۲۷۳۳^{b}	۰/۲۶^{d}	۲/۷۳^{ab}	۶/۱۸۶۷^{d}
	۳۰۰	۴	۰/۰۵۵^{ab}	۱/۱۸^{f}	۰/۴۴^{c}	۱/۹۲۳۳^{f}	۰/۳۰^{b}	۲/۷۵a	۶/۰۱۶۷^{e}
	۵۰۰	۱	۰/۰۵۵^{ab}	۱/۲۵^{cd}	۰/۴۲^{d}	۲/۲۷۳۳^{b}	۰/۲۵^{e}	۱/۵۰^{e}	۶/۳۳۶۷^{c}
	۵۰۰	۲	۰/۰۴۷^{bc}	۱/۲۰^{e}	۰/۴۶^{b}	۲/۰۰۳۳^{e}	۰/۲۹^{c}	۱/۹۸^{d}	۶/۲۰۶۷^{d}
	۵۰۰	۴	۰/۰۵۶^{a}	۱/۱۵^{g}	۰/۵۵^{a}	۱/۷۸۶۷^{h}	۰/۳۳^{a}	۲/۸۱^{a}	۶/۱۲۶۷^{d}
	۷۰۰	۱	۰/۰۵۵^{ab}	۱/۳۲^{a}	۰/۳۱^{h}	۲/۱۷۳۳^{c}	۰/۲۱^{g}	۲/۰۱^{d}	۶/۸۶۶۷^{ab}
	۷۰۰	۲	۰/۰۵۴^{abc}	۱/۳۱^{a}	۰/۳۳^{g}	۲/۰۸۳۳^{d}	۰/۲۳^{f}	۲/۵۷^{b}	۶/۸۹۶۷^{a}
	۷۰۰	۴	۰/۰۴۶^{c}	۱/۲۹^{b}	۰/۳۶^{f}	۱/۸۵۳۳^{g}	۰/۲۶^{d}	۲/۶۷^{ab}	۶/۷۷۶۷^{b}
۰/۰۵LSD			۰/۰۰۸۶	۰/۰۱۷۲	۰/۰۱۷۲	۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۸۶	۰/۱۷۱۵	۰/۱۰۳۴

با توجه به جدول ۶، در تیمارهای دمایی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، چهار درصد بیوچار بیشترین ظرفیت نگهداشت آب را داشتند. درحالی‌که کمترین آن در تیمار ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، چهار درصد بیوچار مشاهده شد، بااین‌حال ازنظر آماری بین آن‌ها تفاوتی مشاهده نشد. پس از گذشت شصت روز از آزمایش، با افزایش دمای پیرولیز، میزان رطوبت وزنی کاهش‌یافته است اما معنی‌دار نبوده است. مقایسه میانگین در روز شصتم در جدول ۶ نشان داد که تیمار دمایی ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، یک و دو درصد بیوچار دارای بیشترین جرم مخصوص ظاهری و تیمار ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، چهار درصد بیوچار دارای کمترین جرم مخصوص ظاهری بودند. با افزایش دمای پیرولیز جرم مخصوص ظاهری افزایش‌یافته است. همچنین تیمار ۵۰۰ درجه، چهار درصد بیوچار بیشترین میزان تخلخل و تیمارهای ۷۰۰ درجه، دو درصد بیوچار دارای کمترین تخلخل بودند. با افزایش روزهای آزمایش میزان شوری کاهش‌یافته است. صفت رطوبت اشباع در تیمار ۳۰۰ درجه، یک درصد و ۵۰۰ درجه، چهار درصد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بود. طبق جدول ۵ تیمار دمایی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، تیمار چهار درصد دارای بیشترین آب قابل‌دسترس و تیمار دمایی ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، بیوچار یک درصد کمترین میزان آب قابل‌دسترس را داشتند. با افزایش درصد بیوچار میزان آب قابل‌دسترس افزایش‌یافته است. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقی که تأثیر کاربرد بیوچار و هیدروچار کاه گندم بر خصوصیات فیزیکی یک خاک لوَم شنی را بررسی نمود، مطابقت داشت (نیک‌روش و همکاران، ۱۳۹۵). مواد آلی بر شبکه منافذ خاک که تعیین‌کننده ابعاد نگهداشت رطوبت در خاک است تأثیرگذار می‌باشند. به‌عنوان‌مثال، تخلخل ذاتی بیوچار باعث تولید منافذ ریز در خاک و درنتیجه افزایش قدرت حفظ رطوبت خاک می‌شود(Yu et al.,2013; Baiamonte et al.,2015). همچنین طی تحقیقات صورت گرفته، علت افزایش قدرت نگهداشت رطوبت یک خاک لومی شنی، اصلاح ساختار منافذ خاک بعد از اعمال بیوچار در خاک گزارش‌شده است (sun et al.,2015). تیمار ۳۰۰ و ۵۰۰ درجه چهار درصد دارای بیشترین شوری و تیمار ۵۰۰ درجه، دو درصد بیوچار و ۷۰۰ درجه، یک درصد دارای کمترین شوری بودند. با افزایش درصد بیوچار، شوری افزایش‌یافته است. تیمار ۷۰۰ درجه، دو درصد بیوچار و تیمار ۳۰۰ درجه، چهار درصد بیوچار به ترتیب دارای بیشترین و کمترین pH بودند. با افزایش دما مقدار pH افزایش‌یافته است. پس از گذشت شصت روز از خواباندن خاک و بیوچار، تغییرات صفات مانند روز سی‌ام آزمایش بوده است، مقدار صفات آب قابل‌دسترس افزایش‌یافته است، یافته‌های این پژوهش با تحقیقات انجام‌شده بر اثر سطوح مختلف بیوچار بر خواص فیزیکی خاک با بافت‌های مختلف، هم‌راستا می‌باشد (رزاقی و رضایی، ۱۳۹۶). همچنین نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات پژوهشگران دیگر در نقاط مختلف جهان نیز مطابقت داشته است (Hass et al., 2012; Schnell et al., 2012).

طی تحقیقات انجام‌شده بر کاربرد هیدروچار و بیوچار بقایای ذرت به ترتیب در دماهای ۲۰۰ و ۵۵۰ درجه سلسیوس سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک و درنتیجه افزایش تخلخل خاک به ترتیب به مقدار ۸۴ و ۸۲ درصد گردید. علت افزایش

تخلخل کل خاک، به شکل و استحکام ساختار بیوچار و هیدروچار نسبت داده‌شده است (Abel et al.,2013)؛ همچنین اختلاف معنی‌دار در کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در شرایط مصرف و عدم مصرف بیوچار در خاک، در تحقیقات زیادی گزارش‌شده است (Lei and Zhang,2013; Hardie et al.,2014). اثرات مفید گزارش‌شده از بیوچار شامل افزایش ظرفیت نگهداشت آب، حفظ و نگهداری مواد مغذی و کاهش میزان از دست دادن مواد مغذی از حوادث آبشویی و رواناب است (Karhu et al., 2011). در تحقیقی که برای تأثیر بیوچار بر خصوصیات فیزیکی خاک و انتشار گازهای گلخانه‌ای صورت گرفت. یافته‌های این تحقیق اذعان دارد که بیوچار باعث افزایش آب قابل‌دسترس گیاه می‌شود(Mukherjee and Lal, 2013)، که با نتایج تحقیق صورت گرفته نیز مطابقت دارد. در همین راستا، در یک آزمایش گلدانی با افزودن مقدار ۴ درصد وزنی بیوچار تولیدشده از ساقه گندم در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد به یک خاک ماسه‌ای، به ترتیب افزایش ۲۷ و ۶۵/۶ درصدی رطوبت در نقطه پژمردگی دائم و آب قابل‌دسترس را گزارش شد که با یافته‌های تحقیق همخوانی دارد (Glab et al.,2016).

نتیجه‌گیری

در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا ازجمله ایران، کمبود ماده آلی خاک، کمبود منابع آلی و ناپایداری آن‌ها در خاک، از مهم‌ترین چالش‌های مطرح در ضعف حاصلخیزی خاک و رشد و عملکرد نامناسب گیاه، محسوب می‌شود. برای بهبود پایدار حاصلخیزی خاک‌ها با استفاده از مواد آلی موجود، پایدار کردن مواد آلی از طریق تبدیل آن‌ها به بیوچار که ماندگاری حداقل ۵۰ تا ۱۰۰ ساله در خاک برخوردار است می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد اساسی پیشنهاد شود. به‌طورکلی از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که افزودن بیوچار زیتون سبب تغییرات مثبت در برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند جرم مخصوص ظاهری خاک، تخلخل و درصد رطوبت خاک می‌شود. با توجه به اینکه بیوچار به‌عنوان منبع کربنی شناخته می‌شود و ازآنجایی‌که کربن دارای ماهیت بسیار متخلخل و قدرت نگهداشت مواد مغذی و رطوبت می‌باشد. درنتیجه استفاده از بیوچار در راستای بهبود خصوصیات خاک می‌تواند نقش اساسی ایفا نماید. نتایج نشان داد استفاده از بیوچار چهار درصد باعث کاهش بیشتر در جرم مخصوص ظاهری خاک گرده است. مقایسه میانگین در روز شصتم نشان داد که تیمار دمایی ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، یک و دو درصد بیوچار دارای بیشترین جرم مخصوص ظاهری و تیمار ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، چهار درصد بیوچار دارای کمترین مقدار جرم مخصوص بودند. با افزایش دمای پیرولیز جرم مخصوص افزایش‌یافته است. همچنین تیمار ۵۰۰ درجه، چهار درصد بیوچار بیشترین میزان تخلخل و تیمارهای ۷۰۰ درجه، دو درصد بیوچار دارای کمترین تخلخل بودند. صفت رطوبت اشباع در تیمار ۳۰۰ درجه، یک درصد و ۵۰۰ درجه، چهار درصد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بود. تیمار دمایی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، تیمار چهار درصد دارای بیشترین آب قابل‌دسترس و تیمار دمایی ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، بیوچار یک درصد کمترین میزان ظرفیت نگهداری آب در خاک را داشتند. با افزایش درصد بیوچار این مقدار افزایش‌یافته است. با توجه به نتایج این تحقیق افزایش زمان خواباندن خاک و بیوچار باعث بهبود بیشتر خصوصیات خاک شده است.

تشکر و قدردانی

این پژوهش به شماره ۶/۴۴۳ با حمایت مالی دانشگاه گنبدکاووس اجرا گردیده است. در اینجا لازم است از مدیریت محترم پژوهشی دانشگاه که شرایط مناسب برای انجام این تحقیق را فراهم نموده‌اند تشکر و قدردانی شود.

منابع

- خادم، ا. رئیسی، ف. و بشارتی، ح. (۱۳۹۷). تأثیر بیوچار ذرت بر خصوصیات شیمیایی و میکروبیولوژیکی دو خاک آهکی رسی و شنی. مدیریت خاک و تولید پایدار. ۸(۱): ۲۵-۴۷.
- خادمی جلگه‌نژاد، ا. فکری، م. و محمودآبادی، م. (۱۳۹۷). اثر کاربرد بیوچار ضایعات مختلف پسته بر برخی ویژگی‌های حاصلخیزی یک خاک لومی. تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۰(۱):۲۳۱-۲۴۶.
- رزاقی، ف. و رضایی، ن. (۱۳۹۶). اثر سطوح مختلف بیوچار بر خواص فیزیکی خاک با بافت‌های مختلف. نشریه حفاظت منابع آب‌وخاک. ۷(۱): ۷۵-۸۸.
- فروهر، م. خراسانی، ر. فتوت، ا. شریعتمداری، ح. و خاوازی، ک. (۱۳۹۷). تأثیر بیوچارهای مختلف و مواد اولیه آن‌ها بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک و عناصر غذایی باگذشت زمان در یک خاک آهکی. آب‌وخاک.۳۲(۲): ۲۹۹-۳۱۲.
- نوروزی، م. طباطبائی، س. ح.، نوری، م. ر. و متقیان، ح. ر. (۱۳۹۵). اثرات کوتاه‌مدت بیوچار حاصل از برگ خرما بر حفظ رطوبت در خاک لؤم شنی. نشریه حفاظت منابع آب‌وخاک.۶(۲): ۱۳۷-۱۵۰.
- نیک‌روش، ا. برومند نسب، س. ناصری، ع. و سلطانی‌محمدی، ا. (۱۳۹۷). بررسی اثر کاربرد بیوچار و هیدروچار کاه گندم بر خصوصیات فیزیکی یک خاک لؤم- شنی. نشریه آب‌وخاک. ۳۲ (۲): ۳۸۷-۳۹۷.

- Abel S., Peters A., Trinks S., Schonsky H., Facklam M., and Wessolek G. (2013). Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. Geoderma.202–203. 183–191.
- Andrenelli M. C., Maienzab A., Genesiob L., Migliettab F., Pellegrini S., Vaccari F. P., and Vignozzi N. (2016). Field application of pelletized biochar: Short-term effect on the hydrological properties of a silty clay loam soil. Agricultural Water Management. 163: 190–196.
- Atkinson C. J., Fitzgerald J. D., and Hipps N. A. (2010). Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. Plant Soil. 337. 1–18.
- Baiamonte G, De., Pasquale C. Marsala V., Cimo G., Alonzo G., Crescimanno G., and Conte P. (2015). Structure alteration of a sandy-clay soil by biochar amendments. Soils and Sediments. 15: 816-824.
- Burrell L. D., Zehetner F., Rampazzo N., Wimmer B., and Soja G. (2016). Long-term effects of biochar on soil physical properties. Geoderma. 282: 96-102.
- Chan K., VanZwieten K., Meszaros I., Downie A., and Joseph S. (2007). Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. Soil.Res.45:629–634.
- Chintala R., Schumacher T. E., Kumar S., Malo D. D., Rice J., Bleakley B., Chilom G., Papiernik S. K., Julson J. L., Clay D. E., Gu Z. R. (2014). Molecular characterization of biochar materials and their influence on microbiological properties of soil. Hazard. Mater. 279: 244–256.
- Glab T., Palmowska J., Zaleski T., and Gondek K. (2016). Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil. Geoderma. 281: 11-20.
- Hardie M., Clothier B., Bound S., Oliver G., and Close D. (2014). Does biochar influence soil physical properties and soil water availability? Plant Soil. 376: 347–361
- Hass A., Gonzalez J. M., Lima I. M., Godwin H. W., Halvorson J. J., and Boyer D. G.(2012). Chicken manure biochar as liming and nutrient source for acid appalachian soil. Environ. Qual. 41:1096–1106.
- Karhu K., Mattila T., Bergstrom I., and Regina K. (2011). Biochar addition to agricultural soil increased CH4 uptake and water holding capacity–results from a short-term pilot field study. Agric. Ecosyst. Environ. 140:309–313.
- Lehmann J., and Joseph S. (2009). Biochar for environmental management: An introduction. Science and Technology. London. Sterling, VA..P. 67-84.
- Lei O., and Zhang R. (2013). Effects of bio-chars derived from different feedstocks and pyrolysis temperatures on soil physical and hydraulic properties. Soils and Sediments. 13: 1561-1572.
- Li X., Shen Q., Zhang D., Mei X., Ran W., Xu Y., and Yu G. (2013). Functional groups determine biochar properties (pH and EC) as studied by two-dimensional 13C NMR correlation spectroscopy. PLoS One. 8(6).1-7.
- Liu Z., Chen X., Jing Y., Li Q., Zhang J., and Huang Q. (2014). Effects of biochar amendment on rapeseed and sweet potato yields and water stable aggregate in upland red soil. Catena. 123: 45-51.
- Mukherjee A., and Lal R. (2013). Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. Agronomy 3: 313–339.
- Ouyang L., Wang F., Tang J., Yu L., and Zhang R. (2013). Effects of biochar amendment on soil aggregates and hydraulic properties. Soil Science and Plant Nutrition. 13 (4): 991-1002.
- Rawat J., Saxena J., and Sanwal P. (2019). Biochar: A Sustainable Approach for Improving Plant Growth and Soil Properties. In Biochar-An Imperative Amendment for Soil and the Environment. IntechOpen.1-17.
- Rehman R. A., Rizwan M., Qayyum M. F., Ali S. Zia-ur-Rehman M., Zafar-ul-Hye M., and Iqbal M. F. (2018). Efficiency of various sewage sludges and their biochars in improving selected soil properties and growth of wheat (Triticum aestivum). Environmental management. 223: 607-613.
- Schnell R. W., Vietor D. M., Provin T. L., Munster C. L., and Capareda S. (2012). Capacity of biochar application to maintain energy crop productivity: Soil chemistry, sorghum growth, and runoff water quality effects. Environ. Qual. 41: 1044–1050.
- Sun Z., Arthur E., De Jonge L. W., Elsgaard L. and Moldrup P. (2015). Pore Structure Characteristics after 2 Years of Biochar Application to a Sandy Loam Field. Soil Science. 180: 41-46.
- Verheijen F., Jeffery S., Bastos A. C., vanderVelde M., and Diafas I. (2010). Biochar Application to Soils – A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties Processes and Functions. EUR 24099 EN. Office for the Official Publications of the European Communities. Luxembourg. 149 pp.
- Yu O. y., Raichle B., and Sink S.(2013). Impact of biochar on the water holding capacity of loamy sand soil. International. Energy and Environmental Engineering. 4: 1-9.
- Zhang L., and Sun X. (2014). Changes in physical chemical and microbiological properties during the two-stage co composting of green waste with spent mushroom compost and biochar. Bioresource Technology.171: 274-284.

Investigating the Effect of Biochar on Physical and Chemical Properties of a Silty Loam Soil

Masomeh Farasati[1,*], Hossein shakeri[2], Ali rahemi[3].
Associate Professor, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University,
Farasati2760@gmail.com.
B.Sc. Student of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Gonbadkavus University,
H.rostami1996@gmail.com.
Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University, rahemi@gonbad.ac.ir.

Abstract
The purpose of this study was to investigate the effect of olive oil on physical and chemical properties of soil including bulk density, total porosity, weight, moisture content, saturation moisture content, EC and pH .The results of the comparison showed that treatments at 700° C, one and two percent biohardary with the highest apparent density and treatment at 500 ° C, and 4% biochar have the lowest density. Treatments at 700 ° C, one and two percent biohardary with the highest apparent density and treatment at 500 ° C, and 4% biohazard have the lowest density. With increasing pyrolysis temperature, the apparent density has increased. Also, 500oc treatment, four hundred batches had the highest porosity and treatments of 700 oc, twe percent buckling with the least porosity. The saturated moisture content in the treatments 300, one and 500 oc, 4%, respectively, had the highest and lowest values respectively. Treatment at 500 ° C, 4% treatment had the highest available water and treatment at 700 ° C, without water, one percent had the lowest available water. With increased bioavailability, the amount of available water has increased. The results show the efficacious effects of biocurrent on physical and chemical properties of soil with medium texture.
Keywords: Biochar, Breakthrough curve, Electrical conductivity, Organic matter, Pyrolysis temperature.

ISSN: 2588-4255

فصلنامه علمی تخصصی مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار
سال چهارم، شماره ۱ (پیاپی: ۱۱)، بهار ۱۳۹۹

بهینه‌یابی موقعیت چاله زهکش در زیر پی سدها و اثر تعبیه سپر در پایاب و سراب بر عملکرد آن

فاطمه عوض پور[۱]، احسان آفریدگان [۲]

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۳/۰۱
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۳۱
کد مقاله: ۵۰۱۸۹

چکـــیده

یکی از عوامل ناپایداری در سازه‌های آبی، نفوذ آب به زیر سازه‌ها و در نتیجه ایجاد نیروی زیرفشار است. به همین علت تعیین و کنترل آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. احداث دیواره‌های آب بند و چاله‌های زهکش از جمله اقداماتی است که جهت کاهش نیروی زیرفشار، کاهش گرادیان خروجی و همچنین دبی عبوری از زیر سدها صورت می‌گیرد. در این پژوهش به منظور بررسی مکان بهینه و تاثیرات روش‌های فوق بر پایداری در سدهای بتنی، از حل عددی معادله لاپلاس با روش اختلافات محدود در خاک‌های همگن کمک گرفته شد. در این تحقیق با قراردادن زهکش در فواصل مختلف از بالادست سد (پاشنه سد) بهترین مکان جانمایی لوله زهکش شناسایی شده و با قرار دادن دیواره آب‌بند در بالادست و پایین دست سد، به بررسی تاثیر این سازه حفاظتی بر پایداری سد پرداخته شد. نتایج نشان داد، بهترین مکان قراردهی زهکش در فاصله (a/L=0.2) از پاشنه سد بوده و همچنین بکارگیری دیواره آب بند در پاشنه سد همزمان با زهکش بیشترین امکان در پایداری سد را بوجود می‌آورد.

واژگـان کلـیدی: چاله زهکش، حل عددی معادله لاپلاس، دیواره آب بند، نرم افزار متلب

۱- دانشجوی دکتری مهندسی عمران-آب و سازه های هیدرولیکی-دانشکده مهندسی عمران- دانشگاه یزد
۲- دانشجوی دکتری مهندسی عمران-آب و سازه های هیدرولیکی-دانشکده مهندسی عمران- دانشگاه یزد (نویسنده مسئول)*Ehsan.afaridegan@stu.yazd.ac.ir*

۱- مقدمه

ایجاد سازه های آبی در مناطقی که نفوذ آب از زیر تاسیسات محتمل باشد، به دلیل ناپایداری های ناشی از نشت آب مستلزم دقت فراوان است. (۱) به علت اختلاف بار آبی که در دو طرف ساز ه های آبی احدا ث شده بر روی پی‌های نفوذپذیر وجود دارد، همواره نشت آب از پی این گونه سازه‌ها وجود دارد . یکی از مسائل مهم که باید در طراحی سازه های آبی مورد توجه قرار گیرد، برآورد فشار روبه بالا ناشی از نیروی جر یان آب در محیط متخلخل زیر آن است که با عنوان نیروی زیرفشار شناخته می‌شود.(۳) این نیرو با کاهش مقاومت برشی بین سد و پی آن، باعث ایجاد تنش کششی شده، نقش مهمی در ناپایداری سازه‌های آبی دارد و در نهایت می‌تواند موجب لغزش و واژگونی سد شود. بنابراین لازم است پیش از اجرای سازه به دقت مورد بررسی قرار گرفته و تمهیدات لازم جهت کنترل آن بکار گرفته شود. از جمله راهکار های مورد استفاده که موجب کاهش این نیرو در زیر بدنه سازه می‌شود ایجاد چاله های زهکشی و احداث آب بند می باشد. دیواره های آب بند که اغلب نفوذ ناپذیر می‌باشند و یا خیلی کم نفوذ پذیرند باعث کند کردن و کم کردن حرکت آب زیر سازه آبی می‌شوند و در نتیجه از ایجاد فشار توسط آب در زیر سازه جلوگیری می کنند.(۶) با توجه به اهمیت بحث پایداری در سازه های آبی، بررسی های عددی و آزمایشگاهی بسیاری به منظور ارائه راهکارهای مناسب جهت کنترل عوامل تاثیرگذار بر پایداری سازه ها ،توسط محققان انجام گرفته شده است. اولین بار اثر پرده آب بند بر جریان نشت در سدهای خاکی توسط ترزاقی مورد بررسی قرار گرفت. وی مطالعات بسیاری را در این زمینه انجام داده است. در تحقیقات خود مفهوم گرادیان هیدرولیکی بحرانی(گرادیان غوطه وری)یا ic را برای کنترل جوشش و زیرشوئی تعریف کرد. (۲۲) مک نامی(۱۹۴۹) ضریب اطمینانی را که به صورت نسبت گرادیان هیدرولیکی بحرانی به گرادیان خروجی تعریف میشود، برای کنترل جوشش و فرسایش درونی ، به شکل رابطه (۱) ارائه نمود:

$$F=\frac{i_c}{i_e} \qquad (۱)$$

که در آن F ضریب اطمینان در مقابل زیرشویی، ic گرادیان هیدرولیکی بحرانی و ie گرادیان خروجی است .(۸). لی و لیپ (۱۹۹۷) و کو و لیپ (۱۹۹۸) به کمک روش تبدیل مختصات برازش مرزی به بررسی نشت بدنه سد های خاکی پرداختند و بیان نمودند که این روش مشکلات روش تفاضلات محدود را در مقاطع هندسی پیچیده کاهش میدهد (۱۲-۱۳) از جمله تحقیقاتی که در سال های اخیر بر روی موضوع ناپایداری سدها ناشی از نشت و پدیده جوشش بوده عبارتند از:

ریچارد و ردی در سال ۲۰۰۷ ، به بررسی پیشینه تحقیق درباره‌ی پدیده نشت آب در خاک و چگونگی وقوع پدیده پایپینگ در خاک های مختلف پرداختند. نتایج بررسی آنها نشان داد که در سا لهای ۱۹۱۰ تا ۱۹۳۵ مقاومت در برابر پدیده نشت برای طراحی سدهای خاکی مورد مطالعه جدی محققان قرار گرفت و اولین ابزارها برای توسعه آن طراحی گردید.(۱۹). صیادزاده و زمردیان (۲۰۰۷)، در سدهای نفوذ ناپذیر با عرض متغیر، اثر سپر را بر روی سیستم های خاک دولایه و سه لایه بررسی کردند و مقدار جریان و گرادیان خروجی را برای حالتهای مختلف قرار گیری سپر در عمق های مختلف پنجه پایین دست تعیین نمودند. (۲۰) یافنگ و همکاران (۲۰۰۸) ، با بکارگیری روش المان محدود در حل عددی، به بررسی مشکلات نشت با سیستم های زهکش سد پرداختند .(۲۳) بوچل قوم(۲۰۱۱) پدیده نشت در محیط های همسان را مورد ارزیابی قرار داد. همچنین با کدنویسی در محیط FLAC خاک چندلایه تحت جریان سیال در حالت متقارن را مورد بررسی قرار داد. (۹) صدقی اصل و همکارانش (۲۰۱۲) عوامل مؤثر بر نشت از پی دایک های ساحلی را با استفاده از مدل آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند. ایشان از مدلی به طول ۹ متر، ارتفاع و عرض ۱ متر از اسکلت فولادی و جدار ه‌های شیشه ای و پلاکسی گلاس استفاده کردند و مصالح پی را ماسه تمیز ساحلی درنظر گرفتند. نتایج آنها نشان داد که نسبت طول بهینه بلانکت و عمق پرده آب بند به عمق آب مخزن و ضخامت پی به منظور حداقل نمودن دبی نشتی و کنترل فرسایش درونی به ترتیب ۸ و ۰/۸ است . (۲۱) بن مبارک و بنسماین (۲۰۱۳) به بررسی مسئله نشت آب در مجاورت سد موقت پرداختند. از نظر آنها زمانی گسیختگی در مجاورت سد موقت خاک رخ می دهد که اختلاف ارتفاع آب بالادست و پایین دست زیاد باشد. آنها جهت تعیین ارتفاع آب بالادست بحرانی در حالات مختلف ژئوتکنیکی ماسه برای دیواره آب‌بند طره‌ای از نرم افزار FLAC استفاده نمودند و به بررسی ناپایداری پرداختند.(۹) احمد و همکاران (۲۰۱۴) با تعبیه فیلترهای میانی در زیر سازه های هیدرولیکی به تجزیه و تحلیل جریان سه بعدی نشت در این گونه سازه ها پرداختند. آنها با تعریف یک فیلتر میانی در کف سازه هیدرولیکی دریافتند ۷۲ درصد میزان زیرفشار در کف پایینندست کاهش میابد. همچنین میزان کاهش زمانی رخ میدهد که نسبت فاصله فیلتر پایینندست از پرده آب بند به تغییرات بار آبی برابر ۱ باشد.(۷) منصوری و همکاران (۲۰۱۴) مطالعات خود را برروی اثر موقعیت های مختلف دیوار آب بند بر میزان زیرفشار قرار دادند. آنها با تغییر زاویه قرارگیری آب بند در زیر سد دریافتند مایل نمودن دیواره آببند باعث کاهش نیروی زیرفشار میگردد.(۱۴) ابید و همکاران (۲۰۱۴) با تعبیه‌ی زهکش در زیر سد با استفاده از روش عددی به مطالعه نیروی بالابرنده در زیر پی سد پرداختند. نتایج آنها نشان داد با قرار دادن دو زهکش در فاصله ۸ متری از بالادست میتوان حداقل نیروی زیرفشار را داشت. (۱۷) خلیلی و همکاران (۲۰۱۴) مطالعات آزمایشگاهی و عددی

را جهت بررسی تاثیر آب بندها، زهکش ها و بلانکت ها بر روی کاهش نشت، نیروی بالابرنده و گرادیان خروجی انجام دادند. آنها با بررسی روش های فوق به صورت جداگانه و کاربرد همزمان آنها دریافتند تاثیر سپرهای عمودی در بالادست و پایین دست سدها نسبت به بلانکت ها بیشتر بوده و بیشترین میزان کاهش نیروی بالابرنده هنگام استفاده از زهکش ها زمانی رخ می دهد که زهکش ها در فاصله ۱/۳ عرض سد در پایین دست و بالادست تعبیه شوند. (۱۱)

مارتینز و همکاران(۲۰۱۸) با قرار دادن دو سپری در بالادست (پاشنه) و پایین دست(پنجه) سد، تاثیر آب بند را بر میزان نشت به کمک روش عددی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد هر چه طول سپر قرار گرفته در پایین دست سد افزایش یابد، جریان عبوری از زیر سد کاهش می یابد و بنابراین خطر فرسایش در این ناحیه کاهش می یابد. (۱۵) صدقی اصل و همکاران (۱۳۸۴) با بکارگیری مدل عددی به موقعیت بهینه پرده آب بند قائم را مورد مطالعه قرار دادند و به بررسی اثر دیواره آب‌بند در کاهش نشت و سرعت جریان در زیرسازه های آبی پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که بهترین مکان برای کنترل نشت و زیر شویی ، پاشنه و پنجه سد می باشد.(۲۱) صباغ یزدی و بیات (۱۳۸۵) برای مدلسازی نشت در زیر پی سدهای بتنی و همچنین حل معادلات حاکم از روش عددی گالرکین – احجام محدود استفاده کردند . ایشان دریافتند مدل نامبرده در حل مسائل با پیچیدگی های هندسی نیز کارایی دارد. .(۴) نعیمی و همکارانش (۱۳۹۰) تحقیقات خود را با استفاده از مدل عددی SEEP 3D و روش المان محدود بر روی سد میرزای شیرازی انجام دادند و میزان تأثیر دیوار و پرده آب بند را بر کاهش نشت با افزایش عمق نفوذ در محور و تکیه گاه راست سد مورد بررسی قرار دادند(۱۶). افتخارافضلی و بارانی (۱۳۹۱) با بررسی نفوذ آب از زیرسازه هایی که روی خاک های تراوا بنا می شوند، به مطالعه ناپایداری پرداختند. نتایج آنها نشان داد که این ناپایداریها عمدتاً به علت نیروی زیرفشار، فرسایش تدریجی مصالحبکار رفته در پی و همچنین وقوع پدیده جوشش است.(۱) رهنما راد و همکارانش (۱۳۹۲) به بررسی تحلیل عددی و کارایی تزریقات پرده آب بند سد شهر بیجار پرداختند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد مقدار نشت محاسبه شده از محاسبات تراوش سه بعدی در حدود ۱۴ درصد از مقدار نشت مخزن که در مطالعات برنامه ریز یشده منابع آب(که به میزان ۹۴ میلیون متر مکعب در سال درنظر گرفته شده است)، کمتر است. (۱۸).

صالحی هفشجانی و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقات آزمایشگاهی خود به بررسی نیروی زیر فشار و اثر چاله زهکشی بر آن پرداختند. ایشان با مدل کردن چاله های زهکش در موقعیت های مختلف زیر پی، بهینه ترین مکان برای قرار دادن زهکش را در حالتی که نسبت a/l=0.4 باشد، تعریف نمودند که a فاصله زهکش از پاشنه سد و L طول سد در پی است. (۳)

یوسفی و همکاران (۱۳۹۴)، تأثیر پرده آب بند بر کنترل نشت و پدیده جوشش در پی سازه های هیدرولیکی را به صورت آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار دادند. بررسی تأثیر موقعیت و عمق دیواره سپری بر مقدار دبی نشت و گرادیان خروجی نشان داد که در شرایطی که نسبت عمق پرده آب بند d/D=0.46 (d عمق پرده و D ضخامت پی آبرفتی) و نسبت بیشترین تراز آب بالادست h/hm=1 (h تراز آب بالادست، hm بیشینه تراز آب بالادست،) باشد، پدیده جوشش رخ نمی دهد. (۲۴) نورانی و همکاران (۱۳۹۵) به کمک روش عددی عملکرد زهکش های پی در کاهش نیروی بالابرنده سدهای بتنی وزنی را بررسی کردند. آنها با استفاده از نرم افزار Sweep/w پارامترهای مؤثر از جمله قطر، فاصله مرکز تا مرکز از یکدیگر و فاصله از پاشنه بالادست سد در نیروی بالابرنده زا مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند افزایش قطر زهکش تأثیر کمی نسبت به سایر پارامترها در کاهش نیروی بالابرنده دارد. همچنین کاهش فاصله زهکش ها از هم و کاهش فاصله از بالادست تا یک حد معینی میتواند نقش به سزایی در کاهش نیروی بالابرنده داشته باشد. (۲)

همانطور که گفته شد، با توجه به کارایی چاله های زهکش و سپرهای آب بند در کاهش نیروی زیرفشار و ناپایداری سازه های آبی، تاکنون تحقیقات متعددی در این زمینه صورت گرفته است. بعلاوه، اجرای یک طرح که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد و بهترین عملکرد را با کمترین هزینه ساخت ممکن داشته باشد همواره مورد توجه کارشناسان و مهندسین بوده است. بنابرین برای کاهش هرچه بیشتر نیروی زیرفشار، یافتن موقعیت بهینه چاله زهکشی و سپرها، امری لازم و ضروری است. همچنین با توجه به هزینه های مدل های آزمایشگاهی و زمانبر بودن آنها، استفاده از مدل های کامپیوتری و حل های عددی در بررسی این گونه مسائل بسیار حائز اهمیت است. لذا در تحقیق حاضر در ابتدا با استفاده از نتایج بدست آمده در مدل آزمایشگاهی صالحی و همکاران، حلگر مورد استفاده که در نرم افزار متلب کدنویسی شده است، صحت سنجی شده و در ادامه سعی بر آن شده است تا با استفاده از مدل عددی موقعیت بهینه چاله آبشستگی در زیر پی سد مشخص شود و در نهایت با جانمایی آب بند در پاشنه و پنجه سد، به بررسی تاثیر آب بند بر عملکرد چاله ها پرداخته شود.

۲-مواد و روش ها

۲-۱- معادلات حاکم

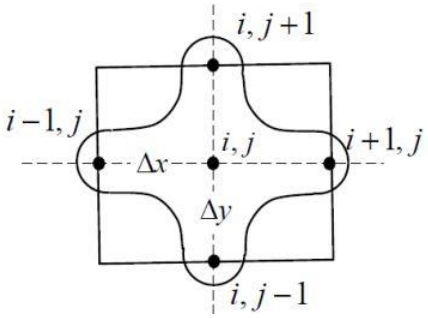
معادله حاکم بر جریان آب در محیط متخلخل اشباع معادله لاپلاس است که معادله کلی این معادله در حالت تراوش دوبعدی به صورت رابطه ۲ می باشد.

$$K_x \frac{\partial^2 f}{\partial^2 x} + K_y \frac{\partial^2 f}{\partial^2 y} = 0 \qquad (۲)$$

Kx و Ky در رابطه بالا به ترتیب ضریب نفوذ پذیری در امتداد افقی و قائم هستند.

معادله لاپلاس در خاکهای همگشت۱(K=Kx=Ky) به شرح رابطه زیر است.

$$\frac{\partial^2 f}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 f}{\partial^2 y} = 0 \qquad (۳)$$



شکل۱-شبکه بندی میدان محاسبات به روش اختلافات محدود

رابطه ۳ ، با توجه شکل ۱ و به کمک روش اختلافات محدود به صورت زیر حل می‌گردد:

$$\frac{f_{i-1.j}-2f_{i.j}+f_{i+1.j}}{\Delta x^2} + \frac{f_{i.j-1}-2f_{i.j}+f_{i.j+1}}{\Delta y^2} = 0 \qquad (۴)$$

به حل معادله لاپلاس به فرم رابطه ۴ در روش اختلافات محدود فرمول ۵ نقطه‌ای ۲معادله لاپلاس نیز گفته می‌شود. لازم به ذکر است در حل رابطه ۳ و رسیدن به رابطه ۴ از مشتق مرکزی مرتبه دوم هم در جهت افقی و هم در جهت عمودی استفاده شده است.

با معرفی β به فرم رابطه ۵ و با کمک الگوریتم حل نقطه‌ای گاوس_سایدل۳ خواهیم داشت:

$$\beta = \frac{\Delta x}{\Delta y} \qquad (۵)$$

$$f_{i.j}^{k+1} = \frac{1}{2(1+\beta^2)} \left(f_{i+1.j}^{k} + f_{i-1.j}^{k+1} + \beta^2 (f_{i.j+1}^{k} + f_{i.j-1}^{k+1})\right) \qquad (۶)$$

K+1 بیان مقدار پارامتر در دور محسبات فعلی و K نشان دهنده مقدار محاسبه شده پارامتر در دور محسبات قبل می‌باشد.

برای سریع‌تر همگرا شدن جوابهای معادله ۶ از ضریب فوق تخفیف (α)۴ استفاده شده است.

$$f^{k+1} = f^{k+1} + \alpha \Delta f \qquad (۷)$$

$$f_{i.j}^{k+1} = (1-\alpha) f_{i.j}^{k} + \frac{1}{2(1+\beta^2)} \left(f_{i+1.j}^{k} + f_{i-1.j}^{k+1} + \beta^2 (f_{i.j+1}^{k} + f_{i.j-1}^{k+1})\right) \qquad (۸)$$

$$1 < \alpha < 2 \qquad (۹)$$

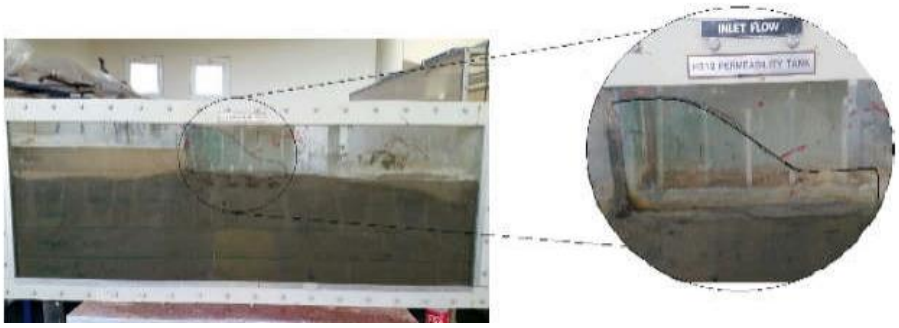
مقدار بهینه α با بررسی دور تکرار برای همگرایی جوابهای مدل کامپیوتری کد نویسی شده در نرم افزار متلب بدست می‌آید.

---

[1] isotropic
[2] Five_point formula
[3] Poin Gauss-Seidel Iteration Method
[4] Over-Relaxation factor

۲-۲-مدل آزمایشگاهی

در این تحقیق از مدل آزمایشگاهی صالحی و همکاران جهت صحت سنجی استفاده شده است که در آن برای نشان دادن تأثیر چاله زهکشی بر نیروی بالابرنده در بدنه سدها، از مدلی با طول دو متر و عرض ۲۰ سانتیمتر و ارتفاع یک متر، که در شکل ۱ نشان داده شده است، استفاده شد. همچنین برای ساخت مدل سد تا ارتفاع ۸۰ سانتی متر از کف فلوم خاکریزی صورت گرفت و برای مدل کردن سد از صفحه چوبی مقاوم به آب به ارتفاع ۲۰ سانتی متر و طول ۴۰ سانتیمتر روی پی قرار داده شد و برای آب بندی از چسب مخصوص استفاده گردید. چهار چاهک زهکش در بدنه به صورت سوراخ های قائم که تا ارتفاع کف بدنه ادامه داشتند (به ضخامت پی سد) با قطر یک سانتیمتر ایجاد شد. در مدل آزمایشگاهی پنج آزمایش انجام شد که در چهار حالت آن هر کدام از چاهک ها که در فاصله های ۰/۲ ، ۰/۴ ، ۰/۶و ۰/۸ از بالادست سد قرار گرفته اند، به طور جداگانه عملیات زهکشی را انجام داده و در یک حالت که شاهد گفته میشود، همه چهار زهکش به صورت بسته نگه داشته شده اند. جدول ۱ آزمایشات انجام شده را به صورت شماتیک نشان می دهد.



شکل۲- مدل آزمایشگاهی صالحی و همکاران(۱۳۹۵)

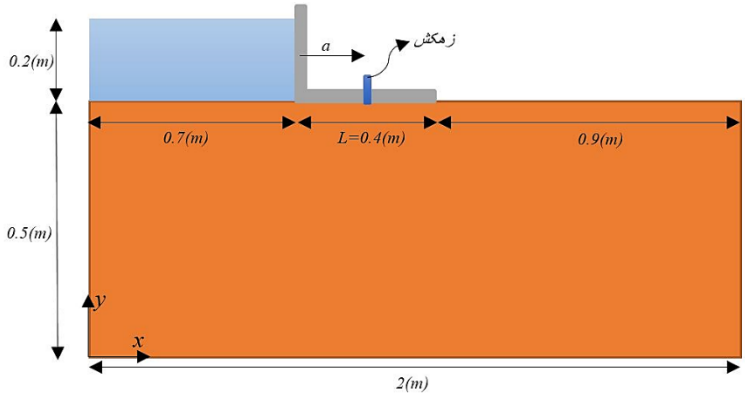
جدول ۱- معرفی آزمایش ها (*a=8cm* و *L=40cm*)

شماره آزمایش	نمایی از مدل مورد آزمایش	مکان زهکش فعال
۱	close close close close hole drain 1 hole drain 2 hole drain 3 hole drain 4	بدون زهکش (آزمایش شاهد)
۲	open close close close hole drain 1 hole drain 2 hole drain 3 hole drain 4	زهکش در a/L=0.2
۳	close open close close hole drain 1 hole drain 2 hole drain 3 hole drain 4	زهکش در a/L=0.4
۴	close close open close hole drain 1 hole drain 2 hole drain 3 hole drain 4	زهکش در a/L=0.6
۵	close close close open hole drain 1 hole drain 2 hole drain 3 hole drain 4	زهکش در a/L=0.8

ضریب نفوذ پذیری خاک پی سد در آزمایشگاه ۲ متر در روز($K = 2(\frac{m}{day})$) اندازه‌گیری گردیده شد.

۲-۳- شرایط مرزی

به منظور تعیین مقدار زیر فشار و نیروی بالابرنده لازم است معادلات فوق با استفاده از شرایط مرزی که برای مدل تعریف می شوند، حل شوند.در ادامه شرایط مرزی بکار گرفته شده برای مدل آورده شده است.



شکل ۳- شماتیک میدان فیزیکی مورد بررسی

شرایط مرزی استفاده شده برای مدل عددی با توجه به شکل ۳ به شرح زیر می باشد:

$$\begin{cases} x=0 \\ y=0:0.5\ (m) \end{cases} \rightarrow \frac{\partial h}{\partial x}=0$$

$$\begin{cases} x=1.1(m)\ to\ 2(m) \\ y=0.5(m) \end{cases} \rightarrow h=0$$

$$\begin{cases} x=0:0.7(m) \\ y=0.5(m) \end{cases} \rightarrow h=0.2(m)$$

$$\begin{cases} x=2(m) \\ y=0\ to\ 0.5(m) \end{cases} \rightarrow \frac{\partial h}{\partial x}=0$$

$$\begin{cases} x=0.7(m)\ to\ 1.1(m) \\ y=0.5(m) \end{cases} \rightarrow \frac{\partial h}{\partial y}=0$$

$$\begin{cases} x=0\ to\ 2(m) \\ y=0 \end{cases} \rightarrow \frac{\partial h}{\partial y}=0$$

$$\begin{cases} \text{زهکش دهانه} \rightarrow h=0 \end{cases}$$

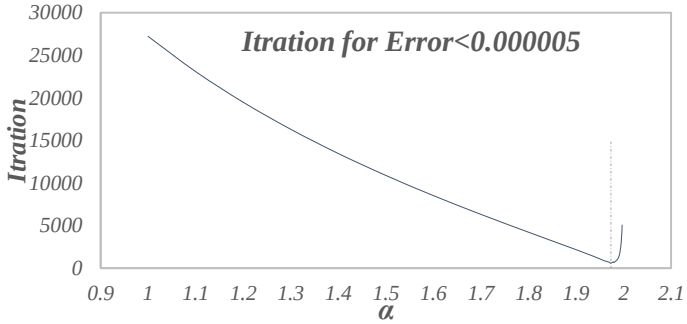
در جدول ۲ مشخصات مدل‌های مورد بررسی عددی در این پژوهش آورده شده است.

جدول۲- مشخصات مدل‌های مورد بررسی

موقعیت سپر	مکان زهکش(a/L)	مدل	موقعیت سپر	مکان زهکش(a/L)	مدل
–	۰/۷	۱۰	–	–	شاهد
–	۰/۸	۱۱	–	۰	۱
–	۰/۹	۱۲	–	۰/۱	۲
–	۱	۱۳	–	۰/۱۵	۳
بالادست سد	–	۱۴	–	۰/۲	۴
پایین دست سد	–	۱۵	–	۰/۲۵	۵
بالادست و پایین دست سد	–	۱۶	–	۰/۳	۶
بالادست سد	موقعیت بهینه	۱۷	–	۰/۴	۷
پایین دست سد	موقعیت بهینه	۱۸	–	۰/۵	۸
بالادست و پایین دست سد	موقعیت بهینه	۱۹	–	۰/۶	۹

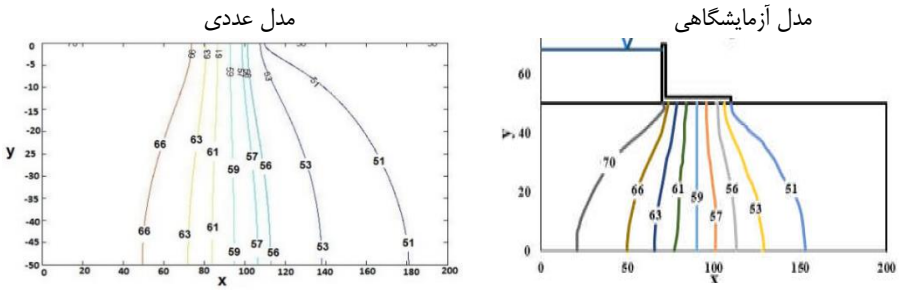
۳-آنالیز نتایج

با بررسی‌های انجام شده در مراحل مقدماتی این پژوهش، با تغیر مقادیر α و بررسی دور تکرار برای همگرایی جوابهای مدل کامپیوتری برای کمتر شدن اختلاف دو تکرار از مقدار $\varepsilon = 5 * 10^{\wedge} - 6$ ، مقدار بهینه ضریب فوق تخفیف برابر α =۱/۹۵ بدست آمد. شکل ۲ نمودار مقادیر α در برابر تعداد تکرار قابل روئیت می‌باشد.

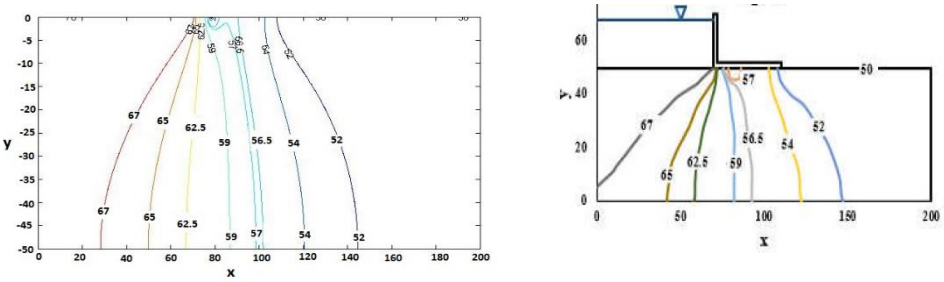


شکل٤-نمودار تغییرات α در برابر دور تکرار

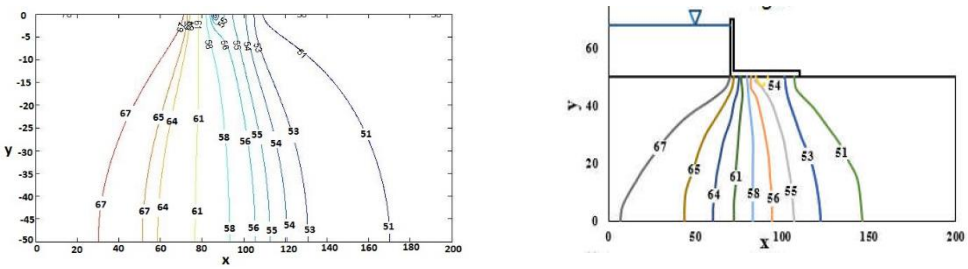
ترسیم خطوط هم پتانسیل با استفاده از کدنویسی انجام شده در متلب و مقایسه آن با مدل آزمایشگاهی (شکل۵) نشان می دهد نتایج عددی بسیار به نتایج آزمایشگاهی نزدیک بوده و مدل عددی به خوبی توانایی شبیه سازی را دارد.



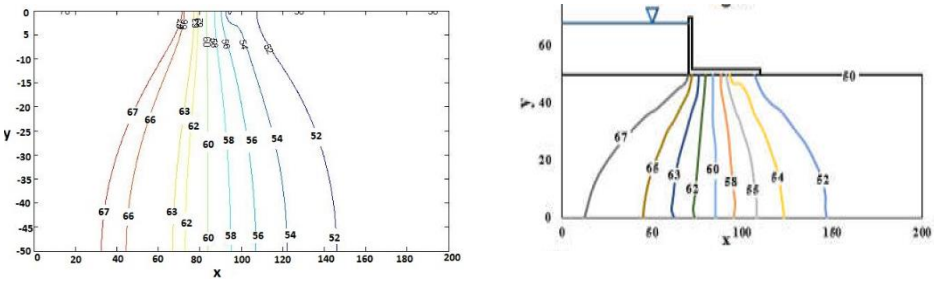
الف- حالت شاهد (بدون زهکش)



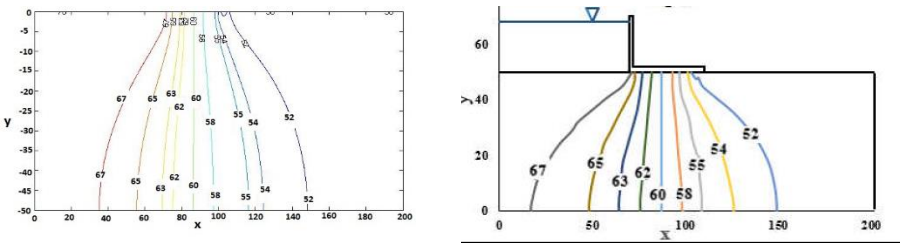
ب- آزمایش ۲- زهکش فعال در a/L= ۰/۲



ج- آزمایش ۳- زهکش فعال در a/L= ۰/۴



د- آزمایش ۴- زهکش فعال در a/L= ۰/۶

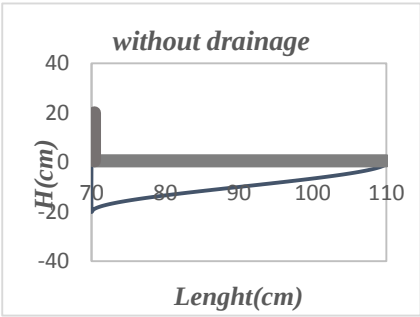


ت- آزمایش ۵- زهکش فعال در a/L= ۰/۸

شکل ۵- مقایسه خطوط هم پتانسیل مدل آزمایشگاهی و مدل عددی (کلیه واحد های جدول بر حسب سانتی متر می باشد.)

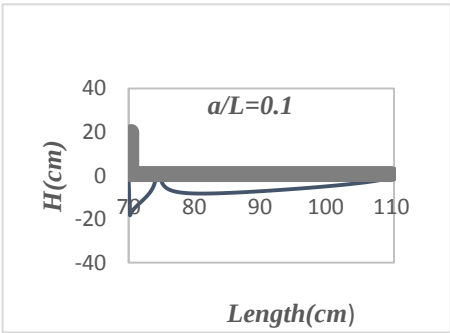
همانطور که از خطوط هم پتانسیل مدل عددی و آزمایشگاهی مشخص است، هنگامی که چاهک ها باز هستند پتانسیل نسبت به حالت شاهد (بسته بودن همه چاهک ها) مقدار کمتری می باشد. به عبارتی در حالت آزمایشگاهی سطح آب در پیزومترهای مجاور این چاهک ها نسبت به حالت شاهد، پایین تر قرار می گیرند. علت این امر به خاطر اعمال فشار اتمسفریک به کف سد بوده که به خودی خود باعث کاهش نیروی زیرفشار می شود. نکته حائز اهمیت در این بررسی، کاهش نیروی بالابرنده و افزایش ضریب اطمینان جانمایی چاهک ها و همچنین فاصله آنها از پاشنه می باشد. برای محاسبه میزان نیروی بالا برنده می توان با محاسبه سطح زیر نمودار هدهای آب زیر سد، میزان نیروی وارد شده به سد را محاسبه کرد که با استفاده از روش اختلاف محدود در نرم افزار متلب کدنویسی شد. در این مطالعه با قرار دادن چاهک در مکان های مختلف و بررسی نیروی بالابرنده برای هر کدام از حالت ها سعی بر آن شده است که بهترین مکان جانمایی زهکش که حدکثر راندمان را داشته باشد، تعیین گردد. چاهک در مکان های (a/L) که در جدول ۲ مشخص است، قرار داده شد و نیروی بالارونده برای هر موقعیت محاسبه گردید. شکل ۶ نیروی بالابرنده در ۴ موقعیت ۰/۸- ۰/۶ – ۰/۴ – ۰/۲ – ۰/۱ =a/L و همچنین در حالت بدون زهکش را نشان می دهد.

مدل آزمایشگاهی

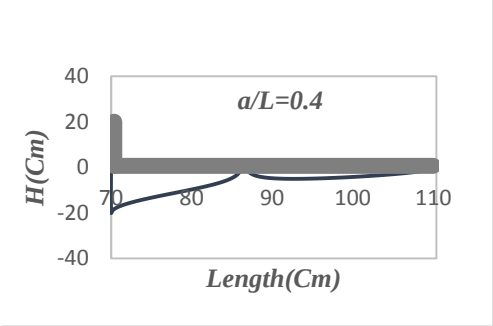


الف- بدون زهکش

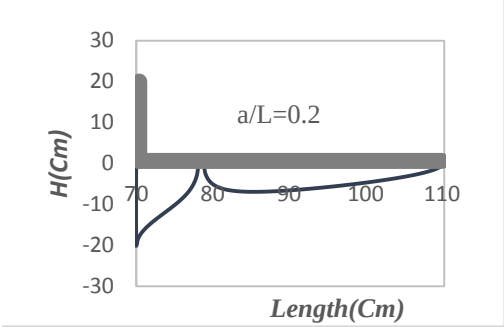
مدل عددی



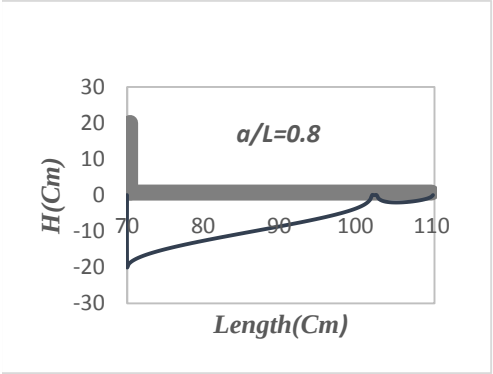
ب- a/L=0.1



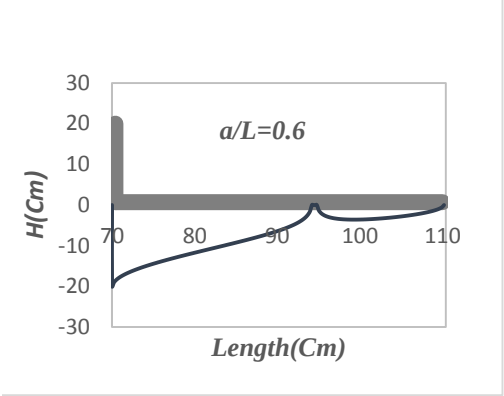
د- a/L=0.4



ج- a/L=0.2



خ- a/L=0.8



چ- a/L=0.6

شکل٦- نمودار زیرفشار در موقعیت های مختلف زهکش

یکی از مزیت‌های وجود چاهک زهکش در پی سد (همانطور که از نمودارهای شکل ۶ مشاهده می‌شود) شکست ناگهانی در روند هد موجود در پی و وارد کردن فشار اتمسفریک در ناحیه پر فشار موجود در زیر سد می‌باشد.

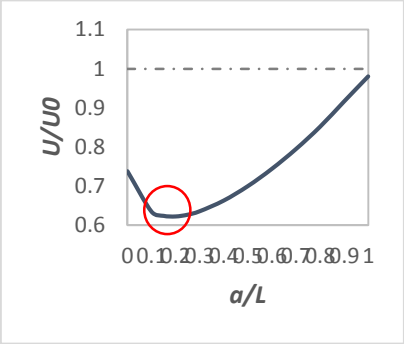
در جدول ۳ مقادیر نیروی بالابرنده نسبی بدست آمده برای حالات مختلف آورده شده است.UP0 مقدار نیرو بالا برنده در حالت شاهد (بدون زهکش) می باشد. در نمودارهای شکل ۷ نیروی بالابرنده نسبی و راندمان زهکش در کاهش نیروی بالابرندگی در فواصل مختلف قرارگیری زهکش از پاشنه تا پنجه سد آورده شده است.

یکی از مزیت‌های وجود چاهک زهکش در پی سد (همانطور که از نمودارهای شکل ۶ مشاهده می‌شود) شکست ناگهانی در روند هد موجود در پی و وارد کردن فشار اتمسفریک در ناحیه پر فشار موجود در زیر سد می‌باشد.

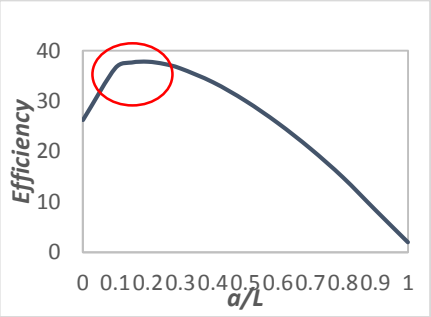
در جدول ۳ مقادیر نیروی بالابرنده نسبی بدست آمده برای حالات مختلف آورده شده است.UP0 مقدار نیرو بالا برنده در حالت شاهد (بدون زهکش) می باشد. در نمودارهای شکل ۷ نیروی بالابرنده نسبی و راندمان زهکش در کاهش نیروی بالابرندگی در فواصل مختلف قرارگیری زهکش از پاشنه تا پنجه سد آورده شده است.

جدول۳- نیروی بالابرنده نسبی در موقعیت های مختلف قرارگیری زهکش

موقعیت زهکش (a/L)	UP/UP_0	موقعیت زهکش (a/L)	UP/UP_0
۰	۰/۷۳۷	۰/۵	۰/۶۹۹
۰/۱	۰/۶۳۴	۰/۶	۰/۷۴۴
۰/۱۵	۰/۶۲۳	۰/۷	۰/۷۹۴
۰/۲	۰/۶۲۲	۰/۸	۰/۸۵۱
۰/۲۵	۰/۶۲۶	۰/۹	۰/۹۱۶
۰/۳	۰/۶۳۵	۱	۰/۹۸



الف– نیروی بالابرنده‌ی زیر پی در بکارگیری زهکش در مکان های مختلف

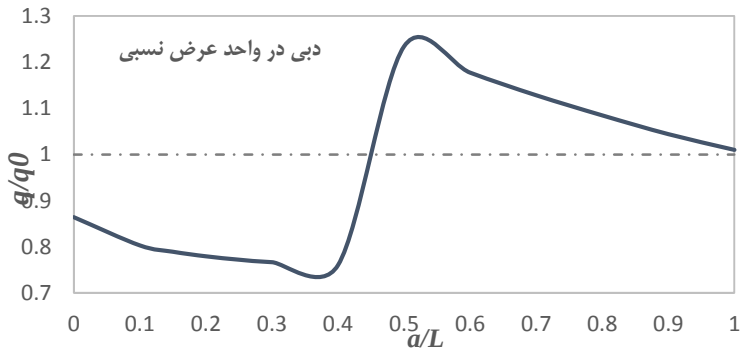


ب– راندمان در بکارگیری زهکش در مکان های مختلف

شکل۷–نمودار نیروی بالابرنده نسبی و راندمان در فواصل مختلف قرارگیری زهکش

همانطور که از نتایج جدول۳ و نمودارهای شکل ۷ قابل روئیت است، راندمان زهکش در کاهش نیروی زیرفشار نسبت به حالت شاهد، با تغییر مکان تعبیه زهکش، بصورت متفاوت خواهد بود. به گونه ای که با دور شدن زهکش از پاشنه سد میزان راندمان افزایش خواهد یافت و در a/L= ۰/۲ شاهد بیشترین راندمان زهکش یعنی ۳۸٪ هستیم. لازم به ذکر در بازه ۰/۴–a/L= ۰/۱۵ راندمان زهکش نزدیک بهم و مطلوب می‌باشد و پس از آن با حرکت مکان قرارگیری دهانه زهکش به سمت پایین دست سد راندمان مدل بصورت خطی کاهش می‌یابد.

یکی دیگر از عوامل مهمی که بسته به نوع و شرایط سد و پی آن و خصوصیات هیدرولوژیکی منطقه باید به دقت مورد ارزیابی قرار گیرد، میزان نشت آب از زیر سد می‌باشد. نشت آب از زیر سد می‌تواند موجب رگاب یا همان پدیده روباه گردد که در شرایط با گرادیان هیدرولیکی بالا مجراهایی را در زیر سد بوجود می‌آورد. از طرفی دیگر قطع کامل نشت از زیر سد می‌تواند خساراتی جدی به سفره‌های آب زیر زمینی وارد کند. در شکل ۸ نمودار تاثیر موقعیت دهانه زهکش بر دبی عبوری از زیر سد آورده شده است.

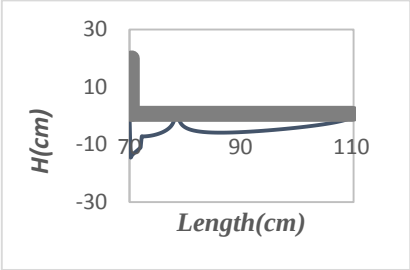


شکل۸– نمودار بررسی تاثیر موقعیت زهکش بر دبی عبوری جریان

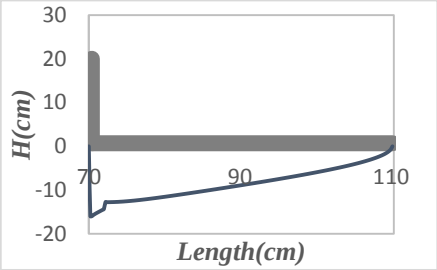
با توجه به نمودار شکل ۸ ، در شرایط به کارگیری زهکش در کاهش نشت، نیمه بالادست پی مکان مناسبی برای قرار گیری چاهک می‌باشد. بیشترین کاهش دبی نشت در قرار گیری چاهک در a/L= ۰/۴ می‌باشد. نتایج نشان می دهد قرار گیری چاهک زهکش در نیمه پایین دست مقطع سد نه تنها کمکی به کاهش دبی نشت نکرده بلکه شرایط را بسیار بحرانی‌تر می‌کند.

همانطور که گفته شد یکی دیگر از راهکارهای کاهش نیروی زیرفشار، بکارگیری دیواره آب بند(سپر) در زیر پی می باشد. قرار دادن سپر در زیر پی می تواند بر روی عملکرد زهکش نیز تاثیر بگذارد. بنابراین در این مطالعه جهت بررسی اثر دیواره‌ی آب بند، با شبیه سازی سپر در بالادست و پایین دست سد به بررسی تاثیر دیواره بر پایداری سد پرداخته شد. بدین منظور با قرار دادن سپر در پاشنه و پنجه سد هد آب موجود در پی و سپس نیروهای بالابرنده محاسبه گردید و در نهایت با بکارگیری توام زهکش در مکان بهینه و دیوار آبند، میزان کاهش نیروی بالابرنده در حالات مختلف مقایسه گردید.

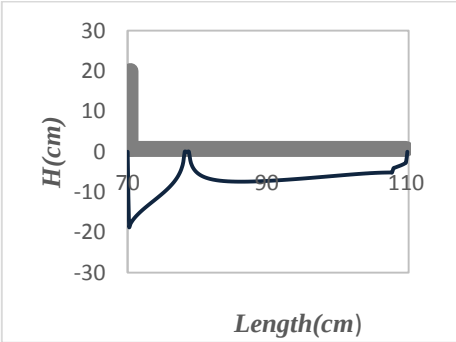
با رسم پروفیل های زیرفشار میتوان تا حدی اثر قراردادن سپر را بر پایداری مشاهده کرد. نمودارهای شکل ۹ مقادیر محاسبه شده برای زیرفشار را نشان می دهد.



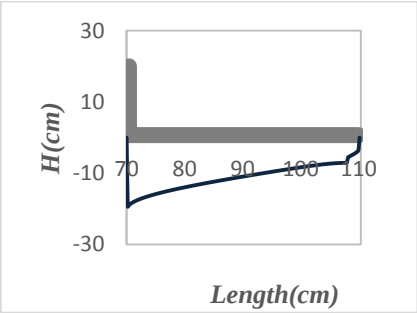
سپر در بالادست و زهکش در محل بهینه



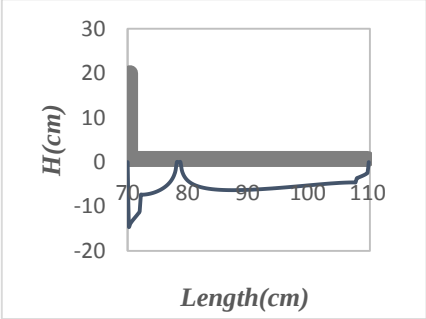
سپر در بالادست بدون زهکش



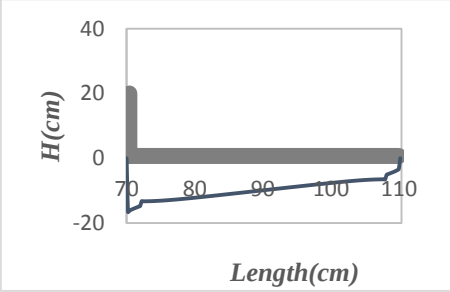
سپر در پایین دست و زهکش در محل بهینه



سپر در پایین دست بدون زهکش



سپر در بالادست و پایین دست و زهکش در محل بهینه



سپر در بالادست و پایین دست بدون زهکش

شکل۹- پروفیل های زیرفشار در حالات مختلف

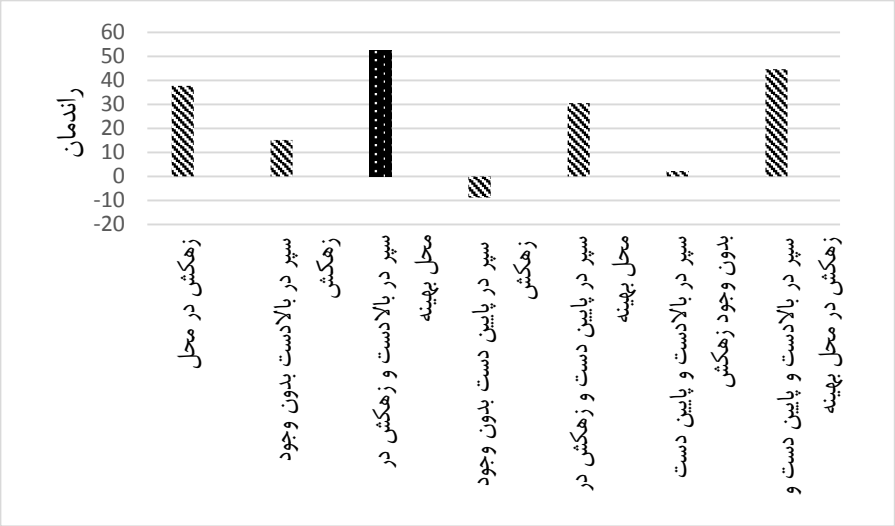
نتایج نشان داد با بکارگیری سپر در بالادست (پاشنه)، فشار زیر پی ناشی از آب منفذی به مقدار قابل ملاحضه ای کاهش می یابد. با مقایسه پروفیل های حالت بدون سپر و تعبیه سپر در پنجه مشاهده می گردد جانمایی سپر در پایین دست نه تنها موجب کاهش فشار نشده بلکه موجب افزایش نیروی زیر فشار نیز می‌گردد.

با بررسی نیروهای بالابرنده، تاثیر سپر بصورت دقیق‌تر مورد بررسی قرار گرفت. جدول ۴ نیروهای بالابرنده بدست آمده با استفاده از منحنی های فشار را در ۸ حالتی نشان می دهد که در صورت وجود زهکش و سپر بررسی شده اند. همانطور که مشخص است با قرار دادن سپری در بالادست سد میتوان پایداری سد را به مقدار قابل ملاحضه ای افزایش داد. تعبیه سپر در پاشنه سد و زهکش در فاصله a/L= ۰/۲ به مقدار چشمگیری موجب کاهش نیروی بالابرنده می‌شود به طوریکه با قرار دادن دیواره آب بند زمانی که زهکش در مکان بهینه قرار دارد موجب افزایش ۲۳ درصدی راندمان خواهد شد. همچنین بررسی سپر در پایین دست سد حاکی از آن است که تعبیه دیواره در پنجه در عمل نه تنها موجب پایداری سد نشده بلکه بدلیل نگه‌داشت آب در موقعیتی نامناسب، موجب افزایش نیرو به پی سد می شود و به طور کلی، جانمایی سازه هایی که جهت پایداری سد بکار می روند (مانند زهکش و سپر) در نزدیکی پاشنه کارایی بیشتری را به همراه خواهد داشت.

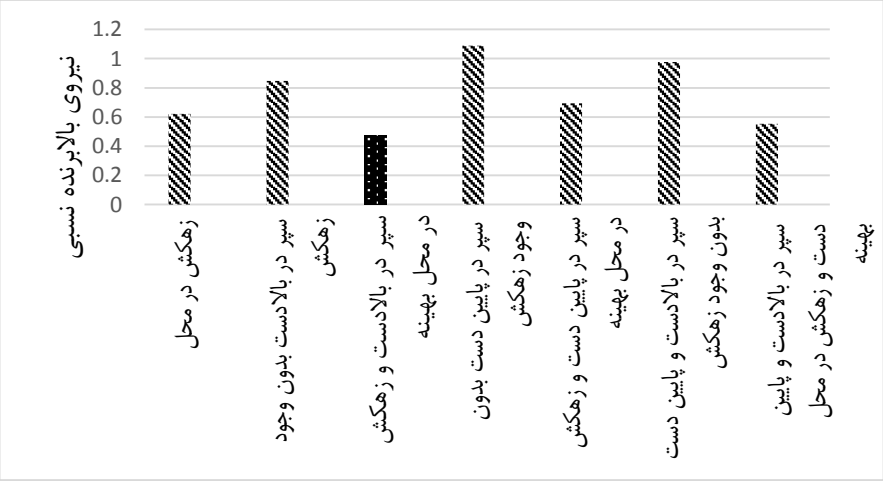
جدول٤- نیروی بالابرنده زیر پی سد در صورت بکارگیری سپر و زهکش

نوع آزمایش	نیروی بالابرنده(نیوتن)
بدون زهکش و سپر	۳۸۵/۷۰۵
زهکش در محل بهینه (a/L=0.2)	۲۳۹/۷۸۵
سپر در بالادست بدون وجود زهکش	۳۵۶/۹۱۵
سپر در بالادست و زهکش در محل بهینه	۱۸۳/۳۱۳
سپر در پایین دست بدون وجود زهکش	۴۱۹/۷۱۹۸
سپر در پایین دست و زهکش در محل بهینه	۲۶۷/۹۰۵
سپر در بالادست و پایین دست بدون وجود زهکش	۳۷۷/۰۹۴
سپر در بالادست و پایین دست و زهکش در محل بهینه	۲۱۳/۱۷۷

نمودارهای شکل ۱۱ و ۱۲ به ترتیب راندمان و نیروی بالابرنده نسبی را در حالت های مختلف قرارگیری زهکش و سپر را نشان می دهد.



شکل۱۱- نمودار راندمان برای حالات مختلف قرار گیری زهکش در مکان بهینه و سپر



شکل۱۱- نمودار نیروی بالابرنده نسبی برای حالات مختلف قرار گیری زهکش در مکان بهینه و سپر

همانگونه که مشخص می باشد زمانیکه زهکش در محل بهینه مشخص شده تعبیه شود و دیواره آب بند در بالادست سد قرار گیرد، بیشترین راندمان در کاهش نیروی زیر فشار بدست می‌آید.

جدول ۵- بررسی تاثیر سپر بالادست بر دبی جریان زیر سد

مقدار دبی نسبی (Q/Q0)*	موقعیت زهکش و سپر در زیر پی
۰/۷۷۹۴۸۰۳۲	زهکش در محل بهینه بدون وجود سپر
۰/۹۲۸۳۹۰۹۲۲	سپر در بالادست بدون وجود زهکش
۰/۷۲۱۶۲۱۶۵۱	سپر در بالادست و زهکش در محل بهینه

Q_0*: مقدار دبی عبوری از زیر سد وقتی در بالادست سپر نداریم.

قرار گیری سپر در پاشنه سد موجب کاهش دبی عبوری از زیر سد می‌گردد. هنگامی که سپر و زهکش همزمان لحاظ گردد کاهش بیشتری در دبی عبوری از زیر سد دیده می‌شود. در موقعیت‌های که نیرو زیر فشار و دبی نشت از زیر سد نیاز به کنترل شدیدتری دارد، بکارگیری هر دو سیستم مذکور می‌تواند به طراحی ایمن‌تری بینجامد.

نتیجه‌گیری

از نتایج بدست آمده از این مطالعه مشخص شد که:

بهترین بازه قرارگیری چاهک زهکش برای کاهش نیروی زیرفشار ۰/۴ – ۰/۱۵ =a/L است که در این میان ۰/۲ =a/L بهترین نقطه‌ی مکانی جهت جانمایی زهکش می باشد.

قرارگیری زهکش در ۰/۴ =a/L بیشترین تاثیر در کاهش دبی نشت عبوری از زیر سد را داراست.

قرار گیری چاله زهکش در نیمه پایین دست پی سد نه تنها موجب کاهش دبی نشت از زیر سد نمی‌گردد، بلکه شرایط را بسیار بحرانی تر می‌کند.

وجود دیواره آبند در پاشنه سد موجب کاهش نیروی زیرفشار و دبی نشت از زیر سد می‌گردد.

بکارگیری دیواره آب‌بند در پنجه سد موجب افزایش نیروی زیر فشار می‌شود.

بکارگیری همزمان دیواره آب‌بند در بالادست و زهکش موجب بیشترین راندمان در کاهش نیروی زیرفشار و دبی نشت شده و به تبع آن ایمن‌ترین شرایط را بوجود می‌آورد.

بکارگیری سپر در پنجه و چه در پاشنه سد موجب کاهش دبی نشت عبوری از زیر سد می‌گردد.

منابع

- افتخار افضلی ، س. باران، غ. ۱۳۹۰. بررسی اثر دیواره ی آب بند بر نیروی زیر فشار و شیب خروجی زیر سازه های آبی با استفاده از نرم افزارseep . مجله مهندسی منابع آب، سال پنجم، زمستان ۱۳۹۱.
- بهرام نورانی، ب. فرزین سلماسی،ف. عباسپور، ا. بررسی عددی عملکرد زهکش های پی در کاهش نیروی بالابرنده سدهای بتنی وزنی. نشریه دانش آب و خاک ، جلد ۲۶ شماره ۳/۱ ، صفحه های ۱۱۳ تا ۱۲۵ سال ۱۳۹۵.
- صالحی هفشجانی، س. اسمعیل زاده، ش. پناهی، ق. اسماعیلی، ک. ۱۳۹۷. نشریه علوم آب و خاک ، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال بیست و دو / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۷.
- صباغ یزدی س. و بیات ب. ۱۳۸۵ . تحلیل تراوش دو بعدی در پی و محاسبه زیر فشار در سدهای بتنی وزن ی. هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران.
- صدقی اصل م . ۱۳۸۴ . اثر موقعیت بهینه پرده آب بند قائم در کاهش نشت و سرعت جریان در زیر سازه های آبی با استفاده از مدل عددی . پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران. دانشگاه کرمان.
- صیادزاده ف . ۱۳۸۶ . آنالیز نشت از پی خاک های لایه دار با استفاده از روش المان محدود . ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران . دانشگاه شهر کرد.
- قبادیان، ر. خدائی، ک. ۱۳۸۸. تأثیرات دیواره آب بند و زهکش بر نیروی زیرفشار و گرادیان خروجی زیر سازه های آبی با حل عددی معادله عمومی جریان آب درخاک به روش احجام محدود. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) جلد ۲۳ ، شماره ۴، ص ۱۶۰–۱۴۸.
- Ahmed A. McLoughlin S and Johnston H. 2015. 3D analysis of seepage under hydraulic structures with intermediate filters. Journal of Hydraulic Engineering ASCE 141(1). 06014019.1-06014019.6
- Bennet. P. T. “The Effect of Blankets on Seepage through Previous Foundation,” Trans., ASCE, Vol. 111, 1946.
- Benmebarek. N.; Benmaine. A. and Benmebarek. S.; “Critical Hydraulic Head Loss Inducing Sandy Cofferdam Failure by Numerical Approach,” Akademik Patforth, Vol. 32, pp. 437–445, 2013.

- Bouchelghoum, F. and Benmebarak, N.; "Critical Hydraulic Head Loss Assessment for a Circular Sheet Pile Wall under Axisymmetric Seepage Conditions," Studia Geotechnicaet Mechanica, Vol. 33, No. 4, 2011.
- Khalili Shavan, H. Amiri-Tokaldany, E. "Effects of blanket, drains, and cutoff wall on reducing uplift pressure, seepage, and exit gradient under hydraulic structures". International Journal of Civil Engineering, Vol. 13, No. 4A, Transaction A: Civil Engineering, December 2015.
- Koo, M. H. and Lean, D. I.; "Modeling Three-Dimensional Ground Water Flows by the Body-Fitted Coordinate (BFC) Method (I): Stationary Boundary Problems," Transport in Porous Media, Vol. 30, pp. 217–339, 1998.
- Lee, K. K. and Lean, D. I.; "Simulation of a Free- Surface and Seepage Face Using Boundary-Fitted Coordinate System Method," J. Hydrology, Vol. 196, pp. 297–309, 1997.
- Mansuri B. Salmasi F and Oghati B. 2014. Effect of location and angle of cutoff wall on uplift pressure in diversion dam. Geotechnical and Geological Engineering 32:1165–1173.
- Martínez-Moreno, E. Alhama Manteca, I. García-Ros, G. "Numerical simulation of seepage maps under dams with sheet piles on their ends". Comp and Math Methods. 2019;1:e1010.
- Naeimi, M. Gh. and Bayati, H.; "Investigation the Effect of Grout Wall and Curtain on Seepage Decrease with by Increase in Diffusion Depth in Right Side Axis of Mirzave Shirazi Dam by Numerical Method," 6th National Congress on Civil Engineering, Semnan, Iran, 2011 (in Persian)
- Obead, I.H. M.AL-Baghdadi, H. Hamad, R. "Reducing the Impact of Pressures on the Base of a Concrete Dam by Configuration of Drainage Holes(Hypothetical Case Study". Civil and Environmental Research. ISSN 2224-5790 (Paper) ISSN 2225-0514 (Online) Vol.6, No.1, 2014 .
- Rahnamarad, J.; Khamoushian, F. and Mehr-Motlagh, M.; "Executive Operation and Performance of Grout Curtain Injection of Bijar City Dam," 8th Conference of the Iranian Association of Engineering Geology and the Environment, Mashhad, Iran, 2013 (in Persian(
- Richards, K. and Reddy, K.; "Critical Appraisal of Piping Phenomena in Earth Dams," Bull Eng. Geol Environ., Vol. 66, pp. 381–402, 2007
- Savvadzadeh, F.; "Seepage Analysis through Foundation of Layered Soils Using Finite Element Method," 6th Iranian Hydraulic Conference, Shahrekord, 2007 (in Persian.(
- Sedghi-Asl, M.; Rahimi, H. and Khaleghi, H.; "Laboratory Investigation of the Seepage Control Measures under Coastal Dikes," Experimental Techniques, Vol. 36, No. 1, pp. 61–71, 2012.
- Terzaghi, K.; "Theoretical Soil Mechanics," John Wiley and Sons, New York, 1943.
- Yifeng, C.; Chuangbing, Z. and Hong, Z.; "A Numerical Solution to Seepage Problems with Complex Drainage Systems," Computers and Geotechnics, Vol. 35, No. 3, pp. 383–393, 2008.
- Yousefi, M., Parvizi, M., and Sedghi-Asl, M., 2016. "Laboratory Investigation of the Effects of Sheet Pile on Seepage Control and Sand Boiling through Alluvial Foundation of Hydraulic Structures". Amirkabir Journal of Civil and Environmental Engineering, 48(3), pp. 315-328.(In Persion)

فصلنامه علمی تخصصی مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار
سال چهارم، شماره ۱ (پیاپی: ۱۱)، بهار ۱۳۹۹
ISSN: 2588-4255

مروری بر اثر فاکتورها و روش‌های خشک کردن گیاهان دارویی در فرآیندهای پس از برداشت، روی کمیت و کیفیت گیاهان دارویی

سیده زهره آزاده قهفرخی[۱]، صفورا جعفری ازان اخاری[۲]، سیده فاطمه آزاده قهفرخی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۱۹
کد مقاله: ۶۰۷۰۱

چکـــیده

فرآیند پس از برداشت گیاهان دارویی اهمیت زیادی در چرخه تولید این گیاهان دارد، یکی از روش‌های مرسوم نگهداری گیاهان دارویی خشک کردن است. این فرآیند با کاهش رطوبت گیاه از فعالیت آنزیمی و میکروبی محصول کاسته و بر عمر انباری آن می‌افزاید. رسیدن به حد استاندارد رطوبت جهت دستیابی به حداکثر صرفه اقتصادی در بازار جهانی تجارت و حفظ فاکتورهای کمی و کیفی از دیگر مزایایی این فرآیند است. حفظ رنگ، بو، مزه، ماهیت شیمیایی و کیفیت مواد موثره گیاهان دارویی از مهمترین دغدغه‌های محققین می‌باشد. انتخاب روش مناسب خشک کردن گیاهان دارویی بسته به نوع اندام، محتوای رطوبتی آن و هدف از خشک کردن متفاوت است. با توجه به زمان بر بودن، نیاز به فضای زیاد، عدم کنترل شرایط محیطی، غیر یکنواختی در خشک شدن، احتمال اکسایش و کاهش میزان مواد موثره در روش‌های طبیعی از جمله آفتاب خشک، بهینه سازی فرآیند خشک کردن حائز اهمیت می‌باشد. دستیابی به روش‌های جدید می‌تواند موجب کاهش طول زمان خشک کردن و حفظ حداکثری فاکتورهای کمی و کیفی مدنظر شود. مطالعات متعددی در بررسی اثر خشک کردن بر ویژگی‌های اصلی گیاهان در سال‌های اخیر صورت گرفته است. این برسی‌ها با هدف سازماندهی اطلاعات موجود در گیاهان مورد مطالعه، روش‌های خشک کردن و پارامترهای اندازه‌گیری آن‌ها بوده است. در نهایت تکنولوژی‌های نوین، به حداقل رساندن تغییرات خام را هدف قرار دادند.

واژگـان کلـیدی: خشک کردن، کارتنوئیدها، دمای خشک کردن

۱- کارشناسی ارشد مهندسی علوم باغبانی گرایش گیاهان دارویی، ادویه‌ای، نوشابه‌ای- *zohreazade2015@gmail.com*
۲- کارشناسی ارشد مهندسی علوم باغبانی گرایش گیاهان دارویی، ادویه‌ای، نوشابه‌ای
۳- کارشناس بهداشت عمومی

۱- مقدمه

در گیاهان دارویی علاوه بر ویژگی‌های بیوشیمیایی ذاتی خود گیاه، شرایط کشت و پرورش، زمان‌برداشت، عوامل جغرافیایی و محیطی و فرایندهای پس از برداشت نیز نقش حیاتی در کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه و در نتیجه کاربردهای بیولوژیکی دارویی و غذایی گیاهان دارویی و معطر دارند (Hassanpouraghdam et al, 2010). نتایج بررسی‌های انجام شده در زمینهٔ خصوصیات کیفی گیاهان دارویی و ادویه‌ای بیانگر تأثیر عوامل قبل و پس از برداشت و همچنین اثر متقابل آن‌ها می‌باشد (Subasinghe, 2007).

آب بخشی مهمی از مواد زیستی را تشکیل می‌دهد، خواص فیزیکی و شیمیایی محصولات تا حدود زیادی با توجه به محتوای رطوبتی آن‌ها تعیین می‌گردد (Oztekin & Martinov, 2007) از مهم‌ترین و در عین حال رایج‌ترین تمهیدات فیزیولوژی پس از برداشت گیاهان دارویی عملیات خشک کردن اندام‌های گیاهی (دارویی) جمع آوری شده است به طوری که اولین قدم در عملیات پس از برداشت جهت اجتناب از کاهش مواد ارزشمند این گیاهان فساد پذیر، حذف آب است، این فرآیند یکی از روش‌های نگهداری محصولات به شمار می‌رود که از کاربرد مقدار معینی از حرارت در شرایط کنترل شده به منظور خارج کردن مقدار معینی از آب موجود درمحصول که از طریق تبخیر (یا در مورد خشک کردن انجمادی به صورت تصعید)، تا حد رسیدن به یک آستانه‌ی خاص است تا با توقف فعالیت‌های آنزیمی میکروارگانیسم‌ها و مخمرها، بتوان محصولات را برای مدت طولانی انبار کرد (Soysal & Oztekin, 2001). خشک کردن بسیار مهم و تأثیر گذار می‌باشد زیرا تعیین کننده‌ی کیفیت نهایی محصول از نظر خصوصیات شیمیایی و مواد مؤثره است (Calixto, 2000; Oztekin & Martinov, 2007; Tankoa et al, 2005). برای گونه‌های مختلف گیاهی یک حداکثر رطوبت وجود دارد که در فارماکوپه‌های مختلف در سراسر جهان تجویز می‌شود (Calixto, 2000).

روش مناسب خشک‌کردن گیاهان دارویی، باید با توجه به نوع مواد مؤثره (آلکالوئید، اسانس، فلاونوئید و غیره) و اندام مورد استفاده انتخاب شود (Brovelli et al, 2002; Omidbeigi, 2005; Ozbek & Dadali, 2007). کمیت و کیفیت مواد موثره گیاهان دارویی به روش‌های مختلف خشک کردن و نیز به دماهای مختلف خشک کردن بستگی دارد (Sellami et al, 2011). دما و مدت زمان لازم برای خشک کردن از اصول مهم در این فرایند است و رطوبت اولیهٔ اندام گیاهی و کمّیت و کیفیت ماده‌ی مؤثره از عوامل تأثیرگذار در تعیین این دو عامل هستند (Omidbeigi, 2005). عملیات خشک کردن باید حداقل کاهش کیفیت را از نظرمواد مؤثره، رنگ، عطر و طعم درپی داشته باشد (Oztekin & Martinov, 2007).

نتایج مطالعات (Caceres, 2000) بیانگر این مطلب است که محتوای رطوبت گیاهان دارویی برای جلوگیری از آلودگی قارچی، آفلاتوکسین ۱۰ درصد بر پایه وزن تر می‌باشد وی همچنین نتیجه گرفت با کاهش رطوبت، فرآیند استخراج رطوبت مشکل‌تر و هزینه آن افزایش می‌یابد و کاهش محتوای رطوبتی بیش از حد مجاز، افت کیفیت و کمیت گیاه دارویی را به دنبال دارد. در دارونامه‌های سراسر دنیا، میزان رطوبت نهایی بیشتر گیاهان دارویی خشک شده که امکان نگه‌داری رضایت‌بخش آن‌ها را تأمین نماید حدود ۸ تا ۱۲ درصد است (Rocha et al, 2011). به دلیل اینکه عملیات خشک کردن سبب حرکت ترکیب‌های معطر در برگ گیاهان دارویی به سمت سطح برگ به همراه آب می‌گردد و در این پدیده مقداری از این ترکیب‌ها از دست می‌رود، بنابراین انتخاب نوع روش خشک کردن برای کاهش هدر رفت ترکیب‌های معطر بسیار مهم است (Asekun et al, 2007).

۲- تأثیر خشک کردن بر گیاهان دارویی و معطر

خشک کردن تنها یک فرآیند ساده کاهش رطوبت محصول نمی‌باشد، بلکه بر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی محصولات از جمله فعالیت آنزیمی، فساد میکروبی، گرانروی، سختی، طعم و مطبوعیت محصول نیز اثر گذار است. این تغییرات فیزیکی شامل چروکیدگی، پف کردن، تبلور و تغییرات شیمیایی و بیوشیمیایی شامل تغییر رنگ، بافت، بو و خواص دیگر است، خشک کردن نیز می‌تواند سبب کاهش کیفیت خوراکی و ارزش غذایی و آسیب‌های ساختاری غیر قابل برگشت شود. هدف از طراحی تجهیزات خشک کردن، به حداقل رساندن این تغییرات نامطلوب است که با انتخاب شرایط مناسب برای خشک کردن ماده‌ی غذایی محقق می‌شود (Maskan, 2001). در برخی موارد خشک کردن سبب افزایش عملکرد اسانس بعضی از گیاهان معطر می‌شود چنین فرآیندی در برگ درخت چایی، بابونه رومی، و گونه‌ای اکالیپتوس گزارش شده است (Martinov et al, 2007; Omidbeigi, 2005). در این گیاهان بیشترین میزان اسانس پس از برداشت در نتیجه تغییر مقدار رطوبت نیست، بلکه به دلیل تجمع اسانس بعد از برداشت و در طی مراحل خشک کردن آن‌ها می‌باشد (Omidbeigi, 2005). در پژوهشی عملکرد اسانس در گیاه پونه (*Mentha longifolia* L. subsp. Capensis) در حالت خشک شده ۳ برابر بیش‌تر نسبت به گیاه تازه گزارش شده است (Asekun et al, 2007). پوست تازه گیاه (سیاه توسه) به واسطه وجود برخی ترکیبات شیمیایی پروتئینی، تهوع آور است، ولی پس از خشک شدن، ترکیبات مذکور تجزیه شده و به ماده‌ی گیاهی مسهل و ملین تبدیل می‌گردد. شابیزک

نیز دارای مقدار فراوانی هیوسیامین است که بعد از خشک شدن به آتروپین تبدیل می‌شود. به طور کلی خشک کردن سبب تغییراتی در رنگ بو و مزه‌ی اندام‌های گیاهی می‌شود (Omidbeigi, 2005).

۳- تأثیر فاکتورهای خشک کردن روی کیفیت گیاهان دارویی

۳-۱- تأثیر زمان خشک کردن بر گیاهان دارویی و معطر

تعیین مدت زمان خشک کردن محصولات کشاورزی نیز اهمیت بسیاری دارد (Hevia et al, 2002). زمان خشک شدن تابعی از میزان رطوبت گیاهی و دمای محیط است. چنانچه میزان رطوبت گیاهی کمتر باشد، گیاه سریعتر خشک می‌شود و از سوی دیگر دماهای بالای محیط، با تبخیر سریعتر رطوبت گیاه سبب تسریع این فرآیند می‌شود (علیباس، ۲۰۰۷). کاهش زمان خشک کردن محصولات گیاهی در کاهش هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی جهت خشک کردن اهمیت دارد (Caceres, 2000). معمولا زمان‌های طولانی‌تر و دماهای بالاتر سبب اتلاف بیشتر رنگدانه‌های کلروفیل و کارتنویید می‌شود (Borchani et al, 2011) خشک کردن سریع و کامل گیاهان حاوی اسانس، به حفظ رنگ و اسانس آن‌ها کمک می‌کنند (Martinov et al, 2007). به طور کلی سرعت بالای خشک کردن و در نتیجه کاهش انرژی ورودی از تبخیر ماده مؤثره و اجزای آروماتیک جلوگیری می‌کند (Venskutonis, 1997). سرعت کاهش رطوبت تحت تأثیر حرکت آب از لایه‌های داخلی به سطح اندام گیاهی می‌باشد و پراکندگی سریع امواج مایکروویو، نقش بسزایی بر کاهش سریع محتوای رطوبت از اندام گیاهان دارد که نتیجه این امر می‌تواند کیفیت نهایی آن‌ها را تعیین کند (Khorramdel et al, 2013).

با افزایش دما در روش آون و با افزایش توان دستگاه در روش مایکروویو، زمان خشک کردن برگ‌های آگاستاکه‌کاهش یافت و این یافته‌ها با نتایج (Azizi et al, 2009) در گیاه بابونه، (Ebadi et al, 2011) در گیاه مرزه، (Nemati et al, 2011) در آویشن دنایی مطابقت داشت. در گیاه مرزه خشک کردن برگ‌ها تا رسیدن به رطوبت ۱۰ درصدبر پایه وزن خشک با روش مایکروویو تحت توان ۷۰۰ وات در مقایسه با آون در دمای ۵۰ درجه، زمان خشک کردن را ۸۴ برابر کاهش می‌دهد (آرسلان و ازکان، ۲۰۱۲). نتایج مشابهی در گیاه جعفری (*Petroselinum crispum* mill) گزارش شد (Soysal, 2004). در گیاه مرزه طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین زمان خشک کردن به ترتیب در سایه و مایکروویو ۹۰۰ وات بوده و همچنین روش سایه و آون ۵۰ درجه اگرچه از بالاترین درصد اسانس برخوردار است ولی بر اجزای اصلی اسانس (کارواکرول و گاماترپینن) اثر منفی گذاشتند. در مقابل، کمترین درصد اسانس و بالاترین محتوای کارواکرول در روش مایکروویو بدست آمد (Ebadi et al, 2011). روش مایکروویو و آون در مقایسه باروش طبیعی، زمان خشک کردن سرشاخه های گلدار ریحان را به صورت معنی داری کاهش داد (Ebadi et al, 2013).

افزایش سرعت جریان هوای داخل خشک کن و درجه حرارت و افزایش توان مادون قرمز سرعت خشک شدن را افزایش داد (Salehi et al, 2014). خشک کردن سریع و کامل گیاهان حاوی اسانس،برکیفیت رنگ و اسانس آن‌ها کمک می‌کند. افزایش دمای خشک کردن مریم گلی در دماهای ۳۰ درجه و دمای بالاتر یعنی از ۳۰ به ۵۰ درجه، سبب کاهش ۹۰ درصد زمان خشک کردن می‌شود. اما در این دما میزان اسانس تا ۱۵ درصد کاهش می‌یابد و رنگ اسانس از سبز به خاکستری تغییر می‌کند (Martinov et al, 2007). اثر مثبت التراسونیک در خشک کردن موجب کاهش زمان خشک شدن از ۲۳۵ دقیقه با همرفتی به ۱۶۰ در دقیقه به کمک التراسونیک شد (Kowalski & Pawłowski, 2015).

محققان نشان دادند که اولتراسونیک در موز و خربزه قبل از خشک شدن همرفتی، سبب ۲۵ درصد کاهش زمان خشک شدن، و در مورد آناناس سبب ۳۰ درصد کاهش زمان در مقایسه با زمان شاهد شد (Fernandes & Rodrigues, 2007; Fernandes, 2008). حسین و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که خشک کردن عناب به دو روش هوای گرم و مادون قرمز، سبب افزایش سرعت خشک کردن شد. اما خشک کردن با روش مادون قرمز نسبت به هوای گرم، زمان خشک کردن را کوتاه‌تر، و بازده را بالاتر و کیفیت را بالاتر از سایر روش‌ها نشان دادند. عبادی ۲۰۱۳ نیز در تحقیقی نشان داد با کاهش سرعت جریان هوا و افزایش میزان شدت تابش مادون قرمز، زمان خشک شدن نمونه‌ها کاهش یافت (Hossain et al, 2010).

۳-۲-تأثیر دمای خشک کردن بررنگ گیاهان دارویی و معطر

فرآیند خشک کردن بر خصوصیات سطحی مواد غذایی اثر می‌گذارد و در نتیجه قابلیت انعکاس نور و رنگ مواد غذایی را تغییر داده، دمای بالا و اکسیداسیون طی خشک کردن باعث تغییرات شیمیایی در رنگدانه‌های کلروفیل و کارتنویید می‌شود (Borchani et al, 2011; Fernandes et al, 2008). دمای خشک کردن تأثیر بسزایی بر رنگ گیاهان دارویی و معطر دارد. خصوصیات رنگ گیاه نعنای فلفلی تازه و خشک شده تحت تأثیر دمای هوای خشک کردن قرار دارد. به طور مثال آزمون‌های آماری نشان می‌دهند که خصوصیات رنگ برگ‌های نعنای فلفلی تازه به نحو بارزی با نعنای فلفلی خشک شده در دماهای مختلف تفاوت دارد.

دماهای بالا باعث زوال ناگهانی رنگ و سوختگی محصول می‌شود. بنابراین دمای پایین‌تر از ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به عنوان دمای بهینه برای خشک کردن و به دست آوردن محصولات با کیفیت از لحاظ رنگ، در نظر گرفته می‌شود (سویسال، ۲۰۰۰). ارسلام و ازکان (۲۰۰۸) اثر روش‌های مختلف خشک کردن را بر روی رنگ برگ‌های رزماری بررسی کردند و دریافتند در روش مایکروویو رنگ برگ‌ها به میزان بیشتری نسبت به روش خشک کردن خورشیدی حفظ شده است. رحیم ملکی و گلی (۲۰۱۳) نشان دادند که خشک کردن در آون با درجه حرارت بالا منجر به کاهش قابل توجهی در کیفیت رنگ برگ آویشن شد در حالیکه خشک کردن با ریزموج کوتاهترین زمان، کیفیت بالای رنگ و افزایش عمده ترکیبات را در برداشت (Rahimmalek & Goli, 2013). نوزاد و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی کاربرد امواج مادون قرمز بر میزان اسانس و میزان تغییر رنگ برگ‌های نعناع پرداختند، نتایج آن مطالعات نشان داد که دمای نمونه در تمام سطوح و شدت تابش‌مادون قرمز و فاصله لامپ‌های مادون قرمز تا سطح نمونه موجب کاهش زمان خشک کردن و افزایش میزان تغییر رنگ برگ‌های خشک نعناع شد و با افزایش فاصله لامپ‌های مادون قرمز تا سطح نمونه در تمام سطوح دمای نمونه و شدت تابش مادون قرمز و همچنین خشک کردن افزایش یافت اما میزان اسانس و میزان تغییر رنگ نمونه کاهش یافت (Nozad et al, 2014) .توپز و همکاران (۲۰۰۹) اثر روشهای مختلف خشک (انجمادی، سایه، و آون) را بر روی رنگ فلفل قرمز مورد بررسی قرار دادند، آنها در این تحقیق دریافتند که خشک کردن انجمادی بهترین روش حفظ رنگ است به خاطر این که رنگیزه ها توسط حرارت و اکسیداسیون تخریب نمی‌شوند(Topuz et al, 2009).

۳-۳- تأثیردمای خشک کردن بر انرژی ویژه‌ی خشک کردن گیاهان دارویی و معطر

یکی از مهم‌ترین فاکتورهای خشک کردن، مصرف انرژی ویژه است که به صورت مگاژول انرژی گرمایی بر کیلوگرم آب حذف شده تعریف می‌شود که با توجه به نوع محصول و دمای خشک کردن متفاوت است (Oztekin & Martinov, 2007). همچنین دمای لازم برای خشک کردن بیشتر به نوع محصول و جنبه‌های کیفی آن بستگی دارد. مدت زمان قرارگیری محصول در مجاورت دمای بالا نیز کیفیت نهایی محصول را تعیین می‌کند (Najafi et al, 2012). در محصولات دانه–ای، مصرف انرژی بین ۳/۵ تا ۵ مگا ژول بر کیلوگرم است (Sokhansanj, 1997). اولتراسونیک به طور عمده سبب حذف رطوبت بدون بالا بردن انرژی حرارتی در طی خشک کردن می‌پردازد (Riera et al, 2011). این نشان دهنده‌ی یک پیشرفت در زمینه‌ی پردازش غیر حرارتی و صرفه جویی در انرژی است. این فرآیند باعث افزایش بهره‌وری خشک شدن محصولات بیولوژیکی بدون بالا بردن میزان قابل توجه دما می‌شود (Gallego-Juárez et al, 2010).

۳-۴-اثرات دمای خشک کردن روی مواد موثره گیاهان دارویی

گیاهان دارویی عمدتاً نسبت به درجه حرارت‌های بالا حساسند و دمای نامناسب سبب تغییراتی در مواد مؤثره آن‌ها می‌شود، معمولاً از دماهای بالا برای خشک کردن گیاهان دارویی استفاده نمی‌کنند. چنان‌چه برای خشک کردن اندام‌ها از درجه حرارت‌های بسیار بالا و همچنین تهویه‌های سریع استفاده شود، آب موجود در قسمت‌های خارجی به سرعت خارج می‌گردد ولی رطوبت قسمت های میانی اندام امکان خروج نمی‌یابد و در همان‌جا باقی می‌ماند که در این حالت قسمت‌های خارجی اندام به صورت قهوه‌ای و برشته در می‌آید و رطوبت موجود در قسمت‌های میانی آن باعث تجزیه و فاسد شدن مواد مؤثره‌ی موجود می‌گردد. باید توجه داشت که افزایش بیش از حد دما، سبب کاهش مقدار اسانس می‌شود. درجه حرارت مطلوب برای خشک کردن اندام‌هایی که حاوی اسانس می‌باشد ۳۰–۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گزارش شده است، (Martinov et al, 2007; Omidbeigi, 2005). دماهای پیشنهادی برای خشک کردن گیاهان دارویی با توجه به نوع ماده مؤثره در آن‌ها متفاوت است و چنین دسته بندی شده است: برای گلیکوزیدها تا ۱۰۰ درجه سلسیوس، برای گیاهان لعاب دارتا ۶۵ درجه‌ی سلسیوس، برای گیاهان دارای اسانس تا ۴۵ درجه سیلسیوس می‌باشد گیاهان آلکالوییددار حساسیت کمتری در برابر درجه حرارت بالا دارند و دمای مناسب خشک کردن این گیاهان ۶۰ تا ۷۰درجه‌ی سلسیوس است به استثناء تاتوره، تاجریزی و پروانش صغیر که از جریان هوای داغ برای خشک کردن استفاده می‌شود، درجه حرارت بالای ۸۰ درجه‌ی سلسیوس سبب تخریب کلروفیل و تغییر رنگ طبیعی آن‌ها می‌شود (Heindl & Muller, 1997; Martinov et al, 2007). یک رابطه خطی بین دمای خشک کردن و کاهش اسانس برگ‌های ترخون وجود دارد (Arabhosseini et al, 2009).

۳-۵-تأثیر رطوبت نسبی هوا بر خشک کردن گیاهان دارویی و معطر

رطوبت نسبی هوا معیار ظرفیت هوا برای جذب رطوبت از محصول در هنگام خشک کردن است. در طول فرآیند خشک کردن دو تغییر در هوای خشک کننده روی می‌دهد. در نتیجه‌ی انتقال همرفتی گرما، دمای هوا کم شده و آب به شکل بخار از محصول گرفته می‌شود که هر دو عامل باعث افزایش رطوبت نسبی هوا می‌شوند. جذب آب از محصول به شدت تحت تأثیر رطوبت نسبی

هواست. شدت جذب توسط محصول نیز تحت تأثیر رطوبت نسبی هواست. هرچه میزان آب بالاتر و در قسمت سطحی محصول بیشتر باشد، شدت جذب رطوبت هم بالاتر می‌رود. این همان رویدادی است که در مرحله اول خشک کردن محصول تر، رخ می-دهد. هر چه رطوبت هوا بالاتر باشد فرآیند خشک کردن طولانی‌تر می‌شود. تأثیر رطوبت نسبی بر فاکتورهای کیفی مریم گلی و آویشن گزارش شده که زیر ۴۰ درصد، کاهش اسانس چندان بارز نیست (Muller, 1992).

۳-۶- تأثیر سرعت جریان هوا بر خشک کردن گیاهان دارویی و معطر

تأثیر سرعت جریان هوا بر خشک کردن همرفتی به حجم جریان هوا در داخل خشک کن و افت فشار هوا بستگی دارد. قدرت دستگاه تهویه و سایر مشخصات آن توسط این پارامترها مشخص می‌شوند. سرعت جریان هوا بر میزان انتقال گرما بین خشک کن و محصول تأثیر می‌گذارد. حجم هوای مورد نیاز برای خشک کردن بستگی به سرعت جریان هوا و سطح تماس هوا با قسمت گرمکن دارد. البته در سیستم باز باید انرژی گرمایی برای گرم کردن هوا کافی باشد. سرعت جریان هوا با توجه به نوع بافت گیاه و نوع گونه گیاه یکسان است اما به علت کاهش فشار هوا در مراحل نهایی خشک کردن، سرعت جریان هوا را می‌توان برای ذخیره-ی انرژی کاهش داد. سرعت جریان هوا در خشک کن‌های نواری معمولاً بیشتر از ۰/۷۵ متر بر ثانیه است (Oztekin & Martinov, 2007)

عبادی و همکاران (۲۰۱۶) در یک تحقیق به بررسی تأثیر سرعت جریان هوا و شدت تابش مادون قرمز بر زمان خشک کردن، درصد و اجزای اسانس گیاه دارویی به‌لیمو پرداختند. سرعت جریان هوا در سه سطح (۰/۵، ۱، ۱/۵ متر بر ثانیه) و سه سطح شدت تابش مادون قرمز (۰/۲، ۰/۳، ۰/۵ وات بر سانتی متر مربع) بود. با کاهش سرعت جریان هوا و افزایش میزان شدت تابش مادون قرمز، زمان خشک شدن نمونه‌ها کاهش یافت، به طوری که کم‌ترین مدت زمان خشک کردن ۳۵ دقیقه مربوط به تیمار سرعت جریان هوا ۰,۵ متر بر ثانیه و شدت تابش 5/0 w/cm2 بود و بیش‌ترین زمان ۶۵ دقیقه مربوط به تیمار سرعت جریان هوا m/s 5/1 و شدت تابش 3/0 w/cm2 تعلق داشت. افزایش شدت تابش مادون قرمز در تمامی سرعت جریان هوا سبب افزایش درصد اسانس شد، به طوری که بیش‌ترین میزان اسانس در تیمار استفاده از جریان هوا 1 m/s و ۱/۵ همراه با استفاده از شدت تابش 5/0 w/cm2 بدست آمده بود. بیشترین میزان مونوترپن‌های اکسیژن‌دار بخصوص سیترال ۳ مربوط به اسانس نمونه‌های خشک شده با سرعت جریان هوای 5/0 m/s همراه با تابش مادون قرمز 2/0 w/cm2 بود (Ebadi et al, 2016). رودریگز و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که افزایش سرعت خشک شدن سبب کاهش زمان و افزایش ارزش آنتی‌اکسیدان گیاه دارویی آویشن خشک شده می‌گردد (Rodrigueza et al, 2013).

۳-۷- کنترل میزان رطوبت ماده گیاهی

آگاهی از میزان رطوبت اولیه گیاه دارویی اهمیت زیادی دارد زیرا در تصمیم‌گیری‌های مربوط به پارامترهای خشک کردن اثر گذار است (Oztekin & Martinov, 2007). مخمرها، کپک‌ها و باکتری‌ها در رطوبت نسبی بالای ۷۰ درصد رشد می‌کنند، از سوی دیگر، فعالیت آنزیمی در رطوبت بالای ۶۰ درصد شدت می‌یابد. بنابراین میزان رطوبت نهایی ماده گیاهی باید به میزان متعادلی برسد تا با رطوبت نسبی ۶۰ درصد دمای انبار مورد نظر هماهنگی داشته باشد خشک کردن بیش از حد که سبب خشکی محصول بیش از رطوبت نهایی تعریف شده باشد، غیر اقتصادی است زیرا زمان اضافی خشک کردن ظرفیت خشک‌کن را کم و مصرف انرژی را بالا می‌برد و از طرف دیگر ممکن است کیفیت محصول را پایین بیاورد (Najafi et al, 2012). معمولا اندام-های مختلف گیاهان پس از جمع آوری حاوی مقادیر فراوان رطوبت (۶۰_۸۰ درصد) می‌باشد، لذا این شرایط برای حمله‌ی قارچ‌ها و دیگر میکروارگانیسم‌ها بسیار مناسب است، به این دلیل، نگهداری اندام‌های جمع آوری شده را حتی برای مدت بسیار کوتاه غیر ممکن می‌سازد. خشک کردن اندام‌های مورد نظر یک گیاه دارویی در درجه حرارت‌های بالا سبب از بین رفتن جمعیت قارچ‌ها و باکتری‌ها می‌شود اما باید توجه داشت که افزایش بیش از حد دما، سبب کاهش مقدار اسانس می‌شود (Azizi et al, 2009; Omidbeigi, 2005).

۴- تأثیر روش‌های معمول خشک کردن بر مقدار برخی ترکیبات گیاهان دارویی و معطر

۴-۱- اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر روی میزان اسانس گیاهان دارویی

طی فرآیند خشک کردن که باعث کاهش محتوی رطوبتی اندام‌های مختلف گیاهی می‌گردد، مولکول‌های آب به سطح اندام حرکت می‌نمایند، لذا این امکان وجود دارد که طی این فرآیند، ترکیبات آروماتیک و معطّر نیز همراه با آب از اندام تبخیر شوند که در نتیجه به دلیل از دست رفتن بخشی از این ترکیبات، کیفیت محصول خشک شده اُفت نماید (Asekun et al, 2007). بنابراین انتخاب روش مناسب خشک کردن گیاهان دارویی که بسته به نوع اندام، هدف خشک کردن و محتوی رطوبتی متفاوت

می‌باشد (Omidbaigi et al, 2003). فرآیند خشک کردن بر درصد و اجزای اسانس نیز تأثیر قابل توجهی دارد و این اثر با توجه به دمای خشک کردن، طول مدت خشک کردن و گونه‌ی گیاهی متفاوت است (Yazdani et al, 2006). خشک کردن با مایکروویو به علت زمان کم مورد نیاز برای خشک کردن نمونه‌ها و حفظ کیفیت ظاهری نمونه‌ها دارای برتری نسبت به دیگر روش‌های مورد مقایسه بوده است اما به دلیل اثر منفی روی میزان اسانس نیاز به تحقیقات بیشتر در این مورد است (Ghani & Azizi, 2009). روش خشک کردن با آون در دمای ۴۰ درجه سلسیوس سبب تبخیر یا تغییر ترکیب‌های اصلی اسانس گیاه پونه (*Mentha longifolia* L. subsp. Capensis) شد (Asekun et al, 2007). در گیاه مرزه بالاترین میزان اسانس به ترتیب در روش آون با دمای ۴۵ درجه سلسیوس، سایه و آفتاب بود (Sefidkon et al, 2006).

برتری روش‌های طبیعی خشک کردن نسبت به روش آون در دماهای مختلف بر مقدار اسانس گیاهان دارویی گزارش شده است (Maureen, 2000). در روش‌های خشک کردن بابونه بیشترین اسانس مربوط به سایه با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و کمترین میزان مربوط به آون با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس است (Ghani & Azizi, 2009).بیشترین اسانس در بابونه آلمانی در سایه نسبت به آفتاب و دمای ۴۰ درجه سلسیوس بدست آمد (Omidbaigi et al, 2003). اگر گیاهانی مانندمرزه، اسطوخدوس، نعنا، بادرنجبویه، رزماری در آفتاب خشک شوند اسانس آن‌ها به مقدار ۲۴ درصد کاهش می‌یابد، در حالی که در سایه اسانس این گیاهان تنها ۱ درصد کاهش می‌یابد علت کاهش در آفتاب تشعشعات منفی آفتاب برمیزان اسانس نمونه‌ها می‌باشد (Omidbeigi, 2005). در ۵ گونه بومادران بیشترین میزان اسانس مربوط به خشک کردن در سایه نسبت به آفتاب مشاهده شد (Ghani & Azizi, 2009). در تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن برکمیت و کیفیت اسانس گل محمدی نشان داده است که اسانس حاصل از گلبرگ‌های خشک شده در سایه نسبت به اسانس حاصل از دماهای ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس آون و روش آفتاب از لحاظ میزان اسانس دارای تفاوت معنی‌داری نبود ولی میزان سیترونلول و ژرانیول بالاتری داشت و دارای درصد ترکیب‌های مومی و سنگین کاهنده کیفیت اسانس کمتری بود (Ahmadi et al, 2008). خشک کردن در سایه بالاترین میزان درصد اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L) را نسبت به سایر روش‌ها سبب شد (Ebadi et al, 2011). برتری روش سایه در بابونه رومی (Omidbaigi et al, 2003)، گل محمدی (Ahmadi et al, 2008)، بابونه آلمانی (Azizi et al, 2009)، بادرشبی (Mohtashami et al, 2012)، ریحان (Ebadi et al, 2013)، پونه (Hassanpouraghdam & Hassani, 2014) گزارش شده است. در گیاه ریحان روش سایه نسبت به مایکروویو و آفتاب بیشترین میزان اسانس را داشته است و اجزای اصلی اسانس در حد مطلوب حفظ شدند و به طور میانگین بیشتر از ۳ برابر توان‌های مختلف مایکروویو و روش خشک کردن در آفتاب بود (Ebadi et al, 2013). بالاترین اسانس آویشن، بادرنجبویه، بابونه، ترخون، نعنا فلفلی، در روش سایه بود (Khorramdel et al, 2013).

۴-۲- اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان ویتامین ث در گیاهان دارویی

در میان ویتامین‌ها، ویتامین ث دارای کمترین پایداری نسبت به دما می‌باشد. اسید آسکوربیک در آب محلول است و به سهولت از آب خارج می‌شود (فتحی و همکاران، ۲۰۱۰). اثر افزایش غلظت قندها در خشک کردن به روش اسمزی در کاهش ویتامین ث به دلیل بروز واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی می‌باشد و در خصوص اثر افزایش دما بر کاهش ویتامین ث به دلیل حساسیت این ویتامین به دماهای بالا است. که موجب تخریب و از بین رفتن آن می‌شود. افزایش دمای خشک کردن سبب کاهش ویتامین ث نمونه‌های خشک شده می‌شود (Etemadi et al, 2013).استادزاده و النگی (۲۰۱۶) به بررسی اثر فرآیند خشک کردن بر خصوصیات کمی و کیفی برگ گیاه علف چشمه پرداختند. نتایج نشان داد بیشترین میزان ویتامین ث، آهن و کلسیم به ترتیب در تیمارهای خشک شده با آون ۶۰ درجه (۶/۹ میلی گرم بر درصد گرم)، آفتاب (ppm8/519) و مایکروویو (۰/۵۲۳ گرم درصد) حاصل گردید. بیشترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی به تیمار خشک شده با مایکروویو ۳۶۰ وات تعلق داشت (Ostadzadeh & Alangi, 2016). طالب زاده و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی تاثیر روش‌های خشک کردن و انبارداری بر خصوصیات بیوشیمیایی گیاه دارویی زرشک بی دانه پرداختند. نتایج نشان دهنده تاثیر معنی‌دار روش‌های خشک کردن (آفتاب، سایه، آون، مایکروویو و خشک کن کابینتی) و انبارداری بر میزان آنتوسیانین و میزان ویتامین ث، اسیدیته و قند بریکس نمونه‌ها بود (Talebzadeh et al, 2014).

۴-۳-اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان ترکیبات فنولی و فلاونوییدی در گیاهان دارویی

ترکیبات فنولی گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه‌ی گیاهی بوده است که غالباً فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند. این ترکیبات جزء آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی آب‌دوست محسوب می‌شوند و خواص ارزشمند ضدمیکروبی، ضدویروس، ضدجهش و ضدسرطان دارند. بررسی مسیر شیکیمات به عنوان مسیر اصلی بیوسنتز ترکیبات فنولی، مبین این مطلب است که مسیرهای متابولیکی اولیه و

ثانویه در گیاه با هم ارتباط دارند (Podsędek, 2007). در بررسی روش‌های مختلف خشک کردن از قبیل خشک کردن به روش طبیعی در دمای اتاق، آون همراه با خلأ و خشک کردن به روش انجمادی در شش گیاه از خانوادهٔ نعناعیان، بیشترین ترکیبات فنولی، رزمارینیک اسید و خاصیت آنتی‌اکسیدانی در روش طبیعی گزارش شد (Hossain et al, 2010). در گیاه بادرشبویه خشک کردن در سایه نسبت به آفتاب، سایه و دماهای مختلف آون به حفظ ترکیبات فنولی کمک کرد (Mohtashami et al, 2012). در خصوص بهینه سازی روش‌های خشک کردن در گیاه چای سبز *Camellia sinensis* مؤید این مطلب بود که تیمار مایکروویو با توان متوسط و بالا (۵۰۰ تا ۸۰۰ وات) منجر به حفظ ترکیبات فنولی و فلاونوئیدهای این گیاه به بهترین شکل ممکن شد که ممکن است ناشی از غیرفعال شدن آنزیم‌ها در تیمار با مایکروویو باشد (Gulati et al, 2003). تیمار مایکروویو ۶۰۰ وات در گیاه همیشه بهار استخراج ترکیبات فنولی را بهبود بخشیده و با کاهش زمان خشک کردن سبب حفظ این ترکیبات شده است (Tabrizi et al, 2015). در گیاه کلمانتین مقدار ترکیبات فلاونوییدی با افزایش توان مایکروویو از ۱۲۵ وات در ۵ دقیقه به ۲۵۰ وات در ۱۰ دقیقه سبب افزایش فلاونوییدها و افزایش به ۵۰۰ وات و زمان ۱۵ دقیقه سبب کاهش شدید این ترکیبات شد و دلیل این امر، تاثیر مخرب امواج الکترومغناطیسی مایکروویو بر ساختار فلاونوییدها عنوان شده است (Hayat et al, 2010). افزایش میزان فلاونویید کل در آون ۸۰ درجه سلسیوس به دلیل غیر فعال شدن آنزیم‌های موثر در تجزیه و تخریب فلاونوییدها بوده، چنانچه آون ۶۰ درجه سلسیوس نیز به دلیل فرآهم شدن دمای مطلوب این آنزیم‌ها سبب کاهش فلاونویید کل می‌شود. این نتایج در آزمایشات کوئرستین نیز قابل مشاهده است (Rohn et al, 2007). گزارش برخی از پژوهشگران بیانگر تأثیر مثبت حرارت و تیمار آون بر محتوای فنولی ماده گیاهی است، به طوری که تشکیل ترکیبات فنولی را در دمای بالا (۹۰ درجه سلسیوس) به دلیل فراهم شدن پیش‌سازهای ترکیبات فنولی به همراه تبادلات غیرآنزیمی بین ملکول‌ها، گزارش کردند (Hossain et al, 2010). از دست دادن ظرفیت آنتی اکسیدان، محتوای پلی فنول و فلاونوئید کل در طول خشک کردن همرفتی سیب نیز توسط رودریگز (۲۰۱۲) مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده شده است که افزایش قدرت التراسونیک باعث کاهش در پلی فنل کل و محتوای فلاونوئید به طور مستقل از درجه حرارت خشک کردن می‌شود (Rodríguez et al, 2014). خشک کردن دمای پایین سیب همچنین مورد بررسی قرار داده شد (Santacatalina et al, 2016; Santacatalina et al., 2014). گفته شد که اولتراسونیک باعث کاهش تمام پارامترهای مورد بررسی، به عنوان مثال ظرفیت آنتی اکسیدان، پلی فنل کل و محتوای فلاونوئید می‌باشد. اولتراسونیک در طول خشک کردن انبه، موز و دیگر گیاهان موجب کاهش در فعالیت آنتی‌اکسیدان کل و محتوای پلی فنل کل می‌شود (Méndez et al, 2015).

۴-۴- اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان کارتنویید

افزایش کارتنوییدها در توان‌های بالای مایکروویو به دلیل اثر مثبت امواج مایکروویو بر آزاد سازی این ترکیبات از طریق گسستن پیوندهای این ترکیبات با غشا یا سایر رنگدانه‌ها می‌باشد. در تیمارهای حرارتی، کارتنوییدها به دلیل نقش حرارت در تخریب و تجزیه‌ی این ترکیبات به شدت کاهش می‌یابد، در گیاه گشنیز عملکرد مثبت مایکروویو در خصوص افزایش کارتنویید نسبت به تیمار آون مشاهده شد (Divya et al, 2012). تیمار خشک کردن به روش طبیعی بعد از مایکروویو سبب بالاترین ترکیبات کارتنویید کل شد و همچنین در فلفل برتری روش خشک کردن در دمای اتاق نسبت به دماهای بالا در حصول رنگدانه-های کارتنویید گزارش شد (Sablani, 2006).

تیمارانجماد سخت سبب حفظ کارتنوییدها به بهترین نحو ممکن شد (Topuz et al, 2011). شواهدی مبنی بر سنتز مجدد کارتنوییدها بعد از خشک شدن وجود دارد.که کارتنویید زرد و ترکیبات ساده کارتنوییدی را به منزله‌ی پیش‌ترکیب معرفی کرده است که با تغییر و تبدیل این ترکیبات، رنگدانه کارتنوییدی جدید ایجاد می‌کند (Topuz et al, 2011). همبستگی معناداری بین کارتنویید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد. تغییرات فعالیت آنتی-اکسیدانی از روندی همسو با مقدار کارتنویید کل برخوردار بود و همبستگی مثبتی بین فلاونویید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد (Tabrizi et al, 2015). یکی دیگر از گروه‌های مهم مواد غذایی، رنگ‌های طبیعی، مانند کارتنوئیدها، آنتی اکسیدانین و غیره می‌باشد (Kroehnke et al, 2015). حفظ کارتنوئید ها پس از خشک کردن همرفتی و مایکرویو-همرفتی هویج بدون افزایش اولتراسونیک بود. این نتیجه حاصل شد که اولتراسونیک تاثیر مثبت در حفظ مواد در حال خشک شدن همرفتی و همچنین حفظ کارتنوئید را در خشک کردن مایکرویو-همرفتی هویج بهبود می‌بخشد (Konopacka et al, 2015).

۴-۵-اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان آنتی‌اکسیدان

اثر تیمارهای مایکروویو، سایه و آفتاب بر روی گیاه *Cardiospermum halicacabum* L. بیانگر افزایش فعالیت آنتی-اکسیدانی در تیمار مایکروویو ۹۰۰ وات و سایه بود. آنان اظهار داشتند که ایجاد حرارت درون مادهٔ گیاهی در تیمار مایکروویو به

دلیل وجود میدان الکتریکی، سبب ایجاد شرایط مساعد برای آزادسازی ترکیبات درون سلولی شده و از سویی دیگر زمان طولانی در روش طبیعی نه تنها فرصتی برای رها شدن ترکیبات دارای خاصیت آنتی اکسیدانی فراهم کرده، بلکه با ایجاد یک روند کند برای خشک شدن سبب حفظ این ترکیبات شده است. در همین زمینه نتایج مشابهی نیز از بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی برخی گیاهان ادویه‌ای شامل آویشن و ریحان، دارچین (*Cinnamomum verum*) تحت تأثیر تیمارهای حرارتی وجود دارد (Tomaino et al, 2005). مایکروویو با توان بالا با تغییر یا تخریب در ساختار غشاها منجر به آزاد شدن این ترکیبات شده است. چنانکه افزایش معنی‌دار فعالیت آنتی‌اکسیدانی آویشن، رزماری، مریم‌گلی، ریحان، مرزنجوش بستانی پس از خشک شدن نسبت به شاهد گزارش شده است (Hossain et al, 2010). عنوان شده است دماهای بالا سبب کاهش آنزیم‌ها به ویژه کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود. از این رو احتمالاً کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دماهای ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس آون به دلیل تأثیر دما بر عملکرد آنزیم‌ها و کاهش آنزیم‌ها بوده است (Tabrizi et al, 2015). از سوی دیگر (Konopacka et al, 2015) اظهار داشت که اولتراسونیک بدون تاثیر در محتوای نهایی آنتی اکسیدان در ذغال اخته خشک شده بود. (Kroehnke et al, 2015) نشان داده‌اند که فعالیت آنتی اکسیدانی هویج با التراسونیک برای پروسه خشک کردن همرفتی و مایکروویو–همرفتی بهبود یافته بود.

۴-۶-مزایا و معایب روش‌های خشک کردن معمول گیاهان دارویی

فرایندهای پس از برداشت گیاهان دارویی اهمیت زیادی در چرخه تولید این گیاهان دارند، زیرا آن‌ها به‌طور مستقیم بر کمیت و کیفیت ترکیب‌های فعال محصول قابل عرضه اثر می‌گذارند (Silva & Casali, 2000). هدف اصلی این فرآیند، متوقف کردن فعالیت‌های آنزیمی، میکروارگانیسم‌ها و مخمرها به منظور افزایش مدت انبارداری می‌باشد. روش خشک کردن به میزان و نوع رطوبت موجود در اندام‌های گیاهی بستگی دارد (Soysal & Oztekin, 2001). فرآیند خشک کردن میزان ماده‌ی مؤثره گیاهان و محتوای اجزای کیفی گونه‌های گیاهان دارویی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، لذا تأثیر بسزایی بر ارزش اقتصادی این گونه‌ها داشته و بایستی به دقت نوع روش مناسب برای خشک کردن و میزان انرژی و درجه حرارت ورودی برای کاهش محتوای رطوبتی آن‌ها تعیین شود (Khorramdel et al, 2013). روش‌های خشک‌کردن‌متعددی نظیر خشک‌کردن در سایه و آفتاب، خشک‌کردن درآون تحت‌دماهای مختلف، استفاده از امواج مایکروویو، خشک کن انجمادی و خشک‌کن با هوای داغ برای گیاهان دارویی و معطر مورد استفاده قرار گرفته‌اند که هر یک دارای مزایا و معایبی هستند (Hassanpouraghdam et al, 2010).

روش‌های سنتی مانند خشک کردن در آفتاب، در بسیاری از کشورها به خصوص زمانی که دمای هوا ۳۰ درجه سانتی‌گراد یا بالاتر باشد برای بسیاری از گیاهان مرسوم است که از جمله این معایب تاثیر منفی بر کیفیت ظاهری و مواد موثره گیاهان دارویی است (Arsalan & Ozcan, 2008; Martinov et al, 2007; Omidbeigi, 2005). قرارگرفتن‌درمعرض آلودگی‌های محیطی، تاثیر منفی تغییرات آب و هوایی، کار و زحمت زیاد و نیز عدم دستیابی به استانداردهای ثابت کیفیت این روش را با محدودیت‌هایی روبرو کرده است، از جمله امکان جابه جایی مقادیر زیاد ماده‌ی گیاهی وجود نداشته و دستیابی به استانداردهای ثابت کیفیت مقدور نمی‌باشد. علاوه بر این دمای بالا و تشعشعات شدید خورشید اثر منفی بر کیفیت نمونه‌ها دارد و موجب کاهش ویتامین‌ها، اسانس‌ها و یا تغییر در رنگ محصول خشک شده می‌شود (Soysal & Oztekin, 2001). از دیگر روش‌ها خشک کن انجمادی است که روش مناسبی جهت تولید محصولی با ساختار متخلخل و با کیفیت بالا می‌باشد، اما گران قیمت بوده و برای هر محصولی قابل استفاده نمی‌باشد (Jun et al, 2011). این روش برای خشک کردن محصولاتی که نسبت به حرارت حساس و نیز گیاهانی ظریف و با ارزش مانند برخی گیاهان دارویی، شیوه‌ای مفید می‌باشد، در این روش عطر و طعم یا کاهش ندارد و یا تغییر بسیار اندک است، چون دمای پایین خشک کردن، از فرآیندهای نامطلوب تخریب و فساد جلوگیری می‌کند و محصول خشک شده کیفیت بالاتری دارد. بزرگ‌ترین مشکل این سیستم هزینه بالای آن است، سرعت خشک کردن پایین است، محصول نهایی میزان بسیار کمی نم خواهد داشت، بنابراین سبب کاهش برخی هزینه‌ها از قبیل حمل و نقل، سرماسازی و انبارداری می‌گردد. در این خشک‌کن اکسیداسیون چربی، قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی، دناتوره شدن پروتئین‌ها مشاهده می‌شود (Tavakoli-pour et al, 2008). خشک‌کردن‌باامواج مایکروویو نیز یکی ازروش‌های جدید در خشک کردن گیاهان می‌باشد. کوتاه بودن زمان خشک کردن در این روش از مزایای مهم آن است (Blose, 2001). اشعه‌های میکروویو با پخشیدگی سریع و مؤثر در ماده گیاهی، با خشک کردن سریع، کاهش مصرف انرژی را نیز موجب میگردد. استفاده از مایکروویو خصوصاً در خشک کردن گیاهان دارویی اسانس داری که به دمای بالا حساس هستند توصیه شده است، زیرا سرعت بالای خشک کردن و انرژی ورودی کم از کاهش میزان اسانس جلوگیری می‌کند (Diaz et al, 2003; Venskutonis, 1997). در برخی تحقیقات خشک کردن با امواج مایکروویو علاوه بر کاهش مدت زمان لازم برای خشک شدن، سبب تولید گیاهان خشک شده با رنگ مناسب و درصد بالای مواد موثره شده

است (Hörsten, 1999). در این روش سرعت خشک شدن بالا است. از مزایای این روش حفظ رنگ و کیفیت طبیعی محصول است (Tavakoli-pour et al, 2008).

استفاده از میکروویو به ویژه در خشک کردن گیاهان دارویی اسانس داری که ماده مؤثره آن‌ها در ناحیه سطحی برگ-هایشان قرار دارد و در نتیجه به دماهای بالا حساسند، توصیه می‌شود. (Venskutonis, 1997). علاوه براین پرتودهی با مادون قرمز (IR) به عنوان منبع حرارتی برای خشک کردن بسیاری از محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. پرتو دهی با مادون قرمز در مقایسه با روش‌های حرارت‌دهی متداول دارای مزایای متعددی است. زمان فرآیندکوتاه تر و میزان مصرف انرژی کمتر است. می‌توان تجهیزات را فشرده و اتوماتیک نمود و امکان پایش پارامترهای فرآوری و با دقت بالا وجود دارد (Jun et al, 2011). کیفیت محصولات خشک شده در این روش نسبت به هوای داغ بالاتر است (Nimmol & Devahastin, 2011). جذب پرتو توسط مواد غذایی عمدتاً به میزان آب، ضخامت و ماهیت فیزیکوشیمیایی محصول بستگی دارد. این خشک کن‌ها در گیاه گرما ایجاد می‌کنند و در نقاطی که رطوبت بالاتری دارند متمرکز می‌شوند و با افزایش فشار بخار موجب انتشار رطوبت از آن نقاط به سمت لایه‌های خارجی می‌شود، بنابراین به نظر می‌رسد در این روش خشک کردن، مشکلات مربوط به خشک کردن لایه‌ی سطحی محصول کاهش یابد (Mohajeran, 2004).

از دیگر فناوری‌های نوظهور، فراصوت است که کاربرد آن در صنایع مختلف و برای اهداف فرایندی، روز به روز در حال گسترش است (Awad et al, 2012). از مزیت‌های فراصوت نیاز به استفاده در دمای پایین در طول فرآیند خشک کردن می-باشد. در نتیجه بدون داشتن اثر سوء بر روی ویژگی‌های کیفی ماده غذایی می‌توان به عنوان یک پیش تیمار در خشک کردن محصولات کشاورزی حساس به حرارت به کار رود. زیرا باعث افزایش سرعت و کاهش دمای مورد نیاز برای خشک کردن می‌شود (Nowacka et al, 2012)

خشک کردن با هوای داغ، زمان و سطح خشک کردن مورد نیاز را کاهش می‌دهد. هزینه اولیه این روش بالا است اما در این فرآیند، ضایعات دیده نمی‌شود، آلودگی زیست محیطی ندارد و تا ۵۰ درصد در انرژی صرفه جویی می‌شود.

خشک کردن اسمزی از دیگر روش‌ها است که رطوبت محصول را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. و پس از آن می‌توان برای خشک کردن محصول از روش‌های دیگری بهره جست. (Tavakoli-pour et al, 2008). پژوهش‌ها نشان دادند که افزایش دما میان ۴۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد زمان خشک کردن را کوتاه‌تر می‌کند اما کیفیت محصول را نیز کاهش می‌دهد. علاوه بر این موجب چروکیدگی محصول دیواره‌ی یاخته‌ای می‌شود. آهنگ خشک کردن به نوع محصول، ماده‌ی مورد استفاده برای تراوش و پارامترهای فرآیند خشک شدن بستگی دارد. دماهای بالاتر گرانروی محصول را پایین می‌آورد و باعث افزایش ضریب نفوذ آب در فرآیند تراوش می‌شود.

روش سایه نسبت به سایر روش‌ها (آون ۳۰، ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد، مایکروویو ۱۰۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ وات و آفتاب) مناسب-ترین روش است اما به دلیل زمان‌بر بودن و نیاز به فضای مناسب برای خشک کردن می‌توان از روش‌هایی با سرعت بالا استفاده کرد (Khorramdel et al, 2013). مهمترین اجزای اسانس در آویشن (تیمول)، بابونه (کامازولن)، بادرنجبویه (سیترونلول)،ترخون (استراگول)، نعنا فلفلی (منتول) در شرایط سایه بدست آمدند. سایه عملکرد و محتوای اسانس بالای ۱۰۰ درصد نسبت به آفتاب داشت (Khorramdel et al, 2013).

پورانیک و همکاران در سال ۲۰۱۲ به بررسی اثر روش‌های خشک کردن بر روی اجزای فعال زیستی فیزیکوشیمیایی در گیاهان دارویی پرداختند. از نتایج مشخص شد برگ *Andrographis paniculata* و *Boerhaavia dffusa* که با روش انجماد خشک شدند، بهترین برگ با کیفیت را از نظر اسید اسکوربیک، محتوای پلی فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی تولید کردند (Puranik et al, 2012).

استفاده از توان پایین مایکروویو در خشک کردن گل‌های بابونه آلمانی رقم بودگلد به دلیل حفظ میزان اسانس و ترکیب کامازولن، برای خشک کردن گل‌های بابونه آلمانی مناسب تر از روش آون و روش طبیعی است (Azizi et al, 2009). ریشه-های سنبل‌الطیب خشک شده با امواج مایکروویو دارای کیفیت بالاتری نسبت به روش‌های دیگر خشک کردن بودند و بار میکروبی کمتری داشتند (Heindl & Müller, 2002). در روش خشک کردن با میکروویو، علاوه بر کاهش مدت زمان لازم برای خشک شدن نیز افزایش توان از ۱۰۰ به ۶۰۰ وات سبب کاهش محتوای اسانس شده است (Diaz et al, 2003).

به منظور تاثیر روش‌های خشک کردن برمیزان اسانس، ترکیب‌های شیمیایی و مهار رادیکالی گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) به این نتیجه رسیدند که از بین روش‌های بکار رفته که شامل ماکروویو W۵۰۰ و مادون قرمز ۴۵ درجه و آون ۴۵درجه، روش خشک کردن مادون قرمز ۴۵ درجه بیشترین بازده EO را داشت و ماکروویو کارامدترین روش برای مهار رادیکال-های آزاد بود (Sellami et al, 2012). در یک تحقیق اثر شش روش مختلف خشک کردن بر روی تغییرات کمی و کیفی گیاه برگ بو بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد اسانس در دمای محیط و خشک کن مادون قرمز ۴۵ درجه سلسیوس به طور قابل

توجهی افزایش داشت. چهل و هفت ترکیب ضروری در اسانس بدست آمد، که بیش‌تر آن‌ها مونوترپن‌های اکسیژن دار بود(Sellami et al, 2011).

تأثیر خشک کردن اسمزی قارچ تکمه‌ی را در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰،۴۰ درصد وزنی محلول ساکارز و دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ درجه سلسیوس و نسبت وزنی قارچ به محلول اسمز ۱:۱۰، ۱:۱۵، ۱:۲۵ بر خصوصیات سینتتیکی ورقه‌های قارچ بررسی کردند. با افزایش دما و غلظت محلول اسمز، میزان ویتامین ث کاهش یافت (Tavakoli-pour et al, 2008).

در اکالیپتوس روش‌های (سایه، آفتاب و آون دمای ۳۰، ۴۰ و ۵۰) را برای خشک نمودن استفاده کردند روش خشک کردن در آون ۵۰ درجه به علت کوتاه بودن زمان خشک کردن و بدست آمدن بالاترین کمیت و کیفیت اسانس، بهترین روش خشک کردن برای این گونه بود (Fathi et al, 2009). در آویشن دنایی نشان داد بیشترین درصد اسانس در آون ۳۰ درجه بدست آمد و تیمول در سایه از کمترین مقدار برخوردار بود (Nemati et al, 2011). تأثیر دماهای مختلف خشک کردن (۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰) را بر گیاه *Cymbopogon winterianus* بررسی کردند و گزارش کردند که بهترین دمای خشک کردن از نظر کمیت و کیفیت اسانس ۶۰ درجه بود (Rocha et al, 2000). در گیاه مرزه (Sefidkon et al, 2006)، برتری روش خشک کردن در آون ۴۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به روش سایه و آفتاب (از نظر کاهش میزان اسانس) مورد تأکید قرار گرفته است. افزایش درجه حرارت آون از ۳۰ به ۶۰ درجه سلسیوس سبب کاهش محتوای اسانس آویشن، بابونه، بادرنجبویه، ترخون و نعناع فلفلی شد (Khorramdel et al, 2013). افزایش درجه حرارت سبب کاهش پارتنولید در بابونه گاوی و منتون، ۱و۸ سینئول و پولگون در پونه شد (Asekun et al, 2007).

از دست دادن ظرفیت آنتی اکسیدان، محتوای پلی فنول و فلاونوئید کل در طول خشک کردن همرفتی سیب توسط (Rodríguez et al, 2014) مورد بررسی قرار گرفت که از دست دادن ظرفیت آنتی اکسیدانی به درجه حرارت خشک کردن و در برنامه قدرت التراسونیک بستگی دارد. استفاده از درجه حرارت پایین التراسونیک منجر به کاهش در ظرفیت آنتی اکسیدانی در طی خشک کردن می‌شود. در عین حال در درجه حرارت بالاتر منجر به افزایش این پارامتر ارزشمند شده است. همچنین اثر قدرت اولتراسونیک در خشک کردن در بین دمای ۶۰-۴۰ درجه و سرعت هوای ۱ و m/s۲ باعث افزایش سرعت خشک کردن، کاهش زمان و افزایش ارزش آنتی اکسیدان آویشن خشک شده می‌شود (Rodrigueza et al, 2013). گزارشات نشان دادند که فراصوت باعث تسریع در خشک شدن با درجه حرارت کم در محصول توت فرنگی می شود و اثر قابل توجهی در k (ضریب انتقال جرم) و De (ضریب پخش موثر رطوبت) داشته است. علاوه بر این بیان کردند روش فراصوت با کمک همرفتی روش مناسبی برای بدست آوردن محصول توت فرنگی خشک با کیفیت بالا و ثبات میکروبی است (Gamboa-Santosa et al, 2014).

نتیجه‌گیری

طبق مطالعات انجام شده کوتاه بودن زمان و سرعت بالای خشک کردن در حفظ کیفیت ترکیبات ماده‌ی مؤثره تاثیر گذار است. بنابراین روش مایکروویو و مادون قرمز در بین روش‌ها یک روش مناسب در این مورد می‌تواند گزارش شود. انرژی ورودی کم نیز سبب حفظ رنگ و طعم گیاهان می‌شود که نتایج بالا حاکی از این مطلب است بنابراین روش‌های مایکروویو و انجمادی و مادون قرمز را می‌توان برای حفظ این ویژگی‌ها گزارش کرد. اما اگر عملکرد همراه با هزینه پایین مد نظر باشد روش سایه، آون و مادون قرمز پیشنهاد می‌شود. اختلاف در نتایج تحقیقات مختلف ممکن است ناشی از تفاوت در گونه گیاهی، ساختارهای ترشحی و موقعیت آن‌ها در گیاه و ترکیب شیمیایی اسانس‌ها باشد (Khangholi & Rezaeinodehi, 2008). بدیهی است که کاهش ترکیب فرار در طول فرآیند خشک کردن بستگی به میزان فرار بودن و ساختار شیمیایی ترکیب گیاهی دارد (Venskutonis, 1997). علاوه بر تاثیر بسزای فرآیند خشک کردن بر مدت، دوام و ماندگاری محصولات، نتایج برخی مطالعات نیز نشان داده است که روش مورد استفاده برای خشک کردن تأثیر بسزایی بر عملکرد و محتوای اجزای اسانس گیاهان دارویی دارد. البته تأثیر فرآیند خشک کردن بر عملکرد کل و محتوای اجزای اسانس، بسته به درجه حرارت مورد استفاده، طول دوره‌ی خشک کردن و نوع گونه-ی گیاهی متفاوت می‌باشد (Yazdani et al, 2006).

منابع

- Ahmadi, K., Sefidkon, F., & Assareh, H. M. (2008) Effect of drying methods on quantity and quality of essential oil three genotype of Rosa damascena Mill, Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant 24. pp. 162-176 .
- Arabhosseini, A., Huisman, W., Boxel, A. V., & Muller, J. (2009) Modeling of thin layer drying of tarragon (Artemisia dracunculus.L), Industrial Crops and Products 29. pp. 53-59 .

- Arsalan, M. D., & Ozcan, M. (2008) Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content and colour characteristics of rosemary leaves, Energy Conversion and Management Journal 49. pp. 1258-1264 .
- Asekun, T. O., Grierson, S. D., & Afolayan, J. A. (2007) Effects of drying methods on the quality and quantity of the essential oil of Mentha longifolia L. subsp. Capensis. Food Chemistry 101. pp. 995-998 .
- Awad, S. T., Moharram, A. H., Shaltout, E. O., Asker, D., & Youssef, M. M. (2012) Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review, Food Research International 48. pp. 410-427 .
- Azizi, M., Rahmati, M. M., Ebadi, T. M., & Hassanzadeh-Khayyat, M. (2009) The effects of different drying methods on weight loss rate, essential oil and chamazolene contents of chamomile (Matricaria recutita) flowers. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 25. pp. 182-192 .
- Blose, N. (2001). Herb Drying Handbook: Includes Complete Microwave Drying Instructions, Sterling Publishing Co. Inc, New York, 96p .
- Borchani, S. C., Besbes, M., Masmoudi, C., Blecker, M., Paquot, H., & Attia, (2011) Effect of drying methods on physico-chemical and antioxidant properties of date fiber concentrates, Food Chemistry 125.pp. 1194-1201 .
- Brovelli, A. E., Li, Y., & Chui, K. (2002) Image analysis reflects drying conditions of Echinaceae purpurea Herb, Journal of Herb Spices and Medicinal Plants 10. pp. 19-24 .
- Caceres, A. (2000). Calidad de la material prima para la elaboracion de productos fitofarmaceuticas. Primer Congreso International FITO 2000. Por la investigacion, conservacion y diffusion del conocimiento de lasplantasmedicinals, 27-30 .
- Calixto, J. B. (2000) Efficacy, safety, quality control, market and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutic agents), Brazilian Journal of Medical and Biological Research 33. pp. 179-189 .
- Diamante, L., Durand, M., savage, G., & Vanhaneb, L. (2010) Efect of temperature on the drying characteristics colour and ascorbic acid content of green and gold kiwifruit, International Food Research Journal 17. pp. 441-451 .
- Diaz, R. G., Martinez-Monzo, J., Fito, P., & Chiralt, A. (2003) Modeling of dehydrating and rehydrating of orange slices in combined microwave/air drying, Innovative Food Science and Emerging Technologies 4. pp. 203-209 .
- Divya, P., Puthusseri, B., & Neelwarne, B. (2012) Carotenoid content, its stability during drying and the antioxidant activity of commercial coriander (Coriandrum sativum L.) varieties, Food Research International 45. pp. 342-350 .
- Ebadi, T. M., Rahmati, M., Azizi, M., & Hassanzadeh-Khayyat, M. (2011) Effects of different drying methods (natural method, oven and microwave) on drying time, essential oil content and composition of Savory (Satureia hortensis L.), Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26. pp. 477-489 (in farsi .(
- Ebadi, T. M., Rahmati, M., Azizi, M., Hassanzadeh-Khayyat, M., & Dadkhah, A. (2013). The effects of different drying methods on drying time, essential oil content and composition of basil (Ocimum basilicum L), Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29.pp. 437 .
- Ebadi, T. M., Sefidkon, F., Azizi, M., & Ahmadi, N. (2016) Effects of air velocity and infrared radiation intensity on drying factors of lemon verbena (Lippia citriodora Kunth.), Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 32. Pp. 161-173 (in farsi .(
- Etemadi, S., Tavakolipor, H., & Arjavy, P. (2013) Determine the changes in vitamin C, the process of osmotic dehydration of fruit orang, a senior Food Science and Technology, Faculty of Food Science and Technology - Science and Research Branch Ayatollah Amoli, Amol, Iran, National Conference of medicinal plants, 113-121 .
- Fathi, E., Sefidkon, F., Bakhshi-Khaniki, G. H., Abravesh, Z., & Assareh, H. M. (2009) The effects of drying and distillation methods on essential oil content and composition of Eucalyptus largiflorens, Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 25. pp. 64-74 .
- Fernandes, N. A. F., & Rodrigues, S. (2007) Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: dehydration of banana, Journal of Food Engineering 82. pp. 261-267 .
- Fernandes, N. A. F., Oliveira, P. I. F., & Rodrigues, S. (2008) Use of ultrasound for dehydration of papayas. Food Bioprocess Technology 4.pp. 339-345 .
- Gallego-Juárez, A. J., Rodríguez, G., Acosta, V., & Riera, E. (2010) Power ultrasonic transducers with extensive radiators for industrial processing, Ultrason, Sonochem 17. pp. 953-964 .
- Gamboa-Santosa, J., Montillaa, A., Cárcelb, A. A., Villamiela, M., & Garcia-Perezb, V. J. (2014) Air-borne ultrasound application in the convective drying of strawberry, Journal of Food Engineering 128.pp. 132-139 .
- Ghani, A., & Azizi, M. (2009) The effects of different dring methods on morphology and content essential oil 5 species frome Henbane (Achillea), Plant production (Horticulture science magazin) 32 .

- Gulati, A., Rawat, R., Singh, B., & Ravindranath, D. S. (2003) Application of microwave energy in the manufacture of enhanced quality green tea, Journal of Agricultural and Food & Chemistry 51.pp. 4769-4774 .
- Hassanpouraghdam, B. M., & Hassani, A. (2014) Oven and conventional drying methods affect volatile oil content and composition of Mentha pulegium L., Journal of Essential Oil Bearing Plants 17.pp. 346-352 .
- Hassanpouraghdam, B. M., Hassani, A., Vojodi, L., & Farsad-Akhtar, N. (2010) Drying method affects essential oil content and composition of basil (Ocimum basilicum L.), Journal of Essential Oil Bearing Plants 13. pp. 759-766 .
- Hayat, K., Zhang, X., Farooq, U., Abbas, S., Xia, S., Jia, C., Jing, Z. H. (2010) Effect of microwave treatment on phenolic content and antioxidant activity of citrus mandarin pomace, Food Chemistry 123.pp. 423-429 .
- Heindl, A., & Muller, J. (1997) Trocknung von Arznei und Gewurzpflanzen, Zeitschrift fur Arznei und Gewurzpflanzen 2. pp. 90-97 .
- Heindl, A., & Müller, J. (2002) Mikrowellenunterstützte Trocknung von Arznei-und Gewürzpflanzen, Zeitschrift für Arznei-und Gewürzpflanzen 7. pp. 208-225 .
- Hevia, F., Melin, P., Berti, M., Fischer, S., & Pinichet, C. (2002) Effect of drying temperature and air speed on cichoric acid and alkylamide content of Echinaceae purpurea, Acta Horticulture 576. pp. 321-325 .
- Hörsten, D. V. (1999) Einsatz von Mikrowellenenergie und Hochfrequenztechnik zur Trocknung und Entkeimung von Arznei und Gewürzpflanzen, Zeitschrift fur Arznei und Gewurzpflanzen 4.pp. 101-102 .
- Hossain, M., Barry-Ryan, C., Martin-Diana, A., & Brunton, N. (2010) Effect of drying method on the antioxidant capacity of six Lamiaceae herbs, Food Chemistry 123. pp. 85-91 .
- Jun, S., Krishnamurthy, K., Irudayaraj, J., & Demirci, A. (2011). Fundamentals and theory of infrared 34- radiation. In: Pan, Z. Atungulu, G. G. (Eds.), Infrared heating for food and agricultural processing, New York, CRC press .
- Khangholi, S., & Rezaeinodehi, A. (2008) Effect of drying temperature on essential oil content and composition of Sweet Wormwood (Artemisia annua) growing wild in Iran, Pakistan Journal of Biological Science 11. pp. 934-937 .
- Khorramdel, S., Shabahang, J., & Asadi, A. G. (2013) Effect of drying methods on drying time, essential oil quantitative and qualitative of some of medicinal plants, phytochemical Journal of Medical Plants 1. pp. 36-48 (in farsi .(
- Konopacka, D., Parosa, R., Piecko, J., & Siucińska, K. (2015). Ultrasond &Microwave Hybrid Drying Device for Colored Fruit Preservation – Product Quality and Energy Efficiency, In Proceedings of the 8th Asia-Pacific Drying Conference, (252-258) Kuala-Lumpur, Malaysia.
- Kowalski, J. S., & Pawłowski, A. (2015) Intensification of apple drying due to ultrasound enhancement, Journal of Food Engineering 156. pp. 1-9 .
- Kroehnke, J., Radzieiewska-Kubzdela, E., Musielak, G., & Stasiak, S. (2015). Ultrasonic Assisted and Microwave -Assisted Convective Drying of Carrot: Drying Kinetics and Quality Analysis, In Proceedings of the 5th European Drying Conference, 195-201 .
- Martinov, M., Oztekin, S., & Muller, J. (2007) Medicinal and Aromatic Crops. Harvesting, drying, and Processing, Haworth Food and Agricultural Press 390 .
- Maskan, m. (2001) Drying shrinkage and rehydration characteristics of kiwi fruits during hot air and microwave drying, Journal of Food Engineering 35. pp. 267-280 .
- Maureen, R. (2000) The Herb Growing & Marketing Network URL, http://www.herbnet.com and http://www.herbworld.com .
- Méndez, K. E., Orrego, E. C., Manrique, L. D., Gonzalez, D. J., & Vallejo, D. (2015) PowerUltrasound Application on Convective Drying of Banana (Musa paradisiaca), Mango (Mangifera indica L.) and Guava (Psidium guajava L.), World Academy of Science, Engineering and Technology 9. pp. 560-565
- Mohajeran, S. H. (2004) Construction of infrared radiation laboratory dryer for drying. Mechanics Master's thesis, Agricultural University of Tarbiat Modarres 87 .
- Mohtashami, S., Babalar, M., Ebrahimzadeh-Mousavi, M. S., Jalili, H. M. M., & Adib, J. (2012) The effect of growing conditions and different drying methods on drying time, essential oil content, color characteristics and microbial load of Dracocephalum moldavica L., Iranian Journal of Horticultural Sciences 43. pp. 243-254 .
- Muller, M. (1992). Trocknung von Arzneipflanzen mit Solar Energy, Dissertation, Ulmer Verlag Germany .
- Najafi, F., Ebadi, T. M., & Abbasian, J. (2012). Medicinal and Aromatic Crops: Harvesting, Drying and Processing (Translation), Shahid Beheshti University Press, Tehran, 380 .
- Nemati, S., Sefidkon, F., & Poorherave, M. (2011) The effects of drying methods on essential oil content and composition of Thymus daenensis Celak, Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27. pp. 72-80 .
- Nimmol, C., & Devahastin, S. (2011). Vacuum infrared drying, In: Pan, Z. Atungulu, G. G. (Eds.) Infrared heating for food and agricultural processing, New York, CRC press .

- Nowacka, M., Wiktor, A., Sledz, M., Jurek, N., & Witrowa-Rajchert, D. (2012) Drying of ultrasound pretreated apple and its selected physical properties, Journal of Food Engineering 113. pp. 427-433 .
- Nozad, M., KHojastepor, M., Azizi, M., & Tabasizadeh, M. (2014) Evaluation of infrared drying on quality parameters mint leaves. The first national conference to develop a comprehensive strategy for quality in food safety .
- Omidbaigi, R., Sefidkon, F., & Kazemi, F. (2003) Influence of drying methods on the essential oil composition of Roman Chamomile, Flavour and Fragrance Journal 19.pp. 196-198 .
- Omidbeigi, R. (2005). Production and Processing of Medicinal Plants, Behnashr Pub, 347 .
- Ostadzadeh, S. H., & Alangi, S. Z. S. (2016) The effect of drying process on quantitative and qualitative characteristics of leaves Nasturtium officinale, new technologies that food Journal 13. pp. 1-16 .
- Ozbek, B., & Dadali, G. (2007) Thin-layer characteristics and modeling of mint leaves undergoing microwave treatment, Journal of Food Engineering 83. pp. 541-549 .
- Oztekin, S., & Martinov, M. (2007b). Medicinal and Aromatic Crops: Harvesting, Drying and Processing, Haworth Food and Agricultural Procucts Press, New Yor, 320p .
- Podsedek, A. (2007) Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: a review, Food Science & Technology 40. pp. 1-11 .
- Puranik, V., Chauhan, K. D., Mishra, V., & G. K. (2012) Effect of drying techniques on the physicochemical and bioactive components of selected medicinal herbs, Rai Annals of Phytomedicine 1. pp. 23-29 .
- Rahimmalek, M., & Goli, H. A. S. (2013) Evaluation of six drying treatments with respect to essential oil yield, composition and color characteristcs of Thymys daenensis subsp. daenesis, Celak leaves, Industrial Crops and Products 42. pp. 613-619 .
- Riera, E., Garcia-Perez, V. J., Acosta, M. V., Cárcel, A. J., & Gallego-Juárez, A. J. (2011). Computational study of ultrasound-assisted drying of food materials, in: K. Knoerzer, P. Juliano, P. Roupas, C. Versteeg (Eds.), Multiphysics Simulation of Emerging Food Processing Technologies, IFT Press, Chicago, USA, 265-302 .
- Rocha, R. F. S., Ming, C. L., & Marques, M. O. M. (2000) Influence of five drying temperatures on the medicines (phytotherapeutic agents), Brazilian Journal of Medical and Biological Research 33. pp. 179-189 .
- Rocha, R. P., Melo, C. E., & Radünz, L. L. (2011) Influence of drying process on the quality of medicinal plants: A review, Journal of Medicinal Plants Research 5. pp. 7076-7084 .
- Rodrigues, S., & Fernades, N. A. F. (2007) Use of ultrasound as pretreatment for dehydration of melons, Drying Technology 25. pp. 1791-1796 .
- Rodríguez, O., Rodríguez, V. J., Simal, S., García-Pérez, V. J., Femenia, A., & Rosselló, C. (2014) Influence of power ultrasound application on drying kinetics of apple and its antioxidant and microstructural properties, Journal of Food Engineering 129. pp. 21-29.
- Rodrigueza, J., Melob, C. E., Muleta, A., & Bona, J. (2013) Optimization of the antioxidant capacity of thyme (Thymus vulgaris L.) extracts: Management of the convective drying process assisted by power ultrasound, Journal of Food Engineering 119.pp. 793-799 .
- Rohn, S., Buchner, N., Driemel, G., Rauser, M., & Kroh, W. L. (2007) Thermal degradation of onion quercetin glucosides under roasting conditions, Journal of Agricultural & Food Chemistry 55. pp. 1568-1573 .
- Sablani, S. S. (2006) Drying of fruits and vegetables: Retention of nutritional Functional quality, Drying Technology, 24. pp. 123-135 .
- Salehi, F., Shahkoh, Z. A., & Godarzi, M. (2014) Apricot Osmotic Drying Modeling Using Genetic Algorithm - Artificial Neural Network, Journal of Innovation in Food Science and Technology .
- Santacatalina, V. J., Contreras, M., Simal, S., Cárcel, A. J., & García-Pérez, V. J. (2016) Impact of applied ultrasonic power on the low temperature drying of apple, Ultrasonics Sonochemistry 28. pp. 100-109 .
- Santacatalina, V. J., Rodríguez, O., Simal, S., Cárcel, A. J., Mulet, A., & García-Pérez, V. J. (2014) Ultrasonically enhanced low-temperature drying of apple: Influence on drying kinetics and antioxidant potential, Journal of Food Engineering 138. pp. 35-44 .
- Sefidkon, F., Abbasi, K., & Khaniki, G. B. (2006) Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of Satureja hortensis, Food Chemistry 99. pp. 19-23 .
- Sellami, I. H., Rebey, B. I., Sriti, J., Rahali, Z. F., Limam, F., & Marzouk, B. (2012) Drying sage (Salvia officinalis L.) plants and its effects on content, chemical composition, and radical scavenging activity of the essential oil, Food Bioprocess Technol 5. pp. 2978-2989 .
- Sellami, I. H., Wannes, A. W., Rebey, I. B., Berrima, S., Chahed, T., Marzouk, B., & Limam, F. (2011) Qualitative and quantitative changes in the essential oil of Laurus nobilis L. leaves as affected by different drying methods, Food Chemistry 126. pp. 691-697 .

- Silva. F.. & Casali. D. W. V. (2000). Plantas Medicinais e aromaticas: Pos-Colheitae Oleos Essenciais, Vicosa-MG: UFV. DFT, 135p .
- Sokhansanj, S. (1997) Through-flow dryers for agricultural crops, Industrial Drying of Foods.
- Sovsal. Y. (2004) Microwave drying characteristics of Parsley, Journal of Food Engineering 892. pp. 167-173 .
- Sovsal. Y.. & Oztekin. S. (2001) Technical and economic performance of a tray dryer for medicinal and aromatic plants, Journal of Agricultural Engineering Research 79. pp. 73-79 .
- Subasinghe. N. U. (2007). Post harvest technology in the spice value chain. Master thesis, Department of Management of Technology, University of Moratuwa, Sri Lanka .
- Tabrizi. L.. Dezhabon. F.. Mostofi. Y.. & farimani. M. M. (2015) Change of physical and chemical factors colendula officinale flowers of different Tasyrrysh drying and Power Plant-professor, former student of master and professor of natural resources 243-258 .
- Talebzadeh. S. L.. Azizi. M.. & Aroii. H. (2014) Effects of drying and storage on biochemical properties of plant, Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources. civilica 12 .
- Tankoa. H.. Carriera. J. D.. Duana. L.. & Clausena. D. E. (2005) Pre and post harvest processing of medicinal plants, Plant Genetic Resources 3.pp. 304-313 .
- Tavakoli-pour. H.. Fatemian. H.. & jalaee. F. (2008) Studing of edible coating application on productivity ratio in osmotic dehydration on process of apple rings, International Drying Symposium pp.1309-1312 .
- Tomaino. F. A.. Cimino. V.. Zimbalatti. V.. Venuti. V.. Sulfaro. A.. Pasquale. D.. & Saija. A. (2005) Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils, Food Chemistry 89. pp. 549-554 .
- Topuz. A.. Dincer. C.. Ozdemir. S. K.. Feng. H.. & Kushad. M. (2011) Influence of different drying methods on carotenoids and capsaicinoids of paprika, Food Chemistry 129. pp. 860-865 .
- Topuz. A.. Feng. H.. & Kushad. M. (2009) The Effect of drying method and storage on color characteristics of Paprika, LWT-Food Science and Technology 42. pp. 1667-1673 .
- Venskutonis. R. P. (1997). Effect of drying on the volatile constituents of thyme (Thymus vulgaris L.) and sage (Saliva officinalis L.), Food Chemistry 59.pp. 219-277 .
- Yazdani. D.. Shahnazi. S.. Jamshidi. H. A.. Rezazadeh. S.. & Mojab. F. (2006) Study on variation of essential oil quality and quantity in dry and fresh herb of thyme and tarragon, Journal of Medicinal Plants 17. pp. 7-15 .

ISSN: 2588-4255

فصلنامه علمی تخصصی مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار
سال چهارم، شماره ۱ (پیاپی: ۱۱)، بهار ۱۳۹۹

پهنه‌بندی کیفی غلظت نیترات در منابع زیرزمینی آب شرب شهر لواسان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۱/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۲۲
کد مقاله: ۳۷۰۰۷

فاطمه تبریزی[۱]، الهام موحد*[۲]، حسن اجاقلو[۳]

چکـیده

با افزایش روزافزون جمعیت، نیاز به منابع آب شرب از اهمیت ویژه ای برخوردار است. آبهای زیرزمینی از منابع مهم بهره برداری از آب در مناطق خشک و نیمه خشک بوده و آلودگی منابع آب زیرزمینی به نیترات در حال حاضر یکی از مهمترین مسائل زیست محیطی محسوب می شود. نیترات براحتی توسط آب باران به منابع آب سطحی و به خصوص زیرزمینی وارد میشود. در این تحقیق با هدف بررسی گسترش آلاینده نیترات توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی، از ۱۰ چاه مورد بهره برداری شهر لواسان در ۳ سال متوالی (۹۱ تا ۹۳) ۶۰ نمونه برداری به صورت تواتر ۶ ماهه انجام شده و غلظت نیترات نمونه ها اندازه گیری و درکل منطقه، پهنه بندی و تحلیل شده است. نتایج بیانگر آنست که غلظت نیترات در منابع آب شرب شهر لواسان در محدوده ۳/۴۸ تا ۳۰/۸۰ میلی گرم بر لیتر و میانگین آن ۱۲/۹۶ میلی گرم بر لیتر بوده است و میزان نیترات تمام نمونه ها، پایین تر از حد استاندارد بدست آمد.

واژگـان کلـیدی: آب زیرزمینی، غلظت نیترات، پهنه بندی، سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)، شهر لواسان

۱- کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز؛
۲- کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست اقتصاد محیط زیست، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران؛ *(مسئول مکاتبات)*
e.movahed86@yahoo.com
۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان؛

۱- مقدمه

آب زیرزمینی به دلیل استعداد آلودگی کمتر و همچنین ظرفیت ذخیره زیاد نسبت به آبهای سطحی، به عنوان یک منبع مهم آب مورد توجه است[۱]. اکثر موارد نفوذ نیترات به آب زیرزمینی به صورت یک آلاینده انتشاری از کشاورزی ناشی شده و غلظت نیترات را می‌توان با میزان استفاده از کودهای نیتراته در ارتباط دانست[۲]. فراوانترین و شاید شایع ترین آلاینده‌ای که منابع آب زیرزمینی را تهدید می‌کند نیترات می‌باشد، غلظت بالای نیترات باعث کاهش کیفیت آبهای زیرزمینی می‌شود[۳]. از آنجایی که مقدار بالای نیترات و آمونیوم در آبهای آشامیدنی و یا کشاورزی به طور مستقیم وارد چرخه زندگی انسانی شده و باعث بروز مشکلات و بیماریهایی از جمله متهمو گلوبینا می شود، لذا به کارگیری روشها و تدابیری برای حذف این مواد از منابع آب ضروری به نظر می رسد. روش های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی متداولی در حذف یونهای آمونیم و نیترات و یا کاهش آنها در آبهای سطحی و زیرزمینی وجود دارد[۴].

برای بررسی توزیع نیترات در آبهای زیرزمینی باید شناخت دقیقی نسبت به فرایندهای شیمیایی حاکم بر تبدیلات نیتروژن وجود داشته باشد. ازاینرو در طی دو دهه گذشته، مسئله مذکور در مقیاس وسیع مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است[۵] . لطیف و همکاران [۶] مطالعه‌ای را باهدف تعیین میزان آلودگی به نیترات آب زیرزمینی دشت مشهد و مشخص کردن علل و منشأ آلودگی انجام داده‌اند. آنها به این منظور ۴۰ چاه در بخش های شرب، کشاورزی و صنعتی دشت مذکور را به مدت ۶ ماه از تیر تا آذر ماه نمونه‌برداری کرده و پس از تجزیه شیمیایی و میکروبی با استانداردهای بین‌المللی مقایسه نمودند. نتایج نشان دهنده آلودگی نقاط پر جمعیت و کیفیت خوب آب‌های بخش کشاورزی و صنعتی بود. همچنین بالا بودن غلظت نیترات در بخش‌هایی از شهر مشهد را با نشت فاضلاب خانگی به آب زیزمینی مرتبط دانستند.

همچنین طباطبایی وهمکاران[۷] به بررسی کیفیت آب زیرزمینی شهر اصفهان طی دو مرحله نمونه برداری پرداختند، آلودگی نیتراتی را به صورت موضعی گزارش نموده و علت را نزدیکی منابع آب زیرزمینی به قبرستان محل دفن اموات و کودهای آلی فضای سبز اعلام نمودند، به علاوه مقادیر فلزات سنگین اندازه گیری شده در این تحقیق نشان داد که تمامی عناصر در حد مجاز بوده و نقش آلودگی میکروبی رودخانه بر روی آب چاه ها منتفی است و احتمال دادند منشأ آلودگی، نشت فاضلاب از شبکه فاضلاب شهری و یانشت آلودگی از سطح زمین باشد. درسال ۱۳۸۵ پژوهشی برای بررسی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت همدان-بهار انجام گرفت که در آن مشخص شدکه چاه هایی که در مسیر جریان به سمت شرق دشت قرار دارند، آلوده تربوده که علت آن را وجود کارخانجات، تخلیه فاضلاب های شهری و عدم اجرای طرح های تغذیه مصنوعی در آن منطقه قلمداد نموده اند[۸].

مطالعات سطوح نیترات در آب زیرزمینی تونلرفلد استرالیا، بیش از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر گزارش شده است و نتایج نشان داد که در بین استفاده های مختلفی که از آب می شود کشاورزی منبع اصلی آلودگی آب زیرزمینی توسط نیترات محسوب می شود[۹].GIS میتواند ابزاری قوی و قدرتمند و یک راه حل توسعه‌ای برای حل بحران و مشکلات منابع آب با استفاده از ارزیابی کیفیت آب، تعیین سودمندی و قابل استفاده بودن منابع آب، جلوگیری از سیلاب، شناخت بهتر محیط زیست و مدیریت منابع آب بر اساس شرایط محلی و منطقه‌ای باشد[۱۰]. لی و همکاران در ارزیابی غلظت نیترات با استفاده از GIS به این نتیجه رسیدند که اراضی با کاربری فضای سبز و کشاورزی بیشترین تاثیر را در افزایش غلظت نیترات در فصول کم بارش داشته و اراضی با کاربری مسکونی و تجاری نیز باعث افزایش غلظت نیترات در فصل پر بارش شده است[۱۱]. در یک تحقیق در کشور ترکیه، اقدام به تهیه نقشه کیفی آبهای زیرزمینی شهر قونیه در محیط GIS شد و نتایج نشان داد که آبهای زیرزمینی بخش جنوب‌غربی شهر قونیه دارای بالاترین کیفیت هستند[۱۲].

این تحقیق با هدف پهنه بندی غلظت نیترات در شهر لواسان در ماههای مختلف و در ۳ سال متوالی انجام شده و تعیین عوامل موثر بر افزایش غلظت نیترات در چاههای شرب شهر لواسان با استفاده از Arc GIS 9.2 مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲-مواد و روش‌ها

شهر لواسان در ۱۱ کیلومتری شمال شرق تهران با وسعت ۳۵۳۱۱ هکتار (هفتاد کیلومتر مربع) واقع شده‌است. این شهر در عرض جغرافیایی ´´۲۷´۴۹°۳۵ و طول جغرافیایی ´´۹۶/۰´۳۸°۵۱ قرار گرفته است. به منظور انجام این مطالعه ۱۰ چاه شرب منطقه برای نمونه برداری، آزمایش و پهنه بندی اثر نیترات انتخاب شد. موقعیت و مشخصات نقاط نمونه‌برداری شده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- نام و مشخصات چاههای نمونه برداری شده

نام چاه	عمق (متر)
چاه کندورد	۲۳
قنات حکمت ۱	۳۵
قنات حکمت ۲	۶۰
چاه گلندوک	۹۹
چشمه چناربن	۵
چاه قدیم چناربن	۱۲
چاه جدید چناربن	۶۰
چاه لشکرگ	۶۰
چاه ۱ ترک مزرعه	۶۰
چاه ۲ ترک مزرعه	۶۸

عملیات نمونه برداری در هر سال به صورت تواتر ۶ ماهه و از سال ۱۳۹۱- ۱۳۹۳ انجام شد. نمونه ها پس از برداشت بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده و غلظت نیترات آنها به روش اسپکتروفتومتری و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Hatch مدل DR-5000 اندازه گیری شد. ۶۰ داده بدست آمده از آزمایش وارد نرم افزار Arc GIS 9.2 شد و لایه آن تهیه شده است که از این لایه ها با تلفیق با لایه شهر لواسان برای پهنه بندی استفاده شد. نقشه های کیفی و پراکنش، میزان غلظت نیترات در شکل‌های ۴ تا ۶ ارائه گردیده است.

برای پهنه بندی ابتدا داده مکانی مربوط به منطقه مورد مطالعه شامل نقشه کاربری اراضی، نقشه زمین شناسی، نقشه توپوگرافی تهیه گردید. نقشه کاربری اراضی به عنوان نقشه پایه به کار گرفته شد و برای شناخت بهتر و موقعیت‌یابی نقاط و عوارض مختلف در محیط GIS نقشه کاربری اراضی با مختصات تصویر UTM زمین مرجع شد. با بدست آوردن مختصات چاههای مورد مطالعه چاهها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی موقعیت یابی شدند. مشخصات چاهها شامل عمق چاهها به همراه داده‌های اندازه‌گیری شده شیمیایی به صورت جدول به نقشه ها الحاق شدند.

یون های نیترات به علت حلالیت بالا با حرکت آب درخاک حرکت کرده و می توانند به آب های زیرزمینی وسطحی وارد شوند. بالا بودن غلظت نیترات در آب نشان دهنده وقوع آلودگی است که می تواند آلودگی میکروبی نیز به همراه داشته باشد. توانایی ورود نیترات به منابع آب بستگی به شرایط خاک و عمق چاه دارد. این یون شاخص آلودگی آب های زیرزمینی است اما حتی درغلظت های بیش از حد مجاز باعث ایجاد طعم و مزه درآب نمی شود[۱۳]. بدلیل قابلیت های سیستم اطلاعات جغرافیایی از جمله تجزیه و تحلیل روند زمانی وقایع و ارزشیابی اطلاعات مکانی، بکارگیری سامانه مذکور در این تحقیق اولویت یافت GIS .محیطی است که می توان از آن در شناسایی سامانه داده های نقشه های موضوعی، تجزیه و تحلیل، تفسیر وابزار کمکی جمع بندی داده ها بهره جست. GIS سیستم قدرتمندی برای مدیریت، تصمیم گیری و دستیابی سریع و بهینه به اهداف تعیین شده به حساب می آید. همچنین ابزار مؤثری برای نقشه برداری کیفی، پایش، مدلسازی وتعیین تغییرات زیست محیطی است [۱۴]. جهت بررسی همزمان اثرات جوامع انسانی بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه بر اساس تحقیقات [۱۵] و مقا یسه نمونه‌ها با آستانه‌های مطرح شده توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران [۱۶] مرزبندی‌های زیر مد نظر قرار گرفته است:

۰- ۵ Mg/l : غلظت بسیار مطلوب

۵-۱۵Mg/l : احتمال اثرگذاری فعالیت‌های انسانی

۱۵- ۵۰Mg/l : آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی

<۲۵ Mg/l : غلظت مطلوب نیترات در آب آشامیدنی

<۴۵ Mg/l : ماکزیمم غظت مجاز بر اساس EPA

> ۵۰Mg/l : نمونه‌های آلوده و نشان دهنده اثرات شدید فعالیت انسانی است.

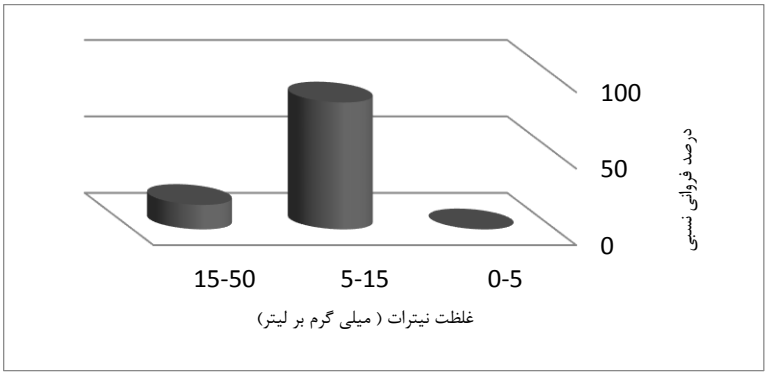
۳-یافته‌ها

نتایج بدست آمده از غلظت‌های نیترات در سالهای ۹۱، ۹۲ و ۹۳ در جدول ۲ نشان دهنده آن است که غلظت نیترات در تمام موارد پایین تر از میزان رهنمودی ۵۰ میلی گرم بر لیتر سازمان بهداشت جهانی می باشد.

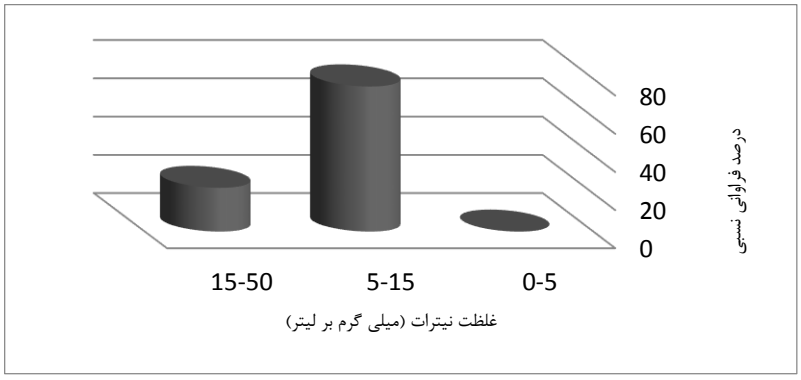
جدول ۲- آمار توصیفی میزان نیترات در چاههای مورد بررسی

زمان	انحراف استاندارد	میانگین	حداقل	حداکثر
سال ۱۳۹۱	۶/۸۵	۱۱/۶۸	۶/۳	۳۰/۸۰
سال ۱۳۹۲	۷/ ۲۰	۱۲/۰۸	۶/۱	۲۷/۶۰
سال ۱۳۹۳	۹/۶۵	۱۵/۱۴	۳/۴۸	۲۷/۲۵

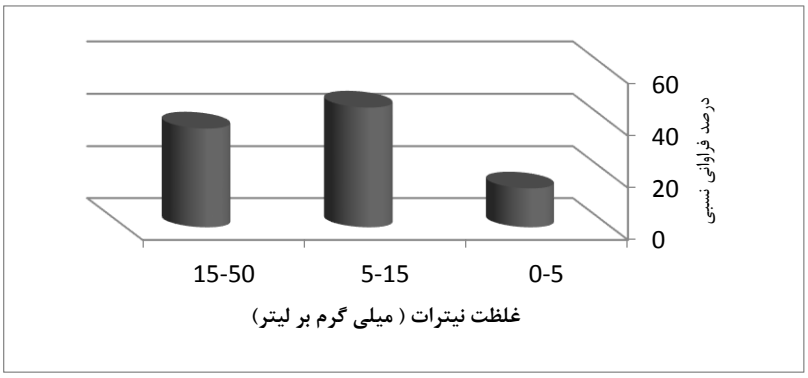
همچنین توزیع فراوانی نسبی نمونه ها در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است.



شکل۱- فراوانی نسبی غلظت نیترات در سال ۹۱



شکل ۲- فراوانی نسبی غلظت نیترات در سال ۹۲



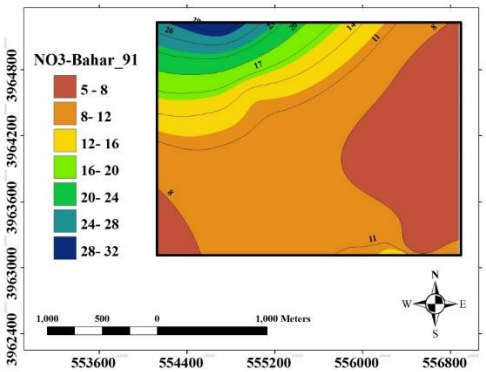
شکل ۳- فراوانی نسبی غلظت نیترات در سال ۹۳

نتیجه‌گیری

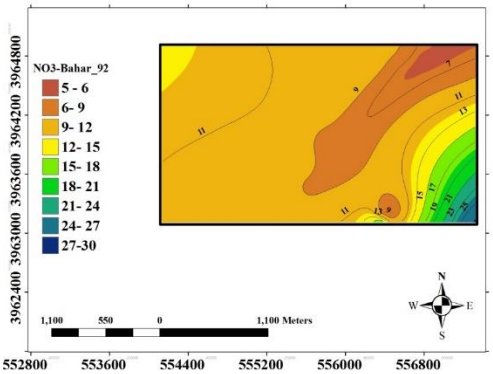
حداقل غلظت نیترات در سال ۹۳ برابر با ۳/۴۸ میلی گرم بر لیتر و حداکثر غلظت در سال ۹۱ برابر با ۳۰/۸۰ میلی گرم بر لیتر بوده است. همچنین در مجموع غلظت نیترات در سالهای مورد بررسی در مجموع روند کاهشی داشته است. با توجه به دامنه ۱۵-۵ میلی گرم بر لیتر نیترات که احتمال اثرگذاری فعالیت انسانی بر کیفیت آب میباشد، نتایج نشان میدهد که این غلظت از سال ۹۱ تا

۹۳ روند کاهشی داشته است همچنین در سال ۹۳، ۳۸٪ چاههای مورد بررسی دارای غلظت نیترات ۵۰-۱۵ میلی گرم بر لیتر می باشند که نشان دهنده آلودگی ناشی از فعالیت انسان است.

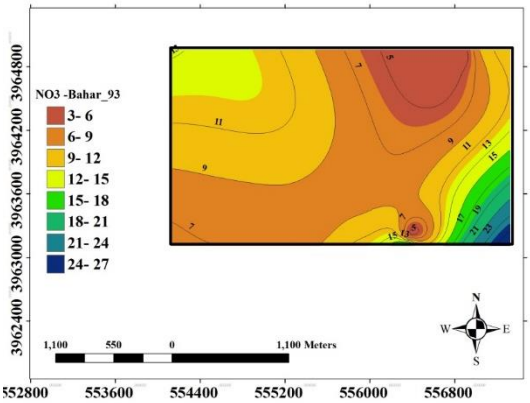
با مشاهده نقشه های پراکنش غلظت نیترات نتیجه گیری میشود که در نقاطی با کاربری اراضی کشاورزی و همچنین مناطق مسکونی، غلظت نیترات بالاتر است وهرچه به سمت نقاط کوهپایه ای و نقاطی با تغییر کاربری اراضی از نوع کاربری اراضی غیرکشاورزی پیش می رویم غلظت نیترات کم تر می شود. به طورکلی میزان نیترات در آب های زیرزمینی بستگی به مشخصات فیزیکی خاک، جنس خاک، جنس سنگ بستر، ساختمان چاه، حفظ حریم آن و سطح آب های زیرزمینی دارد. قرارگرفتن چاه در پایین دست زمین های کشاورزی، کشاورزی بودن منطقه، شستشوی نیترات از خاک های کشاورزی و کاربرد وسیع کودهای ازته، به عنوان علل آلودگی آب به نیترات ارزیابی می شوند. نتایج مدلسازی انتقال نیترات در شهر همدان نشان داد، در مناطقی که آلودگی کمتری وجود داشته است، عواملی نظیر وضعیت مناسب حریم کیفی منابع آب و ضخامت بالای آبرفت در کاهش آلودگی موثر بودند[۱۷].



شکل ۴ - نقشه پراکنش غلظت نیترات در سال ۹۱



شکل ۵- نقشه پراکنش غلظت نیترات در سال ۹۲



شکل ۶- نقشه پراکنش غلظت نیترات در سال ۹۳

قرار گرفتن چاههای آب شرب این مناطق در پایین دست زمین های کشاورزی، تراکم بافت مسکونی و شهری و چاههای دفع فاضلاب ناشی از اثرگذاری فعالیت های انسانی بوده که باعث افزایش غلظت نیترات در طول مسیر حرکت آبهای زیرزمینی شده است[۱۸]. با توجه به نقشه پراکنش غلظت نیترات در ۳ سال متوالی میتوان اینگونه نتیجه گیری کرد که غلضت نیترات از جهت شمالغرب به طرف جنوب شرقی بعلت کاهش عمق آب زیرزمینی و قرار گرفتن در نزدیکی رودخانه در حال افزایش است، همچنین غلظت نیترات در زمستان بدلیل استفاده از کودهای کشاورزی در زمین‌های باغی افزایش یافته است. باید توجه داشت که میزان غلظت نیترات در کلیه نمونه ها کمتر از مقادیر توصیه ای سازمان بهداشت جهانی می باشد. در مطالعه ای که بر روی تغییرات مکانی نیترات در آب زیرزمینی دشت لردگان انجام شد، مشاهده گردید به علت مجاورت چاه ها با سازند گچساران، که دارای سنگبستر غیرقابل نفوذ در عمق کم بودند قابلیت انتقال آبخوان آنها پایین بوده و استعداد بیشتری برای آلودگی‌های سطحی از جمله آلودگی به نیترات وجود داشت، در نتیجه پایین بودن قابلیت انتقال در این چاه ها مانع از تبادل با آب های عمیق تر و با کیفیت تر در سایر نقاط دشت لردگان می‌گردد. آبهای عمیق تر از سازندهای آهکی تغذیه می‌شوند و به این علت دارای کیفیت بهتری هستند[۱۹].

جهت جلوگیری از غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی استفاده صحیح از کودهای نیتراته به کشاورزان، استفاده از سیستم جمع آوری فاضلاب شهری و وضیعت مناسب حریم کیفی منابع آب و رعایت کلیه مسائل بهداشتی توصیه میشود.

منابع

- Faithful , J., and Finlayson ،W., ‘‘ Water quality assessment for sustainable agriculture in the Wet Tropics-Acommunity assisted approach Marine pollution Bulletin’’, Vol. 51(1-4), pp.99-112, 2005.
- Lerner, D.N., and Papatolios, K.T., ‘‘A simple analytical approach for predicting nitrates concentration in pumped groundwater’’, 31(3): 370-376, 1993.
- Stuart, A, Redrick, F., Rick, J. et al, ‘‘ Survey of Nitrate contamination in Shallow Domestic Drinking Water Wells of the Inner Coastal of Georgia. Environmental Geochemistry and Health’’, 11(2):215-231, 1994.
- انصاری، آرش، "حذف عناصر سنگین از محلول‌های آب توسط کانیهای زئولیت طبیعی ایران " ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۲.
- Lui, Z., Hallberg, G. R., Zimmerman, D. L., and Libra, R. D., ‘‘ Detecting changes in the spatial distribution of nitrate concentration in groundwater, ’’ Journal of the American Water Resources Association,33(6): 1209-1218, 1989.
- طیف، مسعود، موسوی، سید فرهاد، افیونی، مجید، ولایتی، سعداله، "بررسی آلودگی نیترات و منشأیابی آن در آب‌های زیرزمینی دشت مشهد"، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳۸۴.
- طباطبایی، سید حسن، توسلی، مسعود، اسلامیان، سید سعید، احمدزاده، قدرت اله، "مطالعه میزان آلاینده های آب زیرزمینی شهر اصفهان و ارزیابی آن با تأکید بر جنبه آب شرب" مجله علمی کشاورزی، ۱۳۸۴ .
- قاسمی، عادل، زارع ابیانه، حمید، شهسوار، امیر منصور، یعقوبی، بهروز، "بررسی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت همدان-بهار" فصلنامه علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم،۱۳۸۸
- Cepuder, P., and Shukla, M.k., ‘‘nitratr in Austria: a case study in Tullnerfeld. Nutrient Cycling in Agroecosystems’’, 64: 301- 315, 2002.
- Parabaharan, S., Manonmani, R., Ramalingam, M., et al, ‘‘ Geo Stastical Modelling for Groundwater Pollution in Salem, Tamilnadu- A GIS Based Approach’’. Engineering Science and Technology: 3(2): 1273-1278, 2011
- Lee, SM., Min, KD., Woo, NC., et al, ‘‘ Nitrate/Nitrite Contamination in Groundwater of Karachi and its Correlation with Other Physicochemical Parameters’’. Sci. Environ. Manage: 13(2): 121- 125, 2005.
- Bilgehan, N., Ali, B., ‘‘Groundwater quality manping in urban grandwater using GIS”. Environ Monit Assess: 169(3): 215-227, 2010.
- یاسبان، علی، امامی، جعفر، چترسیماب، مریم، " بررسی غلظت نیترات در چاههای تأمین کننده آب شرب شهر بجنورد" مجله علوم پزشکی خراسان شمالی ۱۳۸۶.
- ستاره، پرستو، زینتی زاده، علی اکبر، حسنی، امیرحسام، شریف پور، میترا ." آنالیز کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی با استفاده از نرم افزار Aq.QA مطالعه روستاهای دشت سنقر کرمانشاه" چهاردهمین همایش ملی بهداشت محیط، یزد، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، ۱۳۹۰.
- McLay, C. D. A., Dragten, R., Sparling, G. and Selvaraiah, N. “Predicting groundwater nitrate concentrations in a region of mixed agricultural land use”: A comparison of three approaches. Environmental Pollution 115, 191–204, 2001.
- ISIRI 2441.” Natural mineral water-Specifications”. Institute of Standard and Industrial Research of Iran, 2005 .First revision, www.isiri.org.
- ناصری، حمید رضا، ندافیان، حمید." مدل سازی انتقال آلاینده نیترات آب های زیرزمینی در محدوده چاه های آب شرب همدان" فصلنامه زمین شناسی ایران، ۱۳۸۷.
- محمدی، علی اکبر، محوی، امیرحسین، رستگار، ایوب، فرجی، حسین." پهنه بندی کیفی تغییرات فصلی نیترات و آمونیاک در منابع تأمین کننده آب شرب شهر بابل با GIS" مجله دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، ۱۳۹۳.
- استواری، یاسر، بیگی هرچگانی، حبیب اله، داودیان، علی رضا." بررسی تغییرات مکانی نیترات در آب زیرزمینی دشت لردکان" مجله مدیریت آب و آبیاری دانشگاه تهران، ۱۳۹۱.

Quality zonation of nitrate concentration for underground sources of drinking water in Lavasan City using Geographic Information System (GIS)

Fatemeh Tabrizi, Elham Movahed, Hassan Ojaqlou
1- Master of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz,
2- Master of Environmental Management- Environmental Economics, University of Science and Research in Tehran-
3- Assistant Professor in the Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan
**e.movahed86@yahoo.com*

Abstract

With this increasing population growth, the need for drinking water sources is significantly important. One of the important sources of exploitation of water in arid and semi-arid areas is underground water. Currently one of the most important environmental issues is nitrate contamination of underground water resources. Nitrate easily enters surface water resources and especially underground water resources by rainwater. The purpose of this study is the evaluation of nitrate contamination of 10 wells in Lavasan City that has been exploited in 3 consecutive years (from 2012-2014) using Geographic Information System. The sampling is conducted in the frequency of 6 month and 60 samples is gathered. Nitrate concentration of the samples is measured and is zoned and analyzed in the whole region. The results show that the nitrate concentration in drinking water sources of the city lavas an is range from 3.48 to 30.80 ppm and its average is 12.95. The amount of nitrates in all samples is lower than the standard.

Keywords: Underground Water; Nitrate Concentration; Zoning; Geographic Information System; Lavasan City

فصلنامه علمی تخصصی مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار
سال چهارم، شماره ۱ (پیاپی: ۱۱)، بهار ۱۳۹۹
ISSN: 2588-4255

بررسی تأثیر پوشش های خوراکی کامپوزیت صمغ آکاسیا و کربوکسی متیل سلولز بر افزایش زمان ماندگاری بادام سبز

مریم ثابت قدم[۱]، بهناز انتظاری[۲]، نفیسه عسگری نسب[۳]، سمیرا بهرامی نسب [۴]

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۱/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۲۲
کد مقاله: ۱۴۷۷۵

چکـــیده

بادام سبز ازجمله میوه‌های آب‌وهوای مدیترانه‌ای است که در ایران بانام چغاله بادام شناخته‌شده است و بیشتر مصرف تازه خوری دارد. تاکنون هیچ تحقیقی درزمینه پس از برداشت آن صورت نگرفته است. بنابراین تحقیق با هدف افزایش عمر نگهداری بادام سبز با استفاده از پوشش‌های خوراکی صمغ آکاسیا (۱درصد و ۲ درصد (وزنی–وزنی))، کربوکسی متیل سلولز ۱درصد و ۲ درصد (وزنی– وزنی) در مدت‌زمان نگهداری (روز هفتم، چهاردهم، بیست و یکم) صورت گرفت. فاکتورهای اسیدیته، افت وزن، Ph ، ارزیابی رنگ، ارزیابی حسی در مدت نگهداری اندازه‌گیری گردید. این آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی بر پایه فاکتوریل در سه تکرار انجام پذیرفت. با افزایش غلظت کربوکسی متیل سلولز و صمغ آکاسیا درصد افت وزن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و با رشد زمان ماندگاری درصد افت وزن و ΔE به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. با رشد زمان ماندگاری، PH به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت کربوکسی متیل سلولز و صمغ آکاسیا باعث کاهش PH می‌گردد. به‌طوری‌که بیشترین میزان PH در غلظت ۱٪ کربوکسی متیل سلولز و ۱٪ آکاسیا مشاهده شد. بیشترین میزان ΔE در نمونه شاهد و کمترینΔE در غلظت ۲٪ کربوکسی متیل سلولز و ۱٪آکاسیا مشاهده شد بر این اساس با غلظت کربوکسی متیل سلولز و صمغ آکاسیا خواص حسی و ارگانولوپتیکی بهبود یافت و با رشد زمان ماندگاری خواص حسی و ارگانولوپتیکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

واژگـان کلـیدی: بادام سبز، پوشش خوراکی، صمغ آکاسیا، کربوکسی متیل سلولز، ماندگاری

۱- دانشجوی دکترای رشته صنایع غذایی، عضوباشگاه پژوهشگران ،دانشگاه آزاداسلامی، واحد سبزوار، گروه علوم و صنایع غذایی، سبزوار، ایران. *m.sabetghadam68@gmail.com*
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه علوم و صنایع غذایی، سبزوار، ایران.
۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه علوم و صنایع غذایی، سبزوار، ایران.
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه علوم و صنایع غذایی، سبزوار، ایران.

۱- مقدمه

بادام با نام علمی Amygdolus درختی است از خانواده Rosaceae، از جنس Prunus و یکی از دانه‌های روغنی بوده که دارای ۵۰ تا ۵۵ درصد روغن است. همچنین دارای ۲۵ درصد مواد دیاستاری و سفیده‌ای به نام امولسیون، قند، صمغ، موسیلاژ و مواد معدنی است. پوست خارجی بادام سبزرنگ و پوشیده از کرک است که در داخل آن بادام با پوست سخت وجود دارد (Sang et al, 2002). از پوست سبز بادام برای خوراک دام استفاده می‌شود. پس از برداشت محصول و رسیدن رطوبت آن به ۸۰ تا ۹۰ درصد ابتدا پوست سبز از غلاف جداشده و پس از رسیدن رطوبت به ۵ تا ۱۰ درصد مغز بادام جهت مصرف آجیلی یا استخراج روغن از غلاف جدا می‌شود (رستمی، ۲۰۰۸). تمایل به استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی به دلیل دارا بودن مواد طبیعی و عدم ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی در صنعت، روز به روز در حال افزایش است (نصرالله، ۱۳۹۲). استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی برای افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی از زمان‌های قدیم معمول بوده است تولید فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به دلیل تمایل مشتریان بر خریداری محصولاتی که تازگی و طراوت خود را حفظ می‌کند به‌شدت افزایش‌یافته است ouattara et al, (2000). پوشش‌های هیدرو کلوئید به دلیل ویژگی‌های سدکنندگی مطلوب آنها در برابر گاز/رطوبت و خصوصیات مکانیکی مطلوب، مورد توجه بسیار زیادی قرار گرفته‌اند بنابراین، مواد غذایی مختلف با مواد هیدروکلوئیدی جهت جلوگیری از اُفت رطوبت، محافظت از بافت، حفظ رنگ و همچنین افزایش عمر ماندگاری، پوشش‌دهی می‌شوند. از این رو، مواد هیدروکلوئیدی مختلف به عنوان ترکیبات سدکننده نظیر متیل سلولز، پکتین، صمغ عربی (آکاسیا) و صمغ ژلان مورد آزمون قرار گرفته است (قنبرزاده و همکاران ۱۳۹۱). از جمله پلی ساکاریدهای مهم مشتق شده از سلولز که در تولید فیلم ها و پوششهای خوراکی مورد استفاده قرار میگیرد، کربوکسی متیل سلولز (CMC) میباشد که از طریق واکنش سلولز با هیدروکسید سدیم و اسید کلرواستیک تولید میشود و فیلمهای آن دارای خواص فیزیکی مطلوب مانند خواص مکانیکی نسبتاً بالا و رنگ شفاف میباشد (کوچران و کوکس، ۱۹۵۷؛ قنبرزاده و همکاران، ۱۳۸۸) صمغ عربی یا آکاسیا از شاخه ها و ساقه های درخت اقاقیا به خصوص acacia Senegal ایجاد می شود این صمغ در آب کاملا محلول بوده و محلول چسبناک ایجاد می کند. از این صمغ به طور گسترده در صنعت به دلیل خاصیت امولسیون کنندگی و هیدروکلوئیدی استفاده می‌شود.

ال. آنانی و همکاران (۲۰۰۹)، نشان دادند، میوه هایی که با صمغ سویا، جوجوبا، گلیسیرین و صمغ عربی پوشش داده شده اند نسبت به نمونه های شاهد بدون پوشش در طی مدت نگهداری از تغییرات اندکی بر روی کاهش وزن، رطوبت، اسیدیته قابل تیتر، مواد جامد محلول و رنگ برخوردار بودند. اکسیژن مسئول بسیاری از فرآیندهای تخریب در مواد غذایی مانند رشد میکروارگانیسم‌ها، قهوه ای شدن آنزیمی، کم شدن ویتامین ها و... است.

محبی و همکاران (۲۰۱۱) خصوصیات فیزیکی و ظاهری قارچ دکمه‌ای، از جمله؛ رنگ و بافت، کاهش وزن، میزان کربوهیدرات را در طی دوره ی انبارمانی قارچ، مورد ارزیابی قرار دادند. قارچ های مورد آزمایش در دماهای مختلف انبار ۱۰ و ۱۵ درجه سانتیگراد بالای صفر، و بدون پوشش خوراکی ژل آلوئه ورا وصمغ کتیرا قرار گرفتند. نتایج نشان داد که دماهای سرد انبار در قارچ های بدون پوشش خوراکی ژل آلوئه ورا و صمغ کتیرا، کاهش وزن، تغ ییرات رنگ و نرم شدن بافت را به دنبال داشت. در این تحقیق امکان استفاده از پوششهای کربوکسی متیل سلولز و آکاسیا (۱٪ و ۲٪ وزنی- وزنی) در زمان های مختلف نگهداری (هفتم، چهاردم و بیست و یکم بعد از نگهداری) بر افزایش عمر پس از برداشت بادام سبز مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روش ها

۲-۱-مواد

صمغ اکاسیا از شرکت سیکما آلدریچ امریکا خریداری شد. کربوکسی متیل سلولز با وزن مولکولی متوسط (۴۱۰۰۰ گرم بر مول) از شرکت کاراگام پارسیان، گلیسرول (Glycerol) فرمول شیمیایی C3H8O3 و جرم مولی ۹۲/۱ گرم بر مول با خلوص ۸۷٪ از شرکت مرک تهیه گردید.

۲-۲- انتخاب میوه و آماده سازی

میوه بادام سبز از بازار محلی در شهرستان سبزوار خریداری شد. به منظور کاهش فعالیت‌های تنفسی و بیولوژیکی تا زمان آزمایش در یخچال در دمای ۴-۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌گردد. پس از خروج از یخچال ابتدا نمونه‌ها غربال و نمونه‌های دارای اندازهٔ یکنواخت، ظاهر، رنگ، اندازه و نوع مشابه و یکسان در دامنهٔ میانگین جامعه آماری، جهت آزمایشات انتخاب شدند. قبل از آزمایش با آب مقطر شسته و خشک شده اند. میوه های پوشش داده و پوشش نداده شده در دمای ۱±۴ درجه سانتی گراد به مدت ۲۱ روز نگهداری شدند.

۲-۳-روش پوشش دار کردن

محلول پوشش در دو سطح (۱٪ و ۲٪ وزنی-وزنی) نسبت صمغ اکاسیا ۳۰٪، محلول پوشش دردو سطح (۱٪ و ۲٪ وزنی-وزنی) نسبت کربوکسی متیل سلولز ۳۰٪ ثابت گلیسرول بر مبنای ماده خشک تهیه گردید. پس از انحلال کامل مواد، محلول پوشش توسط دستگاه هموژنایزر Ultra Turrax با قدرت ۴ و به مدت ۵ دقیقه کاملا هموژن و یکنواخت گردید.

نمونه های بادام سبز را در محلول های پوشش تهیه شده تهیه به مدت ۵ دقیقه غوطه ور و در حدود ۳۰ ساعت در دمای ۲۰^{o} نگهداری کردند تا پوشش روی سطح میوه به کمک جریان هوا، خشک شود. در نهایت، میوه ها در ظروف یک بار مصرف پلی پروپیلن در دمای ^{c} ^{o} ۴±۱ با رطوبت نسبی ۸۵٪ نگهداری شدند تا زمان آزمون ها (روز هفتم، چهاردم، بیست ویکم بعد از پوشش دهی) فرا رسد(Min, Zhang et al, 2004) .

پنج تیمار پوشش برای بادام های سبز استفاده شدند. تیمار شاهد هیچ پوششی نداشت. چهار تیمار باقیمانده به صورت زیر متفاوت بودند:

تیمار ۱: ۱ گرم پودر صمغ آکاسیا + ۱ گرم پودر کربوکسی متیل سلولز+ ۹۸ گرم آب مقطر+ ۳ گرم گلیسرول.

تیمار ۲: ۱ گرم پودر صمغ آکاسیا+۲ گرم پودر کربوکسی متیل سلولز + ۹۷ گرم آب مقطر+ ۳ گرم گلیسرول.

تیماره ۳: ۲ گرم پودر صمغ آکاسیا + ۱ گرم پودر کربوکسی متیل سلولز+ ۹۷ گرم آب مقطر+ ۳ گرم گلیسرول.

تیمار ۴: ۲ گرم پودر صمغ آکاسیا+۲ گرم پودر کربوکسی متیل سلولز + ۹۶ گرم آب مقطر+ ۳ گرم گلیسرول.

محلول ها در دمای اتاق خنک شدند و مقدار مناسب گلیسرول به عنوان نرم کننده اضافه گردید. از آب مقطر برای تمام محلول‌ها استفاده شد.

۲-۴-آزمون افت وزن

کاهش وزن محصولات گیاهی در زمان نگهداری آنها بعد از برداشت، غالبًاناشی از هدر رفتن آب آنها بواسطه تعرق است. از دست دادن بیش از ۵ درصد آب، شکل ظاهری بسیاری از محصولات باغی را تغییر می دهد و باعث پژمردگی، کاهش شادابی و کیفیت ظاهری انها می گردد. پژوهشگران زیادی تأثیر پوشش های خوراکی را بر کاهش هدر رفتن آب میوه ها و سبزی ها گزارش کرده اند. میزان این کاهش بستگی به ترکیب پوشش خوراکی، خصوصیات فیزیکی آن و توانایی تشکیل غشاهای پیوسته و درزگیری ناپیوستگی های پوست میوه دارد. برای تعیین افت وزن از روش (A.O.A.C 1994) و رابطه (۱) استفاده گردید.

درصد کاهش افت وزن=(A-B)/A× ۱۰۰ (۱)

در این رابطه A وزن اولیه نمونه بلافاصله بعد از پوشش،B وزن نمونه پوشش داده شده در روز آزمون می باشد.

۲-۵-تعیین Ph

برای تعیینPh ، ۱۰ گرم از هرنمونه برداشته شد و در میکسر کاملاً پودر گردید، سپس ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر جوشیده سرد شده به آن اضافه گردید تا سوسپانسیون کاملاً یکنواختی بدست آمد و با فیلتر پارچه ای فیلتر شد و *Ph* عصاره بدست آمده با کمک *Ph* متر(مدل ۳۵۱۰، شرکت سازنده Jenway) محاسبه شد (Adetunji et al 2013).

۲-۶-تغییر رنگ

رنگ نمونه های با استفاده از دستگاه هانترلب (مدل colorflex ساخت آمریکا) طبق استاندارد (ASTM E308-08) و بصورت ارزش های CIELAB شامل L^* (روشنی)، a^* (قرمزی-سبزی) و b^* (زردی-آبی) در روزهای هفتم و چهاردهم وبیست ویکم بعد از نگهداری ثبت گردید. رنگ سنج قبل از انجام آزمایش ها با استفاده از کاشی سیاه و سفید (x=77.25, y=82.09, z=87.27) استاندارد شد. هر نمونه فیلم در ۴ زاویه مختلف در دستگاه قرار گرفته و ارزش های فوق قرائت گردید. برای بدست آوردن همبستگی بهتر بین تفاوت های کالریمتریک و دیداری، تفاوت رنگ سنجی کل (ΔE) برای هر نمونه نسبت به نمونه شاهد به روش بولین و هاکسول (۱۹۹۱) و از رابطه (۲) محاسبه شد:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (۲)$$

۲-۷- ارزیابی حسی

آزمون ارزیابی حسی به وسیله‌ی یک گروه ارزیاب حسی متشکل از ۵ نفر از متخصصان صنایع غذایی انجام پذیرفت. کلیه‌ی ارزیابی‌ها به روش آزمون حسی محصول‌گرا (روش امتیازدهی شدت یک ویژگی) و با امتیازبندی هدونیک پنج نقطه ای صورت

گرفت. بدین ترتیب که پرسشنامه هایی تهیه شده و از هر فرد ۵ سؤال پرسیده شد و برای هر سؤال ۵ گزینه به عنوان پاسخ موجود بود. سؤالات مطرح شده عبارتند از رنگ، طعم و مزه، آروما، احساس دهانی و پذیرش کلی. همچنین لازم به ذکر است گروه سنی ارزیاب‌ها متشکل از مرد و زن با سن ۲۵ تا ۵۰ سال بود (Watts, 1989).

۲-۸-تجزیه و تحلیل آماری

جهت تجزیه تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SAS و آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. جهت مقایسه میانگین داده‌ها از روش حداقل اختلاف معنادار (LSD) در سطح احتمال ۹۹٪ استفاده شد.

۳-نتایج و بحث

Ph-۱-۳

میزان Ph محصول به غلظت تراکم یون هیدروژن موجود در محلول بستگی دارد. جدول ۱-۳ نشان می دهد که مقدار Ph تیمارهای نمونه میوه چغاله بادام در مدت نگهداری افزایش می یابد. تأثیر غلظت پوشش ها، در سطح آماری ۹۵ درصد روی ویژگی Ph نمونه های بادام سبز معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). بالاترین PH مربوط به تیمار ۱ در روز ۲۱ است. کمترین PH مربوط به تیمار ۴ در روز ۷ است. میزان ph در مدت نگهداری با رسیدن میوه افزایش می یابد (درانگ و همکاران، ۲۰۰۳). ال قائوت و همکاران در سال ۲۰۰۷، غلظت های مختلف کیتوزان را برای میوه های خیار و فلفل قرمزاستفاده کرده اند، آنها نتیجه گرفته اند که افزایش غلظت کیتوزان از ۱ به ۵/۱ درصد، مقدار تنفس میوه کاهش یافته و بیشترین تأثیر را در حفظ کیفیت میوه داشته است.(فینی دخت و همکاران). چین و همکاران در سال ۲۰۰۷، با پوشش میوه مرکبات رقم (Murcott tangor)در غلظتهای مختلف کیتوزان نشان داده اند که کیتوزان با بیشترین غلظت، بیشترین تأثیر را در حفظ کیفیت میوه و کنترل رشد قارچ روی میوه داشته است تغییرات مقدار pHآب میوه با گذشت زمان انبارمانی روند افزایشی دارد که با نتایج آرین پویا و همکاران در سال ۱۳۸۸ سازگار است. نتایج مارتین- دیانا و همکارانش در سال ۲۰۰۹، سازگار بوده که آنها با استفاده از غلظتهای مختلف کیتوزان رای پوشش دهی پرتقال استفاده کرده اند و نتیجه گرفتند که محدوده تغییرات pH پرتقال در طی انبارداری بین ۲/۳ و ۲/۴ بوده است.

۳-۲- افت وزن (WR)

کاهش وزن میوه در اثر از دست رفتن آب از پوست آن و یا تغییرات بیولوژیکی در آن اتفاق میافتد. تأثیر غلظت پوشش ها، در سطح آماری ۹۵ درصد روی ویژگی افت وزن نمونه های بادام سبز معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). جدول ۱-۳ نشان می دهد که مقدار افت وزن در مدت نگهداری افزایش می یابد. بیشینه افت وزن در تیمار ۴ در روز ۲۱ نگهداری و کمینه افت وزن در تیمار ۱ در طول زمان نگهداری مشاهده شد. کاهش سریع محتوای آب در میوه، شاخص خوبی برای پیری آن میباشد میزان تنفس با عمر انبارمانی میوه ها رابطه معکوسی دارد، هر چه میزان تنفس میوه کمتر باشد عمر انبارمانی آن بیشتر خواهد بود اما اگر اکسیژن کافی برای ادامه سوخت و ساز به صورت هوازی موجود نباشد موجب تخمیر در میوه خواهد شد. در این حالت درصد کاهش وزن خیلی پایین خواهد بود زیرا درصد کاهش وزن به تبادل رطوبتی به محیط و میزان تنفس بستگی دارد (راحمی، ۱۳۷۷). معمولاً تغییرات وزن، پس از برداشت میوه ها و سبزی ها به سبب از دست دادن آب در حین تنفس است .این از دست دادن آب می تواند به پژمرده و چروک شدن و در نهایت کاهش قابلیت در بازار محصول منجر شود .فیلم ها و پوشش های خوراکی همچنین می توانند امکان افزایش عمر ماندگاری محصول تازه بریده شده را در ایجاد یک بازدارنده نیمه نفوذپذیر نسبت به گازها و بخار آب و در نتیجه کاهش تنفس، قهوهای شدن آنزیمی و از دست رفتن آب را پیشنهاد دهند. پوشش به طور معنی داری از کاهش وزن میوه ها جلوگیری کرده است. بین غلظت مورد استفاده تفاوت معنی داری وجود داشت به عنوان یک پوشش خوراکی باید جلوی از دست دادن رطوبت را بگیرد و بر تبادلات گازی اثر بگذارد. به طور کلی، اثر مثبت پوشش های خوراکی بر اساس خواص هیگروسکوپی است که به عنوان سدی بین میوه و محیط اطراف قرار دارد، بنابراین تبادلات خارجی را کاهش می دهد (یانگ و همکاران ۲۰۰۷، Guilbert, 1986.).غلظت زیاد پوشش باعث صدمه به بافت میوه شده و افزایش تنفس و اتلاف آب میوه را ناشی میشود و به همین دلیل غلظت پوشش ۱٪ در این آزمایش توانسته است بهترین تأثیر را در بین تیمارها داشته باشد .چن و همکاران و نیز تأثیر کیتوزان ۱ %را مؤثرتر از کیتوزان ۲ %بر کاهش وزن میوه انبه گزارش کردند.

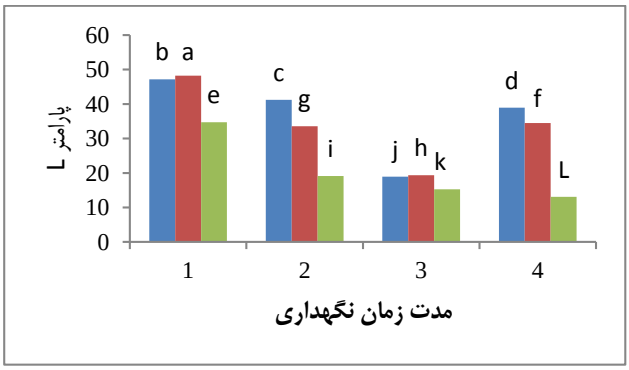
جدول۱- تاثیر پوشش بر Ph و افت وزن در مدت ۲۱ روز نگهداری

مـــــدت نگهداری	تیمار شماره ۱		تیمار شماره۲		تیمار شماره۳		تیمار شماره۴	
	Ph	افت وزن	Ph	افت وزن	Ph	افت وزن	Ph	افت وزن
۷	۴/۵۶ b	۷/۱۶ a	۴/۴۷ c	۶/۵۱ c	۴/۴۲ d	۶/۳ d	۴/۳۶ e	۵/۵۵ f
۱۴	۴/۵۸ ab	۷/۱۸ a	۴/۴۸ c	۶/۵۳ bc	۴/۴۴ d	۶/۳۱ d	۴/۳۷ e	۵/۵۷ f
۲۱	۴/۵۹ a	۷/۱۷ a	۴/۴۸ c	۶/۵۴ b	۴/۴۳ d	۶/۳۱ d	۴/۳۷ e	۵/۶ e

۳-۳-تغییر رنگ

L * -۱-۳-۳

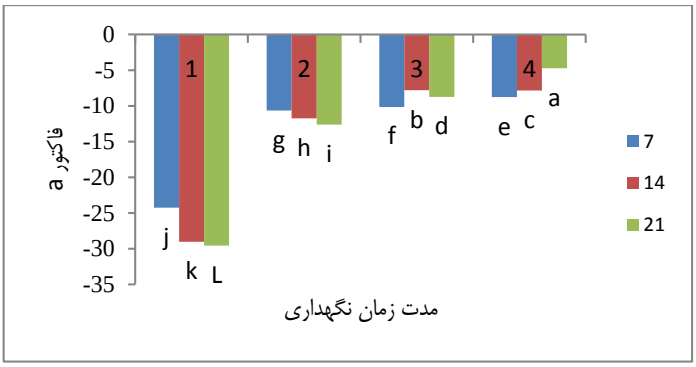
شکل ۱ نشان داد که تأثیر پوشش و مدت نگهداری، در سطح آماری ۹۵ درصد روی ویژگی* Lنمونه های بادام سبز معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). با توجه به شکل ۱ اثر متقابل پوشش و مدت نگهداری، تأثیر معنی‌داری (P<۰/۰۵) بر روی * L نمونه های بادام سبز داشت. به طوری که ملاحظه می شود از بیستمین روز نگهداری تا پایان انبارمانی میزان درخشندگی میوه تغییر معنی داری پیدا نکرده است. که با گذشت زمان درخشندگی میوه ها به طور معنی داری کاهش یافته است (توموولا و همکاران، ۲۰۰۷). نیز گزارش کردند گوجه فرنگی های تیمار شده با چیتوزان تا۷ روز *L که پس از نگهداری کاهش یافتند و پس از آن تغییرات به کندی صورت گرفت.



شکل ۱- تأثیر همزمان پوشش و زمان نگهداری بر روی * *L* نمونه های بادام سبز

a* -۲-۳-۳

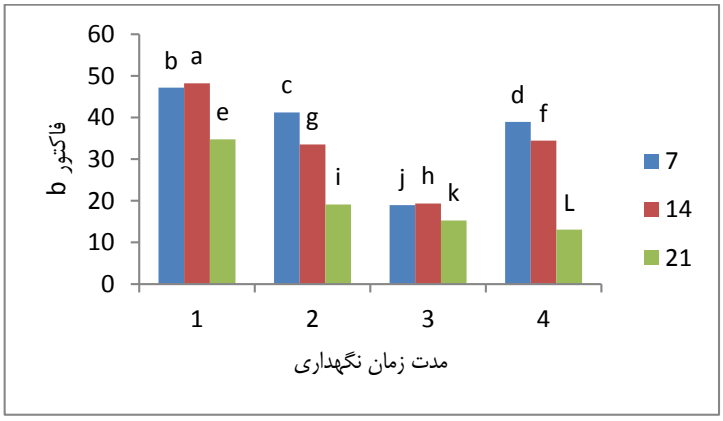
شکل۲ نشان داد که تأثیر غلظت پوشش ها و زمان نگهداری ، در سطح آماری ۹۵ درصد روی ویژگی *a نمونه های بادام سبز معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). پس از برداشت، تغییرات اندکی در رنگ میو ه ها اتفاق می افتد، در انبارمانی طولانی ممکن است میوه ها قهوه ای شوند. (Lydakis, and Ake, 2003) . همچنین با افزایش زمان شاخص بطورa بطور معنی داری افزایش یافته است. این افزایش ممکن است به دلیل افزایش در سرعت تنفس و تحریک فعالیت های آنزیمی، شامل واکنش های قهوه ای شدن و سایر واکنش ها که مسئول کاهش کیفیت میوه هستند، باشد نتایج به دست آمده با (چین و همکاران، ۲۰۰۷) مطابقت داشت. مستوفی و همکاران (۱۳۸۹) اثر چیتوزان بر افزایش عمر پس از برداشت و ویژگی های کیفی انگوربررسی کردند مشاهده کردند با افزایش زمان شاخص بطور معنی داری افزایش یافته است(چین و همکاران، ۲۰۰۷). آنها گزارش کردند شاخص*a در نمونه های تیمار شده با چیتوزان نسبت به نمونه های شاهد پائین تر است، اما تغییر معنی داری در سه نمونه تیمار شده با چیتوزان ۰،۵،۱ و ۲٪ در نمونه های انبه مشاهده نگردید.



شکل ۲- تأثیر همزمان پوشش و زمان نگهداری بر روی a* نمونه های بادام سبز

۳-۳-۳- b*

شکل ۳ نشان داد که تأثیر غلظت پوشش ها و زمان نگهداری، در سطح آماری ۹۵ درصد روی ویژگی b* نمونه های بادام سبز معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). تانادا -پالمو و گروسو 2005با گزارش کردند میزان شاخص در در میوه های تیمار b* نشان می‌دهد که میزان شاخص میوه های تیمار شده در چیتوزان ۱٪ نسبت به شاهد و چیتوزان ۵٪ بالاتر است. نتایج حاصل نشان می دهد که با گذشت به طور معنی داری کاهش یافته است. تانادا -پالمو و گروسو (۲۰۰۵) گزارش کردند باگذشت زمان میزان b* شاخص کاهش یافته است است. نمونه ها اثری b* پوششها همچنین در کاهش میزان نداشتند. این می تواند به علت بازدارندگی از تجزیه کلروفیل و یا کاهش ترکیب آنتوسیانینها و یا کاروتنوئیدها باشد.

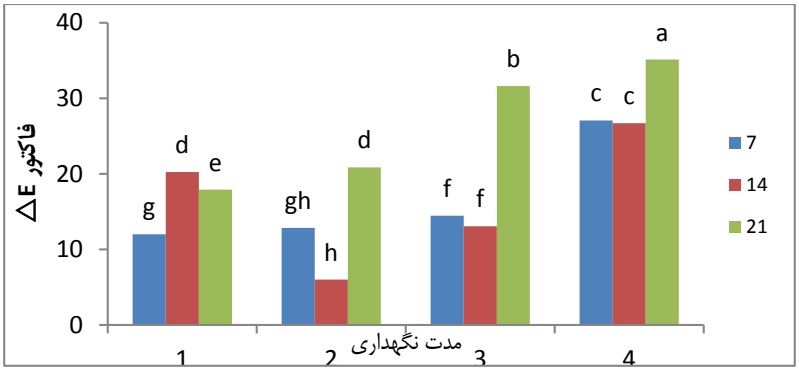


شکل ۳-تأثیر همزمان پوشش و زمان نگهداری بر روی b* نمونه های بادام سبز

۳-۳-۴- تغییرات رنگ (ΔE)

شکل ۴ نشان داد که تأثیر غلظت پوشش ها و زمان نگهداری، در سطح آماری ۹۵ درصد روی ویژگی ΔE نمونه های بادام سبز معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). بیشترین میزان ΔE مربوط به تیمار ۵ در روز ۷ و ۱۴ مشاهده شد.که در روز ۷ و ۱۴ به ترتیب مقدار و حاصل شد. این نتایج به این دلیل است که،کربوکسی متیل سلولز و صمغ آکاسیا ترکیباتی بع علت رنگی که دارند، در اوایل دوره نگهداری باعث افزایش اختلاف رنگ می شوند، اما با رشد زمان ماندگاری میزان سبزینگی آ(Chlorophyll –A)در بادام کاهش می یابددر نتیجه اختلاف رنگ نیز کاهش می یابد(Min, Zhang et al., 2004). افزایش غلظت پوشش باعث افزایش میزان تغییر رنگ پوست میوه در مدت نگهداری می شود .به عبارتی پوشش میزان تغییررنگ میوه را کاهش داده است. بین دو نوع پوشش از این نظر اختلاف معنی داری مشاهده شد. دارائی در سال ۲۰۰۸ باپوشش دهی شلیل با پوشش خوراکی بر پایه متیل سلولز به نتایج مشابه رسید یعنی پوشش تغییر رنگ میوه را تغییر داد. پوشش دهی بادام سبز باعث کاهش میزان تغییر رنگ پوست میوه در مدت نگهداری می شود. بادام سبز پو شش داده میزان تغییر رنگ پوست میوه در مدت نگهداری کمتر از نمونه بدون پوشش بود و از روز هفتم به بعددر میوه های پوشش دار کاهش معنی داری نسبت به ΔE مقدار نمونه بدون پوشش نشان داد. به عبارتی پوشش میزان تغییررنگ میوه را کاهش داده است. صحرایی خوش گردش و همکاران(۱۳۹۳) تأثیر پوشش نانوامولسیون حاوی کیتوزان بر افزایش ماندگاری سیب گلاب در مدت انبارداری بررسی کردند میزان تغییر رنگ پوست سیب گلاب

را در مدت نگهداری نشان می دهد. تغییر رنگ پوست سیب گلاب از روند مشخصی تبعیت نمی کند و به طورکلی رنگ پوست این میوه شاخص مهمی در ارزیابی ویژگی میوه در مدت انباری نیست. نتایج نشان داد که پوشش نانوامولسیون کیتوزان میزان تغییر رنگ گوشت میوه را در مدت نگهداری کمتر کرده است و در پایان زمان نگهداری پس از مرحلهٔ اوج تنفسی میزان تغییر رنگ میوهٔ بدون پوشش افزایش معنی داری نشان داده است. نشان می دهد که شاخص قهوه ای شدن گوشت میوه در سیب گلاب پس از ۴۵ روز نگهداری که مصادف است با شروع مرحلهٔ اوج تنفسی در میوهٔ پوشش دار در مقایسه با سیب شاهد کاهش معنی داری داشته است. در زمینهٔ برخی از پوشش های خوراکی دیگر نیز نتایج مشابهی به دست آمده است. پوشش های خوراکی بر پایهٔ متیل سلولز میزان تغییر رنگ میوهٔ گوجه فرنگی (Sadeghipour *et al.*, 2009) و شلیل(Mizani *et al.*, 2008) را در مدت نگهداری کاهش دادند. پوشش متیل سلولز میزان قهوه ای شدن بافت شلیل در مدت نگهداری را به طور معنی دار کاهش داد (Mizani *et al.*, 2008). نتایج مشابهی نیز دربارهٔ پرتقال تامسون و پرتقال خونی تیمارشده با پوشش نانوامولسیون کیتوزان بدون و با صمغ هندی مشاهده شد که با نتایج به دست آمده از این پژوهش مطابقت داشت(Mohammadhosseini *et al.*, 2012).



شکل ۴- تأثیر همزمان پوشش و زمان نگهداری بر روی ΔE نمونه های بادام سبز

۴-آزمون حسی

نتایج مربوط به تجزیه‌ی واریانس ارزیابی حسی بادام سبز در جدول (۲) گزارش شده است. نتایج نشان داد که تأثیر پوشش در سطح آماری ۹۵ درصد روی ویژگی‌های طعم، ظاهر، بافت و پذیرش کلی معنی‌دار بود.هم چنین نتایج نشان داد که تاثیر مدت نگهداری در سطح آماری ۹۵ درصد بر روی پارامتر طعم، ظاهر و پذیرش کل معنی دار است.

اساس افزایش غلظت کربوکسی متیل سلولز و صمغ اکاسیا باعث خواص حسی و ارگانولوپتیکی شدند؛ به طوری که در غلظتهای بالاتر از ۱٪ ارزشهای حسی بسیار شدید و در غلظت های پایین تر، افت خواص حسی بسیار شدید بود.

چین و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند طعم گوشت انبه پوشش داده شده با چیتوزان پس از ۷ روز نگهداری به طور معنی داری کاهش یافت. جیانگ و همکاران (۲۰۰۵)همچنین نشان دادند تیمار با چیتوزان قهوه ای شدن میوه ها را به چیتوزان به عنوان یک فیلم نیمه نفوذپذیر می تواند اتمسفر درونی را تغییر دهد .تغییر در نفوذپذیری آب، اکسیژن و دی اکسید کربن بنابراین، ضایعات حاصل از تبخیر کاهش می یابد، کیفیت میوه های برداشت شده حفظ می گردد و رشد کپک کاهش می یابد. با افزایش زمان ماندگاری، فعالیتهای تنفسی، اکسایشی و آنزیمی افزایش می یابد، و آب میان بافتی بادام خارج می گردد، در نتیجه بافت بادام نرم تر شده و کیفیت ظاهری زوال می یابد و از در همین راستا نتایج این آزمون با نتایج دیگر محققان مقایسه شد به طور مثال، قویدل و همکاران(۱۳۹۰) تاثیر پوششهای خوراکی ایزوله پروتئین سویا،کنستانتره پروتئین آب پنیر،کاراگینان وآلژینات را در افزایش ماندگاری سیب درختی بررسی کردند. برشهای سیب باپوشش مولسیون پیوشش داده شدندورنگ،اندیس قهوه ای شدن، استحکام بافت وارزیابی حسی درطول ۱۵ روزانبارمانی اندازه گیری شد. نتایج بدست آمده نشان داد،که استفاده ازپوششهای خوراکی مذکور موجب بهبود در ماندگاری سیب و همچنین حفظ بافت و حفظ ویژگیهای حسی درطول انبارمانی شده است. ازطرفی با افزایش بریکس و PH بادام طعم خود را از دست می دهد. نشان می دهد که با گذشت زمان کیفیت ظاهری میوه ها به طور معنی داری کاهش یافته است. نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از کاهش وزن مطابقت دارد، یعنی با گذشت زمان میوه ها آب بیشتری از دست می دهند و کیفیت ظاهری آنها نیز کاهش می یابد. منظور از بافت ، میزان تردی و شکنندگی آن هنگام جویدن می باشد که به مقدار قابل توجهی تحت تاثیر میزان رطوبت است .در صورت جذب رطوبت از محیط اطراف، مغز بافتی نرم و چسبنده پیدا خواهد کرد که از نظر مصرف کننده نامطلوب می باشد (بلقیسی و همکاران، ۱۳۸۷). میزان سفتی میوه ها در طی مدت انبارداری در مقایسه با زمان قبل از برداشت به شدت کاهش یافت. نتیجه حاکی از آن است که، ترکیب کربوکسی متیل سلولز و صمغ آکاسیا

در حضور گلیسرول تشکیل یک فیلم با نیروی بین مولکولی قوی داده و روی بادام سبزبه صورت یک سدی عمل کرده و از نفوذ اکسیژن به داخل، و از خروج رطوبت به خارج جلوگیری می نماید، در نتیجه میزان تنفس کاهش یافته و از فعالیتهای اکسایشی و نرم شدن بافت جلوگیری می نماید(Vargas et al., 2008). نورحنانی و همکاران (۲۰۱۲) بررسی کردند که سفتی در نمونه های حاوی پوشش ژلاتین بیشتر از نمونه ی شاهد بود . پوشش ژلاتین ۴٪ را موانع خوبی در برابر رطوبت اعلام کردند. لی و همکاران(۲۰۰۲) از جمله بادام زمینی های برشته و پوشش داده شده با پروتئین آب پنیر را به دلیل محتوی رطوبت بیشتر سفتتر از نمونه های شاهد بودند. بادام زمینی های پوشش دار احتمالاً به دلیل محتوی رطوبت بیشتر، سفتی بیشتری داشتند، با این حال مقصودلو و همکاران (۱۳۹۱) هیچ تفاوت معنی داری بین نمونه های حاوی پوشش کیتوزان و نمونه شاهد از نظر سفتی مشاهده نکردند، آنها دلیل این امر را مقدار رطوبت برابر در نمونه های مختلف عنوان کردند.

جدول ۲-آنالیز واریانس تأثیر پوشش و زمان نگهداری روی ارزیابی حسی بادام سبز.

منابع تغییر	مقدار F			
	طعم	ظاهر	بافت	پذیرش کلی
پوشش (A)	۹/۴۵*	۳/۴۹*	۴/۳۷*	۴/۶۲*
زمان نگهداری (B)	۴/۶۲*	۳/۹۲*	۰/۵۷^{ns}	۲/۰۲*
$A\times B$	۰/۴۸^{ns}	۰/۶۱^{ns}	۰/۸۴^{ns}	۰/۳۰^{ns}
$C.V$	۱۵/۹۶	۱۵/۶۴۹	۱۷/۱۶	۱۶/۰۲۱

* معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد، ns غیر معنی‌دار.

نتایج مقایسه میانگین ارزیابی حسی بادام سبز در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳-جدول مقایسه میانگین تأثیر پوشش و زمان نگهداری روی خصوصیات حسی بادام سبز

تیمار (پوشش)	زمان نگهداری	طعم	ظاهر	بافت	پذیرش کلی
۱	۷	۲/۸ ^{bcd}	۳/۰ ^{abc}	۲/۶ ^{ab}	۲/۸ ^{ab}
	۱۴	۲/۶ ^{bc}	۲/۶ ^{bc}	۲/۶ ^{ab}	۲/۶ ^{ab}
	۲۱	۲/۴ ^{c}	۲/۴ ^{c}	۲/۴ ^{b}	۲/۴ ^{b}
۲	۷	۳/۲ ^{bc}	۳ ^{abc}	۲/۴ ^{b}	۲/۴ ^{b}
	۱۴	۳/۰ ^{bcd}	۲/۸ ^{abc}	۳ ^{ab}	۳ ^{ab}
	۲۱	۲/۸ ^{bcd}	۳/۰ ^{abc}	۲/۸ ^{ab}	۲/۸ ^{ab}
۳	۷	۳/۴ ^{ab}	۳/۰ ^{ab}	۲/۶ ^{ab}	۲/۶ ^{ab}
	۱۴	۳/۲ ^{bc}	۲/۸ ^{abc}	۲/۶ ^{ab}	۲/۶ ^{ab}
	۲۱	۳ ^{bcd}	۲/۶ ^{bc}	۲/۴ ^{b}	۲/۴ ^{b}
۴	۷	۴/۰ ^{a}	۳/۴ ^{a}	۳/۲ ^{a}	۳/۲ ^{a}
	۱۴	۳/۲ ^{bc}	۳/۰ ^{abc}	۳/۰ ^{ab}	۳/۰ ^{ab}
	۲۱	۳/۴ ^{ab}	۳/۰ ^{abc}	۳/۰ ^{ab}	۳/۰ ^{ab}

نتیجه‌گیری

بر اساس آنالیز نتایج و توصیف داده ها مشخص گردید که با افزایش غلظت کربوکسی متیل سلولز و و صمغ آکاسیا درصد افت وزن به طور معنی داری کاهش می یابدو با رشد زمان ماندگاری درصد افت وزن به طور معنی داری افزایش می یابد. به طوری که ماکزیمم افت وزن در روز ۱۴ و ۲۱ نسبت به ، به ترتیب به میزان ۱۶۶/۹۱ ٪ و ۵۱/۴۸ ٪ کاهش نشان دادند. با رشد زمان ماندگاری PH به طور معنی داری افزایش می یابد. با افزایش غلظت کربوکسی متیل سلولز و صمغ آکاسیا باعث کاهش PH می گردد. به طوری که بیشترین میزان PH درغلظت ۱٪ کربوکسی متیل سلولز و ۱٪ آکاسیا مشاهده شد. این اساس افزایش غلظت کربوکسی متیل سلولز و صمغ آکاسیا در روز اول باعث افزایش جزئی ΔE و با رشد دوره ماندگاری و افزایش کربوکسی متیل سلولز و صمغ آکاسیا باعث کاهش معنی دار ΔE گردیدو با افزایش زمان ماندگاری ΔE به طور معنی داری افزایش یافت. بیشترین میزان ΔE در نمونه شاهد و کمترینΔE در غلظت ۲٪ کربوکسی متیل سلولز و ۱٪آکاسیا مشاهده شد. ماکزیمم ΔE در

روز ۲۱ به ترتیب مقدار حاصل شد. بر این اساس با غلظت کربوکسی متیل سلولز و صمغ آکاسیا خواص حسی و ارگانولوپتیکی بهبود یافت و با رشد زمان ماندگاری خواص حسی و ارگانولوپتیکی به طور معنی داری کاهش یافت.

منابع

- آرین پویا، ز.، داوری نژاد، غ. و نعمتی، س. ح. (۱۳۸۸)، «اثر کاربرد اتفن روی برداشت و صفات کیفی میوه آلبالو (رقم اردی جوبیلیوم)»، پژوهش های تولید گیاهی (علوم کشاورزی و طبیعی منا، ۱۶(۴): ۲۱-۳۷.
- راحمی، م. (۱۳۷۷)، «مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و جابجایی پس از برداشت میوه و سبزی ها»، چاپ دوم، شیراز، انتشارات دانشگاه شیراز.
- قویدل، ر. ط، تنوری،م، قیافه داوودی، ز، شیخ الاسلامی، م و عباسی ، م، (۱۳۹۰)، «تأثیر پوشش های خوراکی ایزوله پروتئین سویا، کنستانتره پروتئین آب پنیر،کاراگینان وآلژینات در افزایش ماندگاری سیب درختی» ، مجموعه مقالات همایش ملی صنایع غذایی قوچان.
- مستوفی، یونس، دهستانی اردکانی، مریم، رضوی، سیدهادی، (۱۳۹۰)، «اثر چیتوزان بر افزایش عمر پس از برداشت و ویژگی های کیفی انگور رقم شاهرودی»، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۸، شماره ۳۰.
- نصرالله، ن،(۱۳۹۲)، «تأثیر پوشش های خوراکی در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری میوه‌ها و سبزی‌ها»، فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره ۴۲ .
- Adetunii. C. O.. Arowora. K. A.. Fawole. O. B.. Adetunii. J. B. and Olagbaiu. A.R . (2013) . Effect of edible coatings of carboxy methyl cellulose and corn starch on cucumber stored at ambient temperature. Asian J. Agri Biol 1(3):133-140.
- AOAC.(1994). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 1111 North 19th Street, Suite 20, 16th Edi. Arlington, Virginia, USA. 22209.
- Baldwin. E.A.. Nisperos-Carriedo. M.O. and Baker. R.A. (1995). Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. Critical Review Food Science Nutrition, 35: 509-524.
- Bolin. H.R.. and Huxsoll. C.C.. (1991). Control of Minimally Processed Carrot (Daucus carota) Surface Discoloration Caused by Abrasion Peeling. Journal of food science, 56(2): 416-422.
- Characteristics of table grape “Shahroodi”. Iranian Journal of Food Science 26(4): 378-384. (In Persian)
- Cao . R.. Xue. C. & Liu. Q. (2009). Changes in microbial flora of Pacific oysters (Crassostrea gigas) during refrigerated storage and its shelf-life extension by chitosan. .International Journal of Food Microbiology, 131: 272–276.
- Ghanbarzade. B.. Almasi. H.. and Zahedi. Y. (2009). Biodegradable Edible biopolymers In Food and Drug Packaging. Tehran polytechnic University Press, 514p.
- Chien. P. J.. F. Sheu and F. H. Yang.(2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. Journal of Food Engineering 78: 225–229.
- Cochran. G. and Cox, G. (1957). Experimental Designs. John Wiley & Sons. Inc, New York, 390p.
- Cong. F.. Zhang. Y.. and Dong. W. (2007). Use of surface coatings with natamycin to improve the storability of Hami melon at ambient temperature. Postharvest Biol and Technol. 46:71–75.
- El Ghaouth. A.. Arul. J.. Ponnampalam. R. & Boulet. M.(2007). Use of chitosan coating to reduce water loss and maintain quality of cucumber and bell pepper fruits. Journal of Food Processing and Preservation, 15: 359-368.
- F El-Anany. A.M.. Hassan. G.F.A.. Rehab Ali. F.M.(2009). Effects of edible coatings on the shelf-life and quality of Anna apple (Malus domestica Borkh) during cold storage. J. Food Technol. 7. 5–11
- G. L. Olivas. . D. S. Mattinson. And G. V. Barbasa-Canovas. (2007). Alginate coating for preservation of minimally processed “Gola” apples. J postharvest Biology and Technology. 89-96.
- Guilbert. S. (1986). Technology and application of edible protective films. In: Matholouthi. M. (ed). Food Packaging and Preservation: Theory and Practice. Elsevier Applied Science Publishing Co., London. pp: 371-393.
- Hernandez-Munoz. P.. Almenar. E.. Del Valle. V.. Velez. D.. and Gavara. D.(2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (Fragaria × ananassa) quality during refrigerated storage. Food Chemistry. 110:428–435.
- Inidokht. R.. M. Asghari and H. Shirzad. (2011). The effect of chitosan on postharvest life extension and qualitative.
- In: Krochta. J.M.. Baldwin. E.A.. Nisperos-Carriedo. M.O. (Eds.). Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Technomic Publish. Co. Inc., Lancaster, USA,pp. 322–323.

- Jiang, Y., and Li, Y.(2001). Effects of chitosan coating on postharvst life and quality of longon fruit. Food Chem. 73:139-143.
- Kittur, F. S., Kumar, K. R. and Thraranathan, R. N. (1998). Functional packaging properties of chitosan films. Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchungund Forschung. 206:44 –47 .
- Lee SY, Krochta JM.,(2002). Accelerated shelf life testing of whey-protein-coated peanuts analyzed by static headspace gas chromatography. Agric Food Chem; 50: 2022–28.
- Lydakis D. and Aked J. (2003). Vapour heat treatment of Sultanina table grapes. II: Effects on postharvest quality. Postharvest Biol and Technol. 27:117-126.
- Maghsoudlou A, Maghsoudlou Y, Khomeiri M, Ghorbani M.(2013). Evaluation of anti-fungal activity of chitosan and its effect on the moisture absorption and organoleptic characteristics of pistachio nuts. J Res Innov Food Sci Technol; 1(2): 87-98 (in Persian.(
- Martin-Diana, A. B., Rico, D., Barat, J.M. and Barry-Ryan, C. (2009). Orange juices enriched with chitosan: Optimisation for extending the shelf-life. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 10:590–600
- Min, Zhang. , Gongnian, Xiao. , Guoxiang, Luo. , Jian, Peng, and Vilas, M. Salokhe . (2004). Effect of coating treatments on the extension of the shelf-life of minimally processed cucumber. Int. Agrophysics 18, 97-102.
- Mohammadhosseini, Z., Hashemi, M., Mohammadi, A., Badii, F., Ahmadi Some'e, K. (2012). Effects of chitosan based nano-emulsion coating on the changes of bioactive compounds, antioxidant
- Activity and some qualitative features of orange and blood orange during storage. MS Thesis, Shahid Beheshti University. (In Persian.(
- Mohebbi M., Ansarifar E, Hasanpour N., and Amirvousefi M. (2011). Suitability of Aloe Vera and Gum Tragacanth as Edible Coatings for Extending the Shelf Life of Button Mushroom. Food and Bioprocess Technology. p. 110
- Mizani, M., Daraei, F., Badii, F., and Gerami, A., (2009). Effect of methylcellulose edible coating on the shelf life of nectarines. Journal of Food Sciences and Nutrition. Vol. 23. (In Persian(
- Nisperos-Carriedo, M.O.,(1994). Edible coatings and films based on polysaccharides.
- Nur Hanani ZA, Roos YH, Kerry JP.(2012) Use of beef, pork and fish gelatin sources in the manufacture of films and assessment of their composition and mechanical properties, J Food Hydrocoll; 29: 144-51.
- Rong– Yu, Z., and Yao-Wen, H. (2003). Influence of hydroxypropyl/methylcellulose edible coating on fresh-keeping and storability of tomato. 4: 109-113.
- Rostami, M.A..(2008). Design, development and evaluation of a peanut sheller. Journal of Agricultural Engineering Research, 9: 1-14.
- Sadeghipour, M., Badii, F., Bahmady, H. and Bazyar, B. (2009). Effect of methylcellulose-based edible active coatings on the shelf life of tomatoes. Journal of Food Science and Technology. Number 35, Volume 9. (In Persian(
- Sang, S., Cheng X., Fu H.Y., Shieh D.E., Bai N. and Lapsley K.,(2002.) New type sesquiterpene lactone from almond hulls (Prunus amygdalus Batsch). Tetrahedron Letters, 43: 2547-2549.
- Shahidi F, Zhong, Y.(2005) Lipid oxidation: measurement methods. Bailey' s industrial oil and Fat Prodicts, 6 th ed. Vol 6. Canada: John's New Foundland, Canada: 357- 80.
- Tanada-Palmu, P. S., and Grosso, R. F. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (Fragaria ananasa) quality. Postharvest Biol. Technol . 36:199-208.
- Vargas M, Pastor C, Chiralt A, McClements DJ, & González-Martínez C. (2008). Recent Advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits, Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 48, 496-511.
- Watts, B. M. (1989). Basic Sensory Methods for food Evaluation. Translated by Ghazizadeh, M. and Razagi, A. Theran. Institute of Research Nutrtion and Food Science Publications. PP 95-114. (in Persian(
- Xu, W. T., Huang, K. L., Guo, F., Qu, W., Yang, J. J., Liang, Z. H., and Luo, Y. B.(2007). Postharvest grapefruit seed extract and chitosan treatments of table grapes to control Botrytis cinerea .Postharvest Biol. Technol. 46: 86-94.

ISSN: 2588-4255

فصلنامه علمی تخصصی مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار
سال چهارم، شماره ۱ (پیاپی: ۱۱)، بهار ۱۳۹۹

بررسی تاثیر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش آلودگی محیط زیست

سید محمدرضا حسینی علی آباد[۱]، ولی الله شیخ لاری[۲]، محمدمعین رشیدپور[۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۲/۳۱
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۲۰
کد مقاله: ۴۷۷۸۰

چکـــیده

آلودگی سال‌هاست که به یک مسئله حاد تبدیل شده است. آلودگی از منابع گوناگون شکل می‌گیرد. آلودگی هوا که در شهرهای بزرگ ایران مشاهده می‌گردد، باعث ایجاد مشکلاتی همچون تنگی نفس، سکته‌های قلب و مغز و سرطان می شود. با توجه به پیشرفت و توسعه فناوری و همچنین افزایش روزافزون جمعیت، نه تنها ایران، بلکه دنیا با مشکلی تحت عنوان آلودگی هوا و محیط زیست روبرو گردیده است. از آنجا که انرژی‌های تجدیدناپذیر باعث آلودگی زیست محیطی می‌شود و از طرفی در حال تمام شدن است، تنها راه نجات کره زمین، استفاده و بکارگیری از انرژی‌های تجدیدپذیر می باشد. انرژی‌های تجدیدپذیر نه تنها اینکه موجب کاهش آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌گردد، بلکه باعث کاهش وابستگی به نفت و حفظ محیط زیست می‌شود. هدف از انجام این تحقیق، مروری بر پیشینه تحقیقات مرتبط با موضوع تحقیق، بررسی و مطالعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد.

واژگـان کلـیدی: انرژی‌های تجدیدپذیر، آلودگی، محیط زیست

۱- دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مازندران *engineerhosseini997@yahoo.com*
۲- دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران
۳- دانشکده فنی شهید خدادادی، بندرانزلی

۱- مقدمه

بحران انرژی و آلودگی شهرهای بزرگ سال‌هاست که به یک مسئله حاد تبدیل گردیده است (Sciarretta et al, 2004). از طرفی رشد جمعیت در مقیاس جهانی باعث افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی در صنایع مختلف می‌شود. این وضعیت محیطی ناخوشایند را ایجاد می‌کند (علوی و دیبایی، ۱۳۹۸).

رشد روزافزون تقاضای انرژی، افزایش استانداردهای زندگی، گرم‌شدن بیش از حد کره زمین و در نهایت مشکلات زیست محیطی و اکولوژیکی ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی به ویژه نفت و مشتقات آن، نگرانی‌هایی را برای کشورهای مختلف ایجاد کرده است. خلأهای موجود در بهینه‌سازی مصرف انرژی، فقدان برنامه ریزی و توجه به پتانسیل‌های منطقه‌ای در تامین انرژی نقاط مختلف کشور از مهم‌ترین چالش‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور به حساب می‌آید (تناکیان و همکاران، ۱۳۹۶) (نیاجلیلی و همکاران، ۱۳۹۳).

با توجه به رشد و توسعه تکنولوژی در صنایع مختلف به‌کارگیری و تولید بهینه منابع انرژی پاک در جهان در بین جوامع پیشرفته از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. اهمیت و ارزش منابع انرژی همواره کشورهای پیشرفته را در پی پیدا کردن منابع نامحدود و با صرفه اقتصادی ترقیب کرده است. رشد شدید فناوری‌های نوین در کلیه سطوح صنایع نیاز انسان را به استفاده روزافزون از نیروی برق به عنوان یک انرژی پاک و بهینه را بر می‌شمارد (برهانی و همکاران، ۱۳۹۷). و از سوی دیگر با توجه بر اینکه مصرف انرژی‌های فسیلی علت اصلی آلودگی هوا و تغییر اقلیم است، استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر موجب کاهش آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین کاهش وابستگی به نفت، حفظ محیط زیست و در نهایت منجر به توسعه پایدار می‌شود و از سویی رویکرد اصلی توسعه پایدار در دنیا تکیه بر انرژی‌های نو و تجدیدپذیر است (حاجی‌پور و فروزان، ۱۳۹۳).

۲- پیشینه تحقیق

حسنی و همکارانش استفاده از انرژی خورشیدی را در استان سمنان امکان‌سنجی نموده‌اند. طبق نتایج بدست آمده از نرم‌افزار شبیه‌سازی PV SYST، استان سمنان شرایط استفاده از انرژی خورشیدی را دارا می‌باشد.

حسینی علی آباد و همکارانش اشاره نمودند انرژی خورشید به عنوان یک انرژی بی‌نهایت، پاک، تجدیدپذیر و مقرون به صرفه بودن می‌تواند جایگزین سوخت‌های فسیلی گردد. با استفاده از انرژی خورشیدی می‌توان مصرف انرژی و انتشار گازهای آلاینده را کاهش داد. از این رو نویسندگان بهره‌برداری از انرژی خورشیدی را در یک ساختمان دو طبقه به جهت کاهش مصرف انرژی و آلایندگی زیست محیطی پیشنهاد داده‌اند.

فراهانی علوی و همکارانش بر روی استفاده از انرژی باد در منازل مسکونی شهر نوشهر از استان مازندران به جهت کاهش مصرف انرژی تحقیق و پژوهش کرده‌اند. برای نمونه یک ساختمان با مساحت ۲۰۰ متری جهت بکارگیری از توربین‌های بادی مورد بررسی قرار دادند و طبق محاسبات، حداکثر توان قابل دستیابی، ۰/۶۷ مگاوات برای این ساختمان ارزیابی گردیده است.

نیاجلیلی و همکارانش به بررسی سرعت و قدرت باد برای بهره‌وری از این انرژی تجدیدپذیر در شهرهای لاهیجان و بندر انزلی از استان گیلان پرداختند. این نویسندگان در نهایت طبق بررسی و تحقیق پی بردند که با توجه به توانایی بهره‌وری از انرژی باد در تمام سال در شهرهای لاهیجان و بندر انزلی، می‌توان از این انرژی بهره برد.

رستمی و همکارانش استفاده از سوخت سلولی جهت کاهش آلایندگی هوا را پیشنهاد داده‌اند. این نویسندگان بیان کردند سوخت سلولی در یک مخزن با ترکیب هیدروژن تحت فشار و اکسیژنی که از هوا گرفته می‌شود، نیرو تولید می‌نماید. طی این فرآیند، برق تولید شده برای حرکت موتور استفاده می‌شود و محصول نهایی از اگزوز خودرو آب می‌باشد. همچنین اشاره نمودند ضمن اینکه از این طریق می‌توان در راستای پیشرفت تکنولوژی در خودروها قدم برداشت، کمک شایانی نیز به کاهش آلایندگی زیست محیطی می‌نماید.

عرب‌زاده و همکارانش با بیان اینکه ذخائر نفتی جهان تا چهل سال دیگر به پایان خواهد رسید، وظیفه ما در این امر خطیر افزایش ذخایر انرژی است. از این رو این نویسندگان به بررسی انرژی هیدروژن و پیل‌های سوختی پرداختند.

فدائی و همکاران و همچنین در مقاله‌ای دیگر اسکندری شعبانی و مکی بیان نمودند نیروی برق آبی با ایجاد انرژی الکتریکی بدون سوزاندن سوخت‌ها از ایجاد آلوده کننده‌های متصاعد شده از سوختن سوخت‌های فسیلی مانند دی اکسید گوگرد، اسید نیتریک، منوکسید کربن، گرد و غبار و سرب موجود در ذغال سنگ جلوگیری می‌نماید و همچنین نیروگاه برق آبی به لحاظ حفظ محیط زیست و ذخایر آبی، یاری رسان هستند.

عرب‌زاده و همکاران، ناطق‌پور و اشجاری، در باب انرژی زمین گرمایی بیان نمودند انرژی از مهم‌ترین کار مایه‌ها و اصلی ترین نیروی اساسی زندگی بشری محسوب گشته و تاریخ تمدن بشری بر بنیاد ابداعات و کشفیات در جهت تبدیل انرژی‌های مختلف به یکدیگر شکل گرفته است. زمین، منبعی سرشار از انرژی حرارتی پاک و سازگار با محیط زیست است که تحت عنوان

انرژی زمین گرمایی، مورد بهره‌وری و بهره‌برداری قرار می‌گیرد. انرژی زمین گرمایی انرژی حرارتی ذخیره شده در پوسته جامد زمین است که از گرمای مواد مذاب و تخریب مواد رادیواکتیو موجود در اعماق زمین به دست می‌آید. به عبارتی انرژی زمین گرمایی به گرمایی گفته می‌شود که به صورت طبیعی در زیر زمین وجود دارد و می‌توان آن را به انرژی مورد نیاز بشر تبدیل نمود.

ایزدیاری به بررسی زیست توده (بیومس) پرداخت. همچنین این نویسنده عنوان کرد بیومس مهم‌ترین منبع تجدیدپذیر جهت تولید انرژی و کاهش آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی محسوب می‌شود. امیلیان و همکارانش اشاره کردند که انرژی زیست توده می‌تواند یکی از گزینه‌های مناسب برای جایگزینی با سوخت‌های فسیلی باشد. این نویسندگان منابع زیست توده را در استان خراسان رضوی که به عنوان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی، دام و طیور ایران است، ارزیابی نمودند. نتایج ارزیابی‌ها بدین صورت می‌باشد که استان خراسان رضوی با میانگین تولید سالانه حدود ۷/۳ مگاتن زیست توده در بخش زراعی امکان تولید PJ3/42 انرژی دارد. همچنین با استحصال پسماند بخش دام و طیور به ویژه گاوهای شیری می‌توان تقریبا معادل PJ5 انرژی تامین کرد.

علاسوند و کنعان بیان نمودند که انرژی موج یک منبع تجدیدشونده است. این انرژی پس از استخراج و استحصال دوباره توسط برهم کنش باد با سطح اقیانوس جبران می‌شود. از طرفی محقق و پژوهشگری به نام کتابداری بر روی امکان‌سنجی جذب انرژی از امواج در آب‌های دریاهای ایران تحقیق و بیان نمود که استفاده غیر متعارف از سوخت‌های فسیلی همین باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای و آلودگی شدید شهرها گردیده است. دریاها و اقیانوس‌ها از منابع پاک، ارزان و بازگشت پذیر انرژی غیر فسیلی هستند. همچنین این نویسنده عنوان کرد کشور ایران با توجه به مرزهای گسترده آبی در شمال و جنوب دسترسی مناسبی به منابع بازگشت پذیر انرژی دریاها دارد. اما علی‌رغم این پتانسیل بررسی‌های کارشناسی و تحقیقاتی در این زمینه هنوز صورت نگرفته است.

ترابی آزاد و همکارانش به بررسی استحصال انرژی جزر و مد در بندر امام خمینی پرداختند. به بیان این نویسندگان، ایران دارای بیش از ۲۰۰۰ کیلومتر سواحل در جنوب کشور می‌باشد که حد ارتفاع جزر و مد در این سواحل از ۲ تا ۶ متر است. آن‌ها به این علت بندر امام خمینی را جهت استحصال از انرژی جزر و مد انتخاب کردند که در این منطقه با توجه به سرعت بالای سرعت جریان‌های جزر و مدی و همچنین به دلیل ارتفاع کشند نسبت به سایر مناطق کشور می‌توان تا حدودی از سرمایه عظیم کشند استفاده نمود و همچنین از این انرژی می‌توان برای سوخت هیدروژونی پاک و برای برق بندر و آب شیرین‌کن نیز استفاده کرد.

دادجو و همکاران بر روی طراحی و ساخت نیروگاه توسط انرژی موج تولیدی توسط جزر و مد آب‌های سطح زمین تحقیق نموده‌اند. این نویسندگان طراحی را توسط نرم‌افزار CREO انجام دادند. و طبق ارزیابی شان، بازده این نیروگاه ساخته شده ۳۵ درصد بوده و سرعت محور آن نیز ۲۰۰ می‌باشد.

۳- اهداف تحقیق

- مروری بر پیشینه تحقیقات مرتبط با موضوع تحقیق
- بررسی و مطالعه انرژی‌های تجدیدپذیر

۴- روش تحقیق

روش تحقیق حاضر با مراجعه به منابع مکتوب اعم از مقالات معتبر (داخلی و خارجی)، کتاب و وب‌سایت تهیه و تنظیم گردیده است.

۵- مطالعه و بررسی انرژی‌های تجدیدپذیر

۵-۱- انرژی خورشیدی[1]

۵-۱-۱- انرژی خورشیدی و مزایای آن

خورشید نه تنها خود منبع عظیم انرژی است، بلکه سرآغاز حیات و منشا تمام انرژی‌های دیگر است. طبق برآوردهای علمی در حدود ۶۰۰۰ میلیون سال از تولد این گوی آتشین می‌گذرد و در هر ثانیه ۴/۲ میلیون تن از جرم خورشید به انرژی تبدیل می‌شود. با توجه به وزن خورشید که حدود ۳۳۳ هزار برابر وزن زمین است. این کره نورانی را می‌توان به عنوان منبع عظیم انرژی تا ۵ میلیارد سال آینده به حساب آورد. زمین در فاصله ۱۵۰ میلیون کیلومتری خورشید واقع است و ۸ دقیقه و ۱۸ ثانیه طول می‌کشد تا نور خورشید به زمین برسد(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷).

[1] Solar Energy

جالب است بدانیم که سوخت‌های فسیلی ذخیره شده در اعماق زمین، انرژی‌های باد و آبشار و امواج دریاها و بسیاری موارد دیگر انرژی دریافتی خود را از خورشید می‌گیرند. شناخت انرژی خورشید و استفاده از آن برای منظورهای مختلف به زمان ما قبل تاریخ باز می‌گردد؛ شاید به دوران سفالگری. در آن هنگام روحانیون معابد به کمک جام‌های بزرگ طلایی صیقل داده شده و اشعه خورشید، آتشدان‌های محراب‌ها را روشن می‌کردند. یکی از فراعنه مصر معبدی ساخته بود که با طلوع خورشید درب آن باز و با غروب خورشید درب بسته می‌شد. ولی مهم‌ترین روایتی که درباره استفاده از خورشید بهین شده، داستان ارشمیدس دانشمند و مخترع بزرگ یونان قدیم می‌باشد که ناوگان روم را با استفاده از انرژی حرارتی خورشید به آتش کشید. در ایران نیز معماری سنتی ایرانیان باستان نشان دهنده توجه خاص آنان در استفاده صحیح و موثر از انرژی خورشید در زمان‌های قدیم بوده است و با وجود آنکه انرژی خورشید و مزایای آن در قرون گذشته به خوبی شناخته شده بود ولی بالا بودن هزینه اولیه چنین سیستم‌هایی از یک طرف و عرضه نفت و گاز ارزان از طرف دیگر، سد راه پیشرفت این سیستم‌ها شده بود تا اینکه افزایش قیمت نفت در سال ۱۹۷۳ باعث شد که کشورهای پیشرفته صنعتی مجبور شدند به مسئله تولید انرژی از راه‌های دیگر (غیر از سوخت‌های فسیلی) توجه جدی‌تری نمایند. در عصر حاضر از انرژی خورشیدی توسط سیستم‌های مختلف و برای مقاصد متفاوت استفاده و بهره‌گیری می‌شود که عبارتند از(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷):

۱)استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای مصارف خانگی، صنعتی و نیروگاهی

۲)تبدیل مستقیم نور حاصل از پرتوهای خورشید به الکتریسیته به وسیله تجهیزاتی به نام فتوولتاییکی این بخش از کاربردهای انرژی خورشیدی شامل دو گروه کاربردهای نیروگاهی و غیر نیروگاهی می‌باشد.

کاربرد نیروگاهی: تاسیساتی که با استفاده از آن‌ها انرژی جذب شده حرارتی خورشید به الکتریسیته تبدیل می‌شود، نیروگاه حرارتی خورشیدی نامیده می‌شود. کاربردهای غیر نیروگاهی از انرژی حرارتی خورشید شامل موارد متعددی می‌باشد که اهم آن‌ها عبارتند از: آبگرمکن و حمام خورشیدی، سرمایش و گرمایش خورشیدی، آب شیرین کن خورشیدی، خشک کن خورشیدی، اجاق خورشیدی، کوره‌های خورشیدی و خانه‌های خورشیدی(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷).

خورشید، گوی غول پیکر درخشانی در وسط منظومه شمسی و تامین کننده نور، گرما و انرژی‌های دیگر زمین است. تقریبا تمامی منابع انرژی روی زمین به وسیله خورشید تامین می‌گردد. فقط انرژی اتمی، انرژی داخل زمین و آن قسمتی از انرژی جزر و مد که به وسیله نیروی جاذبه ماه می‌باشد به وسیله خورشید تامین نمی‌شود(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷). مزایای انرژی خورشیدی عبارتند از:

۱)تجدیدپذیر بودن: انرژی خورشید یک منبع بی‌پایان است و از بین نمی‌رود؛ و تا زمانی که خورشید همچنان در حال تابش است امکان استفاده از این انرژی وجود دارد و دانشمندان عمر خورشید را حدود ۵/۶ میلیارد سال تخمین زده‌اند(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷. Görig and Breyer, 2016).

۲)قابلیت دسترسی: انرژی خورشیدی در همه جای دنیا یافت می‌شود و فقط مختص کشورهای استوایی نیست، بلکه سایر کشورها نیز با بکارگیری از تکنولوژی‌های نوین در استفاده از این انرژی می‌توانند از آن بهره‌مند شوند. به طور مثال می‌توان گفت که یکی از کشورهای با ظرفیت بالا توان خورشیدی، آلمان است(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷. Görig and Breyer, 2016)

۳)دوستدار و حفظ سلامت محیط زیست: استفاده از انرژی خورشیدی در کل آلودگی به همراه ندارد. هر چند که مقدار آلودگی در اثر ساخت، انتقال و نصب نیروگاه‌های خورشیدی وجود دارد، اما میزان آن‌ها در مقابل نیروگاه‌های سوخت فسیلی متداول بسیار کم است و از این رو انتشار گازهای گلخانه‌ای را به حداقل می‌رسانند(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷. Kabir et al, 2018).

۴)کاهش هزینه برق مصرفی: استفاده از انرژی خورشیدی موجب شده تا نیاز به استفاده از شبکه‌های برق مصرفی کاهش پیدا نماید و صاحبان خانه‌های مسکونی در صورتی که امکانات شبکه‌ای آن وجود داشته باشد می‌توانند میزان برق تولیدی مازاد بر مصرف خود را به شبکه فروخته و در مقابل تعرفه‌های مصوب را دریافت نمایند. این بدین معنی است که صاحبان خانه می‌توانند هزینه برق مصرفی خود را به شدت کاهش دهند(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷. Machol and Rizk, 2013).

۵-۱-۲- موقعیت کشور ایران از نظر میزان دریافت انرژی خورشیدی

ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته که این منطقه به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط زمین در بالاترین رده‌ها قرار دارد؛ به نحوی که میزان تابشی خورشید در ایران ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلو وات ساعت بر مترمربع تخمین زده شده است که بسیار بالاتر از متوسط جهانی است. همچنین به طور متوسط سالیانه بیش از ۳۰۰ روز آفتابی در ایران گزارش شده است. که بسیار قابل توجه است این آمار نشان دهنده پتانسیل بسیار بالای کشورمان در جهت استفاده از انرژی خورشید می‌باشد. کشور ایران به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی و امکان استفاده از این انرژی جهت تامین نیازهای خود بسیار غنی است و دریافتی انرژی خورشیدی در آن حدود ۴۰۰۰ برابر انرژی مصرفی آن می‌باشد. می‌توان اکثر نیازهای کشور را با استفاده از منبع انرژی خورشیدی تامین نمود(مسائلی، ۱۳۹۷).

۵-۲- انرژی بادی[1]

۵-۲-۱- تاریخچه

بشر از زمان‌های بسیار دور انرژی باد را به شیوه‌های مختلف بکار گرفته است. ایرانیان اولین کسانی بودند که در حدود ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح برای آرد کردن غلات از آسیاب‌های بادی استفاده کرده‌اند که امروزه آثار آن در نواحی خواف و تایباد در شرق کشور به چشم می‌خورد. همچنین مصریان باستان از نیروی باد برای راندن کشتی‌های خود روی رودخانه نیل استفاده کردند. در قرن هفدهم میلاد، مردم هلند طرح پایه آسیاب‌های بادی را بهبود دادند. همین امر باعث شد تا این کشور در زمره غنی‌ترین و صنعتی‌ترین کشورهای اروپا قرار گیرد. برخی از کشورها آسیاب‌های بادی را برای آسیاب گندم و ذرت، پمپ کردن آب و قطع درختان استفاده کرده‌اند. در آغاز قرن بیستم اولین توربین‌های بادی سریع و مدرن ساخته شد. امروزه فعال‌ترین کشورها در این زمینه آلمان، ایتالیا، آمریکا، دانمارک و هند می‌باشند (توکلیان و ارشاد، ۱۳۹۷).

۵-۲-۲- انرژی باد

انرژی باد، انرژی حاصل از هوای متحرک می‌باشد. هنگامی که تابش خورشید به طور نامساوی به سطوح ناهموار زمین می‌رسد سبب ایجاد تغییرات دما و فشار می‌گردد و در اثر این تغییرات باد به وجود می‌آید. همچنین اتمسفر کره زمین به دلیل حرکت وضعی زمین، گرما را از مناطق گرمسیری به مناطق قطبی انتقال می‌دهد که این امر نیز باعث به وجود آمدن باد می‌گردد. جریانات اقیانوسی نیز به صورت مشابه عمل نموده و عامل ۳۰٪ انتقال حرارت کلی در جهان می‌باشند. در مقیاس جهانی این جریانات اتمسفری به صورت یک عامل قوی جهت انتقال حرارت و گرما عمل می‌نمایند. دوران کره زمین نیز می‌تواند در برقراری الگوهای نیمه دائم جریانات سیاره‌ای در اتمسفر، انرژی مضاعف ایجاد نماید. انرژی باد در بین انرژی‌های تجدید پذیر یکی از بهترین و اقتصادی‌ترین روش‌های تولید برق می‌باشد که آلودگی زیست محیطی در پی نداشته و پایان ناپذیر نیز می‌باشد. طبق آمار موجود تولید یک کیلووات ساعت انرژی برق بادی از انتشار آلاینده‌های زیست محیطی به شرح زیر جلوگیری می‌نماید (نظری و همکاران، ۱۳۹۲).

گرم ۸۵۰ = CO_2 (دی اکسید کربن) — گرم ۲/۶ = NOX (اکسید نیتروژن)

گرم ۲/۹ = SO_2 (دی اکسید گوگرد) — گرم ۰/۱ = خاک گرم ۵۵ = خاکستر

به طور کلی با جایگزینی انرژی برق بادی به جای انرژی برق تولیدی از نیروگاه‌های سوخت فسیلی می‌توان از انتشار گازهای گلخانه‌ای کاست. از طرف دیگر جاذبه‌های طبیعی و چشم‌انداز سیستم‌های انرژی بادی نمادی از انرژی پاک برای مردم تلقی می‌گردند.

۵-۲-۳- توربین بادی

توربین بادی به طور کلی ماشینی است که انرژی باد را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نماید. با توجه به شکل۱، تیغه یا پره‌ی توربین بادی مانند بال هواپیما کار می‌کند. همان طور که هوا از هر دو طرف پره عبور می‌کند، شکل پره باعث می‌شود که فشار هوا در دو طرف پره نامتوازن شود و همین باعث چرخیدن پره‌ها به دورِ روتور توربین می‌شود. در بالای توربین‌های بادی، یک بادنما و بادسنج قرار می‌گیرد که به کامپیوتری متصل است و توربین بر اساس اطلاعات بادنما، جهت خود را به سوی باد عوض می‌کند. پره‌ها به یک روتور متصل شده‌اند که در هر دقیقه در حدود ۱۸ بار می‌چرخد، اما این میزان دور، به اندازه‌ای نیست که برای تولید برق کافی باشد. بنابراین، شفت اصلی یک سری چرخ‌دنده‌ها را می‌چرخاند که میزان دور در دقیقه را به حدود ۱۸۰۰ افزایش می‌دهد و در این سرعت است که ژنراتور می‌تواند شروع به تولید برق کند. معمولا هر چه توربین‌های بادی بزرگتر باشند یا در ارتفاعات بالاتری قرار گرفته باشند، توان بالاتری دارند (برگرفته از وب سایت، irimo.ir).

شکل۱- نمای کلی از توربین بادی

[1] Wind Energy

۵-۲-۴- اصول سه گانه حاکم بر جریان باد

آگاهی نسبت به وزش و شدت بادهای موجود در منطقه می‌تواند به طراحان در جهت استفاده بهینه از این منبع طبیعی کمک نماید. اما اگر دسترسی به اطلاعات باد منطقه مقدور نباشد، طراح می‌تواند جهت و سرعت باد را با استفاده از اصول سه گانه‌ای که بر جریان باد حکم فرما است و همین طور با آگاهی نسبت به تاثیر متاقبل باد بر فرم‌های ساختمانی و طبیعی و تاثیر فرم‌های بر ایجاد باد در مقیاس خرد اقلیم تخمین بزند (نوری کزج و افشین مهر، ۱۳۹۷). اصول اول: ۱-سرعت باد در سطح زمین به دلیل اصطکاک کمتر است و هر چه از سطح زمین بالاتر رویم سرعت باد نیز بیشتر می‌شود. ۲-کاهش سرعت باد در سطح زمین، به علت ناهمواری‌های آن است. بنابراین منحنی‌های سرعت باد برای اراضی مختلف کاملا متفاوت است. اصول دوم: باد در برخورد با موانع جهت خود را حفظ می‌کند. بنابراین موانع را دور می‌زند. اصول سوم: باد از مناطق با فشار بالا به سمت مناطق با فشار پایین جریان می‌یابد.

۵-۳- انرژی هیدروژن[1]

۵-۳-۱- هیدروژن

هیدروژن (H_2) از برخی مواد خام نظیر گاز طبیعی، زغال سنگ و آب بدست می‌آیند. فرآیندهای مختلفی برای تولید هیدروژن انجام می‌شود، یکی از این روش‌ها بازساخت بخار گاز طبیعی است که در حال حاضر اقتصادی‌ترین راه تولید هیدروژن می‌باشد، الکترولیز آب و تبدیل زغال سنگ به گاز که در نتیجه آن CO_2 نیز تولید می‌شود از راه‌های دیگر تولید هیدروژن می‌باشد. هیدروژن گازی بی رنگ، بی بو و غیر سمی است، شعله‌های هیدروژن نامرئی و بدون دود هستند. از آنجا که در محصولات احتراق هیدروژن همانند هیدروکربن‌ها مواد کربن‌دار از قبیل HC ، CO و CO_2 یافت نمی‌شود، پتانسیل گرمایش جهانی هیدروژن در مقایسه با سوخت‌های پایه هیدروکربنی قابل اغماض است (نورپور و آقاخانی، ۱۳۹۴).

سه روش ذخیره سازی هیدروژن عبارتند از: ۱) نگهداری به صورت مایع در دمای $253^{\circ}C$- در مخازن برودتی؛ ۲) به صورت هیدرید فلزات، مانند هیدرید آهن – تیتانیوم $FeTiH_2$ ؛ ۳) به حالت گاز تحت فشار ۲۰ تا ۷۰ MPa . هیدرید به محض گرم شدن توسط یک منبع حرارتی، از خود هیدروژن آزاد می‌کند، مانند سیستم اگزوز خودروها. متداول‌ترین روش‌های ذخیره سازی، ذخیره به صورت سوخت مایع و نیز استفاده از هیدرید فلزات می‌باشد، قابلیت ذخیره سازی حجمی این دو روش همانند یکدیگر است. حجم مورد نیاز برای ذخیره انرژی یکسان در این دو روش حدود ۱۰ برابر فضایی است که ۵ گالن بنزین اشتعال می‌کند. بنابراین برای استحصال انرژی معادل ۵ گالن بنزین، ۵۵ گالن هیدروژن فشرده مورد نیاز است (نورپور و آقاخانی، ۱۳۹۴).

هیدروژن فشرده تحت فشار MPa 70 دارای یک سوم چگالی انرژی گاز طبیعی فشرده است، همچنین چگالی انرژی حجمی هیدروژن مایع، یک چهارم بنزین است. استفاده از هیدروژن مایع بسیار گران است، چرا که مایع کردن هیدروژن تا دمای $20^{\circ}K$- نیازمند صرف انرژی‌ای تقریبا برابر با انرژی هیدروژن مایع است. اگر در چندراهه ورودی، هیدروژن با هوا ترکیب شود حجم هیدروژن ۳۰٪ حجم مخلوط ورودی در شرایط استوکیومتری خواهد بود که باعث کاهش بازده تنفسی می‌شود. عدد اکتان هیدروژن ۱۰۶ است، این عدد اکتان اجازه می‌دهد از نسبت‌های تراکم بالاتر نیز استفاده کنیم (نورپور و آقاخانی، ۱۳۹۴).

۵-۳-۲- پیل سوختی[2]

پیل سوختی یک مبدل انرژی الکتروشیمیایی می‌باشد که از سه جز اصلی آند، کاتد و الکترولیت تشکیل شده است. پیل‌های سوختی شبیه به باتری هستند به طوری که از طریق واکنش الکتروشیمیایی و بدون احتراق مستقیم سوخت برق DC تولید می‌کنند. عموما یک پیل سوختی هیدروژن و اکسیژن را به صورت الکتروشیمیایی واکنش می‌دهد و محصول واکنش آب و الکتریسیته و گرما می‌باشد. این فرآیند شامل عبور سوخت دارای پایه هیدروژن بر روی آند می‌باشد به طوری که یک واکنش کاتالیستی اتفاق می‌افتد و سوخت را به دو جز یون‌ها و الکترون‌ها تبدیل می‌کند. در سمت آند گاز هیدروژن یونیزه شده و طی واکنش گرمازا الکترون و یون H^+ تولید می‌کند. یون‌ها از آند و از طریق الکترولیت به سمت کاتد غنی از اکسیژن می‌روند. در سمت کاتد اکسیژن با الکترون‌های گرفته شده از الکترود و یون‌های H^+ منتقل شده توسط الکترولیت واکنش داده و آب تولید می‌کند. برای اینکه واکنش‌ها به صورت همزمان اتفاق بیفتد، الکترون‌های تولید شده در سمت آند باید از یک مدار الکتریکی به سمت کاتد حرکت کنند. عملکرد یک پیل سوختی می‌تواند توسط تابع گیبس تحلیل شود. انرژی آزاد گیبس یک واکنش، مشخص کننده ماکزیمم کاری است که از ترکیب دو ماده در یک واکنش شیمیایی می‌توان به دست آورد. ماکزیمم کار تئوری اختلاف انرژی آزاد گیبس واکنش دهنده‌ها و محصولات واکنش شیمیایی است (افشاری، ۱۳۹۳).

---

[1] Hydrogen Energy

[2] Fuel cell

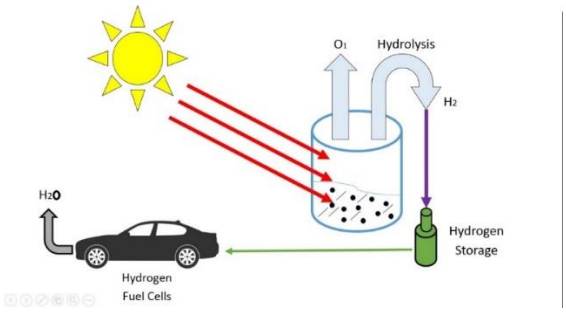
$$w_{max} = G_{react} - G_{prod} \quad (۱)$$

راندمان وسایل تبدیل انرژی به صورت نسبت انرژی مفید خروجی به انرژی ورودی تعریف می‌شود. در مورد پیل سوختی، انرژی مفید خروجی، انرژی الکتریکی و گرمایی است و انرژی ورودی انتالپی هیدروژن است. با فرض که کل انرژی آزاد گیبس به انرژی الکتریکی تبدیل شود، ماکزیمم راندمان تئوری پیل برابر است با (افشاری، ۱۳۹۳):

$$F.C = \frac{\Delta G}{\Delta H}\eta \quad (۲)$$

راندمان کل یک پیل سوختی در حالت ایده‌آل عموما بین ۸۲-۹۴ درصد است که البته به دلیل تلفات اهمی ناشی از قطبش اکتیواسیون راندمان آن کمتر می‌شود.

سوخت سلولی می‌تواند با راندمان بالاتر از موتورهای احتراقی کار نماید و انرژی شیمیایی در سوخت را به انرژی الکتریکی با کارایی ۶۰٪ تبدیل نماید. بازده خروجی اگزوز در سوخت سلولی تنها آب می‌باشد، لذا هیچ انتشار دی اکسید کربن در این سوخت وجود ندارد و همین امر باعث می‌گردد تا هوا دچار آلایندگی نگردد. سوخت سلولی مزایایی همچون: انتشار کم به مقدار صفر، بازدهی بالا، قابلیت اطمینان، انعطاف پذیری سوخت، امنیت انرژی، طول عمر، مقیاس پذیری و عملیات آرام دارد. خودروها با سوخت سلولی می‌توانند باعث کاهش آلایندگی هوا گردند و زندگی سالم و پاکی محیط زیست را به مردم تحویل دهند. در شکل ۲ فرآیند چرخه تولید سوخت هیدروژن (سوخت سلولی) نمایش داده شده است (رستمی و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل۲- چکیده فرآیند چرخه تولید سوخت سلولی

۵-۴- انرژی امواج[1]

دریاها، یکی از منابع مهم انرژی می‌باشند. هر کشور در صورت دارا بودن آب‌های وسیع و بهره‌برداری موثر از آن‌ها، می‌تواند بخشی قابل توجه از انرژی مورد نیاز خود را از دریاها تامین کند (عباسیان، ۱۳۹۱).

با توجه به وضعیت جغرافیایی کشور ما و داشتن مرزهای آبی طولانی در شمال و جنوب زمینه‌های تحقیقاتی بسیاری در این مورد وجود دارد. انرژی موج دارای مزایایی مانند تجدیدپذیری، فراوانی انرژی، طبیعی بودن این انرژی، کاهش وابستگی به انرژی فسیلی، عدم آلودگی محیط زیست توسط آن، پایداری و سازگاری آن با محیط، قابلیت تمرکز بالا، قابلیت نصب تجهیزات، پراکندگی و فراوانی انرژی موج را دارا هستند (کتابداری، ۱۳۸۶).

شاید بتوان انرژی امواج را ملموس‌ترین انرژی موجود در دریاها به حساب آورد. یکی از مزایای این انرژی، چگالی انرژی بالای آن نسبت به سایر انرژی‌های بدست آمده از خورشید است. همچنین، دسترسی پذیری انرژی موج خیلی بیشتر از سایر انواع انرژی‌های تجدیدپذیر است. بعلاوه، بر خلاف انرژی‌های خورشیدی و بادی، به منظور استخراج انرژی موج نیازی به زمین‌های بزرگ نیست و این انرژی بیشتر در مکان‌هایی نظیر جزایر دوردست که به شبکه برق سراسری متصل نیستند، در دسترس است (کتابداری و سلیمانی، ۱۳۹۴).

امواج در اثر انتقال انرژی از باد به آب به وجود می‌آیند، در واقع باد که اثر اختلاف دمای زمین تولید شده، قسمتی از انرژی‌اش با وزش روی محیط‌های آبی تبدیل به انرژی موج می‌گردد. شدت این انتقال انرژی به سرعت باد و طول مسافتی که در آن باد با سطح آب در تماس بوده بستگی دارد. این مسافت میدان وزش باد، موج‌گاه (Fetch) نامیده می‌شود. کیزان انرژی منتقل شده به موج، بستگی به سرعت باد، مدت زمان برای هر وزش باد و فاصله‌ای که باد روی آب می‌وزد (طول بادگیر) دارد. موج دارای انرژی جنبشی و پتانسیلی می‌باشد و انرژی آن از طریق اصطکاک و اغتشاش (Turbulence) تلف می‌شود. نرخ این اتلاف به ویژگی‌های امواج و عمق آب بستگی دارد. موج‌های بزرگ در آب‌های عمیق انرژی خود را به آسانی از دست نمی‌دهند. انرژی موج یک منبع تجدید شونده است این انرژی پس از استخراج و استحصال دوباره توسط برهم‌کنش باد با سطح اقیانوس جبران می‌شود. همان طور که انرژی‌های فسیلی در قرن بیستم موجب تحولات عظیمی شده است، برای قرن‌های آینده نیز انرژی از محورهای

[1] Wave Energy

اصلی توسعه فناوری خواهد بود. محققان معتقدند استفاده از برخی از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، در مقایسه با انرژی‌های فسیلی نیاز به فناوری‌های پیچیده و پرهزینه ندارد، لذا برای کشورهای در حال توسعه از جاذبه‌ای بیشتر برخوردار است. از جهتی دیگر تقاضای جهانی برای انرژی‌های تجدید پذیر در طول سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ افزایش یافته است و با توجه به بحران‌های اخیر توجه به این منابع اهمیت زیادی یافته است (علاسوند و کنعان، ۱۳۹۲).

۵-۴-۱- باد و امواج

باد عامل اصلی به وجود آوردن موج است. شدیدترین بادها بین عرض‌های جغرافیایی ۴۰ تا ۶۰ درجه، در هر دو نیمکره شمالی و جنوبی می‌وزند. هم‌چنین بادهایی با سرعت کم‌تر بین عرض‌های جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی و جنوبی می‌وزند، که به علت نظم نسبی، شرایط بالقوه را ایجاد می‌کنند. بادهای موسمی که در سواحل دریای عمان نیز مشاهده می‌شوند از این دسته هستند. سواحل انگلستان، غرب آمریکای شمالی و سواحل نیوزلند، از نقاط پر موج جهان هستند (علاسوند و کنعان، ۱۳۹۲).

۵-۴-۲- روش‌های کاربردی استحصال انرژی امواج

کوشش‌های جدی برای جذب انرژی امواج از دهه ۷۰ شروع شده است و در برخی کشورهای جهان ماشین‌آلات مختلفی برای این منظور طراحی و ساخته شده است.

در طراحی سیستم‌های استحصال انرژی امواج دریاها و اقیانوس‌ها، از ویژگی‌های مختلف موج مانند بالاروی موج، پایین روی موج، ضربه‌زنی موج، فشار هیدرولیکی، حرکت نوسانی خاصیت جاری بودن موج و ... استفاده می‌شود.

حال به بررسی انواع روش‌ها برای بدست آوردن انرژی از امواج دریا می‌پردازیم (علاسوند و کنعان، ۱۳۹۲):

الف) SDE: این سیستم شامل جک‌های هیدرولیکی و صفحه موجی می‌باشد جک‌ها متصل به صفحه سوار بر موج می‌باشند. با برخورد امواج به این صفحه آن را بالا و پایین می‌برند در این حالت بازوهای هیدرولیکی به حرکت درآمده و به صورت مکانیکی باعث چرخش ژنراتور و تولید الکتریسیته می‌شوند. افزایش توان این سیستم با افزایش صفحات موجی ارتباط مستقیم دارد.

شکل۳- روش SDE برای استحصال انرژی از امواج دریا

ب) CETO: دستگاهی دارای ویژگی‌های خاص است. مهم‌ترین مزیت آن قرار گرفتن در کف دریا، در فاصله مناسب از ساحل می‌باشد، که باعث می‌شود تا از طوفان‌های دریایی و برخورد قایق‌ها با آن در امان باشد. با عبور موج از قسمت پیستونی شکل سیستم که به یک جک متصل است، فشار ناشی از موج، باعث پایین رفتن پیستون و جک متصل به آن می‌شود. جک، مایع درون خود را به طرف توربین و ژنراتور هدایت کرده و باعث ایجاد انرژی الکتریسیته می‌شود. کارایی دیگر این سیستم هدایت آب دریا به وسیله جک متصل به پیستون به سمت فیلتر مخصوص در ساحل می‌باشد. این فیلتر طبق پدیده اسمز، عمل شیرین کردن آب دریا را انجام می‌دهد.

ج)AW-Energy : در طراحی این سیستم از یک سری صفحات که خاصیت عقب و جلو رفتن در حول محور خود را دارند استفاده شده است. این صفحات در کف دریا قرار می‌گیرند بنابراین از برخورد شناورها و طوفان اقیانوسی در امان می‌باشند. در پشت هر صفحه یک سیستم هیدرولیکی طراحی شده که با عقب و جلو رفتن صفحات، تولید نیرو می‌شود. این نیرو می‌تواند به وسیله مایع هیدرولیک به یک ژنراتور که در ساحل قرار گرفته است منتقل و تولید الکتریسیته کند.

شکل۴- نمایی از روش AW-Energy برای استحصال انرژی از امواج دریا

د) C-Wave Power: این سیستم طراحی شده از یک سری صفحات باله مانند تشکیل شده که به وسیله سیستم مکانیکی به هم وصل شده‌اند و بر روی بالشتک‌های شناور قرار گرفته‌اند. طراحی این سیستم، برای آب‌های عمیق می‌باشد که امواج تقریباً بدون شکست حرکت می‌کنند. با عبور موج از این باله‌ها سیستم مکانیکی متصل به آن فعال شده و تولید قدرت

می‌کند. نقطه ضعف این سیستم در برابر طوفان اقیانوس می‌باشد و نقطه قوت آن داشتن سیستم ساده است. انرژی مکانیکی حاصل را می‌توان به یک ژنراتور منتقل کرد.

ح) Wave Energy: در این مدل از قدرت بالاروی (wave up) امواج استفاده شده است. برای این کار از یک سازه مخصوص شبیه موج‌شکن استفاده می‌شود، در داخل این سازه که می‌توان صخره طبیعی در کنار ساحل می‌باشد، دو مجرا برای ورود و خروج آب درست شده است. به گونه‌ای که موج پس از برخورد به آن وارد مجرای بالایی شده و با پس‌روی موج، آب را درون سازه به مجرای پایین می‌رود و در این فاصله توربین را می‌چرخاند و از مجرای پایین به دریا می‌ریزد.

و) Wave plane: این سیستم به حالت شناور روی آب باقی می‌ماند و با دارا بودن باله مخصوص، خود را در جهت مناسب حرکت امواج قرار می‌دهد. موج از درون مجراها ساخته شده در آن، در جهت افق عبور می‌کند و ضمن عبور توربین را چرخانده و با چرخش ژنراتور متصل به آن انرژی الکتریسیته تولید می‌کند. در این سیستم از حالت جاری بودن موج استفاده شده است.

ظ) OWC: این سیستم از نوسانات ستون آب بهره می‌گیرد. در آن یک لوله حلقوی وجود دارد که در بخش فوقانی دارای سرپوش بوده و در وسط آن سوراخ کوچکی قرار دارد و هوا در بین درپوش و ستون آبی که در اثر نیروی موج نوسان پیدا می‌کند، محسوس می‌باشد. با نوسان آب هوای فشرده از سوراخ کوچک خارج و توربین را به حرکت درمی‌آورد. اساس کار این سیستم، پنوماتیکی هستند. برای افزایش توان، سیستم را می‌توان به صورت دو طرفه طراحی کرد. با قرار دادن شیرهای یک طرفه هوا، می‌تواند با پایین‌روی موج هم، چرخش توربین و ژنراتور متصل به آن را افزایش داد.

ر) Trident Energy: این مدل طراحی شده از یک پیستون شناور در جهت قائم، به صورت خطی به ژنراتور متصل شده است. با حرکت آب و بالا و پایین بردن این پیستون شناور، باعث ایجاد قدرت و چرخش ژنراتور می‌شود. حسن طراحی این مدل کارایی آن در امواج کوچک و امواج بزرگ اقیانوسی می‌باشد.

ط) Wave star : در این روش، بالشتک‌های شناور که به یک سکوی ثابت متصل می‌باشند، باعث تولید قدرت می‌شوند. حرکت موج در زیر سکو باعث به حرکت درآوردن بالشتک‌های شناور می‌شود. هر بالشتک به یک بازوی هیدرولیکی متصل است که بنابراین با حرت در آمدن بالشتک‌ها و بالا و پایین رفتن آن‌ها بر اثر عبور امواج، مایع هیدرولیکی به جریان درآمده و باعث چرخش توربین و ژنراتور متصل به آن می‌شود.

شکل۵- تصویری از روش Wave star برای استحصال انرژی از امواج دریا

ی) Sea volt techndogies: این سیستم طراحی شده از یک سری بویه با شکل خاص که بر روی موج سوار هستند و با حرکت و عبور موج سطحی از آن‌ها بالا و پایین می‌روند. حرکت هر کدام از آن‌ها به وسیله یک رابط، باعث حرکت مایع هیدرولیکی می‌شوند و حرکت کلی مایع باعث چرخش ژنراتور و تولید الکتریسیته می‌شود.

۵-۵- انرژی جزر و مد[1]

جزر و مد دریا در اثر جاذبه ماه و خورشید به هنگام گردش زمین به وجود می‌آید. نیروی جاذبه ماه باعث ایجاد برآمدگی در آب‌ها شده و به علت گردش وضعی زمین این برآمدگی به سمت غرب جریان پیدا می‌کند. در نتیجه موج‌هایی با پریود ۱۲ ساعت و ۲۵ دقیقه ایجاد می‌شود که دامنه نوسان آن‌ها در اقیانوس‌های بزرگ در حدود ۰/۵ متر است. اثر نیروی جاذبه خورشید نیز، مشابه ولی ضعیف‌تر است و هر ۱۲ ساعت یک مرتبه ظاهر می‌شود. بدین ترتیب جزر و مد به صورت منظم در قالب امواج قمری رخ می‌دهد (فرزین پور و همکاران، ۱۳۸۶).

هنگامی که امواج جزر و مدی به سواحل و فلات قاره می‌رسند، دامنه آن‌ها می‌تواند در اثر هجوم آب، قیفی شدن آب‌راه و ایجاد رزنانس بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد.

[1] Tidal Energy

استحصال انرژی از جزر و مد در نقاطی عملی است که انرژی زیادی بصورت جزر و مدهای بزرگ در آن‌ها متمرکز شده باشد و بعلاوه جغرافیای محل نیز برای احداث نیروگاه جزر و مدی سایت مناسبی فراهم کرده باشد. چنین مکان‌هایی در همه جا یافت نمی‌شوند. اما تا به حال تعداد نسبتا زیادی شناسایی شده‌اند (فرزین پور و همکاران، ۱۳۸۶).

این انرژی‌ها علی‌رغم تنوع و گوناگونی، دارای ویژگی‌های مشترکی هستند. در مورد همه آن‌ها فلاکس انرژی بالاست. در حدود ۲TW برای انرژی جذر و مدی و گرادیان نمک، از همان مرتبه برای امواج و حداقل دو مرتبه بزرگتر برای انرژی حرارتی دریاها. به هر حال این انرژی‌ها در گستره جغرافیایی وسیعی پراکنده‌اند، بطوری که در واقع دانسته انرژی کاملا پایین است. نتیجه اینکه ، بیشتر منابع مستعد در نواحی دور افتاده از مراکز مصرف واقع شده‌اند. تنها به همین یک دلیل می‌توان گفت که آینده قابل پیش‌بینی، فقط بخش کوچکی از این پتانسیل مورد استفاده قرار خواهد گرفت (فرزین پور و همکاران، ۱۳۸۶).

۵-۵-۱- ویژگی‌های منبع

جزر و مد دریا در اثر جاذبه ماه و خورشید به هنگام گردش زمین به وجود می‌آید. در دریاها جاذبه ماه ارتفاع آب را هم از سمت نزدیک دو کره زمین بالا می‌برد. این برآمدگی‌ها در آب دریا که به علت گردش زمین به دور خود، به سمت غرب جریان پیدا می‌کنند، به صورت موج‌های دریاهای عمیق با پریود ۱۲ ساعت و ۲۵ دقیقه ظاهر می‌شوند که دامنه نوسان آن‌ها کمتر از یک متر است. جزر و مد حداکثر زمانی اتفاق می‌افتد که ماه و خورشید و زمین در یک راستا قرار گیرند و جزر و مد حداقل موقعی رخ می‌دهد که آن‌ها در تربیع واقع شده باشند. علاوه بر سیکل‌های نیم روزی و ماهیانه قمری، حرکت انتقالی زمین و ماه باعث به وجود آمدن سیکل‌های فراوان دیگری می‌شود که دارای پریود زمانی بین چند روز تا چند سال می‌باشند. استخراج انرژی از جزر و مد فقط هنگامی عملی بنظر می‌رسد که انرژی زیادی به صورت جزر و مدهای بزرگ متمرکز شده باشد و بعلاوه جغرافیای محل نیز برای احداث نیروگاه جزر و مدی مکان‌های مناسبی فراهم کرده باشد. چنین مکان‌هایی در هر جا یافت نمی‌شود، اما تا بحال تعداد قابل ملاحظه‌ای از آن‌ها شناسائی شده‌اند. بررسی‌های اخیر میزان انرژی بالقوه اقتصادی را ۲۰۰TWh یا تقریبا ۱۰٪ پتانسیل تعریف شده در معادله برنشتاین برآورد نموده است (فرزین پور و همکاران، ۱۳۸۶).

۵-۵-۲- تکنولوژی جزر و مدی

انرژی جزر و مد یکی از قدیمی‌ترین شکل‌های انرژی است که بشر از آن استفاده نمود است . سوابق بکارگیری از این انرژی به وسیله آسیب‌هایی که با قدرت جزر و مد کار می‌کردند در سواحل بریتانیا ، فرانسه و اسپانیا به قبل از ۱۰۰ میلادی بر می‌گردد. از این آسیب‌ها قرن‌ها استفاده می‌شد. تا اینکه تدریجا با پیدایش انقلاب صنعتی جای خود را به ماشین‌های سوختی واگذار کردند ارازن‌تر و راحت‌تر بودند.

در گذشته برای گرفتن انرژی و جنبشی از جزر و مد روش‌های زیادی به مرحله آزمایش در آمده‌اند. ماشین آلات زیادی از قبیل چراخ آبی سکوهای بالابر، کمپرسورهای هوا، آب تحت فشار و سیستم‌های بسیار دیگری بکار گرفته شده‌اند. صدها اختراع در مدت ۱۵۰ سال اخیر به ثبت رسیده و هنوز هم جزر و مد مخترعین را به وسوسه وامیدارد . اما هیچ یک از این اختراعات پیشرفت و بهبود چندانی را در مقایسه با همان روش قدیمی که آسیاب‌های جزر و مدی قدیم آن بهره گرفتند نشان نمی‌دهند (فرزین پور و همکاران، ۱۳۸۶).

۵-۶- انرژی آبی[1]

انرژی آبی یا هیدروپاور، انرژی هیدرولیکی است که می‌تواند انرژی جنبشی را به انرژی پتانسیل ذخیره کرده و با هدف تولید و تامین درصدی برقی از برق مصرفی کشور یا تنظیم شبکه در ساعات پیک مصرف با ساخت سد و ایجاد نیروگاه‌های آبی این نیاز را تامین کند. نیروی برق آبی با ایجاد انرژی الکتریکی بدون سوزاندن سوخت‌ها از ایجاد آلوده کننده‌های متصاعد شده از سوختن سوخت‌های فسیلی مانند دی اکسید گوگرد، اسید نیتریک، منواکسید کربن، گرد و غبار و سرب (موجود در زغال سنگ) جلوگیری می‌کند. ظرفیت تولید برقابی در ایران به دلیل شرایط خاص آب و هوایی و وجود حوضه‌های آبریز بزرگ با آبدهی مناسب، پتانسیل‌های زیادی برای گسترش نیروگاه‌های برقابی وجود دارد. کل پتانسیل تولید انرژی برقابی کشور حدود ۵۰ تراوات ساعت تخمین زده شده که شامل حوضه‌های آبریز کارون با پتانسیل تولید ۳۰ تراوات ساعت، حوضه آبریز دز با پتانسیل تولید ۹ تراوات ساعت و کرخه با پتانسیل تولید ۶ تراوات ساعت است. همچنین پتانسیل تولید سایر رودخانه‌ها نیز حدود ۵ تراوات ساعت برآورد گردیده است. پتانسیل تولید برق آبی کشور بالغ بر ۲۶ هزار مگاوات ساعت است. رشد تقاضا برای انرژی الکتریکی به ویژه در کشورهای در حال توسعه سبب افزایش تعداد سدها و نیروگاه های برقابی در این کشورها شده است. امروزه به دلیل بسیاری از مشکلات، احداث نیروگاه‌های حرارتی امروز از توجیه کافی برخوردار نیست و البته این نیروگاه‌های هسته‌ای هستند که می‌توانند یکه تاز عرصه تولید برق در جهان شوند. تولید برق در نیروگاه‌های برق آبی از مزایایی برخوردار است که شاید بتوان گفت همین

[1] Hydro Energy

مزایا موجب شده است تا این روش تولید از مزیت نسبی برخوردار بوده و در جهان به ویژه در کشورهایی که از منابع آب نسبتا قابل توجهی برخوردارند مورد استقبال قرار گیرد (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

۵-۶-۱- تعاریف و مزایای استفاده از انرژی برق آبی

برق آبی منبع انرژی قابل دسترس، قابل اعتماد، مقرون به صرفه و پایدار ملی است. برق آبی تنها به نیروی آب جاری، رودخانه‌ها اقیانوس‌ها و سایر جریان‌ها نیاز دارد و این انرژی همچنین بومی و پایدار نیز می‌باشد. بدون هیچ وابستگی به قیمت‌های افسار گسیخته سوخت‌های فسیلی، بسیاری از هزینه‌های صرف شده در صنعت برق آبی باقی می‌ماند و گسترش ظرفیت برق آبی صدها هزار فرصت شغلی جدید ایجاد می‌کند (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

صنعت برق آبی به معنی تولید نیرو در هر منطقه ایران می‌باشد و بزرگترین منبع الکتریسیته تجدیدپذیر و پاک است انرژی برق آبی ۹۸.۸ درصد از تولید ملی برق تجدیدپذیر و ۸. ۱۳ درصد از مجموع الکتریسیته تولیدی در ایران را تشکیل می‌دهد. بخش عمده‌ای از توسعه آینده صنعت برق آبی بر امکانات و زیر ساخت‌های موجود و در حال استفاده متمرکز خواهد بود که فرصت‌هایی به منظور افزایش تولید انرژی تجدیدپذیر بدون ساخت سدهای بزرگ و جدید فراهم می‌کند (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

۵-۶-۱-۱- قابلیت اطمینان انرژی برق آبی

انرژی برق آبی بیش از ۷۰ سال یک منبع انرژی قابل اطمینان در ایران بوده است. این قابلیت اطمینان اثبات شده به طرق مختلف مزایایی را برای شبکه ملی برق فراهم می‌کند، از حمایت منابع دیگر انرژی تجدیدپذیر گرفته تا ایجاد ثبات در شبکه و ذخیره انرژی برق برای استفاده در آینده انرژی برق آبی از منابع انرژی تجدیدپذیر ثابتی است که بیش از نیم قرن در ایران استفاده و تولید شده و هم اکنون برای بیش از ۳ میلیون خانه انرژی مقرون به صرفه فراهم می‌کند.

تاسیسات برق آبی می‌تواند سریعا از خروجی صفر به بیشترین خروجی برق برسند. این قابلیت، انرژی برق آبی را به یک گزینه فوق العاده خوب در مقابل تقاضاهای سریعا متغیر در روز تبدیل می‌کند. علت این مزیت عالی این است که تجهیزات برق آبی تنها مولدهای بزرگ برق می‌باشند که اگر دیگر منابع انرژی غیرقابل دسترس باشند، می‌توانند سریعا انتقال (دیسپچ) انرژی به شبکه را انجام دهند. مثلا این انرژی پشتیبانی اضطراری در خاموشی بزرگ برق در سال ۲۰۰۳ آمریکا را فراهم کرد. تخمین زده شد ۵۰ میلیون نفر ساکن در ایالت‌های نیویورک تا میشیگان تحت تأثیر این خاموشی قرار داشتند، اما امکانات برق آبی در نیویورک و ایالات‌های دیگر، مانند نیروگاه‌های نیاگارا و لاورنس، به طور مداوم در طول خاموشی وارد عمل شدند و انرژی را به میلیون‌ها امریکایی بازگرداندند. این قابلیت عملیاتی بی نظیر که در آمریکا به عنوان نجات از خاموشی(Black Start) شناخته می‌شود، به این معنی است که تاسیسات برق آبی می‌تواند عملیات‌هایی جداگانه را بدون طراحی یک منبع انرژی بیرونی از سر بگیرند (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

۵-۶-۱-۲- مقرون به صرفه

برق آبی فقط یک منبع کم هزینه انرژی تجدیدپذیر نیست. این منبع جزو مقرون به صرفه‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر موجود است. و از آنجایی که برق آبی انرژی خود تجدید را از رودخانه‌ها دریافت می‌کند، تولید برق از آب وابسته به نوسانات غیر قابل پیش‌بینی قیمت انرژی در بورس‌های انرژی نمی‌باشد.

رودخانه‌ها ، جزر و مدها و امواج منابع با ثبات انرژی می‌باشند و انرژی برق آبی قابل اطمینان و ثابت شده بدین معنی است که این انرژی بخش جدایی ناپذیر از سیستم کلی انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد و می‌تواند سایر منابع انرژی تجدیدپذیر را روی شبکه توزیع حمایت کند. مخزن تلمبه ذخیره‌ای نوعی از تکنولوژی برق آبی است که واقعا می‌تواند به ذخیره برق تولید شده توسط دیگر ذخایر انرژی مانند خورشیدی، بادی و هسته‌ای برای استفاده‌های آتی آینده کمک کند. این تکنولوژی انرژیی را در قالب آب در پشت یک مخزن که از مخزن دوم به یک تراز پایین‌تر پمپ شده ذخیره می‌کند (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

با توجه به اینکه برق آبی فقط وابسته به انرژی حرکت آب است، هزینه‌های برق آبی به نوسانات غیر قابل پیش‌بینی قیمت سوخت‌های فسیلی بستگی ندارد.

۵-۶-۱-۳- پایدار

با استفاده از برق آبی منبع اصلی انرژی‌های تجدیدپذیر ما از انتشار سالیانه بیش از ۱۵۴ میلیون تن آلاینده‌های کربن در ایران جلوگیری می‌شود. برق آبی یک منبع انرژی حافظ محیطزیست است که بدون تولید آلاینده‌های هوا یا گازهای سمی انرژی تولید می‌کند. استفاده از برق آبی از تولید سالیانه نزدیک به ۱۵۴ میلیون تن از آلاینده‌های کربنی در ایران جلوگیری می‌کند که معادل خروجی بیش از ۳۰ میلیون اتومبیل سواری می‌باشد. جوامعی که بر برق آبی به عنوان منبع اولیه انرژی تکیه می‌کنند از مزیت هوا و آب پاک‌تر بهرمند می‌شوند. تصاویر ماهواره‌ای نواحی شمال غربی اقیانوس آرام که بزرگترین مرکز تولید انرژی برق آبی در آمریکا می‌باشد نشان می‌دهند که این نواحی مانند یک جزیره با کمترین انتشار کربن است (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

برق آبی همچنین منبع عمده ملی انرژی تجدیدپذیر است و با فناوری‌های جدیدی مانند علوم دریایی و انرژی جنبشی آب به فراهم آوردن مقادیر زیادی از انرژی پایدار در سرتاسر کشور ادامه خواهد داد .

صنعت برق آبی متعهد است که درک بهتری از اثرات سدها بر اکوسیستم محلی و آبزیان داشته باشد و هر ساله صدها میلیون دلار در طرح‌های توسعه زیست‌محیطی سرمایه گذاری می‌کند. سدها در سراسر جهان تجهیزات عبور آبزیان را برای حرکت آزادانه ماهی‌ها در اطراف سدها و بین بخش‌های رودخانه‌ها نصب کرده‌اند. سازه‌هایی مانند نردبان‌های ماهی یا آسانسورهای ماهی، نصب شده‌اند که این‌ها فقط چند نمونه از تکنیک‌های متنوع برای کاهش اثرات زیست‌محیطی از طریق سرمایه گذاری در پروژه‌های پژوهشی و تعدیلی می‌باشند. صنعت برق آبی همچنین به منظور پرداختن به تغییرات احتمالی کیفیت آب، زیستگاه‌های محلی و یا جریان رودخانه اقداماتی بعمل آورده است (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

۴-۱-۶-۵- دیگر مزایا

مزایای صنعت برق آبی بیش از تولید برق است و منافع حیاتی دیگری مانند کنترل سیلاب، ناوبری، آبیاری، تامین آب و طیف وسیعی از فرصت‌های تفریحی را نیز با خود به همراه دارد. سدها نقش مهمی در جلوگیری از خسارت جانی و مالی ناشی از سیلاب‌ها ایفا می‌کنند. سدهای کنترل سیلاب جریان سیلاب‌ها را مهار کرده و سپس می‌توانند آنها را تحت شرایط کنترل شده به رودخانه پائین دست هدایت کنند، و یا اینکه آب ذخیره شده می‌تواند برای اهداف دیگر مورد استفاده قرار گیرد. سدها نه تنها از بروز فاجعه‌های بالقوه جلوگیری می‌کنند بلکه حوادث ناگوار را به منافع آتی تبدیل می‌کنند. در هنگام سیل، تمامی اپراتورهای سد به منظور مدیریت سطح آب در امتداد رودخانه‌ها و آبراه‌های دیگر با همدیگر همکاری می‌کنند و این هماهنگی موجب نجات جان‌ها و اموال بسیاری است. شنا، قایقرانی، ماهیگیری، چادرزنی، اسکی و پیاده‌روی تنها برخی از فعالیت‌های تفریحی است که توسط صنعت برق آبی در طول سال و در سراسر کشور در اطراف سدها، ایجاد و پشتیبانی می‌شوند. کارکنان سدها تسهیلاتی را برای جوامع محلی برای استفاده از امکانات تفریحی سدها در نظر می‌گیرند و با آن‌ها همکاری می‌کنند (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

از دیگر سو آب ذخیره شده در پشت یک سد در واقع می‌تواند بخشی از امکانات مربوط به ورزش‌های آبی باشد و به این ترتیب می‌تواند به جاذبه‌ای برای گردشگران تبدیل شود. در برخی از کشورها از این آب برای پرورش موجودات آبزی مانند ماهی‌ها استفاده می‌شود به این ترتیب که در برخی سدها محیط‌های خاصی برای پرورش موجودات آبزی اختصاص یافته که همیشه از نظر داشتن آب پشتیبانی می‌شوند. (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

۵-۶-۱-۵- ظرفیت تولید نیروگاه‌های برق آبی در ایران و جهان

ظرفیت تولید برقابی در دنیا در حدود ۷۱۵ گیگا وات یا ۱۹ درصد از کل انرژی الکتریکی تولیدی جهان را پوشش می‌دهد. نیروی برقابی همچنین ۶۳ درصد از انرژی الکتریکی تولیدی از منابع تجدیدپذیر را نیز شامل می‌شود. میزان انرژی الکتریسیته تولیدی در جهان ۱۹۰۰۰ میلیارد کیلووات ساعت است که حدود ۲۳ درصد از آن توسط منابع تجدیدپذیر عمدتا برقابی تامین می‌شود. ظرفیت تولید انرژی برقابی در جهان ۹۰۰ گیگاوات است که معادل ۲۲ درصد ظرفیت تولید برق دنیا است. آمریکا و چین به ترتیب با ۱۳۲ و ۹۹ گیگاوات ظرفیت نصب، بیشترین سهم ظرفیت نیروگاه های برقابی را دارا هستند (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

ظرفیت تولید برقابی در ایران به دلیل شرایط خاص آب و هوایی و وجود حوضه‌های آبریز بزرگ با آبدهی مناسب، پتانسیل‌های زیادی برای گسترش نیروگاه‌های برقابی وجود دارد. کل پتانسیل تولید انرژی برقابی کشور حدود ۵۰ تراوات ساعت تخمین زده شده که شامل حوضه‌های آبریز کارون با پتانسیل تولید ۳۰ تراوات ساعت، حوضه آبریز دز با پتانسیل تولید ۹ تراوات ساعت و کرخه با پتانسیل تولید ۶ تراوات ساعت است. همچنین پتانسیل تولید سایر رودخانه ها نیز حدود ۵ تراوات ساعت برآورد گردیده است. پتانسیل تولید برق آبی کشور بالغ بر ۲۶ هزار مگاوات ساعت است.

رشد تقاضا برای انرژی الکتریکی به ویژه در کشورهای در حال توسعه سبب افزایش تعداد سدها و نیروگاه‌های برقابی در این کشورها شده است. کشورهای توسعه یافته جهان امیدوار هستند که با توسعه امکانات برقابی در مقیاس بزرگ، نیازهای انرژی جامعه را پاسخ گویند و این امر در آسیا نمود بیشتری دارد.

سهم انرژی برقابی از کل مصرف انرژی جهان تا سال ۲۰۲۵ میلادی بالغ بر ۸ درصد پیش بینی شده و این در شرایطی است که رشد تولید انرژی برقابی در مدت زمان محاسبه شده ۵۶ درصد افزایش می‌یابد. براساس گزارشی که از سوی کمیسیون جهانی سدهای بزرگ در این زمینه منتشر شده است، مصرف انرژی برقابی و سایر انرژی‌های تجدیدپذیر در ۲۴ سال آینده با افزایش چشمگیری همراه خواهد بود. با نگاهی به پراکندگی سدهای برقابی در خاورمیانه می‌توان دریافت که بیشترین پروژه‌های انرژی برقابی در خاورمیانه به کشورهای ایران و ترکیه اختصاص دارد (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

۵-۷- انرژی زمین گرمایی[1]

انرژی زمین گرمایی، انرژی موجود در عمق زمین است که از انرژی خورشیدی که در طول هزاران سال در داخل زمین ذخیره شده و همچنین فروپاشی یا زوال ایزوتوپ‌های اورانیوم رادیو اکتیویته، توریم و پتاسیم در طی سالیان دراز در عمق زمین نشات گرفته است که عمدتاً در نواحی زلزله خیز و آتشفشانی جوان و صفحات تکتونیکی زمین متمرکز شده است (آذرم، ۱۳۹۵).

این منبع انرژی بر خلاف انرژی‌های تجدیدپذیر دیگر مانند خورشیدی، بادی، امواج و غیره، یک منشاء انرژی پیوسته می‌باشد؛ به عبارت دیگر، انرژی زمین گرمایی برخلاف سایر انرژی‌های تجدیدپذیر محدود به فصل، زمان و شرایط خاصی نبوده و بدون وقفه قابل بهره‌برداری می‌باشد، همچنین قیمت تمام شده برق در نیروگاه‌های زمین گرمایی با برق تولیدی از سایر نیروگاه‌های متعارف قابل رقابت بوده و حتی از انواع دیگر انرژی‌های نو به مراتب ارزان‌تر است (آذرم، ۱۳۹۵).

۵-۷-۱- کاربرد انرژی زمین گرمایی

از زمان‌های دور، مردم از آب زمین گرمایی که آزادانه در سطح زمین به صورت چشمه‌های گرم جاری بودند، استفاده کرده‌اند. رومی‌ها برای مثال از این آب برای درمان امراض پوستی و چشمی بهره می‌گرفتند. در «پمپئی» برای گرم کردن خانه‌ها از آن استفاده می‌شد. بومی‌های آمریکا نیز از آب زمین گرمایی برای پختن و مصارف دارویی بهره می‌گرفتند. امروزه، با حفر چاه به درون مخازن زمین گرمایی، و مهار آب داغ و بخار، از آن برای تولید نیروی الکتریسیته در نیروگاه زمین گرمایی و یا مصارف دیگر بهره برداری می‌کنند (حسین زاده و افشار، ۱۳۸۵).

در نیروگاه زمین گرمایی، آب داغ و بخار خارج شده از مخازن زمین گرمایی، نیروی لازم برای چرخاندن ژنراتور توربین را فراهم می‌آورد و انرژی الکتریسیته تولید می‌کند. آب مورد استفاده، از طریق چاه‌های تزریق به مخزن برگشت داده می‌شود تا دوباره گرم شود و در عین حال، فشار مخزن حفظ، و تولید آب داغ و بخار تقویت شود و ثابت باقی بماند (حسین زاده و افشار، ۱۳۸۵).

۵-۷-۲- مکان‌های مناسب برای بهره‌برداری از انرژی زمین گرمایی

مناطق دارای چشمه‌های آب گرم و آبفشان‌ها، اولین مناطقی هستند که در آن‌ها انرژی زمین گرمایی مورد بهره‌برداری قرار گرفته و توسعه یافته است. در حال حاضر، تقریبا تمام نیروی الکتریسیته حاصل از انرژی زمین گرمایی از چنین مکان‌هایی به دست می‌آید. در بعضی از مناطق، تزریق ماگما به درون پوسته‌ی زمین، به اندازه‌ی کافی جدید و هنوز خیلی داغ است. در این نواحی، درجه‌ی حرارت سنگ ممکن است به ۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برسد و مقادیر عظیمی انرژی گرمایی فراهم کند. بنابراین، انرژی زمین گرمایی در مکان‌هایی که فرایندهای زمین شناسی اجازه داده‌اند ماگما تا نزدیکی سطح زمین بالا بیاید، یا به صورت گدازه جریان یابد، می‌تواند تشکیل شود. ماگما نیز در سه منطقه می‌تواند به سطح زمین نزدیک شود (حسین زاده و افشار، ۱۳۸۵):

۱. محل برخورد صفحات قاره‌ای و اقیانوسی (فرورانش)؛ مثلا حلقه‌ی آتش دور اقیانوس آرام.

۲.مراکز گسترش؛ محلی که صفحات قاره‌ای از هم دور می‌شوند، نظیر ایسلند و دره کافتی آفریقا .

۳. نقاط داغ زمین؛ نقاطی که ماگما را پیوسته از جبه به طرف سطح زمین می‌فرستند و ردیفی از آتشفشان را تشکیل می‌دهند. نظیر هاوایی.

۵-۷-۳- چشم‌انداز آینده انرژی زمین گرمایی در ایران

همان گونه که در موارد کاربردهای انرژی زمین گرمایی مطرح شد، تولید برق یکی از کاربردی‌ترین موارد استفاده آن به شمار می‌رود. در کشورمان در مجاورت مخازن زمین گرمایی که بالای ۲۰۰ درجه سانتی گراد حرارت دارند می‌توان نیروگاه‌های تولید برق احداث کرد که هم آلودگی‌های زیست محیطی ندارند و هم توان برقی در مدار سراسری کشور را دو چندان می‌کنند. با توجه به رشد روز افزون جمعیت در کشور، تولید ۹۰ هزار مگاوات برق در سال ۲۰۲۰ اجتناب ناپذیر است که در حال حاضر ۹۸ درصد برق کشور از سوخت‌های بودن فسیلی تأمین می‌شود، حال آنکه محدودیت منابع سوخت فسیلی ضرورت بررسی و استفاده از انرژی زمین گرمایی را برای تولید برق در کشور بیش از پیش نمایان می‌سازد. با توجه به متکی بودن کشور به سوخت‌های فسیلی برای گرمایش شهرها، بررسی و احداث لوله‌های انتقال آب گرم از منابع زمین گرمایی و جایگزینی آن به جای سوخت‌های فسیلی، بسیار مقرون به صرفه است و سیاستگذاری‌های لازم را باید دولت انجام دهد. در بخش‌های دیگر مانند جذب گردشگر هم کشور ایران پتانسیل بسیار بالایی در زمینه چشمه‌های آب گرم دارد، زیرا در بیشتر مناطق ایران این چشمه‌ها قابل رؤیت هستند. در یک کلام، آینده استفاده از این انرژی در ایران با سرمایه گذاری‌ها و سیاست‌های درست، بسیار امیدوار کننده است (قدمی، ۱۳۹۲).

به طور کلی مزیت‌های انرژی زمین گرمایی را می‌توان به دو دسته کلی و کاربردی تقسیم بندی کرد که موارد زیر را در بر می‌گیرند (قدمی، ۱۳۹۲):

مزایای کلی: ۱. آلوده نکردن هوا؛ ۲.آلوده نکردن آب‌های زیرزمینی؛ ۳. نیاز نداشتن به زمین وسیع برای نصب تجهیزات بهره-برداری؛ ۴. تجدیدپذیر بودن و نامحدود بودن این انرژی.

[1] Geothermal energy

مزایای کاربردی: ۱. صرفه جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی؛ ۲. گستردگی موارد کاربرد؛ ۳. طولانی بودن زمان بهره-برداری؛ ۴. عدم وابستگی به شرایط جوی، ۵. سودآوری اقتصادی برای کشورها.

با توجه به مزایایی که در بالا ذکر شد با توسعه بیشتر فناوری استحصال و پتانسیل استفاده از انرژی زمین گرمایی در ایران، می‌توان آینده بسیار روشنی را برای آن در نظر گرفت. امیدواریم این انرژی نو بیش از پیش مورد توجه مسئولان کشور قرار گیرد.

۵-۸- انرژی زیست توده[1]

زیست توده یکی از منابع مهم انرژی‌های تجدیدشونده محسوب می‌شود و شامل جنگل‌ها، اجزاء گیاهان، برگ‌ها، موجودات زنده اقیانوس‌ها، زائدات حیوانی، پسماندهای شهری و غذایی و غیره می‌باشد. زیست توده قابلیت تولید برق، حرارت، سوخت‌های مایع، سوخت‌های گازی و انواع کاربردهای مفید شیمیایی را دارا می‌باشد. منابع زیست توده که برای تولید انرژی مناسب هستند، عبارتند از: سوخت‌های چوبی، زائدات جامد شهری، فضولات دامی، فاضلاب‌های شهری (آذرم، ۱۳۹۵).

مکان عمده زیست توده در ایران عبارتند از : زائدات جامد کشاورزی، فضولات دامی، موارد زائد فساد پذیر شهری و فاضلاب-های شهری می‌باشند. بر مبنای پتانسیل نسبی آماری این منابع در ایران بسیارند. در شهر تهران روزانه ۶۵۰۰ تا ۷۰۰۰ تن زباله جمع‌آوری می‌شود که مواد غیر قابل بازیافت آن را در منطقه کهریزک دفن می‌کنند تا از تخمیر آن‌ها کود شیمیایی تولید شود. دفن زباله علاوه بر آلوده کردن هوای منطقه کهریزک، در اثر نفوذ زباله به اعماق خاک، آب‌های زیرزمینی را دچار آلودگی کرده است. در حالی که با راه‌اندازی یک نیروگاه زباله سوز می‌توان ضمن حل مشکل دفن زباله‌ها، حدود پنج مگاوات برق نیز تولید نمود (آذرم، ۱۳۹۵). انرژی زیست توده یا زیست توده یکی از انواع انرژی است که با توجه به فراوانی آن در کشورهای مختلف از آن به عنوان منبع سوخت استفاده می‌شود. زیست توده اصطلاحی است که مواد سلولزی مانند ضایعات کشاورزی، ضایعات خانگی (با منشاء سلولز)، ضایعات کاغذ و ضایعات جنگل‌ها را شامل می‌شود. با افزایش تقاضا برای انرژی و کاهش روزافزون منابع طبیعی برای تولید زیست توده، روش‌های افزایش بازدهی انرژی از این منبعی که در حال کاهش است ضروری به نظر می‌رسد (اوتادی و همکاران، ۱۳۹۱).

زیست توده بزرگ‌ترین منبع انرژی تجدیدپذیر در حال حاضر است که تقریبا ۱۱ درصد مصرف کل انرژی جهان را در بر می‌گیرد. مطالعات متعددی روی پتانسیل تولید زیست توده برای انرژی در سطح محلی، منطقه‌ای و جهانی انجام شده است. بسیاری از مطالعات برآورد کرده‌اند که استفاده از زیست توده برای تولید انرژی می‌تواند افزایش قابل ملاحظه‌ای نسبت به سطح موجود یابد (اوتادی و همکاران، ۱۳۹۱). مزایای استفاده از سوخت‌های زیستی عبارتند از (اوتادی و همکاران، ۱۳۹۱):

- سوخت‌های زیستی قابل تولید از منابع زیست توده معمولی هستند.
- این سوخت‌ها یک سیکل دی اکسید کربن در فرایند احتراق دارند و در نتیجه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به شدت کاهش می‌یابد.
- سوخت‌های زیستی دارای پتانسیل قابل توجه سازگاری با محیط زیست هستند و زیست تخریب‌پذیر می‌باشند.
- تولید این سوخت‌ها یک بازار جدید برای محصولات کشاورزی ایجاد می‌کند.
- با تولید این سوخت‌ها مصرف سوخت‌های فسیلی کاهش می‌یابد.
- انواع متنوعی از سوخت‌ها قابل تولید از زیست توده هستند.

نتیجه‌گیری

استفاده و بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر مزایایی همچون بی‌نهایت بودن، پاک و تمیز بودن، تجدیدپذیر بودن، مقرون به صرفه، کاهش آلودگی هوا و همچنین کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را به همراه دارد. در این تحقیق، انرژی‌های تجدیدپذیر مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت و کلیات تحقیق صورت گرفته به شرح ذیل می‌باشد: ۱-انرژی خورشیدی به گرما و نور منتشر گردیده توسط خورشید می‌گویند. ۲-انرژی باد، انرژی حاصل از هوای متحرک می‌باشد. هنگامی که تابش خورشید به طور نامساوی به سطوح ناهموار زمین می‌رسد سبب ایجاد تغییرات دما و فشار می‌گردد و در اثر این تغییرات باد به وجود می‌آید. ۳-هیدروژن (H_2) از برخی مواد خام نظیر گاز طبیعی، زغال سنگ و آب بدست می‌آیند. هیدروژن گازی بی رنگ، بی بو و غیر سمی است، شعله‌های هیدروژن نامرئی و بدون دود هستند. ۴-امواج در اثر انتقال انرژی از باد به آب به وجود می‌آیند. انرژی موج دارای مزایایی مانند تجدیدپذیری، فراوانی انرژی، طبیعی بودن این انرژی، کاهش وابستگی به انرژی فسیلی، عدم آلودگی محیط زیست توسط آن، پایداری و سازگاری آن با محیط، قابلیت تمرکز بالا، قابلیت نصب تجهیزات، پراکندگی و فراوانی انرژی موج را دارا هستند. ۵-

[1] Biomass energy

انرژی جزر و مد در اثر جاذبه ماه و خورشید به هنگام گردش زمین به وجود می‌آید.۶-انرژی آبی یا هیدروپاور، انرژی هیدرولیکی است که می‌تواند انرژی جنبشی را به انرژی پتانسیل ذخیره کرده و با هدف تولید و تامین درصدی برقی از برق مصرفی کشور یا نتظیم شبکه در ساعات پیک مصرف با ساخت سد و ایجاد نیروگاه‌های آبی این نیاز را تامین کند.۷-انرژی زمین گرمایی، انرژی موجود در عمق زمین است که از انرژی خورشیدی که در طول هزاران سال در داخل زمین ذخیره شده و همچنین فروپاشی یا زوال ایزوتوپ‌های اورانیوم رادیو اکتیویته، توریم و پتاسیم در طی سالیان دراز در عمق زمین نشات گرفته است که عمدتاً در نواحی زلزله خیز و آتشفشانی جوان و صفحات تکتونیکی زمین متمرکز شده است. ۸-زیست توده یکی از منابع مهم انرژی‌های تجدیدشونده محسوب می‌شود و شامل جنگل‌ها، اجزاء گیاهان، برگ‌ها، موجودات زنده اقیانوس‌ها، زائدات حیوانی، پسماندهای شهری و غذایی و غیره می‌باشد. زیست توده قابلیت تولید برق، حرارت، سوخت‌های مایع، سوخت‌های گازی و انواع کاربردهای مفید شیمیایی را دارا می‌باشد.

منابع

- علوی، سید محمدرضا. دیبایی، حسن رضا. (۱۳۹۸)، انرژی گرمایی خورشیدی، سومین کنفرانس ملی ایده‌های نوین در فنی و مهندسی، رشت، ایران.
- تناکیان، ساناز. پیری صحراگرد، حسین. امیری، میثم. (۱۳۹۷)، اهمیت استفاده از انرژی باد دشت سیستان به عنوان انرژی نوین، دومین همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران، تهران.
- نیاجلیلی، مهدی. عابد، حسین. تاج بر پر شکوهی، هادی. (۱۳۹۳)، بررسی سرعت و قدرت باد برای بهره‌وری از این انرژی تجدید پذیر در شهرهای لاهیجان و بندرانزلی از استان گیلان، اولین کنفرانس ملی مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد لنگرود.
- برهانی، فایزه. ورهرام، محمدهادی. کشاورز محمدیان، مهسا. یاوری، محمد علی. (۱۳۹۷)، استفاده بهینه از انرژی خورشیدی با تکیه بر گونه شناسی پنل‌ها مطالعه موردی: باغ کوهسار کرج، اولین همایش بررسی چالش‌ها و ارایه راهکارهای نوین مدیریت شهری.
- حاجی پور، خلیل. فروزان، نرجس. (۱۳۹۳)، بررسی تاثیر فرم شهر بر میزان مصرف انرژی عملکردی در بخش مسکونی (نمونه موردی: شهر شیراز)، نشریه هنرهای زیبا معماری و شهرسازی، دوره ۱۹ ، شماره ۴ ، صفحه ۲۶-۱۷
- حسنی، رضا. حسینی علی آباد، سید محمدرضا. کشاورز، مهدی. حمزه‌ای، فرید. جعفری‌پور، فرزاد. (۱۳۹۹)، مطالعه امکان سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در استان سمنان، نشریه علمی پژوهش در علوم پایه و علوم مهندسی.
- حسینی علی آباد، سید محمدرضا. حسنی، رضا. کشاورز، مهدی. رشیدپور، محمدمعین. سرلک، حدیث. (۱۳۹۹)، بهره-برداری از انرژی خورشیدی در یک ساختمان مسکونی به منظور کاهش مصرف انرژی و آلایندگی زیست محیطی، اولین کنفرانس ملی بهینه‌سازی در انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول.
- فراهانی علوی، میلاد. حسینی علی آباد، سید محمدرضا. هارونی، محمد. اطهر، سید جاوید. (۱۳۹۸)، ارزیابی استفاده از انرژی باد در منازل مسکونی جهت کاهش مصرف انرژی، ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، معماری و محیط زیست، استکهلم – سوئد.
- نیاجلیلی، مهدی. عابد، حسین. تاج بر پرشکوهی، هادی. (۱۳۹۳)، بررسی سرعت و قدرت باد برای بهره وری از این انرژی تجدید پذیر در شهرهای لاهیجان و بندر انزلی از استان گیلان، اولین کنفرانس ملی مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد لنگرود.
- رستمی، بهرام. فراهانی علوی، میلاد. حسینی علی آباد، سید محمدرضا. (۱۳۹۷)، تجزیه و تحلیل توسعه استفاده از سوخت سلولی جهت کاهش آلایندگی هوا در راستای پیشرفت تکنولوژی خودروها، همایش بین المللی افق‌های نوین در مهندسی برق، مکانیک و صنایع.
- عرب‌زاده، سمیرا. شمس الدینی، نرگس. پورفداکاری، سودابه. ملک‌نیا، هوشنگ. (۱۳۹۲)، انرژی هیدروژن و پیل‌های سوختی، دومین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا، همدان، دانشکده فنی شهید مفتح وابسته به دانشگاه فنی و حرفه ای.
- فدائی، پویان. فدائی، جاوید. فدائی، بابک. (۱۳۹۳)، ارزیابی انرژی آب و نیروگاه‌های برق آبی و نقش آن در تامین برق کشور، اولین همایش ملی مدیریت انرژی‌های نو و پاک، همدان – دانشکده شهید مفتح همدان.
- اسکندری شعبانی، شادی. مکی، سید وهاب الدین. (۱۳۹۵)، نیروگاه‌های برق آبی، سومین کنفرانس بین المللی علوم و مهندسی، موسسه مدیران ایده پرداز پایتخت ویرا، استانبول- کشور ترکیه.
- عرب‌زاده، سمیرا. شمس الدینی، نرگس. راه چمنی، مرضیه. گلمکانی، فائزه. (۱۳۹۲)، انرژی زمین گرمایی، دومین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا، همدان، دانشکده فنی شهید مفتح وابسته به دانشگاه فنی و حرفه ای.
- ناطق‌پور، رسول. اشجاری، محمدعلی. انرژی زمین گرمایی جهت تولید برق، گرمایش و سرمایش، اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا، همدان.
- ایزدیاری، آزاده. (۱۳۹۲)، زیست توده (بیومس) انرژی تجدید پذیر برتر در مدیریت پایدار، دومین کنفرانس بین المللی مدیریت پسماند بازیافت و بیومس، موسسه خدمات مدیریت سیماتین، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران.

- امیلیان، افسانه. عباسپور فرد، محمدحسین. آق خانی، محمدحسین. عدالت، محمدحسین. (۱۳۹۲)، ارزیابی پتانسیل منابع زیست توده در استان خراسان رضوی به منظور تولید زیست انرژی، مجله محیط شناسی، دوره ۳۹، صفحه ۸۲-۷۳
- علاسوند، گلبانو. کنعان، شیماء. (۱۳۹۲)، انرژی امواج دریا، روش های استحصال آن و تاثیر آن بر محیط زیست، اولین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، گروه ترویجی دوستداران محیط زیست – موسسه آموزش عالی مهر اروند با همکاری دانشگاه آزاد میبد و قرارگاه پدافند زیستی کشور.
- کتابداری، محمدجواد. (۱۳۸۶)، امکان سنجی جذب انرژی از امواج در آبهای دریاهای ایران، همایش ملی فناوری و صنعت دریایی کشور، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
- ترابی آزاد، مسعود. مهرفر، حسام الدین. رئیسی، امین. (۱۳۹۸)، مطالعه و بررسی استحصال انرژی جزر و مد در بندر امام خمینی، دومین کنفرانس بین المللی انرژی اکو، فدراسیون صادرات انرژی و صنایع وابسته – سازمان همکاری اقتصادی اکو – انجمن علمی انرژی – انجمن علمی سوخت‌های زیستی ایران، تهران.
- دادجو، میلاد. نوری، یاشار. سیدین، هاتف. یوسفی، سلمان. (۱۳۹۶)، طراحی و ساخت نیروگاه توسط انرژی موج تولیدی توسط جزر و مد آب‌های سطح زمین، پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی برق و کامپیوتر با تاکید بر دانش بومی، موسسه آموزش عالی مقدس اردبیلی، تهران.
- ملک‌زاده، شاهرخ. محمدجواد، امیری. (۱۳۹۷)، انرژی خورشیدی و چشم انداز آینده آن، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و مدیریت شهری نوین، تهران.
- مسائلی، نوید. (۱۳۹۷). نقش آبگرمکن خورشیدی در بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان، سومین کنفرانس بین المللی مهندسی.
- توکلیان، علی. ارشاد، اردلان. (۱۳۹۷)، هوشمند سازی ساختمان‌های با بهره‌گیری از انرژی بادی، کنگره بین المللی علوم مهندسی و توسعه شهری پایدار، دانمارک – کپنهاگ.
- نظری، فتاح. کشوری، علی. رضایی، سجاد. صفری، مرزبان. (۱۳۹۲)، بررسی انرژی‌های نو، پاک و تجدید پذیر و اهمیت استفاده از آن‌ها، اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا، همدان.
- انرژی و محیط زیست، توربین بادی، https://www.zoomit.ir
- نوری کزج، کامران. افشین مهر، وحید. (۱۳۹۷)، نحوه تامین انرژی پایدار از طریق توربین بادی در ساختمان‌ها، کنفرانس ملی تحقیقات بنیادین در عمران، معماری و شهرسازی، موسسه آموزش عالی اوج، تهران.
- نورپور، علیرضا. آقاخانی، احمد. (۱۳۹۴)، تکنولوژی مولد قدرت، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران (سهامی خاص)، چاپ چهارم، صفحه ۸۲-۸۱
- افشاری، ابراهیم. (۱۳۹۳)، سیستم میکرو تولید همزمان توان و گرما (mCHP) با پیل سوختی، دو فصلنامه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، سال اول، شماره۱، بهار.
- عباسیان، گیلدا. (۱۳۹۱)، بررسی و امکان سنجی استحصال توان موج در آبهای شمال و جنوب ایران، دهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، تهران.
- کتابداری، محمدجواد. سلیمانی، کاوه. (۱۳۹۴)، انواع روشهای استحصال انرژی از موج و جزر و مد و پیامدهای آنها بر محیط زیست دریا، ششمین همایش بین المللی صنایع فراساحل، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.
- فرزین پور، پرویز. دشتی، رحمن. دشتی، رضا. (۱۳۸۶)، امکان سنجی استفاده از انرژی جزر و مد دریا در استان بوشهر، کنفرانس سراسری بهینه سازی مصرف انرژی، انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران (شاخه خراسان)، مشهد.
- فدائی، یویان. فدائی، جاوید. فدائی، بابک. (۱۳۹۳)، ارزیابی انرژی آب و نیروگاه های برق آبی ونقش آن درتامین برق کشور، اولین همایش ملی مدیریت انرژی های نو و پاک، همدان – دانشکده شهید مفتح همدان
- آذرم، برهان. (۱۳۹۵)، انرژی‌های تجدیدپذیر و ضرورت توسعه آن بمنظور کاهش آلودگی محیط زیست، نشریه مطالعات علوم کاربردی در مهندسی، دوره۲، شماره۴، صفحات ۶۰-۶۹
- حسین زاده، محمدمهدی. افشار، راحله. (۱۳۸۵)، انرژی زمین گرمایی، کاربردها و مزیت‌های آن در ایران، نشریه آموزش و رشد زمین شناسی، شماره۴۵، صفحات ۳۵-۳۹
- قدمی، میثم. (۱۳۹۲)، انرژی زمین گرمایی و چشم انداز ان در ایران، نشریه آموزش و رشد زمین شناسی، شماره۷۵، صفحات ۵۲-۴۸
- اوتادی، نسرین. احمدپور، امین. یوسفی، محمد. (۱۳۹۱)، بررسی روش‌های تولید انرژی از زیست توده، سومین همایش بیوانرژی ایران (بیوماس و بیوگاز)، هم اندیشان انرژی کیمیا، تهران.
- Sciarretta, M. Back, L. Guzzella. (2004). "Optimal Control of Parallel Hybrid Electric Vehicle", IEEE Transaction on Control System Technology.
- Görig M. Brever C. (2016). Energy learning curves of PV systems. Environ. Prog. Sus Energy 2016;35(3):914– 23.
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., & Kim, K. H. (2018). Solar energy: potential and future prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 894-900
- Machol, B., & Rizk, S. (2013). Economic value of US fossil fuel electricity health impacts. Environment international, 52, 75-80

مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار

ENSD.ir
ISSN: 2588-4255

نشانی: کرج، بلوار امام خمینی (باغستان)، بین خیابان پنجم و ششم، روبروی مجموعه ورزشی انقلاب، پلاک ۷۳۵، ساختمان پرند، واحد ۱

۰۲۱ ۳۳ ۲۰ ۲۴ ۸۷
۰۲۶ ۳۴ ۴۳ ۶۹ ۵۹
۰۲۱ ۴۳ ۸۵ ۷۱ ۲۴