

# نیشکر

نشریه علمی تخصصی  
نیشکر



## مقالات این شماره:

- راه اندازی کوره بخار با سوخت گاز طبیعی  
ابراهیم موسوی پور، علیرضا دورباشی زاده، پیام عطار روشن
- بررسی تاثیر اشعه UV نور خورشید بر لوله های از جنس PVC و پلی اتیلن  
هادی گودرزی، مسعود عباسی
- امکان سنجی تولید بیوجار از باگاس و بقایای برداشت سبز نیشکر و بررسی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن  
شیرا خواجوی شجاعی، امیر سراغی، پردیس حاجی
- بررسی نقش همزن ها در بهبود راندمان دیگ های طبخ و افزایش کیفیت شکر خام  
محمود چهارلنگ
- بررسی فرآیند تولید بیواتانول از ملاس و ضایعات کشاورزی  
مسعود کاشی، سجاد کرد
- بررسی اثرات زیست محیطی انجام عملیات تصفیه روغن هیدرولیک دروگر نیشکر  
حدیث نعمت پور ملک آباد، نادر بهبهانی نژاد، محمدحسن صادقیان
- رابطه ی لگاریتمی تبلور چهارم یار احمدی - علوی فاضل  
مهدی یار احمدی، سید علی علوی فاضل
- ترجمه مقاله: بیماری "سفید برگی" در نیشکر  
حسین موذن رضامحله

## فهرست مقالات این شماره

- ۱ ..... سرمقاله: مدیریت چالش خشکسالی و تأثیر آن بر عملکرد محصول نیشکر در سال ۱۴۰۰  
عبدعلی ناصری؛ مدیرعامل شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی
- ۱۰ ..... راه اندازی کوره بخار با سوخت گاز طبیعی  
ابراهیم موسوی پور، علیرضا دورباشی زاده، پیام عطار روشن
- ۱۷ ..... بررسی تاثیر اشعه UV نور خورشید بر لوله های از جنس PVC و پلی اتیلن  
هادی گودرزی، مسعود عباسی
- ۳۱ ..... امکان سنجی تولید بیوجار از باگاس و بقایای برداشت سبز نیشکر و بررسی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن  
شیلا خواجوی شجاعی، امیر سرائی، پردیس حاجی
- ۴۰ ..... بررسی نقش همزن ها در بهبود راندمان دیگ های طبخ و افزایش کیفیت شکر خام  
محمود چهارلنگ
- ۴۶ ..... بررسی فرآیند تولید بیواتانول از ملاس و ضایعات کشاورزی  
مسعود کاشی، سجاد کرد
- ۵۲ ..... بررسی اثرات زیست محیطی انجام عملیات تصفیه روغن هیدرولیک دروگر نیشکر  
حدیث نعمت پور ملک آباد، نادر بهبهانی نژاد، محمدحسن صادقیان
- ۵۹ ..... رابطه ی لگاریتمی تبلور چهارم یاراحمدی - علوی فاضل  
مهدی یاراحمدی، سید علی علوی فاضل
- ۶۴ ..... ترجمه مقاله: بیماری "سفید برگی" در نیشکر  
حسین موذن رضاملحه
- ۶۷ ..... گزارش دبیر: فعالیت های جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران در سال های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹  
تهیه و تنظیم: حسین موذن رضاملحه
- ۶۹ ..... گزارش بازرسی: گزارش بازرسی قانونی جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران به مجمع عمومی بطور فوق العاده سال مالی، منتهی به سال مالی ۱۳۹۸/۱۲/۲۹، ۱۳۹۹/۱۲/۳۰ تهیه و تنظیم: یعقوب پیریور

### صاحب امتیاز:

جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران

### ناشر:

جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران

### مدیر مسئول:

مهندس افشین آریز

### سردبیر:

دکتر حسین موذن رضاملحه

### هیات تحریریه:

مهندس افشین آریز، دکتر حسین موذن رضاملحه

دکتر عبدعلی ناصری، دکتر موسی مسکرباشی

مهندس سیروس چهارازی

### طراح و صفحه آرا:

مهندس مینا طیبی

### نشانی دفتر نشریه:

اهواز، بلوار گلستان، سه راه گلستان، شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی، بلوک ۷، واحد ۸

کدپستی: ۶۱۳۴۸۱۰۰۱

تلفن: ۰۶۱-۳۳۱۳۰۳۶۰ تلفکس: ۰۶۱-۳۳۱۳۰۳۵۹

وب سایت: <https://irssct.com>

پست الکترونیک: [irssct@gmail.com](mailto:irssct@gmail.com)

اینستاگرام: [irssct\\_official](https://www.instagram.com/irssct_official)

به آگاهی خوانندگان گرامی می‌رساند که مطالب، آمار و ارقام و نقطه نظرهای ارائه شده در مقالات و گزارش‌های نشریه نیشکر، صرفاً نظر و دیدگاه نویسندگان مقاله بوده و به معنای تأیید آنها نمی‌باشد. لطفاً نظرات و پیشنهادات خود را از طریق سایت جمعیت به آدرس [WWW.IRSSCT.COM](http://WWW.IRSSCT.COM) یا به پست الکترونیک [IRSSCT@GMAIL.COM](mailto:IRSSCT@GMAIL.COM) ارسال فرمایید. با تشکر  
تحریریه نشریه نیشکر

## مدیریت چالش خشکسالی و تأثیر آن بر عملکرد محصول نیشکر در سال ۱۴۰۰

دکتر عبدعلی ناصری؛ مدیرعامل شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی

## مقدمه

کشور ما در یکی از مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته است و بنابراین خشکی و خشکسالی از ویژگی‌های اجتناب ناپذیر و زیان بار اقلیمی کشور ما می‌باشد. معمولاً خشکسالی به‌عنوان یک عارضه موقت هر چند سال یکبار در مناطق خشک و نیمه‌خشک حادث می‌شود و در نتیجه، مشکلات خاص این مناطق را حادتر می‌کند. اثرات خسارت‌بار خشکسالی در ابعاد مختلف، برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای کشور را دچار رکود نموده و بحران‌های گسترده اقتصادی، سیاسی و اجتماعی در نواحی مختلف کشور ایجاد می‌نماید. آثار خسارات خشکسالی در سال‌های اخیر بر منابع آب، کشاورزی، تولیدات دامی، مراتع، مهاجرت، طغیان آفات و بیماری‌های گیاهی، بهداشت و درمان بسیار زیاد بوده است. مهمترین منبع آب آبیاری گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک، آب‌های سطحی رودخانه‌ها هستند که تأثیر وقوع خشکسالی و تداوم آن، بر کمیت و کیفیت این منابع آبی بسیار شدید است. وقوع خشکسالی‌ها می‌تواند مقدار منابع آب مورد نیاز گیاهان را با مشکل روبه‌رو سازد. علاوه بر کمیت آب برای کشاورزی، کیفیت آب نیز بسیار مهم می‌باشد و آبی که برای مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌بایست به لحاظ کیفی دارای ویژگی‌ها و معیارهای مشخصی باشد و اگر تأمین چنین آبی مقدور نباشد، این فعالیت‌ها بی‌اثر خواهد بود. همانطور که می‌دانیم مصرف آب شور باعث زیاد شدن غلظت املاح در محیط ریشه می‌شود و سبب می‌گردد انرژی حیاتی گیاه به‌جای آنکه صرف تولید در گیاه شود، به مصرف جذب آب از محلول خاک حاوی غلظت بالای املاح برسد. غلظت زیاد املاح محلول در خاک سبب کاهش جذب آب توسط گیاه و یا خشکی فیزیولوژیکی می‌گردد و در نتیجه، رشد ریشه گیاه و متعاقب آن

سطح جذب مواد غذایی کمتر می‌شود. به‌عبارت دیگر شوری از طریق افزایش فشار اسمزی و بهم زدن تعادل بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، بر روی رشد آن تأثیر نامطلوب می‌گذارد. معمولاً کیفیت آب آبیاری از نظر میزان شوری با آبی که ریشه از محلول خاک دریافت می‌کند، متفاوت است و بر این اساس، برای محاسبه رشد و عملکرد گیاهان، به‌جای شوری آب آبیاری ( $EC_w$ )، شوری محلول خاک ( $EC_e$ ) در نظر گرفته می‌شود. رابطه تجربی زیر بین شوری محلول خاک و شوری آب آبیاری برقرار است:

$$EC_e = 1.5 \times EC_w$$

همچنین بر اساس مطالعات ماس و هافمن (۱۹۷۷) مقدار نسبی محصول گیاهان مختلف، برای هر درجه از شوری عصاره اشباع خاک ( $EC_e$ ) به‌وسیله فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$y = 100 - b(EC_e - a)$$

که در این فرمول پارامترها به شرح زیر است:

$EC_e$  = عصاره اشباع خاک در وضعیت موجود ( $ds/m$ )

$y$  = محصول نسبی تولید شده در وضعیت موجود (درصد)

نسبت به توان تولید محصول)

$a$  = مقدار شوری عصاره اشباع خاک در آستانه کاهش

محصول

$b$  = شیب یا درصد کاهش محصول به ازای افزایش هر واحد

شوری

ارقام  $a$  و  $b$  برای محصولات مختلف در جداولی آورده شده

است (Mass and Hoffman, ۱۹۷۷).

در این جداول، ارقام  $a$  و  $b$  برای گیاه نیشکر به ترتیب ۱/۷

و ۵/۹ می‌باشد. با استفاده از این فرمول و با دانستن اینکه

متوسط شوری عصاره اشباع خاک ۱/۵ برابر شوری آب

آبیاری است می‌توان میزان نسبی محصول را محاسبه کرد.

عملکرد گیاه نیشکر کاهش می‌یابد. همانطور که ذکر شد شوری خاک یا شوری آب آبیاری عملکرد ساقه نیشکر را از طریق کاستن تعداد ساقه و کاستن وزن آن کاهش می‌دهد. ویگاندها و همکاران (۱۹۹۶) دریافتند که هر واحد افزایش شوری (بر حسب دسی‌زیمنس بر متر) در ناحیه ریشه، تعداد ساقه را ۰/۶ در هر متر مربع و وزن آن را ۰/۱۵ کیلوگرم کاهش می‌دهد که بر این اساس، کاهش عملکرد ساقه در هر هکتار را ۱۳/۷ تن گزارش کردند. سوارز و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که ارتفاع گیاه نیشکر تحت شرایط کم‌آبی و خشکسالی، به شدت کاهش می‌یابد. داسیلوا و داکوستا (۲۰۰۴) نیز گزارش کرده‌اند که علاوه بر ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن آن و تعداد ساقه در هکتار نیز کاهش می‌یابند. به‌طور کلی تحت شرایط خشکسالی و کم‌آبی در منطقه، شرایط رشد گیاه محدود شده و عوامل مختلف که در ذیل به آنها اشاره می‌گردد بر کاهش عملکرد نهایی گیاه نیشکر تأثیرگذار می‌باشند.

۱. بالا رفتن شدید دمای هوا در فصل رشد و وزش بادهای گرم باعث زیاد شدن تبخیر و تعرق و سوختگی برگ گیاه شده، و به دنبال آن کاهش فتوسنتز در گیاه و کاهش رشد ایجاد می‌شود. دمای بالای هوا با تأخیری که بر مقدار تبخیر و تعرق گیاه دارد، می‌تواند به‌عنوان یک عامل محدود کننده رشد مطرح شود. درجه حرارت بالا، موجب گرم شدن هوا بویژه به‌صورت وزش بادهای داغ و بهم زدن تعادل تبخیر و تعرق نیشکر شده که در وارپته‌های حساسی همانند CP48-103 و CP57-614 به‌صورت خشک شدن بخش عمده‌ای از برگ‌ها و کاهش سطوح فتوسنتزی نیشکر نمایان می‌گردد. نبود شدن سبزینه گیاهی در اثر وزش بادهای سوزان، از دست رفتن سریع آب بافت‌های برگ‌گی و خشکی آنها در اثر تبخیر بالای محیطی، عدم وجود مواد پرورده فتوسنتزی کافی جهت جبران سریع برگ‌های خشک شده، هجوم شدید آفت مکنده کنه زرد نیشکر و ... همگی باعث می‌گردد که نسبت به شرایط عادی منطقه حدود ۳ تا ۴ برگ سبز کمتری برای گیاه باقی بماند (کاهش حدود ۴۵-۵۰ درصدی توان فتوسنتزی گیاه). این کاهش سبزینه

## تأثیر افزایش شوری آب آبیاری ناشی از خشکسالی بر عملکرد نیشکر

با مراجعه به جداول استاندارد بین‌المللی سازمان خوار و بار جهانی (FAO) دیده می‌شود که هر چه کیفیت آب آبیاری نامطلوب‌تر گردد؛ پتانسیل نرمال تولید نیز بیشتر کاهش می‌یابد. نیشکر در ردیف گیاهان حساس تا نیمه حساس به شوری است. حد آستانه شوری خاک برای افت محصول این گیاه ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر است. ویگاندها و همکاران در سال ۱۹۹۶ نشان دادند که هر واحد افزایش شوری در منطقه ریشه گیاه نیشکر، به‌طور متوسط منجر به کاهش ۱۳/۷ تن در هکتار عملکرد نیشکر می‌گردد. بر اساس موارد گفته شده فوق، زمانی که شوری آب آبیاری ۳ دسی‌زیمنس بر متر باشد، شوری عصاره اشباع خاک در منطقه ریشه گیاه معادل ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر خواهد بود که این بیانگر حدود ۱۶/۵ درصد افت عملکرد است.

## تأثیر افزایش شوری آب آبیاری ناشی از خشکسالی بر تجمع نمک در خاک

کاهش کمیت آب رودخانه‌ها در زمان خشکسالی، معمولاً کاهش کیفیت و افزایش میزان املاح موجود در آب و افزایش میزان شوری را به دنبال خواهد داشت. هرچه میزان شوری آب آبیاری بیشتر شود، تجمع نمک در پروفیل خاک افزایش یافته و برای شستشوی نمک وارد شده به خاک، به آب بیشتری نیاز خواهد بود. برای تعیین شوری یا غلظت کل نمک‌ها در یک محلول (آب آبیاری) دو روش معمول است که عبارتند از:

(الف) اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی (EC)

(ب) اندازه‌گیری مقدار باقیمانده خشک (TDS)

اندازه‌گیری هدایت الکتریکی توسط دستگاه شوری‌سنج (EC متر) انجام می‌شود. با افزایش شوری آب، هدایت الکتریکی آن نیز افزایش می‌یابد. واحد هدایت الکتریکی میلی‌موس بر سانتی‌متر (mmhos/cm) یا دسی‌زیمنس بر متر (ds/m) می‌باشد. گیاهان به کل مواد جامد محلول در آب که به TDS معروف است واکنش نشان می‌دهند.

## تأثیر خشکسالی بر کاهش اجزای عملکرد نیشکر

بسیاری از محققین گزارش کرده‌اند که تحت تأثیر خشکسالی،

تجارب شرایط خشکسالی سال‌های قبل نشان می‌دهد مزارعی که به‌علت کم آبی، دفعات کمتری آبیاری می‌شوند و راندهای آبیاری آن‌ها بازر می‌شود، دچار طغیان سوسک ریشه‌خوار نیشکر می‌شوند. این آفت ضمن خسارت عمده در شرایط خشکسالی، می‌تواند باعث گردد تا مزرعه به کانون طغیان این آفت در سال‌های آینده نیز تبدیل شود.

**تأثیر شرایط خشکسالی بر میزان شکر قابل استحصال** در خصوص تأثیر شرایط خشکسالی و افزایش میزان شوری آب آبیاری بر کیفیت شربت نیشکر و مقدار شکر قابل استحصال، نتایج متفاوت و متناقضی گزارش شده است. اینمار بامبر و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کرده‌اند که در اثر استرس رطوبتی اعمال شده بر گیاه نیشکر، وزن ساکاروز ۲۷ درصد افزایش نشان داد. توماس و همکاران (۱۹۸۱) بیان کردند که شوری آب آبیاری همیشه باعث کاهش پل و بریکس نمی‌گردد. لینگل و ویگان (۱۹۹۷) نشان دادند که افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباعی خاک، درصد پل، درصد بریکس و پیوریتی را کاهش می‌دهد. گلایان و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که با افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری، میزان ساکاروز شربت (درصد پل، درصد بریکس و پیوریتی) کاهش نشان داد. بسیاری از محققین معتقدند تأثیر شوری آب و خاک بر کاهش مقدار شکر قابل استحصال، ناشی از کاهش عملکرد کمی نیشکر می‌باشد.

## میزان آب تخصیص یافته به کشت و صنعت‌های نیشکری در شرایط خشکسالی سال جاری

همانطور که می‌دانیم آب یکی از نهاده‌های مهم جهت تولید نیشکر می‌باشد. سال آبی به‌طوریکه سدهای استان نسبت به دوره متناظر سال آبی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و همچنین نسبت به دوره بلندمدت خود، آورد بسیار کمتری داشته‌اند و می‌توان گفت این میزان کم، در چند ساله اخیر بی‌سابقه بوده است. بر این اساس و با توجه به کاهش ذخیره آب در پشت سد دز و زنجیره‌ی سدهای کارون به‌دلیل کاهش نزولات جوی در زمستان سال قبل، از ابتدای سال جاری (سال ۱۴۰۰)، جلسات متعددی در استانداری، سازمان آب و برق و سازمان جهاد

گیاهی به نوبه خود باعث کاهش تولید مواد فتوسنتزی مکفی جهت رشد ساقه و جبران اثرات سوء محیطی بر گیاه می‌گردد. از سوی دیگر چون به‌طور طبیعی گیاه برای بقای خود در شرایط بحرانی می‌بایست مواد حفاظتی بیشتری در اختیار داشته باشد این اضافه نیاز از طریق فتوسنتز جاری محدود برگ‌های موجود تأمین می‌گردد. این موضوع باعث می‌شود که مقدار زیادی از مواد فتوسنتزی به‌جای دخالت در رشد و جبران عقب‌ماندگی‌ها به سمت تقویت هر چه بیشتر سیستم‌های بقایی گیاه منحرف گردد، همچنین به‌دلیل رشد طولی کم و کاهش تعداد برگ‌های سبز، افزایش تبخیر از سطح مزرعه را خواهیم داشت، که در این صورت نیز نیاز به مصرف بیشتر آب می‌باشد.

**۲. کاهش رطوبت نسبی هوا و خشک‌تر شدن هوا در طی فصل رشد نیشکر؛ رطوبت نسبی به‌خصوص رطوبت نسبی حداقل هوا (رطوبت نسبی در طول روز) یکی دیگر از پارامترهای مهم اقلیمی است که بر رشد گیاهان اثر دارد. از آنجا که در طول روز به‌دلیل وجود نور و دمای کافی شرایط برای انجام فرآیند فتوسنتز مهیا است، رطوبت موجود در محیط می‌تواند به‌عنوان عامل کاهنده یا افزایش‌دهنده فرآیند عمل نماید. از طرف دیگر مقدار رطوبت موجود در محیط با پتانسیل تبخیر منطقه رابطه عکس دارد. به عبارت دیگر در شرایط مشابه، سال‌هایی که رطوبت نسبی هوا کمتر است، خشکی محیط باعث افزایش مقدار تبخیر گردیده و در نهایت بر رشد گیاه نیشکر اثر منفی خواهد داشت.**

**۳. پدیده گرد و غبار از جمله تغییرات اقلیمی است که در چند سال اخیر از سیر طبیعی خود خارج و شاهد تعدد وقوع آن در منطقه هستیم. کم شدن ساعات آفتابی، پوشاندن سطح برگ‌ها، افزایش و شیوع بیماری‌های گیاهی و آفات از جمله کنه کاهش رشد گیاه و تأثیر بر عوامل کیفی، تبعاتی است که این پدیده می‌تواند به‌وجود آورد. آمار نشان می‌دهد در سال‌های با بارندگی کم این پدیده بیشتر مشاهده می‌شود که خوشبختانه این عامل در زمان داشت نیشکر در سال جاری تاکنون اتفاق نیفتاده است.**

## تأثیر شرایط خشکسالی بر طغیان آفات

گرفته شده برای مصرف در شهر یورماه، به ناچار کسر شده و به میزان آب مصرفی در تیرماه اضافه گردد که پس از مذاکره با مدیران سازمان آب و برق خوزستان، مورد موافقت قرار گرفته و عملیاتی شد. لازم به ذکر است آب تخصیص یافته به کشت و صنعت‌های تابعه شرکت توسعه نیشکر در ماه‌های مذکور در جدول ۲ آورده شده است. خوشبختانه با این تاکتیک، علیرغم ثابت ماندن حجم آب در نظر گرفته شده برای سه ماه تابستان، از خسارت به گیاه و کاهش شدید محصول تا حدود زیادی جلوگیری گردید. با این وجود، متأسفانه آب اختصاص یافته به مناطق پایین دست رودخانه دز، در اغلب روزها بسیار کمتر از سهمیه در نظر گرفته شده بود و رودخانه دز در واقع در مقطعی به عنوان زهکش زمین‌های کشاورزی اطراف خود عمل می‌کرد و کشت و صنعت دهخدا نیز به ناچار از آب با کیفیت بسیار پایین (میزان شوری آب تا بیش از ۷ دسی‌زیمنس بر متر) برای آبیاری مزارع خود استفاده می‌نمود.

کشاورزی استان برگزار گردید. در این جلسات مشکلات ناشی از کمبود آب و همچنین سهمیه‌بندی آب به‌ویژه برای محصولات زراعی دائمی از جمله نیشکر، مورد بحث قرار گرفته و نهایتاً سهمیه کل محصول نیشکر استان (شامل کشت و صنعت‌های کارون، هفت‌تپه، میان‌آب و شرکت توسعه نیشکر) تعیین گردید و میزان آب تعیین شده بر اساس مساحت داشت به کشت و صنعت‌ها تخصیص داده شد. بر اساس این تقسیم‌بندی مجموع میزان دبی اختصاص یافته برای کل کشت و صنعت‌های ذکر شده در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور برابر با ۳۹۰ مترمکعب در ثانیه بود (جدول ۱). علیرغم کم بودن میزان آب در نظر گرفته شده از سوی سازمان آب و برق، در مقایسه با آب مورد نیاز گیاه نیشکر و به‌منظور کاهش اثرات منفی آن بر محصول تصمیم گرفته شد به‌دلیل حساسیت بیشتر گیاه به تنش آبی در ماه‌های گرم تیر و مرداد، مقداری از آب در نظر

جدول ۱- سهمیه آب در نظر گرفته شده به تمام کشت و صنعت‌های نیشکری از تیر تا شهریور ۱۴۰۰ (اعلام شده توسط سازمان آب و برق خوزستان)

شرح	تیر		مرداد		شهریور		جمع (۳ ماهه)	
	حجم MCM	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	حجم MCM	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	حجم MCM	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	حجم MCM	دبی (مترمکعب بر ثانیه)
کارون	۷۳/۴	۲۷/۴	۶۴/۸	۲۴/۲	۵۱/۹	۱۹/۴	۱۹۰/۱	۷۱
	۸	۳	۷	۲/۷	۵/۸۶	۲/۲	۲۰/۸۶	۷/۹
هفت‌تپه	۱۹	۷/۱	۱۷	۶/۴	۱۳/۲	۵	۴۹/۲	۱۸/۵
میان‌آب	۵	۲	۴/۳	۱/۶	۳/۲	۱/۳	۱۲/۵	۴/۹
امام خمینی	۳۳/۷	۱۲/۶	۲۹/۷	۱۱	۲۳/۹	۹	۸۷/۳	۳۲/۶
	۸/۸	۳/۲	۷/۷	۲/۹	۶/۲	۲/۴	۲۲/۷	۸/۵
امیرکبیر	۴۲/۳	۱۵/۸	۳۳/۳	۱۴	۳۴/۱	۱۲/۸	۱۰۹/۷	۴۲/۶
میرزا کوچک خان	۵۰	۱۸/۷	۴۴/۲	۱۶/۵	۳۵/۸	۱۳/۴	۱۳۰	۴۸/۶
دعبل خزاعی	۴۵/۴	۱۷	۴۰	۱۵	۳۲/۷	۱۲/۲	۱۱۸/۱	۴۴/۲
سلمان فارسی	۴۳/۷	۱۶/۴	۳۸/۶	۱۴/۵	۳۱	۱۱/۶	۱۱۳/۳	۴۲/۵
حکیم فارابی	۴۵/۴	۱۷	۴۰	۱۵	۳۲/۲	۱۲	۱۱۷/۶	۴۴
دهخدا	۲۵/۳	۹/۵	۲۲/۳	۸/۴	۱۷/۹	۶/۷	۶۵/۵	۲۴/۶
جمع کارون	۳۳۳/۹		۲۹۰/۶		۲۴۱/۶		۸۶۶/۱	
جمع دز	۶۶/۱		۵۸/۳		۴۶/۳۶		۱۷۰/۷۶	
جمع (کل)	۴۰۰		۳۴۹		۲۸۸		۱۰۳۷	

۱۵/۶ = ۲/۷ : (۲۰۸ - ۲۵۰)

که با توجه به سطح کل داشت برابر با ۶۹۱۵۴ هکتار، انتظار می‌رود تولید نیشکر در مجموع بیش از یک میلیون تن کمتر از تولید سال قبل (۱۴۰۰-۱۳۹۹) باشد (بیش از ۱۸ درصد کاهش تولید نیشکر) که با احتساب ۱۱ درصد استحصال شکر از این میزان نیشکر، ارزش وزنی شکر خام از دست‌رفته بیش از یکصد و ده هزار تن خواهد بود (حدود ۱۸ درصد تولید شکر کمتر نسبت به سال قبل). بر این میزان می‌توان ارزش ملاس و باگاس تولید نشده را نیز اضافه نمود. متأسفانه در ماه‌های مرداد، شهریور و هفته اول مهرماه (آمار موجود در جدول ۳ تا مورخ ۱۴۰۰/۷/۶)، میزان شوری آب رودخانه دز، در محل کشت و صنعت دهخدا روند افزایشی بی‌سابقه‌ای را نشان داد، به طوری که میزان شوری آب تأمین‌ی در کشت و صنعت دهخدا از ابتدای شهریور ماه تا کنون بیش از ۶ دسی‌زیمنس بر متر ثبت شده است. روند افزایش میزان شوری آب کارون در محدوده کشت و صنعت‌های جنوب اهواز نیز روند افزایشی یافته و در تمام کشت و صنعت‌ها در ماه‌های شهریور و مهرماه (آمار موجود در جدول ۳ تا مورخ ۱۴۰۰/۷/۶) به بیش از ۳/۵ و تا حدود ۵ دسی‌زیمنس بر متر نیز رسیده است. این امر نه تنها مسئله شوری خاک و ایجاد اختلال رشد در گیاه و کاهش رشد را داشته است بلکه مساله سمیت یون‌هایی همانند سدیم و کلر در گیاه را به وجود می‌آورد که می‌تواند حیات کلی گیاه را به مخاطره بیندازد.

## وضعیت برق در شرایط خشکسالی سال جاری

به دلیل کمبود آب، از خرداد ماه سال جاری، ضمن کاهش میزان آب برداشتی هر کشت و صنعت، متأسفانه تأمین برق مورد نیاز برای ایستگاه‌های پمپاژ آب آبیاری و زهکشی نیز با مشکل مواجه گردید و روزانه به مدت هشت ساعت با قطع نمودن برق کشت و صنعت‌ها، عملاً باعث عدم برداشت آب به مدت روزانه هشت ساعت می‌شد که این امر ضمن برهم زدن نظم عملیات آبیاری

## وضعیت رشد نیشکر و تولید آن در شرایط خشکسالی

### سال جاری

به دلیل همزمان شدن محدودیت برداشت آب از رودخانه‌ها با شروع دوره رشد سریع نیشکر، آثار اولیه کاهش رشد گیاه با کاهش رشد درکشت و صنعت دهخدا، که آب آبیاری آن از رودخانه دز تأمین می‌شد، آغاز شد. در این کشت و صنعت تقریباً از اواسط خرداد ماه و همزمان با دوره رشد سریع گیاه نیشکر، به دلیل کاهش بسیار شدید دبی رودخانه دز و افزایش قابل توجه میزان شوری آب (میزان شوری تا بیش از ۷ دسی‌زیمنس بر متر) و عدم امکان تأمین آب مورد نیاز مزارع نیشکر، رشد گیاه روند نزولی پیدا نمود به طوری که متوسط میزان رشد هفتگی گیاه نیشکر در خرداد، تیر، مرداد و شهریور به ترتیب ۷/۸، ۸، ۷/۳ و ۴/۷ سانتی‌متر ثبت گردید. این در حالی است که متوسط رشد هفتگی در ماه‌های متناظر در سال قبل برابر با ۱۴/۱، ۱۹/۵، ۱۵/۹ و ۶/۷ سانتی‌متر بوده است. بنابراین می‌توان گفت در این چهار ماه در مقایسه با چهار ماه متناظر سال قبل، در کشت و صنعت دهخدا، ارتفاع تجمعی بیش از ۱۱۳ سانتی‌متر کاهش نشان می‌دهد. به تدریج و با کاهش کمیت و کیفیت آب رودخانه‌ها در استان، روند کاهش میزان رشد گیاه نیشکر در سایر کشت و صنعت‌ها (البته با شدت کمتر از کشت و صنعت دهخدا)، نیز آغاز شد. با توجه به برداشت به موقع سال قبل و بر اساس پیش‌بینی‌های اولیه، انتظار می‌رفت امسال میزان رشد نیشکر بسیار خوب و ارتفاع نهایی گیاه به حدود ۲۵۰ سانتی‌متر برسد. ولی با به وجود آمدن شرایط خشکسالی از هفته پنجم به بعد، رشد هفتگی نسبت به دوره متناظر سال قبل، کاهش داشته و با روند موجود در هفته ۲۲ رشد (هفته پایانی اندازه‌گیری رشد)، میزان رشد کل به جای ۲۵۰ سانتی‌متر به حدود ۲۰۸ سانتی‌متر تنزل یافته است که میزان وزنی نیشکر آن (تن در هر هکتار) عبارت خواهد بود از:

جدول ۲- سهمیه آب اختصاص یافته به کشت و صنعت‌های تابعه توسعه نیشکر از تیر تا شهریور ۱۴۰۰ (نهایی شده)

شرح	تیر		مرداد		شهریور		جمع کل
	حجم MCM	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	حجم MCM	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	حجم MCM	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	
امیرکبیر	۵۸/۹۶	۲۲	۴۱/۸۰۸	۱۵/۶	۱۳/۴	۵	۱۱۴/۱۷
میرزا کوچک خان	۶۷	۲۵	۴۷/۱۶۸	۱۷/۶	۱۶/۰۸	۶	۱۳۰/۲۵
دعبل خزاعی	۶۱/۶۴	۲۳	۴۳/۴۱۶	۱۶/۲	۱۳/۴	۵	۱۱۸/۴۶
سلمان فارسی	۶۰/۳	۲۲/۵	۴۰/۲	۱۵	۱۳/۴	۵	۱۱۳/۹۰
حکیم فارابی	۶۱/۶۴	۲۳	۴۲/۸۸	۱۶	۱۳/۴	۵	۱۱۷/۹۲
دهخدا	۵۶/۲۸	۲۱	۳۷/۵۲	۱۴	۱۳/۴	۵	۱۰۷/۲۰
امام خمینی	۴۸/۲۴	۱۸	۲۹/۴۸	۱۱	۹/۶۴۸	۳/۶	۸۷/۳۷
	۱۳/۴	۵	۱۰/۷۲	۴	۵/۳۶	۲	۲۹/۴۸
جمع کارون	۳۵۷/۷۸		۲۴۴/۹۵۲		۷۹/۳۲۸		۶۸۲/۰۶
جمع دز	۶۹/۶۸		۴۸/۲۴		۱۸/۷۶		۱۳۶/۶۸

شهریور ماه سال ۱۴۰۰ جمعاً بالغ بر ۲۰ هزار مگاوات ساعت. ۳. تولید ۳۵ هزار مگاوات ساعت انرژی برق توسط ۶ واحد نیروگاهی توربو ژنراتوری و دیزل ژنراتورهای برق اضطراری ذخیره عملیاتی شرکت‌ها و توان تزریق به شبکه در راستای افزایش ضریب پایداری شبکه برق سراسری و کاهش اعمال خاموشی به منازل مسکونی. ۴. انجام عملیات خریداری، نصب و راه‌اندازی ۲۲ دستگاه دیزل ژنراتور برق اضطراری جمعاً به ظرفیت ۳۳ مگاوات به منظور افزایش توان تزریق انرژی الکتریکی به شبکه برق سراسری علی‌الخصوص در ایام بحرانی پیک بار شبکه. اقدامات انجام شده در راستای کاهش اثرات منفی خشکسالی بر گیاه نیشکر در سال جاری

متأسفانه در برخی مقاطع زمانی، به دلیل کمبود آب رها شده و به توصیه سازمان آب و برق، کشت و صنعت‌های تابعه شرکت توسعه نیشکر، کمتر از سهمیه آب تخصیص یافته خود، برداشت آب داشتند که با توجه به مصادف شدن آن با مراحل حساس رشدی گیاه نیشکر و شرایط نامساعد آب و هوایی همانند درجه حرارت بالا و وزش بادهای گرم، می‌توان

باعث افزایش مصرف حداقل ده درصدی آب آبیاری نیز گردیده است زیرا وقتی که آب هنوز به انتهای فاروها نرسیده بود، عملیات آبیاری قطع می‌شد و به ناچار در زمان شروع مجدد آبیاری می‌باید مزرعه را از ابتدا آبیاری نمود. در این خصوص و به منظور گذر از وضعیت بحرانی شبکه برق سراسری، در خصوص شرکت‌های حوزه توزیع نیروی برق اهواز (شامل کشت و صنعت‌های دهخدا، سلمان فارسی، دعبل خزاعی، امیرکبیر، میرزا کوچک خان و حکیم فارابی) در فصول بهار و تابستان سال ۱۴۰۰، برخی اقدامات صورت پذیرفت که عبارتند از: ۱. عقد تفاهم نامه تولید و فروش برق تولیدی نیروگاه‌های توربو ژنراتوری و دیزل ژنراتورهای برق اضطراری ذخیره عملیاتی شرکت‌ها به منظور پیک‌سایبی از شبکه برق سراسری در شرایط بحرانی.

۲. کمک به پایداری شبکه برق سراسری با کاهش میزان توان مورد نیاز بخش کشاورزی از ۴۷ مگاوات به ۱۵ مگاوات از ساعت ۱۱ الی ۲۱، در طی ۶۴ روز بحرانی شبکه برق سراسری در بازه ابتدای خرداد ماه تا انتهای نیمه اول



۵. اجرای روش‌های نوین زهکشی همانند زهکشی کنترل شده در راستای کاهش مصرف آب و با حفظ تهویه مناسب خاک، در راستای افزایش راندمان آبیاری مزارع نیشکر.

۶. اجرای روش آبیاری یک جویچه در میان ثابت و متغیر.

۷. مدیریت صحیح مصرف آب در سال جاری باعث شد که علی‌رغم شدت بیشتر شرایط خشکسالی امسال، هیچ گونه تعدیل سطح داشت مزارع صورت نگیرد که به تبع آن، مباحث دیگر از قبیل تعدیل نیروی انسانی به علت تعدیل سطح داشت، نیز به‌طور کلی مطرح نگردید.

۸. انجام عملیات خریداری، نصب و راه اندازی ۲۲ دستگاه دیزل ژنراتور برق اضطراری جمعاً به ظرفیت ۳۳ مگاوات به‌منظور افزایش توان تزریق انرژی الکتریکی به شبکه برق سراسری علی‌الخصوص در ایام بحرانی پیک بار شبکه. با توجه به موارد گفته شده و مجموع اقدامات انجام شده، در پایان قابل ذکر است که علی‌رغم بیشتر بودن شدت خشکسالی و کم‌آبی سال جاری در مقایسه با خشکسالی سال ۱۳۹۷ که باعث کاهش ۵۰ درصدی محصول نیشکر گردید، پیش‌بینی می‌شود به‌دلیل شرایط خشکسالی در سال جاری، کاهش عملکرد محصول نیشکر ۲۰ درصد باشد که در صورت تحقق این امر، از کاهش ۳۰ درصدی محصول جلوگیری شده است. لذا با توجه به تحقق ارتفاع نهایی ۲۰۸ سانتی‌متری گیاه نیشکر و همچنین سطح برداشت ۶۷۰۰۰ هکتاری محصول در سال جاری، حدود ششصد هزار تن شکرخام تولید خواهد شد.

گفت میزان خسارت به گیاه خیلی بیشتر و شدیدتر شده است. همچنین درمقاطعی که میزان آب رها سازی شده بیشتر می‌شد، کشت و صنعت‌ها مطابق سهمیه تعیین شده و به توصیه سازمان آب و برق، فقط به اندازه سهمیه اختصاص یافته، برداشت آب داشته و به تعهدات خود عمل نمودند. در سال زراعی جاری، با انجام برنامه‌ریزی‌های منظم و حضور مستمر همکاران و همچنین تجربه‌های کسب شده در چند سال اخیر در مقابله با شرایط خشکسالی و کم‌آبی، علی‌رغم شدت بسیار زیاد اثرات کم‌آبی، تمهیداتی اتخاذ گردید تا بتوان اثرات منفی کم‌آبی و خشکسالی بر گیاه نیشکر و عملکرد آن را کاهش داد. برخی از اقدامات انجام شده در این خصوص عبارتند از:

۱. در تمام کشت و صنعت‌ها، توجه بیشتر به زمان شروع آبیاری تک تک مزارع و مدت زمانی که هر مزرعه آبیاری می‌شد، به‌منظور کنترل و صرفه جویی بیشتر در میزان آب مصرفی، مورد تأکید قرار گرفت.
۲. توجه به معیشت کارگران و پرسنل آبیاری و در نظر گرفتن کارانه‌های تولید بر اساس میزان نیشکر تولیدی، انگیزه کافی برای دقت در کنترل آبیاری‌ها به‌وجود آمد.
۳. استفاده از لوله‌های هیدروفلوم غیر مستعمل و نو، به‌خصوص در دو شاخص اول آبیاری مزارع و دقت در کیفیت مناسب دیگر متعلقات لوله‌های هیدروفلوم، به‌منظور کاهش هدر روی آب مصرفی.
۴. استفاده از آب زهکش‌ها (بازچرخانی) جهت آبیاری مزارع از طریق اختلاط آن با آب آبیاری.

جدول ۳- میزان شوری روزانه آب ورودی به کشت و صنعت‌ها در ماه‌های مرداد، شهریور و مهر سال ۱۴۰۰

ایام	امام خمینی		دهخدا	امیرکبیر	میرزا کوچک‌خان	دعبل خزاعی	سلمان فارسی	حکیم فارابی
	کارون	دز						
۱۴۰۰/۵/۱			۱/۷۸	۲/۷۳	۲/۷۵	۲/۱۵	۲/۳۴	۲/۶۱
۱۴۰۰/۵/۲			۱/۹۵	۲/۴۱	۲/۵	۲/۰۳	۲/۱۲	۲/۴۶
۱۴۰۰/۵/۳			۱/۶۸	۲/۲۴	۲/۳۸	۱/۷۸	۱/۹۲	۲/۱۵
۱۴۰۰/۵/۴			۱/۷۲	۲/۲	۲/۰۵	۱/۸۴	۱/۷۷	۱/۹۳
۱۴۰۰/۵/۵			۱/۷۱	۲/۳۳	۲/۱۸	۱/۹۲	۲/۰۱	۲/۱۹
۱۴۰۰/۵/۶			۱/۴	۲/۲۷	۲/۲۲	۱/۸۵	۱/۹۶	۲/۲۱
۱۴۰۰/۵/۷	۱/۳۷	۱/۳۸	۱/۵۹	۲/۲۶	۲/۱۳	۱/۸۳	۱/۹	۲/۰۲
۱۴۰۰/۵/۸			۱/۶۳	۲/۲	۲/۰۷	۱/۷۶	۱/۹۹	۲/۰۱
۱۴۰۰/۵/۹			۱/۹۳	۲/۱۶	۲/۱۴	۱/۷۹	۱/۹۸	۱/۸۹
۱۴۰۰/۵/۱۰			۳/۱۱	۲/۶	۲/۲۹	۲/۱۶	۲/۰۳	۲/۰۸
۱۴۰۰/۵/۱۱			۲/۴۶	۳/۰۶	۲/۶۶	۲/۴۹	۲/۵۱	۲/۵۴
۱۴۰۰/۵/۱۲			۲	۳/۳	۳/۰۸	۲/۶	۲/۸	۲/۸۹
۱۴۰۰/۵/۱۳			۲/۱۹	۳/۲۷	۳/۱	۲/۵۸	۲/۹	۲/۸۷
۱۴۰۰/۵/۱۴	۰/۹۸	۱/۵۸	۲/۵۱	۳/۳۴	۳/۱۱	۲/۸۷	۲/۹۴	۲/۹۵
۱۴۰۰/۵/۱۵			۲/۸۲	۳/۲۴	۳/۱۹	۲/۵۷	۲/۸۶	۲/۹۲
۱۴۰۰/۵/۱۶			۲/۶۳	۳/۲۶	۳/۲۴	۲/۶۱	۲/۸۸	۲/۸۹
۱۴۰۰/۵/۱۷			۲/۹۸	۳/۱۲	۳/۱	۲/۴۶	۲/۶۵	۲/۹
۱۴۰۰/۵/۱۸			۲/۹۴	۲/۹۱	۲/۹۱	۲/۴۱	۲/۵۴	۲/۶۶
۱۴۰۰/۵/۱۹			۲/۷۱	۲/۷۵	۲/۸۶	۲/۲۲	۲/۴۳	۲/۷
۱۴۰۰/۵/۲۰			۲/۵۴	۲/۳۱	۲/۶۱	۱/۹۲	۱/۸۸	۱/۹۱
۱۴۰۰/۵/۲۱	۱/۱۷	۱/۷۷	۲/۶۸	۲/۲۱	۲/۲۳	۱/۸۴	۱/۸۴	-
۱۴۰۰/۵/۲۲			۳/۱۵	۲/۲۴	۲/۲۲	۱/۹	۱/۷۸	-
۱۴۰۰/۵/۲۳			۳/۱۹	۲/۱۷	۲/۰۸	۱/۸۸	۱/۷۹	۱/۸۱
۱۴۰۰/۵/۲۴			۳/۴۲	۲/۰۹	۲/۰۷	۱/۷۹	۱/۷۹	۱/۷۲
۱۴۰۰/۵/۲۵			۳/۲۳	۲/۱۷	۲/۰۹	۲/۰۱	۱/۹۱	۱/۷۸
۱۴۰۰/۵/۲۶			۳/۱۶	۲/۱۴	۲/۲۸	۱/۸۳	۱/۸۲	۱/۹۶
۱۴۰۰/۵/۲۷			۴/۰۷	۲/۱۶	۲/۱۵	۱/۹۳	۱/۷۸	۱/۷۷
۱۴۰۰/۵/۲۸	۱/۳۴	۱/۹	۵/۰۲	۲/۸۱	۲/۴۱	۱/۹۷	۲/۰۵	-
۱۴۰۰/۵/۲۹			۴/۰۷	۳/۱۱	۲/۴۵	۲/۵۴	۲/۶۲	۲/۹۲
۱۴۰۰/۵/۳۰			۴/۲۵	۳/۵	۳/۰۲	۲/۹	۲/۹۸	۳/۰۵
۱۴۰۰/۵/۳۱			۵/۵۷	۳/۹۴	۳/۵۳	۳/۰۹	۳/۳۹	۳/۳۷
میانگین	۱/۳	۱/۷	۲/۸	۲/۷	۲/۶	۲/۲	۲/۳	۲/۴

ادامه جدول ۳- میزان شوری روزانه آب ورودی به کشت و صنعت‌ها در ماه‌های مرداد، شهریور و مهر سال ۱۴۰۰

ایام	امام خمینی		دهخدا	امیر کبیر	میرزا کوچک خان	دعبل خزاعی	سلمان فارسی	حکیم فارابی
	کارون	دز						
۱۴۰۰/۶/۱			۶/۱۸	۳/۵۶	۳/۸۶	۲/۹۲	۳/۰۲	۳/۰۷
۱۴۰۰/۶/۲			۵/۵۵	۳/۹	۳/۶۷	۳/۰۳	۳/۲۵	۳/۴۷
۱۴۰۰/۶/۳			۵/۷۲	۳/۵۸	۳/۷	۲/۵۷	۳/۰۶	۳/۰۹
۱۴۰۰/۶/۴	۱/۲۲	۲/۰۹	۴/۹۹	۳/۰۶	۳/۶۱	۲/۳۱	۲/۸۵	۳
۱۴۰۰/۶/۵			۴/۷۸	۲/۵۳	۲/۸۱	۲/۱۵	۲/۱۹	۲/۳۱
۱۴۰۰/۶/۶			۴/۹۴	۲/۲۹	۲/۶۱	۲/۱	۲/۰۶	۲/۰۱
۱۴۰۰/۶/۷			۴/۶۳	۲/۲۴	۲/۵۸	۲	۱/۹	۲/۰۱
۱۴۰۰/۶/۸			۵/۵۴	۲/۵۲	۲/۴۹	۱/۹۸	۲/۱۲	۲/۱۵
۱۴۰۰/۶/۹			۵/۷۴	۳/۳۴	۲/۵	۲/۶۳	۲/۵۶	۲/۷۱
۱۴۰۰/۶/۱۰			۵/۷۵	۳/۵۴	۳/۱۹	۳/۰۴	۳/۰۳	۳/۱
۱۴۰۰/۶/۱۱	۱/۳۸	۲/۱۱	۵/۳	۳/۷۱	۳/۴۵	۳/۰۸	۳/۲۵	۴/۳۶
۱۴۰۰/۶/۱۲			۵/۴۳	۳/۷۹	۳/۳۶	۲/۹	۳/۳	۳/۳۳
۱۴۰۰/۶/۱۳			۵/۳۶	۳/۳۵	۳/۶۲	۲/۷۵	۲/۹۷	۳
۱۴۰۰/۶/۱۴			۵/۱۷	۳/۳	۳/۰۹	۲/۶۱	۲/۹۶	۲/۹۶
۱۴۰۰/۶/۱۵			۵/۲۸	۳/۳۴	۳/۲۵	۲/۶۸	۳/۰۱	۲/۹۴
۱۴۰۰/۶/۱۶			۶/۱۶	۳/۲۶	۳/۷۱	۲/۸۲	۲/۹۵	۲/۹۶
۱۴۰۰/۶/۱۷			۶/۰۷	۳/۹۷	۳/۸۵	۳/۶۳	۳/۷۳	۳/۵۴
۱۴۰۰/۶/۱۸	۱/۴۱	۲/۱۸	۶/۱۲	۴/۴۱	۴/۲۸	۳/۶۶	۴/۱۵	۴/۲۳
۱۴۰۰/۶/۱۹			۶/۱۶	۴/۳۹	۴/۷۴	۳/۷۴	۴/۰۹	۴/۱۶
۱۴۰۰/۶/۲۰			۵/۷۲	۴/۳۵	۴/۶۵	۳/۷۳	۴/۰۹	۴/۱۷
۱۴۰۰/۶/۲۱			۶/۴۳	۴/۲۵	۴/۷۲	۳/۴۶	۴/۰۴	۴/۱۸
۱۴۰۰/۶/۲۲			۶/۲۱	۴/۲۶	۴/۵۹	۳/۶۲	۳/۹۵	۴/۲۳
۱۴۰۰/۶/۲۳			۶/۵	۴/۶	۴/۷۶	۳/۸۵	۴/۲۹	۴/۳۶
۱۴۰۰/۶/۲۴			۶/۱	۴/۴۵	۴/۸۵	۳/۷۴	۴/۱۱	۴/۲۹
۱۴۰۰/۶/۲۵	۱/۵۸	۲/۳	۶/۷۵	۴/۴۶	۴/۹۶	۳/۸۲	۴/۱۲	۴/۳۲
۱۴۰۰/۶/۲۶			۶/۱۸	۴/۵۳	۴/۸۴	۳/۹۹	۴/۲۳	۴/۳۹
۱۴۰۰/۶/۲۷			۶/۳۳	۴/۸	۴/۹۶	۴/۱۵	۴/۴۱	۴/۶۲
۱۴۰۰/۶/۲۸			۶/۴۴	۴/۶۳	۵/۰۴	۳/۸۲	۴/۲۳	۴/۵۸
۱۴۰۰/۶/۲۹			۵/۹۶	۴/۲۶	۴/۸	۳/۵۳	۳/۸۵	۴/۱۳
۱۴۰۰/۶/۳۰			۶/۰۴	۳/۴۵	۴/۵	۳/۵۸	۳/۰۸	۳/۲۳
۱۴۰۰/۶/۳۱			۶/۷	۳/۴۷	۳/۷۶	۲/۹۸	۳/۱۴	۳/۲۶
<b>میانگین</b>	<b>۱/۴</b>	<b>۲/۲</b>	<b>۵/۸</b>	<b>۳/۷</b>	<b>۳/۹</b>	<b>۳/۱</b>	<b>۳/۴</b>	<b>۳/۵</b>

ایام	امام خمینی		دهخدا	امیر کبیر	میرزا کوچک خان	دعبل خزاعی	سلمان فارسی	حکیم فارابی
	کارون	دز						
۱۴۰۰/۷/۱	۱/۳۷	۲/۳۷	۶/۵۲	۳/۹۸	۳/۸۷	۳/۲۱	۳/۶۴	۳/۷۳
۱۴۰۰/۷/۲			۶/۲	۴/۰۴	۴/۱۸	۳/۲۷	۳/۷۶	۳/۸۴
۱۴۰۰/۷/۳			۵/۴۵	۴/۱۶	۴/۲۸	۳/۲۷	۳/۷۱	۳/۸۶
۱۴۰۰/۷/۴			۵/۷۵	۴/۰۵	۴/۲۲	۳/۴	۳/۷۷	۳/۸۹
۱۴۰۰/۷/۵			۵/۹۹	۳/۹۹	۴/۳۱	۳/۴۱	۳/۷۹	۳/۹۴
۱۴۰۰/۷/۶			۵/۵۱	۳/۹۴	۴/۲۵	۳/۵	۳/۷۶	۳/۹۳
<b>میانگین</b>	<b>۱/۴</b>	<b>۲/۴</b>	<b>۵/۹</b>	<b>۴/۰</b>	<b>۴/۲</b>	<b>۳/۳</b>	<b>۳/۷</b>	<b>۳/۹</b>

## عنوان مقاله:

# راه‌اندازی کوره بخار با سوخت گاز طبیعی Boiler start-up with Natural Gas Fuel

نویسنده مسئول: ابراهیم موسوی پور  
مدیر انرژی کشت و صنعت حکیم فارابی خوزستان  
ایمیل نویسنده: moosavipoor@gmail.com  
سایر نویسندگان: علیرضا دورباشی زاده<sup>۱</sup>، پیام عطار روشن<sup>۲</sup>  
۱. معاون صنعت کشت و صنعت حکیم فارابی خوزستان  
۲. سرپرست کوره‌های بخار کشت و صنعت حکیم فارابی خوزستان



### Abstract

Natural gas is the cleanest alternative fuel after hydrogen, which pollutes the environment less. It also mixes better and more with air in comparison with diesel oil and have a complete combustion. In the Sugarcane and byproducts development company subsidiaries, the use of diesel oil for initial start-up of the boilers stopped and superseded by natural gas. The reasons to do that are the destructive effects of using liquid fuel in boilers, environmental pollution and Non-allocation of fuel quota to the industry division of the agro-industries affiliated to the Sugarcane and byproducts Development Company by the National Iranian Oil Refining and Distribution Company. To achieve this, some alters such as superseding gas regulator by a pneumatic control valve and software modifications at control system were made and afterward the boiler commissioning was performed with gas fuel. Superseding diesel fuel by gas fuel at the initial start-up of the boiler has many economic, technical and environmental benefits. With the implementation of this project in the process of boilers start-up, approximately 10,000,000,000 Rials of fuel consumption will be saved annually. Throughout the start-up process by natural gas, homogeneous thermal growth is evident in the steam drum, primary and secondary superheaters, and the furnace roof. The above positive point has a great impact on the health of the boiler and the life of the furnace tubes

**Key Words:** Natural Gas Fuel, Boilers, Pneumatic Control Valve, Software Modifications, Economic and Technical Benefits, Tubes Life.

### چکیده

سوخت گاز طبیعی بعد از هیدروژن پاک‌ترین سوخت جایگزین است که محیط زیست را کمتر آلوده می‌کند. همچنین بهتر و بیشتر از گازوئیل با هوا مخلوط می‌شود و احتراق کامل خواهد داشت. در بویلرهای شرکت‌های توسعه نیشکر استفاده از سوخت گازوئیل برای راه‌اندازی اولیه متوقف و جایگزین آن از سوخت گاز طبیعی استفاده شد. از دلایل آن تاثیرات مخرب استفاده از سوخت مایع در بویلرها، آلودگی‌های زیست‌محیطی و تخصیص نیافتن سهمیه از سوی شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی به بخش صنعت کشت و صنعت‌های تابعه شرکت توسعه نیشکر است. به‌همین منظور تغییراتی از جمله تعویض رگولاتور گاز با یک کنترل ولو نیوماتیک، اصلاحات نرم‌افزاری در سیستم کنترل و سپس تست و راه‌اندازی بویلر با سوخت گاز انجام شد. جایگزین نمودن سوخت گازوئیل در راه‌اندازی اولیه بویلر با سوخت گاز طبیعی فواید بسیاری اعم از منافع اقتصادی و فنی و زیست‌محیطی دارد. با اجرایی شدن این پروژه در فرآیند راه‌اندازی بویلرها سالیانه قریب به ۱۰ میلیارد ریال در مصرف سوخت صرفه‌جویی حاصل خواهد شد. در تمام مدت راه‌اندازی با گاز طبیعی، رشد حرارتی همگن در استیم‌درام، سوپرهیترهای اولیه و ثانویه و سقف کوره کاملاً مشهود است. نکته مثبت فوق‌تاثیر بسزایی در سلامت بویلر و طول عمر تیوب‌های کوره دارد. **واژگان کلیدی:** سوخت گاز طبیعی، بویلرها، کنترل ولو نیوماتیک، اصلاحات نرم‌افزاری، فواید اقتصادی و فنی، طول عمر تیوب‌ها.

## مقدمه

و احتراق کوره‌ها مورد بحث قرار گرفت. متعاقب آن، شرکت Icorsa طی نامه‌ای به تاریخ ۲۵ می ۲۰۱۸ پیشنهاد فنی و مالی خود را جهت اعزام دو نفر کارشناس صرفاً جهت بازرسی و تنظیم سیستم احتراق موجود بویلرها ارسال نمود (شکل ۱).



شکل ۱- نمایی از مشعل در بویلرهای شرکت‌های توسعه نیشکر

شرکت Icorsa، مبلغ ۴۴/۶۰۰ یورو (۱۱/۵۹۶/۰۰۰/۰۰۰ ریال) به ازای اعزام ۲ نفر به مدت ۱۳ روز برای تنظیم مشعل‌های بویلر در چهار کشت و صنعت دعبل خزاعی، امیرکبیر، حکیم فارابی و دهخدا مطالبه نمود. به عبارتی معادل ۱۷۱۵ یورو نفر روز (۴۴۵/۹۰۰/۰۰۰ ریال نفر روز). در صورت برنامه‌ریزی برای اجرای پروژه حذف گازوئیل از فرایند راه‌اندازی بویلرها، می‌بایست دو نفر کارشناس نیز از شرکت Foster Wheeler (طراح بویلر) جهت انجام اصلاحات نرم‌افزاری به تیم مذکور اضافه می‌شد و مدت زمان اقامت در هر کشت و صنعت نیز از ۳ روز به ۱۰ روز افزایش می‌یافت. بنابراین دستمزد پرداختی به کارشناسان خارجی جهت انجام کامل پروژه در یک کشت و صنعت ۶۸۶۰۰ یورو و به ازای هر یورو ۲۶۰۰۰۰ ریال معادل ۱۷/۸۳۶/۰۰۰/۰۰۰ ریال می‌شد. با تفصیل فوق اجرای پروژه با استمداد از توان کارشناسان داخلی توجیه اقتصادی

سوخت گاز طبیعی بعد از هیدروژن پاک‌ترین سوخت جایگزین است که محیط زیست را کمتر آلوده می‌کند. این سوخت نقطه جوش پایین‌تری نسبت به اجزای سنگین گازوئیل دارد، بنابراین راحت‌تر به حالت تمام گازی تبدیل می‌شود. همچنین بهتر و بیشتر از گازوئیل با هوا مخلوط می‌شود و احتراق کامل خواهد داشت. سوخت گاز طبیعی اکثراً متان ( $CH_4$ ) به همراه مقادیری از سایر گازهای قابل اشتعال، اکسیژن، دی‌اکسید کربن و نیتروژن است. در بویلرهای هفت کشت و صنعت شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی تا به امروز به منظور راه‌اندازی اولیه بویلر از سوخت گازوئیل استفاده شده است که به دلایل ذیل استفاده از سوخت مذکور برای راه‌اندازی اولیه متوقف و سوخت گاز طبیعی جایگزین آن شد.

\* تخصیص نیافتن سهمیه از سوی شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی به بخش صنعت کشت و صنعت‌ها و فروش گازوئیل به نرخ فوب خلیج فارس (هفتاد هزار ریال به ازای هر لیتر).

\* تأثیرات مخرب استفاده از سوخت مایع در بویلرها از جمله تشکیل دوده بر روی سطوح خارجی و کاهش راندمان حرارتی کوره و توزیع ناهمگون انرژی حرارتی در کوره که موجب رشد حرارتی ناهمگون در سطوح حرارتی بویلر می‌شود.

\* دشواری کنترل روند گرمایش کوره با سوخت گازوئیل منطبق بر منحنی گرمایش ارائه شده از سوی طراح بویلرها.

\* آلودگی‌های زیست محیطی استفاده از گازوئیل.

## مکاتبات و تحقیقات قبل از اجرا

توجیه فنی و مالی اجرای پروژه توسط کارشناسان شرکت در جلسه‌ای که پیش از پاندمی کرونا در تاریخ ۵ اردیبهشت ۱۳۹۷ (۲۵ آوریل ۲۰۱۸) با حضور کارشناس فنی شرکت Icorsa سازنده مشعل‌های بویلرهای شرکت توسعه نیشکر در کشت و صنعت امیرکبیر برگزار شد، عمدتاً تنظیمات مشعل

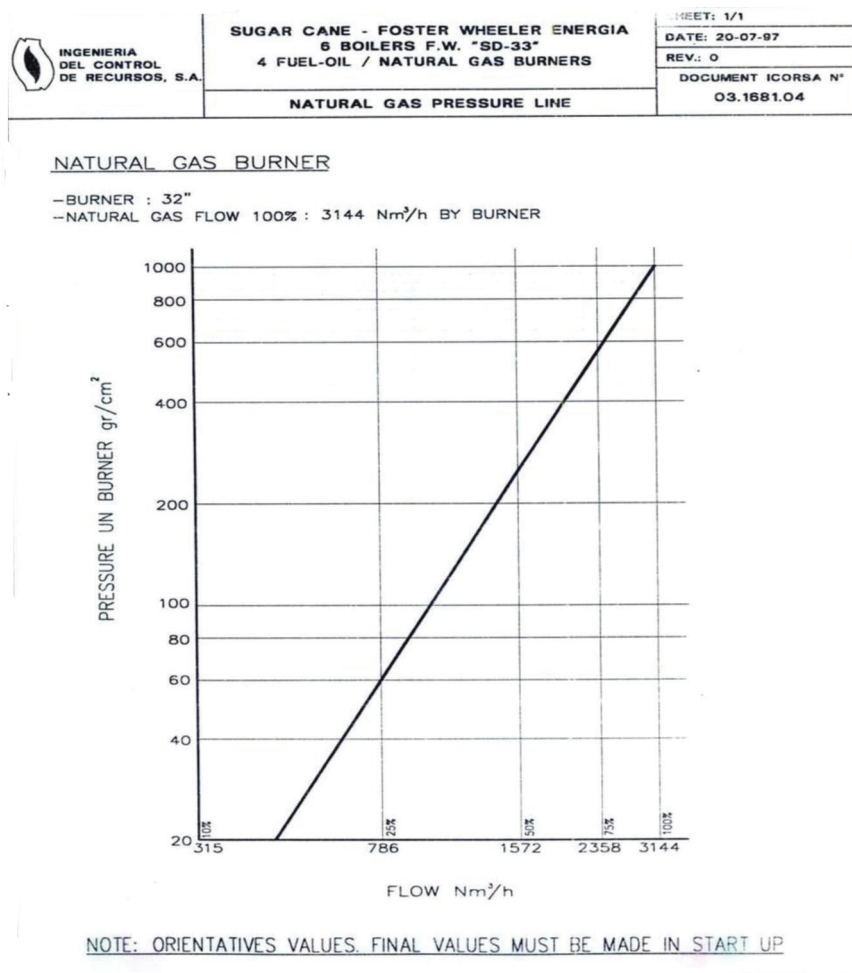
پیشنهاد تعویض مشعل‌های موجود (برنرها) را دادند، که با توجه به قیمت‌های فعلی، هزینه‌ای بالغ بر ۲۰۰ میلیارد ریال جهت تعویض ۸ مشعل می‌بایست پرداخت می‌شد. اسناد فنی مشعل‌ها در بویلرهای شرکت توسعه نیشکر بیانگر قابلیت احتراق مقادیر کم سوخت گاز در مشعل‌های مذکور است (شکل ۲).

با این وجود برای کسب اطمینان بیشتر مکاتباتی نیز با شرکت Icorsa در این خصوص انجام گرفت، که پاسخ آن شرکت نیز موید همین مطلب بود (شکل ۳).

داشت. از سوی دیگر با توجه به سابقه‌ای که از عملکرد کارشناسان فنی شاغل در شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی در طول سالیان گذشته و در اجرای پروژه‌های متنوع و پیچیده در خاطر همگان ثبت شده است، به لحاظ فنی اجرای پروژه حاضر نیز با فراغ بال به ایشان محول شد.

### مشعل‌ها

بررسی تجارب قبلی حاکی از این بود که شرکت‌های مشاور داخلی که سابقه همکاری با شرکت توسعه نیشکر در این رابطه را داشتند جهت راه‌اندازی با گاز طبیعی،



شکل ۲- نمودار جریان گاز- فشار در مشعل

5/12/2021

ICORSA - Boiler Flue Gases - moosavipoor@gmail.com - Gmail



icorsa



10

**Ricard Sala** <rsala@icorsa.es>

to me

Dear Mr. Mousavi,

Typically the DAZ burner turndown operating manually is 10:1 firing gas and 6:1 firing fuel oil.

Max. flowrate firing oil per burner: 3454 Kg/h

Min. flowrate firing oil per burner: 575 Kg/h

Max. flowrate firing gas nat per burner: 3144 Nm<sup>3</sup>/h

Min. flowrate firing gas nat per burner: 314 Nm<sup>3</sup>/h

Operating the boiler in automatic mode it depends the accuracy of the control loop.

As you can see in the Icorsa handwritten registers firing oil during commissioning:

Min steam production: aprox. 25 tons/h- Only two burners in Service and the position louvers are Co

Normal steam production: aprox. 165 tons/h- Four burners in service and the position louvers are Co

Max. steam production: aprox. 177 tons/h- Four burners in service and the position louvers are Core

Best regards,

Ricard Sala

Sales Manager



شکل ۳- مکاتبه با شرکت Icorsa

## رگولاتور گاز

بزرگی که دارد مناسب کنترل فلوهای کوچک نیست و رعایت منحنی گرمایش کوره بوسیله آن امکان پذیر نیست (شکل ۵). لذا استفاده از یک دستگاه کنترل ول نیوماتیک بجای رگولاتور موجود گاز در دستور کار قرار گرفت. کنترل ولو جدید تمام موانع تامین فشار اولیه و تامین سوخت مورد نیاز برای رعایت منحنی گرمایش کوره در بازه زمانی راه اندازی را برطرف کرد (شکل ۶).

رگولاتور موجود بر روی ۳۰ میلی بار تنظیم شده است و فلوی عبوری متناظر با این فشار برای یک مشعل روشن برابر ۷۰۰ کیلوگرم بر ساعت است. این مقدار گاز حدود دو برابر سوخت مورد نیاز در استارت اولیه است و Rangeability تجهیز مذکور نیز پاسخگوی اعمال تنظیمات مورد نظر نیست (شکل ۴). کنترل ولو اصلی خط گاز نیز به دلیل سایز نسبتاً



شکل ۴- رگولاتور خط گاز ورودی به بویلر



شکل ۵- کنترل ولو Fv-۵۱۵ خط اصلی گاز ورودی به بویلر



شکل ۶- کنترل ولو Pcv-۵۱۵



## ایمینی راهاندازی با گاز

گیج‌ها و سوئیچ‌های فشار خط گاز و اطمینان از صحت عملکرد کنترل ولوها و نیز ولوهای On/Off مسیر گاز و در انتها تنظیم Flame Detectors (آشکارسازهای شعله) و کنترلرهای آنها.

### اصلاحات سخت‌افزاری مورد نیاز در سیستم احتراق

تعویض رگولاتور گاز با یک کنترل ولو نیوماتیک که کنترل ولو مذکور از ولوهای موجود در سایت، انتخاب و استفاده شد، از آنجا که فلومتر موجود گاز برای اندازه‌گیری مقادیر کم طراحی نشده است، لذا برای ارتقای اتوماسیون در مرحله راهاندازی، افزودن یک فلومتر در مجاورت کنترل ولو فوق، در دستور کار است.

### اصلاحات نرم‌افزاری در سیستم کنترل

افزودن کنترل ولو جدید در برنامه کنترل و مانیتورینگ، حذف شرط  $Drum\ Press > 27\ bar$  برای راهاندازی مشعل گاز و بی‌اثر کردن شرط تریپ  $Drum\ Press < 25\ bar$  برای راهاندازی با گاز، اصلاحاتی بود که در سیستم کنترل انجام گردید. پس از گذر از فشار ۲۷ بار، شرط فوق مجدداً بعنوان یکی از شرط‌های تریپ برقرار می‌شود.

### تست و راهاندازی بویلر با سوخت گاز

تیم فنی ابزار دقیق و انرژی شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی اصلاحات لازم را انجام و در تاریخ ۱۴۰۰/۰۲/۱۱ بویلر شماره یک را با موفقیت بصورت کاملاً ایمن، بدون مصرف گاز و تریپ و صرفاً با سوخت گاز استارت نموده و با رعایت کامل منحنی Warm Up ارائه شده از سوی طراح، بویلر مذکور را وارد سرویس کرد و به بخاردهی کامل رساند.

### نتیجه‌گیری

حذف سوخت گاز و تریپ از فرایند راهاندازی بویلر و استفاده از سوخت گاز طبیعی به‌عنوان جایگزین، فواید بسیاری اعم از اقتصادی، فنی و زیست محیطی دارد.

### فواید اقتصادی

همانطور که در ابتدا این مقاله بیان شد این پروژه توسط متخصصین داخلی شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی انجام و به ثمر رسید و از خروج ۶۸/۶۰۰ یورو ارز جهت بازرسی و انجام پروژه توسط کارشناسان خارجی برای هر

حسب منطق جاری سیستم احتراق بویلرها، مجوز استارت اولین مشعل صرفاً با رعایت موارد ذیل صادر می‌شود. \* Purge کوره بوسیله F.D.Fan با گشودگی دمپره‌های هوا به میزان ۱۷ درصد، با درصد فلوی هوا بیش از ۲۵ درصد و به مدت ۳۰۰ ثانیه انجام می‌شود. این مرحله پس از هر بار تریپ و پیش از راهاندازی اولیه بویلر، به‌منظور خارج کردن هرگونه سوخت تجمع یافته در کوره و جایگزین کردن هوای تازه با آن گریز ناپذیر است. \* انجام موفق تست نشستی تمام کنترل ولوهای ورودی به GasTrain و مشعل‌ها الزامی است (زمان انجام تست حدود ۵ دقیقه و مدت زمان اعتبار آن ۳۰ دقیقه است. چنانچه در طول این ۳۰ دقیقه مشعلی استارت نشود، تست نشستی بایستی مجدداً تکرار گردد).

\* فشردن دکمه استارت مشعل و متعاقباً در سرویس آمدن جرقه‌زن به مدت ۱۰ ثانیه و همزمان با آن باز شدن ولو گاز پیلوت به مدت ۱۰ ثانیه. \* در صورت ارسال سیگنال از آشکارساز شعله مبنی بر مشاهده شعله‌ی پیلوت و در سرویس بودن آن، جرقه زدن متوقف و پیلوت روشن باقی می‌ماند ولو گاز مشعل به مدت ۵ ثانیه باز می‌شود، در خلال این مدت در صورت دریافت سیگنال از آشکارساز شعله مبنی بر روشن بودن شعله اصلی، پیلوت خاموش و مشعل در سرویس باقی می‌ماند. در غیر این صورت تمام ولوهای گاز بسته می‌شوند. لذا در صورت صحت اجزای سیستم حفاظت و بهره‌برداری اصولی از بویلرها، می‌توان به ایمینی راهاندازی بویلر با گاز اطمینان داشت.

### روش اجرا

بازرسی، تنظیم و کالیبراسیون اجزای سیستم حفاظت و

### کنترل احتراق بویلرها

بررسی و تنظیم دمپرها، کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری فشار و فلوی سوخت و هوا، فشار کوره، دماهای سقف و سوپر هیترها، دماهای ورودی و خروجی اکونومایزر و نیز کالیبراسیون آنالایزر اکسیژن و همچنین تست و کالیبراسیون

### فواید فنی

جالب توجه است که در تمام مدت راه اندازی با گاز طبیعی برخلاف راه اندازی با گازوئیل محدودیتی در میزان گشودگی ونت لاین اصلی بخار (موسوم به ونت سوپرهیترها) وجود ندارد و این امر موجب خنک کاری سوپرهیترها و رشد حرارتی همگن در استیم درام، سوپرهیتراهای اولیه و ثانویه و سقف کوره می‌گردد. نکته مثبت فوق تاثیر به‌سزایی در سلامت بویلر و طول عمر تیوب‌های کوره دارد.

### فواید زیست محیطی

سوخت‌های فسیلی مایع به دلیل احتراق ناقص باعث ایجاد گازهای گلخانه‌ای بسیاری می‌گردند که مضرات آن بر همگان روشن است؛ در حالیکه گاز طبیعی جزو سوخت‌های پاک می‌باشد.

بی‌دریغ از ایشان از سوی جناب آقای دکتر ناصری، مدیر عامل محترم شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی و جناب آقای مهندس بهادری مدیر عامل محترم شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی، این پروژه افتتاح و کاملاً اجرایی گردید.

کشت و صنعت، جلوگیری به عمل آمد. ضمناً به صورت متوسط به ازای هر بار راه‌اندازی ۷/۰۰۰ لیتر سوخت مصرف می‌شود که با احتساب ۷۰/۰۰۰ ریال به ازای هر لیتر گازوئیل که تعرفه ابلاغی جدید برای بخش صنعت شرکت‌های کشت و صنعت می‌باشد، هزینه هر بار راه‌اندازی یک بویلر با سوخت گازوئیل مبلغ ۴۹۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال می‌باشد. اما در راه‌اندازی با گاز ۵۰۰۰ مترمکعب گاز طبیعی در مجموع به ارزش ریالی ۶۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال مصرف شد. بخش صنعت کشت و صنعت حکیم فارابی در بهره‌برداری سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹ به میزان ۱۴۳/۰۰۰ لیتر گازوئیل مصرف نمود که بدین ترتیب با اجرایی شدن پروژه حذف گازوئیل از فرآیند راه‌اندازی بویلرها سالیانه قریب به ۱۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال صرفه‌جویی حاصل خواهد شد.

### تشکر و قدردانی

در خاتمه ضمن سپاس از زحمات همکاران خبره، مسئولیت پذیر و جسور شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی در مدیریت‌های ابزار دقیق و انرژی (اداره کوره بخار)، اذعان می‌دارد که در سایه اعتماد به بنیه فنی کارشناسان بومی و حمایت



## عنوان مقاله:

### بررسی تاثیر اشعه UV نور خورشید بر لوله‌های از جنس PVC و پلی اتیلن

### Investigation of the effect of sunlight UV rays on PVC and polyethylene pipes

نویسنده مسئول: هادی گودرزی  
رییس اداره کنترل کیفیت شرکت آبان بسپار توسعه  
ایمیل نویسنده: info.hadigoodarzi@gmail.com  
سایر نویسندگان: مسعود عباسی  
کارشناس آزمایشگاه کنترل کیفیت شرکت آبان بسپار توسعه



#### چکیده

پلی استایرن و... را دارد. تخریب توسط اشعه فرابنفش در حضور حرارت و سیالات مهاجم شدیدتر شده و سرعت بیشتری دارد. انرژی این اشعه در مناطق جغرافیایی مختلف و همچنین با توجه به میزان ابرناکی هر محدوده متفاوت است. برای جلوگیری از این تخریب افزودنی‌های جاذب و پایدارکننده در برابر اشعه UV، به ترتیب Ultraviolet Light Absorbers (UVA) و Hindered Amine Light Stabilizers (HALS)، تجاری‌سازی شده‌اند. گروه اول، UVA، با جذب اشعه UV و تبدیل آن به گرما و گروه دوم نه با جذب، و بلکه با متوقف نمودن واکنش تخریب پلیمر منجر به پایدارسازی در برابر این اشعه می‌شوند. **واژگان کلیدی:** لوله پلی اتیلن، فرآیندهای نوری، جذب اشعه UV، تخریب حرارتی.

امروزه پلی اتیلن و پی وی سی به عنوان مواد صنعتی نقش بسیار مهمی در تولیدات صنایع مختلف ایفا می‌کنند و از طرفی به علت ساختار شیمیایی و مولکولی به کندی در طبیعت تجزیه و تخریب می‌شوند. خواص منحصر به فرد این دو ماده باعث شده که جایگزین بسیار مناسبی برای فلزات، چوب، شیشه و لاستیک‌ها در کاربردهای مختلف باشند. از طرفی در محصولات تولید شده با این مواد، قرار گرفتن بلند مدت در معرض تابش آفتاب، به ویژه اشعه ماوراء بنفش، منجر به شکستن زنجیره‌های پلیمری و پیوندهای شیمیایی و ایجاد رادیکال و بنابراین تضعیف خواص فیزیکی، تغییر رنگ و ورقه‌ای شدن سطوح می‌شود. در بدترین حالت محصولات پلاستیکی شکننده می‌شوند و حتی بعد از مدت کوتاهی تجزیه می‌گردند. به همین دلیل مقاومت این گونه مواد در برابر شرایط جوی به مسئله‌ای مهم تبدیل شده است. این موضوع مواد پلیمری مقاوم در برابر UV و استفاده از مستر بیج UV در پلاستیک‌ها را توسعه داده است. در این پژوهش دو نمونه لوله PVC و پلی اتیلن به مدت یک سال در محیط در معرض اشعه UV نور خورشید قرار گرفت. همچنین از محصولات مذکور، نمونه‌های شاهد آنها در محیط آزمایشگاه با دمای استاندارد نگهداری شد. سپس بعد از بازه زمانی یک ساله و گذراندن فصول گرم، معتدل و سرد سال، نمونه‌های مذکور مورد بررسی، مقایسه و آزمون قرار گرفتند. طبق بررسی انجام شده اشعه فرابنفش (UV) انرژی کافی برای تخریب پیوندهای شیمیایی پلیمرهای مختلف مانند پلی الفین، پلی استر،

**انواع فرآیندهای نوری بر روی محصولات پلی اتیلن**  
 انواع فرآیندهای نوری که تاکنون شناخته شده‌اند را می‌توان به گروه‌های زیر دسته‌بندی کرد [۱-۲].  
**نورکافت (photolysis)**

این فرآیند به واکنش‌های تخریب نوری اطلاق می‌شود که در نبود اکسیژن انجام می‌شود.

#### نور اکسایش

این فرآیند شامل واکنش‌هایی است که از تخریب نوری در مجاورت اکسیژن انجام می‌شود و پیش می‌رود.

#### تخریب گرمایی نوری اکسایشی

این واکنش‌ها در دمای زیاد، اما کمتر از دمایی که برای تخریب گرمایی لازم است و در مجاورت اکسیژن رخ می‌دهد.

#### اکسایش مکانیکی

واکنش‌هایی که هنگام فراورش پلیمر مذاب و تبدیل آن به محصول در اثر وجود اکسیژن و نیروهای برشی در اکسترودر ایجاد می‌شوند. نوری که به توده پلیمر برخورد می‌کند، ممکن است منعکس، پخش یا جذب شود. طبق قانون اول نورشیمی فقط بخشی از نور که به طور مؤثر جذب می‌شود، می‌تواند واکنش‌های نورشیمیایی یا به عبارت دیگر عمل تخریب را انجام دهد. قانون دوم نورشیمی قانون اول را کامل می‌کند و عبارت از جذب نور به وسیله یک مولکول بوده که فرآیندی تک کوانتومی است. جذب نور پلیمرها به ساختار آنها مربوط می‌شود. مشخص شده است، هیدروکربن‌های اشباع نشده طول موج‌های بیش از ۲۵۰ نانومتر را جذب می‌کنند [۱]. پلی اولفین‌های خالص طول موج‌های بیش از ۹۰ نانومتر را جذب نمی‌کنند. بنابراین، طول موج‌های بیش از ۲۹۰ نانومتر که موجب تخریب پلی اولفین‌های حاوی رنگ‌ساز می‌شوند، به دلیل وجود ناخالصی‌ها، باقیمانده‌های کاتالیزوری یا محصولات حاصل از تخریب گرمایی است.

مناطق بلوری سبب پراش نور برخوردی می‌شود. بنابراین به سبب وجود این مناطق در پلیمرهای بلوری، نور پراکنده شده در آنها نسبت به پلیمرهای بی‌شکل بیشتر است [۱]. طول موج‌های متفاوت از پرتوهای فرابنفش در نور خورشید آثار یکسانی ندارند، در نتیجه محصولات تخریب نوری آنها نیز متفاوت است. طیف فعال‌سازی یک پلیمر

#### Abstract

Nowadays, Polyethylene and PVC play a crucial role in various industrial products. Although they take a considerable amount of time to dispose due to their chemical and molecular structure. These two materials have been very suitable substitutes for metal, wood, glass and rubbers for different applications because of their special qualities. However, when the products made by these materials are exposed to the sun especially the UV rays, it can lead to the breakage of Polymer chains, chemical bonds, creating radicals and therefore to the weakening of physical properties, change of color and surface foliation. In the worst case possible, plastic products become breakable and even disposed in a short period of time. Due to this, the resistance of these materials against weather conditions has become a great source of concern and importance, which has expanded the usage of Polymer materials resistant to UV rays and UV masterbatch in plastics. In this research, two types of PVC and Polymer pipes were exposed to UV radiations of the sun for a year; and the control samples of the said materials were also kept in laboratory environment in the proper temperature. Next, after a long period of time and spending the warm, moderate and cold seasons of the year the samples were studied, compared and examined. Based on the results, UV rays have the sufficient energy to destroy the chemical bonds of different polymers like Polyolefin, Polyester, Polystyrene and so forth. The destruction caused by UV rays is more intense and faster in presence of heat and invasive fluids. Plus, the energy of this radiation varies in different geographical areas and based on the cloudiness of each range. To prevent this destruction, absorbent and stabilizer additives against UV rays (Ultraviolet Light Absorbers, Hindered Amine Light Stabilizers) have been commercialized. first group, UVAs results in stabilizing against UV rays by absorbing this radiation and turning it into heat and the second group do this by stopping the polymer fermentation reaction.

**Keywords:** Polyethylene pipe, Optical processes, UV absorption, Thermal degradation.

توجه به زمان انجام فرآیندهای یاد شده (حالت برانگیخته سه تایی  $10^{-6}$  -  $10^{-3}$  و حالت برانگیخته کیتایی  $10^{-10}$  -  $10^{-6}$ ) حالت سه تایی از پایداری بیشتری برخوردار بوده و در نتیجه از نظر شیمیایی فعال است. بنابراین، نقش مهمی نیز در تخریب نوری پلیمر دارد. یعنی پیوندهای سه گانه برانگیخته شده به وسیله نور، زمان بیشتری در آن وضعیت باقی مانده و فرصت شرکت در واکنش های تخریب نوری را دارند [۱].

حساسیت آن را نسبت به طول موج های گسیل یافته از یک منبع تابش خاص نشان می دهد و به عنوان معیاری برای اندازه گیری تخریب در نظر گرفته می شود [۳]. مطابق جدول ۱ با تابش نور، فوتون ها به وسیله پلیمر جذب می شوند و برانگیخته شدن پیوندهای کیتایی از قبیل C-H و C-C (دارای پیوند ساده هستند) که نیاز به انرژی بیشتری نسبت به انرژی پیوند آنها دارد، اتفاق نمی افتد [۴، ۱]. از این رو، اهمیت انرژی پیوندها برای تخریب نوری مدنظر است. با

جدول ۱- انرژی تابشی طول موج های متفاوت و انرژی پیوند انواع پیوندها در پلیمرها

طول موج (nm)	انرژی		انرژی پیوند (kJ/mol)	نوع پیوند
	(kJ/Enstein)	(kcal/Enstein)		
۲۹۰	۱۰۰	۴۱۹	۳۸۰ تا ۴۲۰	C-H
۳۰۰	۹۵	۳۹۸	۳۴۰ تا ۳۵۰	C-C
۳۲۰	۹۰	۳۷۵	۳۲۰ تا ۳۸۰	C-O
۳۵۰	۸۱	۳۳۹	۳۰۰ تا ۳۴۰	C-Cl
۴۰۰	۷۱	۳۰۰	۳۲۰ تا ۳۳۰	C-N

مقاله و کتاب درباره آنها منتشر شده است که گویای کوشش مستمر در ارائه کی پایدارکننده ارزان، مؤثر و کارآمد است [۳-۶، ۷]. پایدارکننده های نوری که برای جلوگیری از تخریب نوری پلی اتیلن استفاده می شوند، در واکنش های آغاز نقش به سزایی دارند [۸، ۹] آنها می توانند به یکی از روش های کاهش سرعت آغاز (به تأخیر انداختن) و یا غیر فعال کردن محل های برانگیخته واکنش های آغازی را به تأخیر اندازند. گروه اول را "بازدارنده" می نامند که شامل پایدارکننده هایی هستند که باید بتوانند پرتوهای فرابنفش را زودتر از پلیمر جذب کنند یا انرژی جذب شده به وسیله پلیمر را از آن گرفته و به شکل غیرمضر نظیر نور فلئوئورسانس یا فسفرسانس که پلیمر آنها را جذب نمی کند، آزاد کنند یا اینکه به شکل پودرهایی برای پوشش و محافظت پلیمر به کار روند (تیتان اکسید) تا مانع جذب پرتوهای مضر شوند [۳-۱]. گروه دوم که سرعت پیشروی را کاهش می دهند، سامانه های پایدارکننده ای هستند که با سازوکار شکستن زنجیر عمل

## عوامل مؤثر بر تخریب نوری پلی اتیلن

عوامل مؤثر بر تخریب نوری پلی اتیلن را می توان در دسته های متفاوت نوری، محیطی و پلیمری قرار داد. این عوامل عبارتند از انواع پلی اتیلن از نظر ساختار داخلی و روش تولید [۱-۳]، فرآیند تبدیل و ساختار فیزیکی محصول مورد استفاده [۳-۵، ۱]، پایدارکننده ها، رنگدانه ها، مواد افزودنی و برهمکنش های بین آنها [۱-۳]، عمق نفوذ نور و ابعاد قطعات، تنش هنگام پرتو دهی و تغییر شکل های موضعی [۱-۳]، شدت و طول موج تابش، دما و رطوبت محیط و آلاینده های جوی [۳-۵، ۱].

**اثر پایدارکننده ها، رنگدانه ها، مواد افزودنی و برهمکنش های بین آنها بر فرآیند تخریب پایدارکننده ها**

پایدار کردن پلی اتیلن طی آماده سازی پلیمر برای فراروش و طول مصرف با استفاده از پایدارکننده ها، موضوع پژوهش نسبتاً گسترده ای است. در سال های اخیر، تعداد قابل توجهی

در آزمونی با نور چند رنگ با طول موج بیش از ۳۰۰ نانومتر رابطه خطی بین عکس شدت نور و زمان القا (زمانی که افزایش جذب در  $1712\text{cm}^{-1}$  در طیف زیر قرمز مربوط به جذب گروه‌های متیل، متناسب با زمان می‌شود) به دست آمده است. مشاهده شد که سرعت اکسایش با جذر شدت تابش تغییر می‌کند. در پژوهشی که روی اثر طول موج تابش بر تخریب نوری فیلم‌های پلی اتیلن فاقد پایدار کننده نوری انجام شده بود [۱۵] معلوم شد، با تغییر طول موج تابش و به همراه آن تغییر در شدت تابش انرژی، واکنش‌های تخریب تغییر می‌کند که در هر یک محصولات اکسایش متفاوتند. واکنش‌های نوراکسایش زیر منبع نور فرا بنفش با طول موج کوتاه منجر به تشکیل گروه‌های کربونیل و هیدروپراکسید می‌شود. درحالی که طول موج‌های بلندتر، کمپلکس‌های انتقال بار را بیشتر تولید می‌کند. در پژوهش دیگری گزارش شده است [۱۳]، متغیرهای مؤثر در نتایج پرتودهی عبارتند از شرایط و روش پرتودهی، روش آزمون خواص فیزیکی، تغییرات پارچه (فیلم یا نخ) و ضخامت. متغیرهای اصلی پرتودهی شامل طول مدت پرتودهی، طول موج و شدت نور استفاده شده هستند. در پژوهشی [۱۶] با استفاده از صافی‌های مختلف مقدار و شدت پرتو خروجی از لامپ‌های مختلف UV تغییر داده شد که نتایج متفاوت از نوراکسایش فیلم‌های پلی اتیلن در هر شرایط حاصل شد.

### ارزیابی تخریب نوری پلی اتیلن

تغییراتی که حین تخریب نوری اتفاق می‌افتد، را می‌توان به دو گروه فیزیکی و شیمیایی تقسیم کرد [۱۷-۱۸]: روش شیمیایی؛ در این روش کاهش وزن مولکولی، تغییر توزیع وزن مولکولی، تبلور، انعطاف‌پذیری زنجیر، تغییر دمای ذوب رخ می‌دهد و روش فیزیکی که در آن استحکام کششی، ازدیاد طول تا پارگی، کاهش جلا و خوردگی سطح را داریم [۲-۱۹]. در اثر تخریب، تغییر در ساختار شیمیایی پلیمر به وجود می‌آید که به شکل‌های مختلف ظاهر می‌شود. اگر تخریب پیش روی زیادی داشته باشد، کل ساختار پلیمر تغییر می‌یابد. اینکه کدام تغییر اهمیت بیشتری دارد، به نوع پلیمر، شکل

می‌کنند. همان‌طور که گفته شد، اکثر تخریب‌ها ماهیت رادیکالی دارند و اکسیژن یک تایی در سامانه‌های رادیکالی فعال است، گروه‌های هیدروپراکسید به دلیل تجزیه رادیکالی سبب پیشرفت تخریب پلیمر می‌شوند. همچنین، یون‌های فلزی تجزیه گروه‌های هیدروپراکسید را حتی در دمای  $0^{\circ}\text{C}$  انجام می‌دهند. پس باید از موادی که بتوانند با درشت رادیکال‌ها واکنش داده و رادیکال‌ها را بگیرند، استفاده کرد تا با سازوکار جذب و ربایش (حذف به شکل غیررادیکالی) رادیکال‌های مختلف تشکیل شده حین تخریب پلیمر، از پیشروی تخریب جلوگیری کنند [۳-۱]. اثر بیشتر تجزیه‌گرهای هیدروپراکسید و رباینده‌های رادیکال‌های تولید شده برای پایداری پلیمر در فرآیند اکسایش گرمایی است. به همین دلیل، تجزیه‌گرهای هیدروپراکسید به‌عنوان پایدارکننده‌های ثانویه شناخته شده‌اند [۱۰]. مهم‌ترین گروه پایدارکننده‌ها شامل جاذب‌های UV، فرونشاندنده‌های انرژی (energy quenchers)، رباینده‌های رادیکال‌های آزاد و تجزیه‌گرهای هیدروپراکسید هستند. هیدروکسی‌بنزوفنون‌ها و هیدروکسی‌بنزوتری‌آزول‌ها از جمله مهم‌ترین جاذب‌های UV به شمار می‌آیند. پیوند هیدروژنی گروه ارتوهیدروکسی اثر مهمی بر خواص نورشیمیایی و در نهایت روی خواص پایدارکنندگی آنها دارد. فرونشاندنده‌ها پایدار کننده‌های نوری هستند که قابلیت گرفتن انرژی جذب شده به وسیله رنگ سازهای موجود در پلیمر را دارند و بدین ترتیب از تخریب جلوگیری می‌کنند. هیدروپراکسیدها نقش تعیین‌کننده‌ای در تخریب نوری پلیمر دارند. بنابراین، امکان محافظت پلیمر به واسطه تجزیه هیدروپراکسیدهای تشکیل شده به وسیله کمپلکس‌های فلزی ترکیبات شامل سولفور از قبیل دی‌آلکیل‌دی‌تیوکاربامات، دی‌آلکیل‌دی‌تیو فسفات و تیوبیس‌فنولات میسر شده است [۱۱].

### شدت و طول موج پرتو تابش

شدت و طول موج پرتو نور تابشی بر پلی اتیلن مطابق با قوانین نورشیمیایی بر خواص مکانیکی و تشکیل محصولات حاصل از اکسایش مؤثر است. این اثر با پژوهش‌های متفاوت نشان داده شده است [۱۲-۱۳].

فیزیکی و افزودنی‌های موجود در آن بستگی دارد (جدول ۲). انواع تخریب پلیمر و روش‌های ارزیابی آنها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- روش‌های ارزیابی تخریب پلیمرها [۲۰]

تعیین درصد تخریب	اندازه‌گیری خواص	
	شیمیایی	فیزیکی
اندازه‌گیری کاهش وزن LSC تعیین مقدار CO <sub>2</sub> (زیست تخریب‌پذیری)	شناسایی محصولات تخریب با GC، GCMS، MALDI-TOF LC و HPLC	بررسی سطح با ESCA و SEM
	تغییرات وزن مولکولی با GPC (SEC) و گرانروی سنجی	
تجزیه دینامیکی مکانیکی (DMA)	تغییر در گروه‌های اکسایش در طیف‌سنجی زیر قرمز، طیف‌سنجی فرابنفش، نورفسفرسانس و نورتابی شیمیایی	مطالعه شکل‌شناسی با SEM و TEM
	رادیکال‌ها و یون‌ها، ESR و نور شیمی	
	تغییرات شیمیایی DSC، XRD و TGA	

قرار گرفتند که جزییات بررسی‌ها و متغیرهای مختلف شناسایی شده آزمون در فضای باز شامل مواردی هستند که در ادامه ذکر می‌شود؛ چرخه نور و تاریکی روزانه و تغییرات آب و هوا، عرض جغرافیایی منطقه قرار گرفتن در معرض (هر چه به ناحیه استوایی نزدیک‌تر، UV بیشتر)، ارتفاع (هر چه قطعه به خورشید نزدیک‌تر، UV بیشتر)، شرایط محلی (به‌عنوان مثال یک باد دائمی، نمونه‌های آزمون را خشک می‌کند)، تغییرات تصادفی سال به سال در آب و هوا (تخریب می‌تواند در سال‌های متوالی به‌طور قابل توجهی در همان محل تغییر کند)، تغییرات فصلی (در زمستان ممکن است کمتر از تابستان تخریب صورت گیرد، جهت نمونه.

### خواص متغیر مواد آزمون

آزمون شرایط جوی تسریع‌یافته دارای متغیرهای کمتری است. این آزمون ممکن است با استفاده از عملیات صحیح و روش‌های نگهداری کنترل شود. عوامل موثر بر این آزمون در ادامه آمده است، چرخه عملیاتی تجهیزات آزمایشگاهی (چرخه نور / تاریکی /

تغییر خواص مکانیکی پلیمر مهم‌ترین عامل در تعیین مقدار تخریب است. در این شرایط ازدیاد طول و نیرو تا پارگی در اثر نور اکسایش تغییر می‌کند. زمان کاهش خواص تا ۵۰٪ خواص اولیه، زمان القا نام دارد که معمولاً برای سنجش مقدار تخریب و کاهش خواص مکانیکی به کار می‌رود. همچنین، Mn و Mw و نیز توزیع آنها طی واکنش‌های نور اکسایش تغییر می‌کند که بیانگر مقدار تخریب و پارگی زنجیرهای مولکولی است. رنگ‌نگاری ژل تراوایی (GPC) از کارآمدترین روش‌ها برای سنجش این مقادیر است [۱۲، ۱-۳]. خواص مکانیکی نیز یک ویژگی مناسب در ارزیابی مقدار تخریب پلیمر است. مطالعه تجربی دو نمونه لوله PVC و پلی‌اتیلن به مدت یک سال در محیط در معرض اشعه UV نور خورشید قرار گرفت. همچنین از محصولات مذکور، نمونه‌های شاهد آنها در محیط آزمایشگاه با دمای استاندارد نگهداری شد. سپس بعد از بازه زمانی یک ساله و گذراندن فصول گرم، معتدل و سرد سال، نمونه‌های مذکور مورد بررسی، مقایسه و آزمون

مطالعات انجام شده بر روی اثرات بلندمدت تابش خورشید بر روی PVC نشان داد که هیچ اثری بر روی خواص فیزیکی لوله PVC ندارد. حفظ ویژگی انعطاف پذیری لوله PVC در معرض UV مقاومت ضربه تنها ویژگی و خصوصیتی است که با در معرض خورشید قرار گرفتن لوله از مقدار اولیه خود کاهش می‌یابد. با این وجود، میانگین مقاومت ضربه لوله حتی بعد از دو سال در معرض خورشید بودن، همچنان از مقداری که برای لوله جدید مدنظر می‌باشد، بالاتر است.

#### عدم ایجاد محدودیت ضربه‌پذیری و نصب

هیچ محدودیتی در برش و یا ضربه زدن به لوله PVC که با UV تغییر خواص داده وجود ندارد. همچنین، لوله PVC در معرض UV همچنان می‌تواند با احتیاط مورد نیاز کمتری نسبت به سایر لوله‌های جایگزین مثل خاک رس، سیمان، فولاد ضدزنگ پوشش داده شده با اپوکسی استفاده شود. به‌طور عمومی اثر UV بر مقاومت ضربه لوله فشار قوی با دیواره ضخیم مانند آنهایی که بر اساس AWWA C900 و C905 می‌باشند ناچیز است. جلوگیری از قرار گرفتن در معرض UV اگر لوله را در سایه قرار دهید می‌توانید از تابش مستقیم خورشید (اثر UV) بر روی آن اجتناب کنید. همچنین این کار را می‌توان با استفاده از پوششی مات و سبک انجام داد. پوشش بایستی طوری قرار گیرد تا با ایجاد امکان تهویه هوا از گرم شدن لوله جلوگیری کند.

#### جلوگیری از قرار گرفتن در معرض UV

اگر لوله را در سایه قرار دهید می‌توانید از تابش مستقیم خورشید (اثر UV) بر روی آن اجتناب کنید. همچنین این کار را می‌توان با استفاده از پوششی مات و سبک انجام داد. پوشش بایستی طوری قرار گیرد تا با ایجاد امکان تهویه هوا از گرم شدن لوله جلوگیری کند.

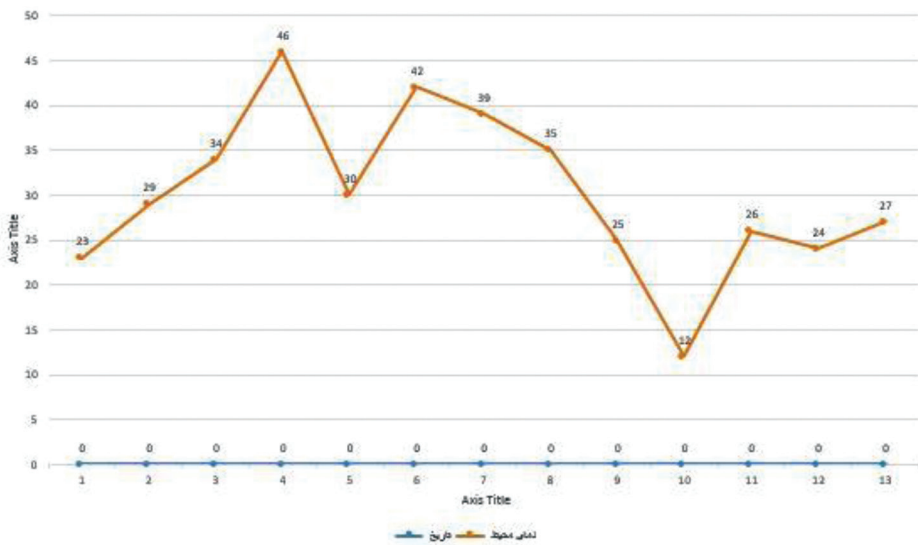
رطوبت معمولاً توسط یک استاندارد مشخص می‌شود)، دمای مورد استفاده در آزمون آزمایشگاهی (داغ‌ترسریعتر است)، تغییر در منبع نور تست تجهیزات (کنترل دستی یا اتوماتیک تابش، طول عمر لامپ و فیلتر)، خواص متغیر مواد آزمون.

#### بررسی محصول لوله PVC در معرض اشعه UV نور خورشید

حتی اگر در بلندمدت هم لوله در معرض تابش باشد، عملاً خصوصیات عملکردی و کیفیت لوله PVC تغییری نمی‌کند. در واقع تابش UV روی مواد لوله PVC به دوروش اثر می‌گذارند. تابش UV (فرابنفش) نور خورشید می‌تواند بر روی سطح خارجی لوله PVC اثرگذار باشد. اما حتی اگر در بلندمدت هم لوله در معرض تابش باشد، عملاً خصوصیات عملکردی و کیفیت لوله PVC تغییری نمی‌کنند. در واقع تابش UV روی مواد لوله PVC به دوروش اثر می‌گذارند؛ یکی محوشدن رنگ، که با سفید شدن رنگ (رنگ‌رفتگی) لوله شناخته می‌شود. رنگ‌ها وقتی در معرض نور خورشید قرار می‌گیرند محو می‌گردند و زمانی که لوله دفن می‌شود، رنگ‌ها ثابت‌تر می‌مانند. روش دوم روش تبدیل مولکول‌های PVC به پلی‌ان است که در این حالت، رنگ به سمت زردی می‌رود که معمولاً به ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۲ ابتدای سطح تابش محدود می‌گردد. این مورد معمولاً تخریب UV یا آفتاب سوختگی نامیده می‌شود که این فرآیند بیشتر و طولانی‌تر از فاز محوشدن رنگ زمان نیاز دارد. جهت جلوگیری از اثرات تابش خورشید، بازدارنده‌های UV مانند دی‌اکسید تیتانیوم به لوله اضافه می‌شود. زمانی که تابش آفتاب بر روی لوله متوقف می‌شود، UV دیگر هیچ اثری بر روی لوله ندارد.

#### بررسی ویژگی‌های لوله PVC در معرض اشعه UV نور خورشید





تاریخ	دمای محیط
۱۳۹۹/۰۱/۲۵	۲۳
۱۳۹۹/۰۲/۲۱	۲۹
۱۳۹۹/۰۳/۱۹	۳۴
۱۳۹۹/۰۴/۲۸	۴۶
۱۳۹۹/۰۵/۲۲	۳۰
۱۳۹۹/۰۶/۱۹	۴۲
۱۳۹۹/۰۷/۱۴	۳۹
۱۳۹۹/۰۸/۰۸	۳۵
۱۳۹۹/۰۹/۱۰	۲۵
۱۳۹۹/۱۰/۱۵	۱۲
۱۳۹۹/۱۱/۲۶	۲۶
۱۳۹۹/۱۲/۱۴	۲۴
۱۴۰۰/۰۱/۱۶	۲۷

شکل ۱- بررسی تغییرات شرایط دمایی در بازه زمانی آزمون

## مقایسه تغییرات محصول پی‌وی‌سی قبل و بعد از قرارگیری در معرض نور خورشید وضعیت ظاهری



شکل ۳- وضعیت ظاهری نمونه لوله زهکش نگهداری شده در معرض نور خورشید



شکل ۲- وضعیت ظاهری نمونه لوله زهکش نگهداری شده داخل آزمایشگاه

## آزمون دو پهن شدن لوله زهکش

آزمونه‌ای از لوله به طول  $200 \pm 5$  میلی‌متر را بین دو صفحه موازی قرار دادیم. نیروی اعمال شده بر سطح تصویر شده آزمونه (طول آزمونه  $\times$  قطر خارجی لوله) معادل یک نیوتن بر سانتی‌متر مربع بوده است. نمونه تحت بار محاسبه شده در دمای  $23 \pm 2$  درجه سلسیوس و مدت ۲۱ روز قرار گرفت و پس از آن، تغییر قطر خارجی لوله (دو پهن شدن) تحت بار اندازه‌گیری شده و درصد تغییر شکل نسبت به قطر اولیه محاسبه شد. حداکثر میزان تغییر شکل لوله نباید بیش از ده درصد قطر خارجی اولیه آن باشد.



شکل ۴- انجام آزمون دوپهن شدن نمونه لوله زهکش نگهداری شده داخل آزمایشگاه



شکل ۵- انجام آزمون دوپهن شدن نمونه لوله زهکش نگهداری شده در معرض نور خورشید

### آزمون کشش لوله زهکش

۵۰ نیوتنی از روی آزمون برداشته شد بار اولیه معادل ۱۰ نیوتن بر روی آزمون اعمال شد و علائم اندازه‌گیری به فواصل  $5 \pm 50.0$  میلی‌متر بر روی آزمون ثبت شد. میانگین حسابی میزان تغییر طول نباید بیش از ۱۰ درصد باشد.

آزمون کشش روی سه آزمون به طول  $1 \pm 70.0$  میلی‌متر و در دمای  $2 \pm 23$  درجه سلسیوس انجام شد. آزمون‌ها از وسط برش‌خورده و بوسیله یک بوشن مجدداً به یکدیگر متصل شد. آزمون ابتدا تحت بار ۵۰ نیوتن به مدت ۱۵ ثانیه تحت کشش قرار گرفت. یک دقیقه پس از اینکه بار



شکل ۷- آزمون کشش نمونه لوله زهکش نگهداری شده در معرض نور خورشید



شکل ۶- آزمون کشش نمونه لوله زهکش نگهداری شده داخل آزمایشگاه

### آزمون سقوط وزنه

سلسیوس نگهداری شدند. آزمون‌ها به فاصله ۱۰ ثانیه پس از بیرون آوردن از محیط سرمایه‌ش مورد آزمون قرار گرفتند. لازم به ذکر است آزمون مورد نظر مطابق

با استفاده از تجهیزات نشان داده شده روی آزمون‌هایی به طول  $5 \pm 20.0$  میلی‌متر انجام شد. قبل از انجام آزمون آزمون‌ها به مدت یک ساعت در دمای  $10 \pm$  درجه

استاندارد ISIRI 7669 با وزنه سقوط کننده وزنی معادل ۸۰۰ گرم و ارتفاع سقوط ۱۰۰۰ میلی متر انجام شده است.



شکل ۹- آزمون ضربه نمونه لوله زهکش نگهداری شده در معرض نور خورشید

شکل ۸- انجام آزمون ضربه نمونه لوله زهکش نگهداری شده داخل آزمایشگاه

جدول ۳- بررسی اثر نور خورشید بر روی محصول PVC پس از انجام آزمون

ویژگی فیزیکی	خصوصیت عملکردی	اثر نور خورشید	روش تست ISIRI 7669
وضعیت ظاهری	تغییر رنگ	تغییر رنگ	ISIRI 7669
مقاومت کششی	تحمل فشار	بدون اثر	ISIRI 7669
مدول الاستیسیته	سفتی لوله	بدون اثر	ISIRI 7669
مقاومت به ضربه	مقاومت به ضربه	کاهش مقاومت	ISIRI 7669

مقایسه تغییرات محصول پلی اتیلن قبل و بعد از قرارگیری در معرض نور خورشید وضعیت ظاهری



شکل ۹- وضعیت ظاهری نمونه لوله پلی اتیلن نگهداری شده در آزمایشگاه

شکل ۸- وضعیت ظاهری نمونه لوله پلی اتیلن نگهداری شده در معرض نور خورشید

آزمون نرخ جریان جرمی مذاب (MFR)

که طی ۱۰ دقیقه تحت فشار مشخص و در دمای مشخص از میان دای با ابعاد مشخص عبور کردن و به بیرون می آید.

نرخ جریان جرمی مذاب (MFR) تعیین خاصیتی از جریان مذاب پلیمر است که به عنوان خواص رئولوژیکی ماده در حالت مذاب شناخته می شود، مقدار MFR جرم مقدار ماده ای است

جدول ۴- نتیجه آزمون مقدار جریان مذاب نمونه لوله هیدروفلوم گذاشته شده در معرض نور خورشید

آزمون تعیین مقدار جریان مذاب MFR			
نمونه لوله هیدروفلوم گذاشته شده در معرض نور خورشید		زمان برش: ۷۵ ثانیه	
شماره نمونه	مقدار گرم برش خورده gr	میانگین مقدار گرم برش خورده gr	مقدار جریان مذاب MFR برحسب gr/۱۰ min
A	۰/۰۷۴	۰/۰۷۵	۰/۶۰
B	۰/۰۷۸		
C	۰/۰۷۳		
معیار پذیرش: ۰/۵-۱/۲ gr/۱۰ min مطابق استاندارد ملی ۱۷۷۴۰			

جدول ۵- نتیجه آزمون مقدار جریان مذاب نمونه لوله هیدروفلوم در داخل آزمایشگاه

آزمون تعیین مقدار جریان مذاب MFR			
نمونه لوله هیدروفلوم گذاشته شده داخل آزمایشگاه		زمان برش: ۶۰ ثانیه	
شماره نمونه	مقدار گرم برش خورده gr	میانگین مقدار گرم برش خورده gr	مقدار جریان مذاب MFR برحسب gr/۱۰ min
A	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۷۹
B	۰/۰۷۷		
C	۰/۰۸۱		
معیار پذیرش: ۰/۵-۱/۲ gr/۱۰ min مطابق استاندارد ملی ۱۷۷۴۰			

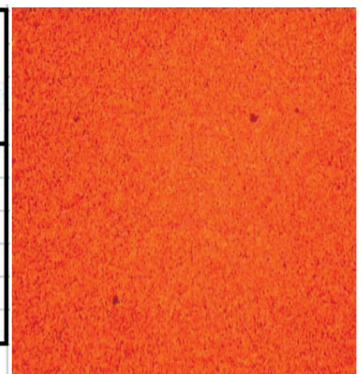
### آزمون پخش و پراکنش دوده

زمینه پلیمری جهت محافظت کامل از محصول در برابر اشعه UV ضروریست. نتیجه قابل قبول بر اساس استاندارد ISO18553 می بایست گرید آن کوچکتر یا مساوی ۳ باشد.

ذرات دوده اگر در اثر فرآیند اختلاط خرد نشوند می توانند به عنوان مرکز تمرکز تنش عمل کرده و باعث شکست شوند. همچنین توزیع ذرات دوده در سراسر

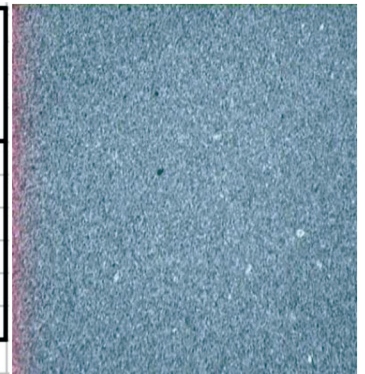
جدول ۶- تصویر و نتایج آزمون پخش و پراکنش دوده در نمونه داخل آزمایشگاه

Specimen	Dimensions [μm]					Grade for Specimens	
	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50		50-60
<b>Number of particles and agglomerates</b>							
1	44	8	2	1	1	2	3.5
2	2	1					1
3	17	4	3	3			2.5
4	9						2
5	11	9	1				2.5
6	8	10	4				2.5
							2.33



جدول ۷- تصویر و نتایج آزمون پخش و پراکنش دوده در نمونه قرار گرفته در معرض نور خورشید

Specimen	Dimensions					Grade for Specimens
	[μm]					
	5-10	10-20	20-30	30-40	50-60	
<b>Number of particles and agglomerates</b>						
1	2	1				1
2	3					1
3	3					1
4	6					1.5
5	2					1
6	7					2
						1.25



## آزمون مقدار یا درصد دوده

خواهند داد. برای این مشکل باید از پایدار کننده‌های UV استفاده گردد که بهترین آنها کربن بلک یا دوده می‌باشد. مقدار دوده برای لوله‌های پلی‌اتیلن سبک می‌بایست بین ۱/۲ الی ۲/۵ درصد جرمی باشد.

اشعه ماورابنفش UV در نور خورشید در زمان طولانی می‌تواند زنجیره‌های پلی‌اتیلن را بشکند و رادیکال‌های آزاد تولید نماید که این رادیکال‌های آزاد خود تخریب را گسترش و رشد می‌دهند، در نتیجه لوله‌های پلی‌اتیلن طی یک دوره خاص انعطاف پذیری و مقاومت خود را از دست

جدول ۸- نتیجه آزمون مقدار درصد دوده در نمونه لوله هیدروفلوم گذاشته شده در معرض نور خورشید

آزمون درصد دوده			
مدت زمان نگهداری در دمای آزمون : ۴۵ دقیقه	دمای آزمون : ۵۵۰ درجه	نمونه لوله هیدروفلوم گذاشته شده در معرض نور خورشید	
C - درصد مقدار دوده (WT / WS) × ۱۰۰	وزن نمونه پس از آزمایش	وزن نمونه قبل از آزمایش gr (Wr)	وزن ظرف خالی gr
	gr (Wr)	(Ws)	
۱/۲۱	۰/۰۱۲۲	۱/۰۰۷	۱۳/۲۳۵۰
معیار پذیرش : ۱/۲-۲/۵ % مطابق استاندارد ملی ۱۷۷۴۰			

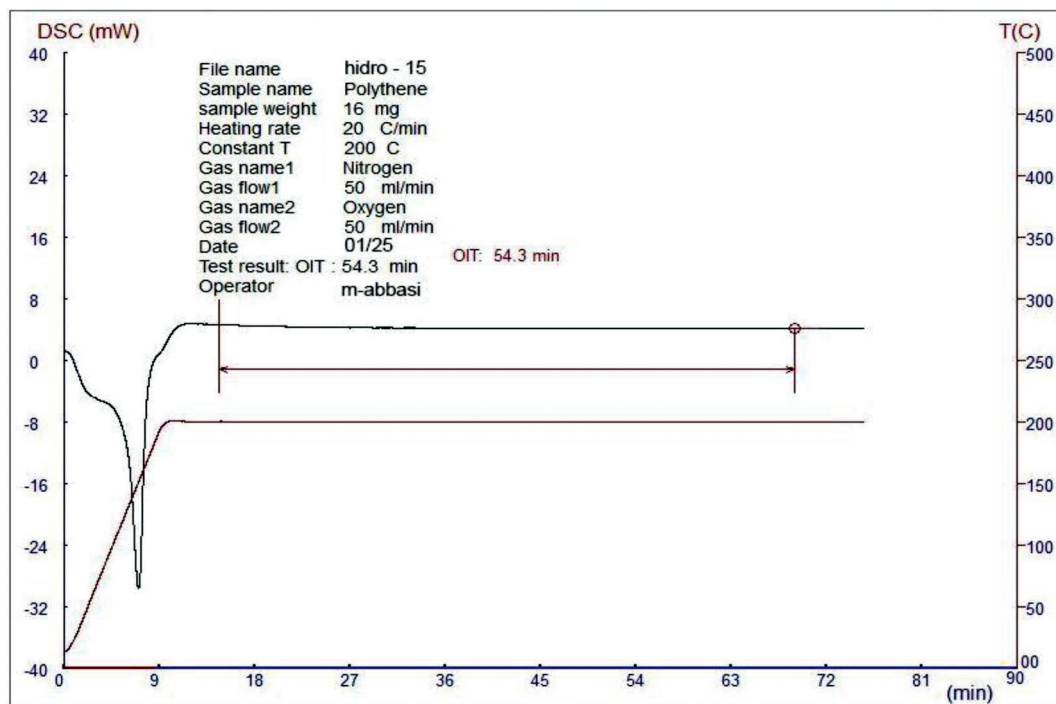
جدول ۹- نتیجه آزمون مقدار درصد دوده در نمونه لوله هیدروفلوم در داخل آزمایشگاه

آزمون درصد دوده			
مدت زمان نگهداری در دمای آزمون : ۴۵ دقیقه	دمای آزمون : ۵۵۰ درجه	نمونه لوله هیدروفلوم گذاشته شده داخل آزمایشگاه	
C - درصد مقدار دوده (WT / WS) × ۱۰۰	وزن نمونه پس از آزمایش	وزن نمونه قبل از آزمایش gr (Wr)	وزن ظرف خالی gr
	gr (Wr)	(Ws)	
۱/۳	۰/۰۱۲۲	۱/۰۱۴۱	۱۳/۲۵۵۲
معیار پذیرش : ۱/۲-۲/۵ % مطابق استاندارد ملی ۱۷۷۴۰			

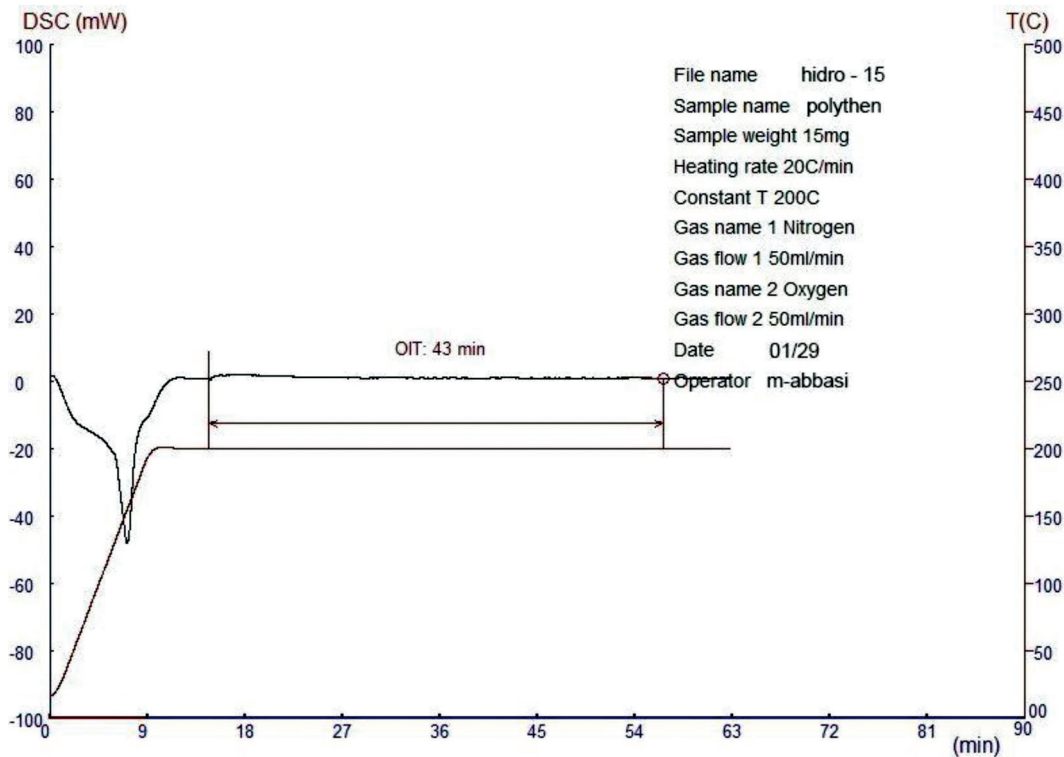
## آزمون OIT

اکسیداسیون شد. اگرچه مقدار پایداری حرارتی ۲۰ دقیقه در استاندارد مذکور گزارش شده است ولی این آزمون برای کسب اطلاع بیشتر از کیفیت مواد و محصول پلی‌اتیلن بیش از ۲۰ دقیقه در آزمایشگاه شرکت آبان بسیار توسعه انجام شده است.

مواد و محصول پلی‌اتیلن مطابق با استاندارد ملی INSO 6-7186 در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه تحت دمش گاز اکسیژن مورد آزمون قرار گرفتند. که در طی این مدت پلی‌اتیلن مورد نظر دچار تخریب حرارتی و



شکل ۱۰- تصویر و نتیجه آزمون OIT نمونه داخل آزمایشگاه



شکل ۱۱- تصویر و نتیجه آزمون OIT نمونه قرار داده شده در معرض نور خورشید

## نتیجه گیری

کاهش یافته است، در انتها نیز در آزمون OIT نیز طبق گراف‌های داده شده نمونه مورد نظر نیز در مقابل اشعه UV نتیجه بدست آمده حالت کاهش یافته است، لازم به ذکر است با توجه به نتایج آزمون انجام شده در محصول پلی اتیلن نتیجه بدست آمده در محدوده استاندارد می باشد. در محصولات PVC نیز زمانی که لوله های PVC غیر محافظت شده برای مدت زمان طولانی در معرض نور خورشید قرار می گیرند، در خواص شیمیایی و مکانیکی آنها تاثیر می گذارد. اشعه ماوراء بنفش خورشید می تواند ساختار مواد را تحت تاثیر قرار دهد و لوله را ترد و شکننده کند. اگر مجبور به کارگذاری لوله بر روی سطح زمین به هر دلیلی هستید، توصیه می شود که اقداماتی برای محافظت از لوله در برابر نور خورشید اتخاذ شود. برای این کار می توان از رنگ لوله و یا یک پوشش برای لوله ها استفاده کرد. همیشه سعی کنید لوله ها را از تامین کننده ای که لوله های PVC را در انبار سر بسته نگهداری می کند، تهیه کنید. لوله PVC که در فواصل زمانی طولانی در معرض نور ماوراء بنفش قرار دارد، مقداری توان خود را از دست می دهد، اما به ندرت باعث ایجاد افت قابل توجهی در توانایی مقاومت مواد در برابر فشار آب می شود. اشعه ماوراء بنفش همچنین باعث تغییر رنگ در قسمت بیرونی لوله می شود. ممکن است با رنگ آمیزی لوله های پی وی سی با رنگ مقاوم در برابر UV، از این چالش دور شوید. نتایج آزمون های انجام شده نشان می دهد در وضعیت ظاهری تغییر رنگ حاصل شده است. در قسمت مقاومت کششی خصوصیت عملکردی برای تحمل فشار بدون اثر بوده، همچنین مدول الاستیسیته برای سفتی لوله نور خورشید در آن بدون اثر بوده است ولی در آزمون مقاومت به ضربه در اثر تابش نور خورشید کاهش مقاومت شاهد بوده ایم و لوله دچار شکنندگی شده است.

همانطور که در این تحقیق بحث و بررسی شد در محصولات پلی اتیلن عواملی همچون دما، سرعت و عملیات مکانیکی، وجود ناخالصی ها و خواص ساختاری پلیمر بر روی تخریب نوری و گرمایی اثر می گذارند. مقدار تبلور، نوع بلورها، آرایش مولکولی، ظرافت و تاخوردگی های مولکول های زنجیری که در ارتباط با ساختار فیزیکی پلیمر است، بر اکسایش پلیمر اثر مستقیم دارند، به گونه ای که با افزایش تبلور و آرایش یافتگی، سرعت تخریب کاهش می یابد. وجود گرما، آلودگی های جوی یا نیرو و تنش عامل مؤثر در تسریع واکنش های نور اکسایش در پلیمر است. همچنین، شدت و طول موج پرتو نورتابشی مطابق با قوانین نور شیمیایی بر خواص مکانیکی و تشکیل محصولات حاصل از اکسایش مؤثر است. افزودنی های موجود در پلیمر به دلیل برهم کنش هایی که با یکدیگر دارند، اثر متفاوتی بر تخریب یا پایداری پلیمر نشان می دهند که برای نتیجه بهتر از پایداری معمولاً مجموعه ای از پایداری کننده ها استفاده می شود. البته ویژگی های محصول و شرایط مصرف نیز در انتخاب مجموعه پایداری کننده ها مؤثر است. برای مطالعه فرآیند اکسایش و تخریب در پلیمر و بررسی آثار آن، تغییرات حاصل را به دو گروه تغییرات فیزیکی و شیمیایی (ساختاری و خواص پلیمر) دسته بندی می کنند. نتایج آزمون های انجام نشان می دهد که در وضعیت ظاهری رنگ لایه داخلی تغییر داشته است و حالت مات بودن به خود گرفته است، در آزمون نرخ جریان مذاب MFR نیز مواد خاصیت خود را از دست داده است و مقدار جریان مذاب از ۰/۷۹ به ۰/۶ کاهش یافته است، در آزمون پخش و پراکنش دوده با توجه به تابش نور خورشید و اشعه UV نتیجه آزمون انجام شده ۱/۲۵ می باشد که کاهش یافته است، در آزمون درصد دوده همانطور که در جداول بالا نیز مشخص است با توجه به تابش مستقیم نور خورشید بر روی لوله نتیجه بدست آمده

## منابع

Outdoor Exposure to Xenon-Arc Weatherometer Exposure, Geosynthetics. 3, 829-839, 1995.

[16] Philippart J.L., Sinturel C., Arnaud R., and Gardette J.L., Influence of the Exposure Parameters on the Mechanism of Photooxidation of Polypropylene, Polym. Degrad. Stabil., 64, 213-225, 1999.

[17] Pezelj E.A. and Cunko R., Influence of Ozone as an Air Pollutant on Polypropylene Fiber Properties, Text. Res. J., 70, 537541, 2000.

[18] Crompton T.R., Analysis of Polymers an Introduction, Pergamon, Oxford, UK, 1989.

[19] Rabek J.F., Photodegradation of Polymers. Physical Characteristics and Applications, Springer, New York, USA, 1996.

[20] Ahmadi Z., Haghghat Kish M., and Katbab A.A., Evaluation the Effect of Kind, Level and Structural Parameters of Pigments on the Photodegradation and Photostabilization Mechanism in the Polypropylene Fibers, PhD Thesis, Amirkabir University of Technology, Textile Department, December, 2007.

[1] Ahmed M., Polypropylene Fibers-Science and Technology, Elsevier Scientific, Amsterdam, 36-93, 1982.

[2] Gugumus F., New Trends in the Stabilization of Polyolefin Fibers, Polym. Degrad. Stabil., 44, 273-297, 1994.

[3] Andradý A.L., Wavelength Sensitivity in Polymer Photodegradation, Adv. Polym. Sci., 128, 49-94, 1997

[4] Petrochem, Department, Review News, Autumn 2012

[5] Allen N.S., Fatinikun K.O., and Henman T.J. Some Important Factors which Influence the Photo-oxidation of Polypropylene Polym. Degrad. Stabil., 4, 59-67, 1982.

[6] Scott G., Some Fundamental Aspects of the Photo-oxidation and Stabilization of Polymers, British Polym. J., 16, 271-283, 1984.

[7] Carlsson D.J. and Wiles D.M., Photostabilization of Polypropylene, II: Stabilizers and Hydroperoxides, J. Polym. Sci., 12 217-2233, 1974.

[8] Gray R.L. and Neri C., Increasing the Performance and Permanence of Polymer Stabilizers, Die Angew. Makromol.

[9] Hodgem D.K.C., Development in Polymer Degradation, Grassie M. (Ed.), Applied Science, London, UK, 4, 189-234, 1982.

[10] Scott G. and Islam S., Polymer-bound UV Activators for Polyolefins, Polym. Degrad. Stabil., 63, 61-64, 1999.

[11] Shlyapnikov Y.A., Kiryushkin S.G., and Mar'in A.P., Antioxidative Stabilization of Polymers, Taylor and Francis, London, England, 1996

[12] Gugumus F., The Performance of Light Stabilizers in Accelerated and Natural Weathering, Polym. Degrad. Stabil., 50, 101-116, 1995.

[13] Andradý A.L., Ultraviolet Radiation and Polymers, in Physical Properties of Polymers Handbook, Part IX, 1996.

[14] Philippart J.L., Sinturel C., and Gardette J.L., Influence of Light Intensity on the Photo-oxidation of Polypropylene Polym. Degrad. Stabil., 58, 261-268, 1997.

[15] Baker T.L. and Marienfeld M.L., Correlation of



## عنوان مقاله:

**امکان سنجی تولید بیوچار از باگاس و بقایای برداشت سبز نیشکر و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن**  
**Investigation of biochar production potential from bagasse and sugarcane green wastes and its physicochemical properties**

نویسنده مسئول: شیلا خواجوی شجاعی  
دکتری شیمی و حاصلخیزی خاک و کارشناس آزمایشگاه شیمی آب و خاک کشت و صنعت دعبل خزاعی  
ایمیل نویسنده: Shila\_khajavi@yahoo.com  
سایر نویسندگان: امیر سراغی<sup>۱</sup>، پردیس خاجی<sup>۲</sup>  
۱. مدیر تحقیقات و مطالعات کاربردی کشت و صنعت دعبل خزاعی  
۲. سرپرست آزمایشگاه شیمی آب و خاک کشت و صنعت دعبل خزاعی

**Abstract**

The huge amounts of agricultural residues and organic wastes, especially in sugarcane industry, have many consequences for farmers and the environment. Bagasse and sugarcane green wastes are considered as important agricultural wastes that require efficient management. Pyrolysis process and turn the residue into biochar is one of management approaches. The objective of this research was to evaluate change bagasse and the sugarcane green wastes properties and their biochars produced at 250 °C. The results showed that by pyrolysis of biomass the volatile matter and the carbon: nitrogen ratio (C/N) decreased, while the cation exchange capacity (CEC), ash, surface area, EC, pH, carbon and nitrogen contents and other nutrients concentrations. Since sugarcane green wastes had higher CEC and percentage of nutrients and lower pH values, management and application of these residues as soil conditioner can be a good approach for improving soil fertility and physical and chemical properties.

**Keywords:** Biochar, Organic wastes, Pyrolysis, Sugarcane Bagasse.

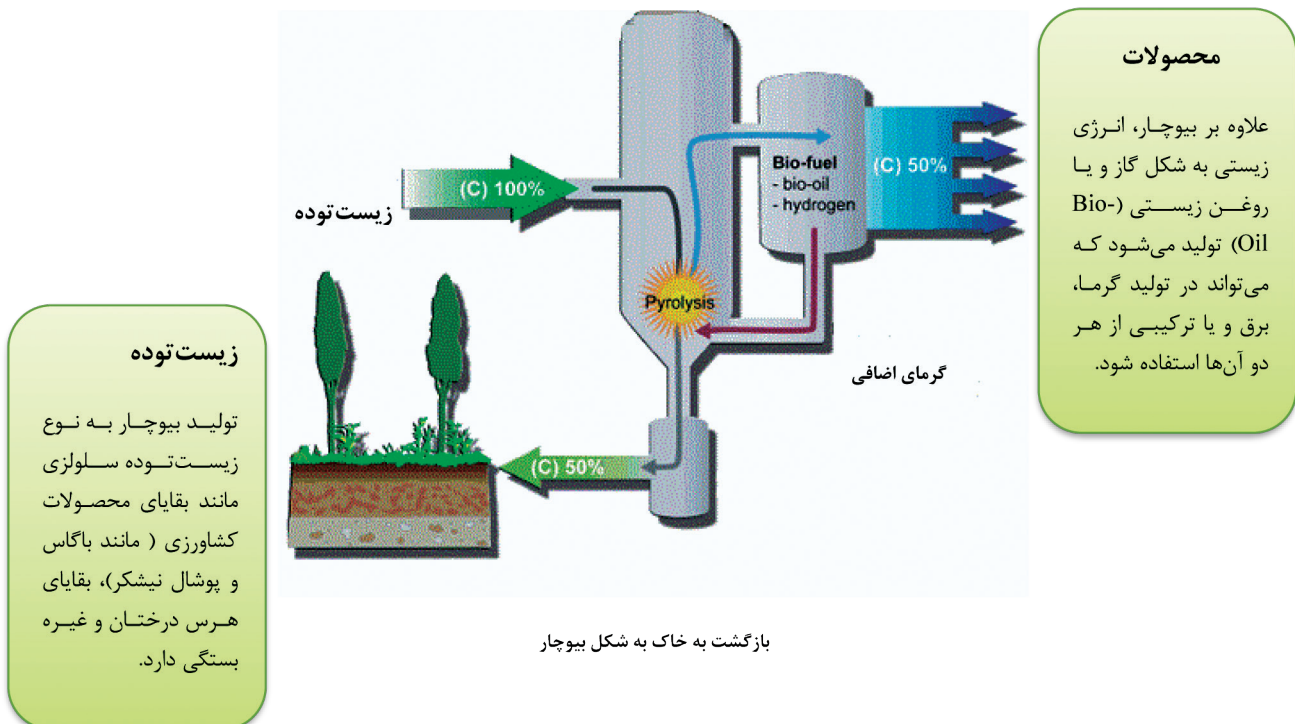
**چکیده**

حجم زیاد بقایا و ضایعات آلی کشاورزی، به‌ویژه در صنعت نیشکر، پیامدهای متعددی برای کشاورزان و محیط‌زیست ایجاد می‌کند. باگاس و ضایعات حاصل از برداشت سبز نیشکر از پسماندهای مهم کشاورزی هستند که نیازمند مدیریت کارآمد می‌باشند. یکی از راهکارهای استفاده از این بقایا پیرولیز (گرماکافت) و تبدیل آن‌ها به بیوچار است. این پژوهش با هدف بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی باگاس و پوشال نیشکر و بیوچار حاصل از آن‌ها در دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس انجام شد. نتایج نشان داد که گرماکافت زیست‌توده‌ها منجر به کاهش مواد فرار و نسبت کربن به نیتروژن (C/N) و افزایش خاکستر، سطح ویژه، ظرفیت تبادل کاتیونی، pH، هدایت الکتریکی (EC)، درصد کربن، نیتروژن و غلظت عناصر غذایی شد. از آنجایی که پوشال نیشکر ظرفیت تبادل کاتیونی و غلظت عناصر غذایی بالاتر و pH پایین‌تری نشان داد، مدیریت و کاربرد آن به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک می‌تواند راهکار مناسبی برای بهبود حاصلخیزی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های تحت کشت نیشکر باشد. **واژگان کلیدی:** باگاس نیشکر، زغال زیستی، گرماکافت، ضایعات آلی.

## مقدمه

شکل ۱ دستگاه تولید بیوچار دارای یک مخزن است که زیست توده در داخل آن قرار داده می شود و بدین ترتیب، زیست توده داخل مخزن تبدیل به بیوچار شده و روغن و گاز زیستی تولید شده نیز از طریق خروجی هایی که بدین منظور در مخزن تعبیه شده اند خارج می شوند [۱ و ۳]. افزودن بیوچار به خاک به دلیل ویژگی های آن از جمله سطح ویژه بالا و ساختار با منافذ ریز، ظرفیت تبادل کاتیونی، pH و کربن آن سبب ایجاد تغییرات در ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می شود [۴]. نتایج مطالعات نشان داده افزودن بیوچار به خاک به دلیل ساختار متخلخل آن تاثیر زیادی در بهبود ویژگی های فیزیکی خاک از جمله تهویه، چگالی ظاهری، رطوبت و ظرفیت نگهداری آب خاک دارد. بیوچار می تواند با بهبود کربن آلی، تخلخل و سطح ویژه خاک، خاکدانه سازی خاک را تحت تاثیر قرار داده و سبب بهبود ساختمان خاک شود [۴]. در مطالعات مختلف مزرعه ای و انکوباسیون، تاثیر

بیوچار یک ماده متخلخل و غنی از کربن است که از تجزیه حرارتی، ضایعات کشاورزی و زیست توده ها در شرایط اکسیژن کم در دماهای گوناگون (۲۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سلسیوس)، تولید می شود که به این فرآیند پیرولیز<sup>۱</sup> یا گرماکافت گفته می شود [۱-۲]. زیست توده ها و مواد آلی مانند بقایای محصولات کشاورزی، شاخ و برگ و چوب درختان، لجن فاضلاب، کودهای دامی و کاغذ و غیره را می توان به بیوچار تبدیل کرد [۱]. ویژگی های بیوچار و درصد عناصر آن با توجه به شرایط فرآیند گرماکافت مانند دمای گرماکافت، سرعت افزایش دما، مدت زمان ماندگاری دمای حداکثر و نوع زیست توده اولیه متفاوت می باشند [۱-۳]. زیست توده مواد آلی طی فرآیند گرماکافت تبدیل به گاز زیستی، روغن زیستی و بیوچار می شود. از گاز و روغن زیستی می توان برای تولید انرژی استفاده کرد، اما بیوچار به دلیل داشتن ویژگی های منحصر به فرد به عنوان اصلاح کننده خاک مورد استفاده قرار می گیرد [۱]. مطابق



بازگشت به خاک به شکل بیوچار

شکل ۱- فرآیند تولید بیوچار [۶]

نیشکر برای تهیه بیوچار استفاده شد. زیست توده‌های جمع‌آوری شده ابتدا هوا خشک شده و پس از آسیاب کردن، در آن در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک شدند [۹]. بیوچارها در کوره الکتریکی در شرایط گرماکافت آهسته، به مدت ۳ ساعت، در دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس در شرایط بدون اکسیژن تهیه شدند. نمونه‌ها پس از آماده سازی از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس ویژگی‌های آنها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. بدین ترتیب که محتوای خاکستر و مواد فرار [۱۰]، pH و EC در عصاره ۱ به ۱۰ بیوچار به آب دیونیزه [۹]. ظرفیت تبادل کاتیونی یا (CEC)، سطح ویژه به‌روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم، اندازه‌گیری شد [۹ و ۱۱]. تجزیه عنصری بیوچارها به‌روش سوزاندن خشک و با استفاده از دستگاه Vario EL III analyzers CHNS اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر بیوچار، از روش سوزاندن خشک استفاده شد. غلظت عناصر در نمونه‌ها با استفاده از روش سینگ آنالیز گردید [۹].

## تحلیل آماری داده‌ها

این پژوهش، در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار شامل باگاس نیشکر، پوشال نیشکر، بیوچار باگاس نیشکر و بیوچار پوشال نیشکر و در سه تکرار انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

**ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی زیست‌توده و بیوچار**  
درصد عملکرد بیوچار تهیه شده از پوشال نیشکر به‌طور معنی‌داری بیشتر از درصد عملکرد بیوچار باگاس بود (جدول ۱). بخش زیادی از بقایای گیاهی از ترکیبات همی سلولزی و سلولزی تشکیل شده و کاهش عملکرد در اثر گرماکافت به دلیل تجزیه این ترکیبات می‌باشد، چرا که بخش عمده این ترکیبات در محدوده دمایی ۱۸۰ تا ۳۵۰ درجه سلسیوس تجزیه می‌شوند [۱۲]. همچنین دهیدراته شدن گروه‌های هیدروکسیل از دیگر دلایل کاهش عملکرد بیوچار در دماهای بالای گرماکافت است [۱۳]. بیشتر بودن

مثبت بیوچار تهیه شده در شرایط گرماکافت آهسته در دماهای ۶۰۰-۳۰۰ درجه سلسیوس در بهبود ساختمان خاک توسط پژوهشگران مختلف گزارش شده است [۴]. افزایش نگهداری آب خاک در خاک‌های اصلاح شده با بیوچار به دلیل افزایش تخلخل و کاهش جرم ویژه ظاهری و کاهش تبخیر و تعرق توسط پژوهشگران مختلف گزارش شده است [۵]. ماده آلی خاک یکی از مهمترین اجزای خاک است که در تعیین رفتار و مدیریت خاک تأثیر به‌سزایی دارد و شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود می‌بخشد [۷]. متأسفانه در ایران علی‌رغم داشتن آب و هوای خشک و نیمه خشک رفتار مناسبی با بقایای گیاهی نمی‌شود و به دلیل کشت و کار غلط، به‌ویژه سوزاندن و عدم بازگشت بقایای گیاهی به خاک، سالیانه از مقدار ماده آلی خاک به مقدار قابل توجهی کاسته می‌شود. نتیجه این امر کاهش قدرت باروری و حاصلخیزی خاک است که چاره‌ای جز استفاده مداوم از کودهای شیمیایی جهت افزایش تولید باقی نمی‌گذارد [۷]. طبق گزارش‌های ارائه شده سالانه ۴/۳ میلیون تن باگاس نیشکر در ایران تولید می‌گردد که علی‌رغم استفاده بخشی از آن در صنایعی مانند فیبر و کاغذ، قسمت عمده آن بدون بهره‌گیری مفید در مناطق دپو شده، دچار خودسوزی گشته و علاوه بر آلوده کردن محیط زیست، به‌عنوان سرمایه ملی به خاکستر و دود تبدیل می‌شود [۸]. طبق گزارش وزارت کشاورزی ایران در سال ۲۰۰۷، حدود ۱۷/۸۶ تن از محصولات کشاورزی در ایران طی فرآیند برداشت، ذخیره‌سازی و حمل و نقل از بین می‌رود [۸]. همچنین با توجه به نقشه‌های خاک کشور و برنامه توسعه ایران تا سال ۱۴۰۴، افزایش ماده آلی و بهبود کیفیت خاک‌های کشور امری ضروری است. این پژوهش با هدف امکان‌سنجی تولید بیوچار با استفاده از باگاس و پوشال نیشکر موجود در صنعت نیشکر و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آنها در کشت و صنعت دعبل خزاعی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

تهیه بیوچار و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی در این مطالعه از باگاس و پوشال حاصل از برداشت سبز

عملکرد پوشال نسبت به باگاس می‌تواند به دلیل بیشتر بودن درصد محتوای خاکستر و مواد فرار کمتر آن باشد.

جدول ۱- ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در بقایای گیاهی و بیوچار باگاس نیشکر و پوشال

بیوچار باگاس	باگاس	بیوچار پوشال	پوشال	واحد	ویژگی
۶۷/۱۱ <sup>b</sup>	-	۷۰/۴۷ <sup>a</sup>	-	%	عملکرد
۱۷/۴۰ <sup>b</sup>	۷/۷۸ <sup>d</sup>	۱۸/۷۳ <sup>a</sup>	۸/۲۲ <sup>c</sup>	%	محتوای خاکستر
۶۸/۱۳ <sup>c</sup>	۸۹/۵۸ <sup>a</sup>	۶۰/۹۱ <sup>d</sup>	۸۴/۵۱ <sup>b</sup>	%	مواد فرار
۱۸/۷۴ <sup>b</sup>	۳/۱۲ <sup>d</sup>	۲۲/۸۱ <sup>a</sup>	۴/۴۵ <sup>c</sup>	m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	سطح ویژه
۲۵/۳۲ <sup>b</sup>	۶/۱۵ <sup>d</sup>	۳۵/۲۱ <sup>a</sup>	۷/۹۷ <sup>c</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	ظرفیت تبادل
۶/۲۴ <sup>a</sup>	۵/۸۷ <sup>b</sup>	۵/۲۶ <sup>c</sup>	۴/۷۴ <sup>d</sup>	%	اسیدیته (pH)
۰/۴۶۰ <sup>d</sup>	۰/۳۸۱ <sup>c</sup>	۳/۸۴۳ <sup>a</sup>	۰/۸۳۷ <sup>b</sup>	ds m <sup>-1</sup>	هدایت
۱۰۵/۵۷ <sup>b</sup>	۱۳۹/۴۷ <sup>a</sup>	۶۱/۳۲ <sup>d</sup>	۸۸/۰۸ <sup>c</sup>	-	C/N

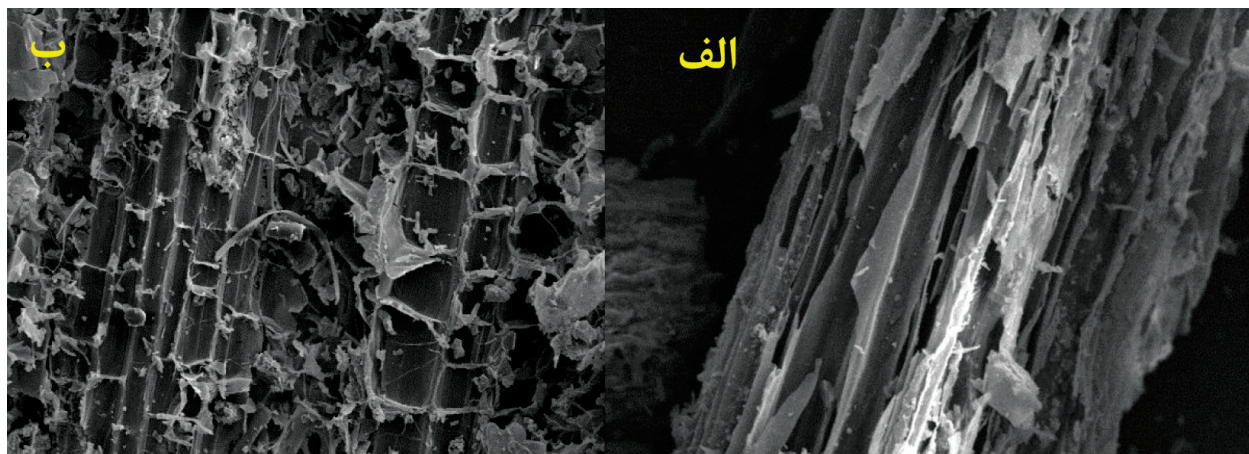
معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۱). دلیل افزایش EC افزایش محتوای خاکستر و از دست رفتن مواد فرار (جدول ۱) و در نتیجه افزایش ذخیره نمک‌های قلیایی در بخش خاکستر بیوچار بود (جدول ۲). نتایج مطالعات نشان داده است، غلظت بالای پتاسیم به دلیل تحرک زیاد آن سبب افزایش هدایت الکتریکی در بیوچار می‌شود [۱۴ و ۱۵]. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) بیوچار در اثر فرآیند گرماکافت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۱). مقایسه CEC بیوچارها نشان داد، مقدار CEC نمونه‌های پوشال بیشتر از نمونه‌های باگاس نیشکر بود. افزایش CEC در اثر گرماکافت زیست‌توده به این دلیل است که بیوچار در سطح خود غنی از گروه‌های عاملی از جمله فنولیک، کربوکسیلیک بود، بنابراین نسبت به ماده اولیه تهیه شده از آن CEC بیش‌تری دارد [۱۰ و ۱۲]. سطح ویژه بیوچار در اثر گرماکافت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۱). فرآیند گرماکافت زیست‌توده‌ها و افزایش دما به دلیل تجزیه ترکیبات آلی سلولز، همی‌سلولز و لیگنین در بیوچار و خارج شدن مواد فرار سبب ایجاد حفرات و افزایش حجم منافذ ریز و در نتیجه افزایش سطح ویژه بیوچار می‌شود [۱۶]. تصاویر تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) تغییرات ساختاری بیوچار و توسعه حفرات در ساختمان آن‌ها را با افزایش دما تایید می‌کند (شکل ۲). تصاویر SEM بیوچار نشان می‌دهد، حفرات

نتایج نشان داد فرآیند گرماکافت سبب افزایش معنی‌دار درصد محتوای خاکستر و کاهش معنی‌دار درصد ماده فرار بیوچارها شد. کاهش مواد فرار نشان‌دهنده افزایش روند خارج شدن ترکیبات فرار، محصولات گازی و هیدروکربن‌های با وزن مولکولی کم است. افزایش محتوای خاکستر با گرماکافت زیست‌توده‌ها به دلیل خارج شدن ترکیبات آلی، افزایش غلظت مواد معدنی و عناصر و تجزیه حرارتی ترکیبات لیگنوسولزی است. افزایش غلظت عناصر بیوچار در اثر گرماکافت در این پژوهش تایید کننده این نتایج است (جدول ۲). اسیدیته (pH) پوشال نیشکر به‌طور معنی‌داری از باگاس بیشتر بود. این نتایج در بیوچار حاصل از این دو زیست‌توده نیز مشاهده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که گرماکافت سبب افزایش محتوای خاکستر و افزایش غلظت کاتیون‌های قلیایی سدیم و پتاسیم شد (جدول ۲). بنابراین فرآیند گرماکافت با افزایش محتوای خاکستر و تجمع کاتیون‌های قلیایی سبب شد که pH بیوچار از اسیدی به سمت قلیایی پیش برود. مقدار هدایت الکتریکی در پوشال و بیوچار تهیه شده از آن بالاتر بود، که احتمالاً به دلیل وجود یون‌هایی مانند سدیم و پتاسیم در ساختار این زیست‌توده نسبت به باگاس است (جدول ۲). قابلیت هدایت الکتریکی پوشال و باگاس نیشکر به ترتیب ۰/۸۳۷ و ۰/۳۸۱ دسی‌زیمنس بر متر بود. با تبدیل این بقایا به بیوچار، EC به‌طور

بیوچار باگاس به شکل لانه زنبوری است، که نشانه‌های از ساختار کربناتی زیست‌توده لیگنوسلولوزی است [۱۷].

جدول ۲- غلظت عناصر در بقایای گیاهی و بیوچار باگاس نیشکر و پوشال

ویژگی	واحد	پوشال	بیوچار پوشال	باگاس	بیوچار باگاس
سدیم کل	g kg <sup>-1</sup>	۱/۰۲۱ <sup>b</sup>	۹۲۴/۱ <sup>c</sup>	۲/۲۱ <sup>b</sup>	۵/۸۶ <sup>a</sup>
پتاسیم کل	g kg <sup>-1</sup>	۰/۴۵ <sup>c</sup>	۱/۹۶ <sup>a</sup>	۰/۳۹ <sup>d</sup>	۱/۷۱ <sup>b</sup>
پتاسیم فراهم	g kg <sup>-1</sup>	۰/۱۴۲ <sup>c</sup>	۰/۴۹۷ <sup>a</sup>	۰/۱۰۲ <sup>d</sup>	۰/۲۹۱ <sup>b</sup>
فسفر فراهم	g kg <sup>-1</sup>	۰/۱۸۵ <sup>b</sup>	۰/۲۲۹ <sup>a</sup>	۰/۰۳۳ <sup>d</sup>	۰/۰۵۰ <sup>c</sup>
کلسیم	mg kg <sup>-1</sup>	۱۲/۳۶ <sup>b</sup>	۱۳/۴۸ <sup>a</sup>	۱۰/۷۸ <sup>d</sup>	۱۱/۲۱ <sup>c</sup>
منیزیم	mg kg <sup>-1</sup>	۷/۵۶ <sup>c</sup>	۶۱/۷۳ <sup>a</sup>	۲۰/۱۶ <sup>b</sup>	۶/۴۸ <sup>d</sup>
آهن کل	mg kg <sup>-1</sup>	۱۳۴/۷ <sup>c</sup>	۱۹۸/۱ <sup>a</sup>	۸۷/۹۱ <sup>d</sup>	۱۶۵/۲ <sup>b</sup>
منگنز کل	mg kg <sup>-1</sup>	۱۰/۱۶ <sup>c</sup>	۳۸/۸ <sup>a</sup>	۷/۴۹ <sup>d</sup>	۳۰/۳۳ <sup>b</sup>
روی کل	mg kg <sup>-1</sup>	۸/۵۳ <sup>c</sup>	۱۳/۲ <sup>a</sup>	۵/۴۹ <sup>d</sup>	۹/۴۵ <sup>b</sup>

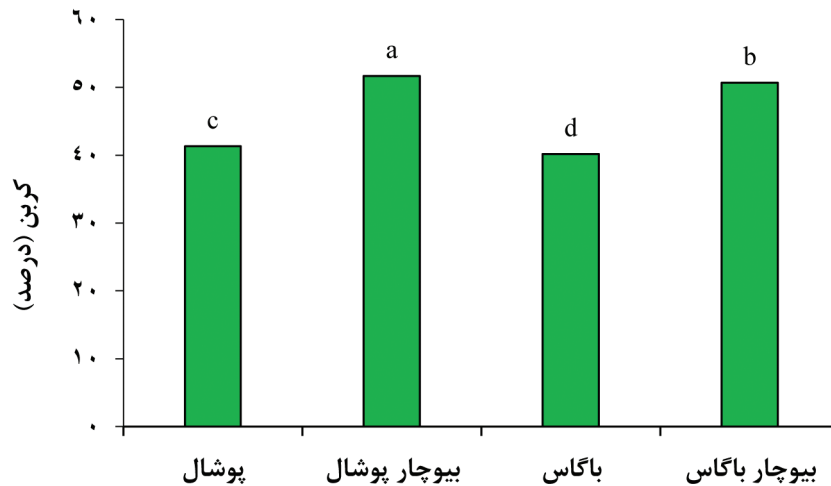


شکل ۲- تصاویر میکروسکوپ الکترونی (الف) زیست‌توده اولیه باگاس نیشکر و (ب) بیوچار باگاس نیشکر در دمای درجه سلسیوس ۲۰۰ (بزرگنمایی تصاویر ۲۰ میکرومتر می‌باشد). [۱۸ و ۱۹]

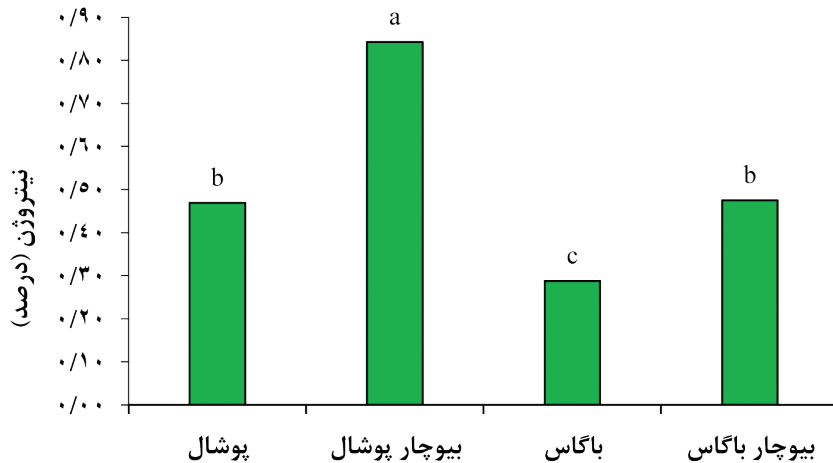
### غلظت عناصر در زیست‌توده و بیوچار

پوشال بیشتر از بیوچار باگاس نیشکر بود. مقدار نیتروژن کل پوشال نیشکر و باگاس به ترتیب ۰/۴۶۹ و ۰/۲۸۸ درصد به‌دست آمد. با اعمال تجزیه حرارتی، درصد نیتروژن کل بیوچار تولید شده در هر دو زیست‌توده تقریباً دو برابر مقدار نیتروژن زیست‌توده‌های اولیه بود (شکل ۴). نسبت کربن به نیتروژن (C/N) در پوشال نیشکر به‌طور معنی‌داری کمتر از باگاس نیشکر بود.

مقدار کربن کل در بیوچار پوشال نیشکر به‌طور معنی‌داری بالاتر از بیوچار باگاس بود (شکل ۳). این امر احتمالاً به دلیل بالاتر بودن درصد کربن در زیست‌توده پوشال نیشکر نسبت به باگاس است. گرماکافت سبب افزایش کربن کل در بیوچارهای حاصل از هر دو زیست‌توده شد که این امر می‌تواند در زمان کاربرد بیوچار در خاک به افزایش ماده آلی خاک کمک کند. درصد نیتروژن کل در بیوچار



شکل ۳- مقایسه درصد کربن در پوشال و باگاس نیشکر و بیوچار آنها

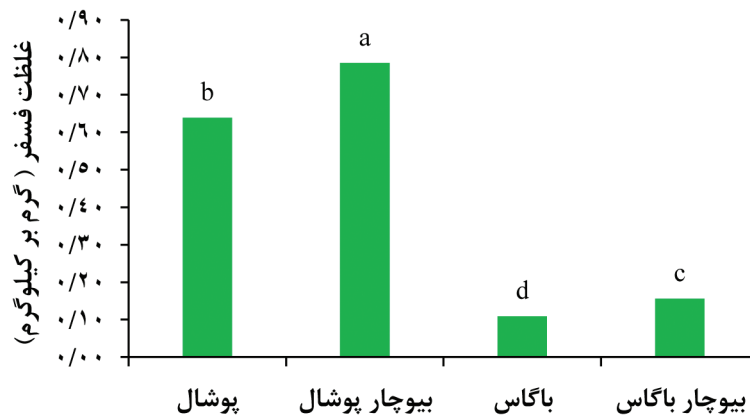


شکل ۴- مقایسه مقدار نیتروژن در پوشال و باگاس نیشکر و بیوچار آنها

نیتروژن خاک توسط ریز جانداران ضروری است. به طور کلی نتایج حاصل نشان داد، تبدیل زیست توده‌ها به بیوچار باعث افزایش معنی‌دار درصد عناصر غذایی می‌شود، این افزایش عناصر غذایی عمدتاً به دلیل خروج رطوبت و مواد فرار موجود در زیست توده‌ها رخ می‌دهد. البته به دلیل پایین بودن عناصر غذایی در باگاس و پوشال نیشکر، بیوچار حاصل از آنها نیز مقدار بالای عناصر غذایی را نشان ندادند. با این حال عناصر غذایی موجود در پوشال نیشکر و بیوچار آن بالاتر از باگاس و بیوچار باگاس بود. به این ترتیب که بررسی عناصر سدیم، پتاسیم و فسفر نشان داد که مقدار دو عنصر پتاسیم و فسفر در پوشال نیشکر به طور

نتایج حاصل از نسبت C/N نشان داد، پس از اعمال تجزیه حرارتی این نسبت به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. لهما و روندن (۲۰۰۶)، بیان نمودند که افزودن بیوچارهای با نسبت C/N بالا به خاک در برخی موارد می‌تواند منجر به کاهش فراهمی نیتروژن برای گیاهان زراعی شود، لذا کاهش نسبت C/N در اثر تبدیل زیست توده‌ها به بیوچار به ویژه در پوشال نیشکر می‌تواند به تسریع روند تجزیه این مواد و افزایش فراهمی عناصر غذایی مانند نیتروژن در خاک کمک کند [۲۰]. به طور کلی نسبت C/N در نمونه‌های باگاس بالا بود و به نظر می‌رسد استفاده از کود نیتروژنی به همراه آن به منظور جلوگیری از آلی شدن

معنی داری بیشتر از باگاس نیشکر بود (شکل ۵، جدول ۲).



شکل ۵- مقایسه غلظت فسفر در پوشال و باگاس نیشکر و بیوچار آنها

جدول ۲- غلظت عناصر در بقایای گیاهی و بیوچار باگاس نیشکر و پوشال

ویژگی	واحد	پوشال	بیوچار پوشال	باگاس	بیوچار باگاس
سدیم کل	g kg <sup>-1</sup>	۱/۰۲۱ <sup>b</sup>	۹۲۴/۱ <sup>c</sup>	۲/۲۱ <sup>b</sup>	۵/۸۶ <sup>a</sup>
پتاسیم کل	g kg <sup>-1</sup>	۰/۴۵ <sup>c</sup>	۱/۹۶ <sup>a</sup>	۰/۳۹ <sup>d</sup>	۱/۷۱ <sup>b</sup>
پتاسیم فراهم	g kg <sup>-1</sup>	۰/۱۴۲ <sup>c</sup>	۰/۴۹۷ <sup>a</sup>	۰/۱۰۲ <sup>d</sup>	۰/۲۹۱ <sup>b</sup>
فسفر فراهم	g kg <sup>-1</sup>	۰/۱۸۵ <sup>b</sup>	۰/۲۲۹ <sup>a</sup>	۰/۰۳۳ <sup>d</sup>	۰/۰۵۰ <sup>c</sup>
کلسیم	mg kg <sup>-1</sup>	۱۲/۳۶ <sup>b</sup>	۱۳/۴۸ <sup>a</sup>	۱۰/۷۸ <sup>d</sup>	۱۱/۲۱ <sup>c</sup>
منیزیم	mg kg <sup>-1</sup>	۷/۵۶ <sup>c</sup>	۶۱/۷۳ <sup>a</sup>	۲۰/۱۶ <sup>b</sup>	۶/۴۸ <sup>d</sup>
آهن کل	mg kg <sup>-1</sup>	۱۳۴/۷ <sup>c</sup>	۱۹۸/۱ <sup>a</sup>	۸۷/۹۱ <sup>d</sup>	۱۶۵/۲۰ <sup>b</sup>
منگنز کل	mg kg <sup>-1</sup>	۱۰/۱۶ <sup>c</sup>	۳۸/۸ <sup>a</sup>	۷/۴۹ <sup>d</sup>	۳۰/۳۳ <sup>b</sup>
روی کل	mg kg <sup>-1</sup>	۸/۵۳ <sup>c</sup>	۱۳/۲ <sup>a</sup>	۵/۴۹ <sup>d</sup>	۹/۴۵ <sup>b</sup>

### غلظت کل و فراهم عناصر اندازه گیری شده

غلظت فراهم عناصر بیوچار ممکن است تا حدی کاهش یابد. این نتیجه احتمالاً به این دلیل است که در اثر گرماکافت عناصر به شکل های غیرفراهم درمی آیند. نتایج پژوهش های دیگر نیز افزایش غلظت کل و فراهم عناصر غذایی در بیوچار تهیه شده از زیست توده های گوناگون را گزارش کردند [۲۱] خواجهی شجاعی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند، بیوچارهای تهیه شده در دماهای بالای گرماکافت (بیشتر از ۴۰۰ درجه سلسیوس) به دلیل تجمع کاتیون های

در هر دو نوع بیوچار در اثر گرماکافت، به طور معنی داری افزایش یافت (جدول ۲). کریمی و همکاران (۱۳۹۹) نیز گزارش کردند، درصد فراهمی فسفر (نسبت غلظت فراهم فسفر به غلظت کل آن) در زغال های زیستی باگاس نیشکر در دمای گرماکافت ۲۰۰ درجه سلسیوس به ترتیب ۳۲/۱ درصد بود [۱۵]. افزایش غلظت فراهم سدیم و پتاسیم بیوچار در اثر گرماکافت، در مقایسه با غلظت کل آنها، کم تر بود. این نتایج نشان می دهد که با گرماکافت زیست توده ها، درصد

اسیدی شده بر شکل‌های شیمیایی روی، ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک و رشد گیاه ذرت. پایان‌نامه‌ی دکتری علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز.

[1] Lehmann J., and Joseph S. (Eds.). 2015. Biochar for environmental management: science, technology and implementation. New York, Routledge.

[2] Yu, H., Zou, W., Chen, J., Chen, H., Yu, Z., Huang, J., Tang, H., Wei, X. and Gao, B. 2019. Biochar amendment improves crop production in problem soils: A review. *Journal of Environmental Management*, 232: 8-21

[3] Weber, K. and Quicker, P. 2018. Properties of biochar. *Fuel*, 217, 240-261

[4] Mukherjee, A. and Lal, R. 2013. Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. *Agronomy*, 3: 313-339.

[5] Gul, S., Whalen, J. K., Thomas, B. W., Sachdeva, V. and Deng, H. 2015. Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: mechanisms and future directions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 206: 46-59

[6] Lehmann, J. 2007. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(7), 381-387.

[7] Pattiya, A. Bio-oil production via fast pyrolysis of biomass residues from cassava plants in a fluidised-bed reactor. *Bioresource Technology*. 102(2), 2011, pp. 1959-1967

[8] Najafi, G., Ghobadian, B., Tavakoli, T. and Yusaf, T. Potential of bioethanol production from agricultural wastes in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13(6-7), 2009, pp. 1418-1427.

[9] Singh, B., Camps-Arbeñain, M. and Lehmann, J. (Eds), Biochar: a guide to analytical methods. *Csiro Publishing*. 2017.

[10] Lehmann, J., Gaunt, J. and Rondon, M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems—a review. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 11(2):403-427

قلیایی و خارج شدن گروه‌های عاملی اسیدی عمدتاً قلیایی بوده و pH بالایی دارند. با توجه به اینکه خاک‌های مزارع نیشکر در استان خوزستان عمدتاً آهکی و قلیایی هستند، بنابراین افزودن بیوپچار تهیه شده در دمای بالا با pH قلیایی به خاک‌های تحت کشت نیشکر، ممکن است اثر مطلوبی بر فراهمی برخی از عناصر غذایی خاک از جمله فسفر و عناصر غذایی کم‌مصرف نداشته باشد. به‌همین دلیل، بهتر است برای تولید بیوپچار برای افزودن به خاک‌های آهکی و قلیایی از گرماکافت در دماهای پایین‌تر (۲۰۰-۳۰۰ درجه سلسیوس) استفاده شود [۱۷].

### نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد تبدیل زیست توده پوشال و باگاس نیشکر به بیوپچار، منجر به کاهش مواد فرار و نسبت کربن به نیتروژن (C/N) و افزایش خاکستر، ظرفیت تبادل کاتیونی، مقدار کربن، نیتروژن و غلظت سایر عناصر غذایی شد. از میان بیوپچارهای بررسی شده، بیوپچار بقایای پوشال تهیه شده در دمای ۲۵۰ درجه با pH اسیدی، CEC و سطح ویژه و غلظت عناصر غذایی بالاتر به‌ویژه فسفر و پتاسیم احتمالاً می‌تواند در بهبود ویژگی‌های شیمیایی و همچنین افزایش فراهمی عناصر غذایی در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک ایران سودمند باشد. لذا براساس ویژگی‌های ذکر شده، تبدیل بقایای حاصل از صنعت نیشکر ضمن برطرف نمودن مزاحمت این بقایا در زمین‌های کشاورزی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوزاندن آنها، می‌تواند در افزایش مقدار کربن و مواد آلی خاک موثر باشد. بنابراین می‌توان از این ماده اصلاح‌کننده در راستای مدیریت ضایعات حاصل از نیشکر و عاملی موثر در حاصلخیزی و بهبود شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک در مزارع تحت کشت بهره‌جست.

### منابع

[۱۸]. خواجوی شجاعی، ش. (۱۳۹۸). بررسی توانایی زغال زیستی اصلاح شده در جذب نیترات و آمونیوم و امکان‌سنجی استفاده از آن به‌عنوان کود کندرها در خاک تحت کشت ذرت. پایان‌نامه‌ی دکتری علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز.

[۱۹]. کریمی، ا. (۱۳۹۸). تاثیر زغال زیستی و زغال زیستی



- [11] Hamzenejad Taghlidabad, R., and Sepehr, E. Heavy metals immobilization in contaminated soil by grape-pruning-residue biochar. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 46(8), 2018, pp.1041-1052.
- [12] Rehrach, D., Bansode, R. R., Hassan, O. and Ahmedna, M. Physico-chemical characterization of biochars from solid municipal waste for use in soil amendment. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 118, 2016, pp. 42-53
- [13] Singh, R., Babu, J. N., Kumar, R., Srivastava, P., Singh, P. and Raghubanshi, A. S. Multifaceted application of crop residue biochar as a tool for sustainable agriculture: an ecological perspective. *Ecological Engineering*. 77, 2015, pp. 324-347.
- [14] Lehman, J. and Joseph, S. Introduction. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), *Biochar for Environmental Management, Science and Technology*. Earth scan, London. pp. 2009.
- [15] Karimi, A., Moezzi, A., Chorom, M., Enayatizamir, N. 2019. Investigation of physicochemical characteristics of biochars derived from corn residue and sugarcane bagasse in different pyrolysis temperature, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 50(3), 725-739
- [16] Yang, D. I. N. G., Yunguo, L. I. U., Shaobo, L. I. U., Huang, X., Zhongwu, L. I., Xiaofei, T. A. N., Guangming Z. E. N. G. and Lu, Z. H. O. U. (2017). Potential Benefits of Biochar in Agricultural Soils: A Review. *Pedosphere*. 27(4), 2017, pp.645-661.
- [17] Khajavi-Shojaei, S., Moezzi, A., Norouzi Masir, M. and Taghavi, M., 2020. Characteristics of conocarpus wastes and common reed biochars as a predictor of potential environmental and agronomic applications. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1-18.

## عنوان مقاله:

### بررسی نقش همزن‌ها در بهبود راندمان دیگ‌های طبخ و افزایش کیفیت شکر خام

## Investigating the role of agitators in improving the efficiency of cooking pots (Vacuum Pans) and increasing the quality of raw sugar

نویسنده مسئول: محمود چهارلنگ

رئیس تولید شکر کشت و صنعت امام خمینی (ره)، کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی  
ایمیل نویسنده: M.chaharlang56@yahoo.com



### Abstract

In the cooking and crystallization section, sucrose crystals are formed and separated from the accompanying syrup. In this section, the sugar with the maximum quality should be produced and the amount of sugar extraction percentage should be provided as much as possible. Although the cooking is based on the skills and expertise of individuals and the quality and efficiency of sugar is very much dependent on it, but it can be possible for cooking pots (Vacuum Pans) to perform better. The agitator installed in the cooking boilers is one of the equipment that helps in this regard. Using a mixer, there can result in a large increase in the circulation of the massecuite which can be resulted in the increase of the capacity of the cooker by 20%. The installation of the stirrer also makes it possible to feed the cooker automatically and provides the conditions for the massecuite to reach the final brix. The highest efficiency can be created in cooking boilers using the mechanical circulation. The aim of this study was to investigate the role of agitators in improving the efficiency of cooking pots (Vacuum Pans) and increasing the quality of the raw sugar. In this study, the performance of the stirrer at low and high cycles was studied on the cooking with different degrees of purity to automatic control of cooking operations, increasing the efficiency and reducing the percentage of raw sugar waste. The best results were obtained in the cooking operations which used agitators in addition to the using of crystals of suitable size and volume for their cooking base and the stirrer amp had the least fluctuation during the process.

**Keywords:** Raw sugar, Crystallization, Massecuite, Cooking pot (Vacuum Pans), Agitator.

### چکیده

در بخش طبخ و تبلور عمل تشکیل کریستال‌های ساکاروز و جدا کردن آن از شربت همراه انجام می‌گیرد، در این بخش باید شکر با حداکثر کیفیت تولید و مقدار درصد استحصال شکر تا حداکثر ممکن تأمین گردد. هر چند شغل طبخ بر اساس مهارت و کاردانی افراد می‌چرخد و کیفیت و راندمان شکر خیلی بدان وابسته است ولی می‌توان امکانی را به وجود آورد که دیگ‌های طبخ عملکرد بهتری داشته باشند. همزن تعبیه شده در دیگ‌های طبخ یکی از تجهیزاتی است که در این خصوص کمک شایانی به عمل می‌آورد. با استفاده از همزن، افزایش زیادی در سیرکولاسیون مسکوئیت (پخت) ایجاد می‌شود. این عمل باعث افزایش ۲۰ درصدی ظرفیت دیگ طبخ می‌شود. همچنین نصب همزن امکان تغذیه اتومات دیگ طبخ را به وجود می‌آورد و شرایط را برای رسیدن مسکوئیت به بریکس نهایی فراهم می‌نماید. با استفاده از سیرکولاسیون مکانیکی می‌توان بالاترین راندمان را در دیگ‌های طبخ ایجاد نمود. هدف از این مطالعه، بررسی نقش همزن‌ها در بهبود راندمان دیگ‌های طبخ و افزایش کیفیت شکر خام بود. در این تحقیق عملکرد همزن در دورهای پایین و بالا بر روی پخت‌هایی با درجه خلوص‌های مختلف جهت کنترل خودکار عملیات طبخ، افزایش راندمان و کاهش درصد ضایعات شکر خام مورد بررسی قرار گرفت. بهترین نتایج در پخت‌هایی بدست آمد که ضمن استفاده از همزن، از کریستال‌هایی با اندازه و حجم مناسب جهت پایه پخت آنها استفاده شده بود و آمپر همزن در طول فرآیند کمترین نوسان را داشت.

**واژگان کلیدی:** شکر خام، تبلور، مسکوئیت، دیگ طبخ، همزن.

## مقدمه

بدون همزن ۵۰ و در دیگ‌های با همزن ۱۴ می‌باشد [۳]. استفاده از همزن باعث می‌شود که درجه حرارت در پایین لوله‌ها افزایش نیافته، چرا که ماگما به‌طور مداوم در تلاطم می‌باشد که در نتیجه آن تبخیر بهتر صورت گرفته و کیفیت کریستال بهتر شده و راندمان کریستالیزاسیون افزایش می‌یابد چرا که کریستال‌های دوقلوی به هم چسبیده نداریم. هر چه سرعت گردش همزن بیشتر باشد زمان پخت کوتاه‌تر می‌باشد و تجزیه ساکاروز و تولید رنگ کمتر صورت می‌گیرد. کریستال‌های دوقلو (به‌هم چسبیده) باعث می‌شوند که در سانتیفرود، پس آب به خوبی خارج نشود و در نتیجه درجه خلوص این کریستال‌ها از کریستال‌های معمولی کمتر می‌باشد که باید سعی شود از تشکیل این کریستال‌ها جلوگیری به عمل آید. یکی از راه‌های جلوگیری از تشکیل کریستال‌های دوقلو استفاده از همزن در آپارات می‌باشد که نیروهای برشی به‌وسیله همزن در آپارات افزایش یافته و باعث جدا شدن کریستال‌ها از یکدیگر می‌گردند اما اگر مقدار این نیرو کم باشد کریستال‌ها به هم چسبیده و سریعاً رشد کرده که در نتیجه کریستال‌های دوقلو تشکیل می‌شوند [۵]. در صورتی که هم زدن در جهت تقویت حرکت مولکول‌های ساکارز و به سمت کریستال‌ها باشد، مخصوصاً در محلول‌هایی که ویسکوزیته آنها بالاست هم‌زدن امری ضروری می‌باشد [۱]. همزن‌های مکانیکی که موجب چرخش مسکوئیت در دیگ پخت می‌گردند، در آمریکا توسط یک کارشناس به نام وبر اختراع گردید. با استفاده از همزن مکانیکی می‌توان از بخاری که فشار پایینی دارد استفاده کرد. مثلاً از بدنه دوم تبخیر کننده‌ها. در این مورد نیز می‌توان ارتفاع مسکوئیت را از صفحه بالایی گرم کننده بیشتر کرد. وبر فواید همزن‌های مکانیکی را به‌صورت زیر یادآوری می‌کند [۶]:

- \* صرفه‌جویی در زمان پخت و احتمال به کارگیری بخار با فشار کمتر.
- \* حرارت ماکزیمم مسکوئیت کمتر خواهد شد و بلورهای شکر شکیل‌تر، منظم‌تر و بهتر است.
- \* کاهش رنگ کمتر شکر و کاهش احتمال ضایعات قندی

کریستالیزاسیون یا تبلور عبارت است از عملی که در آن ماده از حالت نامنظم به حالت منظم و مرتب تغییر حالت می‌دهد و یک روش جداسازی حرارتی است که از آن برای بدست آوردن یک ماده خالص از مخلوطی از مواد استفاده می‌شود [۱]. کریستالیزاسیون فرآیند جداسازی حرارتی است که به‌وسیله آن کریستال شکر را می‌توان از ناخالصی‌ها جدا کرد [۲]. هدف کریستالیزاسیون تولید تک کریستال با خواص ویژه، تصفیه و خالص‌سازی یک ماده از طریق کریستالیزاسیون، جدا کردن یک ماده از یک سیستم چند ماده‌ای و فرم و شکل دادن به محصولات می‌باشد [۱]. عملیات تشکیل کریستال‌های شکر در تجهیزاتی بنام وکیوم پن که به‌صورت مرحله‌ای عمل می‌کنند انجام می‌شود. در حال حاضر در اکثر کارخانجات قند در دنیا از روش‌های کاملاً اتوماتیک جهت انجام کریستالیزاسیون شکر در دیگ‌های طبخ استفاده می‌شود. و این مسئله زمانی اهمیت فوق‌العاده‌ای پیدا می‌کند که کارخانجات به ظرفیت کامل برسند و زمان‌ها بسیار مهم باشد. هرچه به ظرفیت کامل نزدیک‌تر شویم موضوع اتوماسیون کریستالیزاسیون شکر اهمیت بیشتری پیدا می‌کند [۳]. آپارات‌های پخت (دیگ‌های پخت) بر اساس مقدار پخت، زمان پخت و تعداد دستگاه‌ها محاسبه می‌گردد. زمان طبخ را می‌توان با در نظر گرفتن نصب همزن کوتاه کرد. در اروپا هیچ بدنه طبخ بدون همزن وجود ندارد. دلایل زیادی برای استفاده از همزن وجود دارد. در پخت‌ها مخصوصاً پخت دو و سه گرانروی به‌قدری بالاست که تلاطم و سیرکولاسیون پخت کم و باید از همزن استفاده کرد. در اثر حرکت پروانه جریان توربولنت ایجاد شده که به سیرکولاسیون پخت کمک می‌کند و محل ورود شربت را هم در نزدیکی پروانه انتخاب می‌کنند تا شربت ورودی به خوبی و به‌طور کامل با پخت موجود در دستگاه مخلوط شود. وجود همزن باعث می‌شود که ضریب انتقال حرارت افزایش یابد و در نتیجه زمان پخت کاهش پیدا کند. مقدار ضریب انتقال به دور همزن بستگی دارد. هرچه همزن سریع‌تر بچرخد مقدار ضریب انتقال افزایش پیدا می‌کند. درصد کریستال‌های به هم چسبیده در دیگ‌های

به واسطه گرم شدن موضعی بیش از حد.

\* امکان تغذیه اتوماتیک پخت وجود دارد، بدین معنی که بر اساس زیاد و کم شدن نیروی مصرفی، شیر تغذیه باز و بسته خواهد شد.

\* می توان دیگ پخت را با سیروپ یا ملاس اندکی زیر اشباع تغذیه کرد بدون اینکه احتمال حل دانه های شکر پیش بیاید.

\* چون بلورهای شکر باعث سایش لوله های حرارتی می شود، رسوبات کمتری در داخل لوله های محفظه حرارتی جمع می شود. تنها نقطه ضعف همزن مکانیکی، مصرف زیاد نیروی آن است [۴]. با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از این مقاله، بررسی نقش همزن ها در بهبود راندمان دیگ های طبخ و افزایش کیفیت شکر خام می باشد.

### مواد و روش ها

این مطالعه بر روی پخت های مختلف حین انجام فرآیند طبخ و تبلور درون دیگ های پخت و در شیفت های کاری مختلف انجام شد. عملکرد همزن ها در دور بالا و پایین با آمپرهای مختلف زیر نظر گرفته شد، حتی پخت هایی که به دلایل مختلف مانند سهل انگاری طبخ، افزایش فوق اشباع، توقف همزن و ایجاد کلوخه با مشکلاتی حین فرآیند طبخ مواجه شدند مورد بررسی قرار گرفت. نمونه های شکر پس از جداسازی و تخلیه از ماشین های سانتریفوژ تهیه گردید. از شکر هر پخت به طور مجزا نمونه گرفته شده و در ظرف شیشه ای درب بسته برای جلوگیری از خروج رطوبت و تأثیر محیط بر روی آن نگه داری شده و در پایان هر ۱۲ ساعت شیفت کاری آنالیز صورت گرفت.

### رنگ

اندازه گیری رنگ شکر خام مطابق استاندارد ۵۱۹۳ انجام می گیرد. طبق این استاندارد اندازه گیری رنگ محلول شکر بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ واحد ایکومسا طراحی شده است، اما برای اندازه گیری دامنه های وسیع تر رنگ باید غلظت و طول نمایه (سل) مناسب را برگزید.

### خاکستر

اندازه گیری خاکستر بروش هدایت الکتریکی در شکر خام،

شکر قهوه ای، شربت خام، شربت غلیظ و ملاس طبق استاندارد ۵۱۸۶ انجام می شود. اساس روش به این صورت است که اندازه گیری هدایت ویژه محلولی از شکر با غلظت ۵ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر یا کمتر بدون اضافه کردن شکر و محاسبه خاکستر معادل آن با بکار بردن یک ضریب قراردادی.

### رطوبت

اندازه گیری رطوبت شکر خام بر اساس استاندارد ۵۱۹۴ به عنوان روشی برای اندازه گیری رطوبت شکر به وسیله کاهش وزن در اثر خشک کردن انجام می شود. این استاندارد برای انواع شکر خام و شکرهای سفید کاربرد دارد.

### اینورت

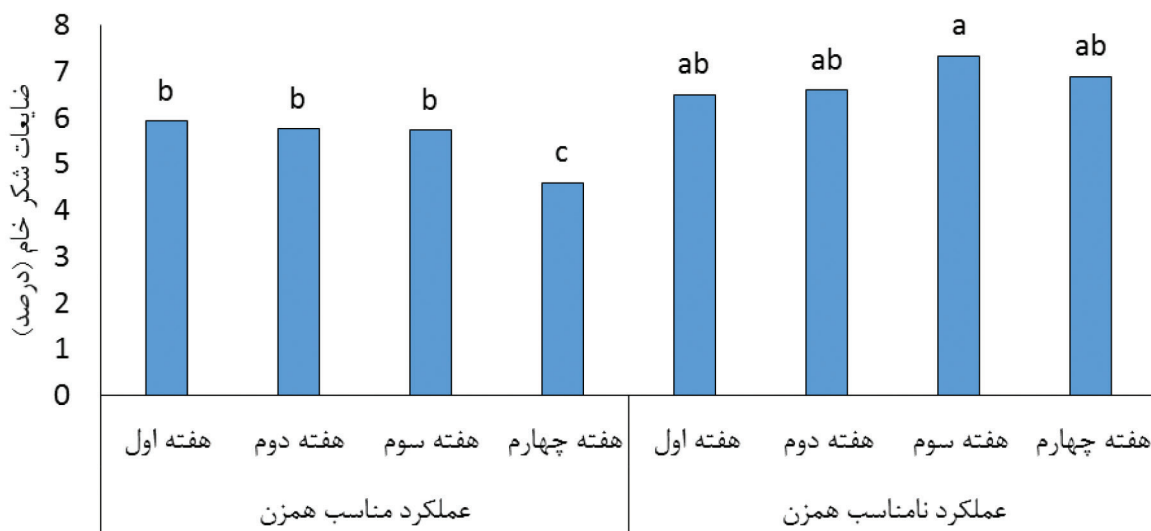
اندازه گیری قندهای کاهنده در شکر خام نیشکر، محصولات میانی عملیات تولید شکر خام از نیشکر و شکرهای ویژه به روش حجم ثابت لین و اینون بر اساس استاندارد ملی شماره ۴۷۹۹ صورت می گیرد.

### پلاریزاسیون

اندازه گیری درجه پلاریزاسیون شکر خام بر اساس استاندارد ملی ۶۸۹۷ جهت تعیین میزان چرخش نوری محلول نرمال شکر خام انجام شد. محلول شکر خام شامل ۲۶ گرم شکر در یک بالن ۱۰۰ میلی لیتری است که با آب چکیده حل و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسیده است نتایج و بحث دانه سازی، پرورش دانه ها، انتخاب حجم مناسب و اندازه بهینه کریستال جهت هر نوع پخت، عمل آوری و سفت کردن پخت از مراحل اساسی در فرآیند طبخ و تبلور شکر است. موارد ذکر شده به همراه تعیین نقطه فوق اشباع، نگه داشتن محتویات دیگ پخت در فوق اشباع مورد نظر تا پایان عملیات طبخ، کنترل جریان سیروپ و ملاس های ارسالی به واحد طبخ و تبلور و دستیابی به حداکثر استحصال و حداقل ضایعات از دغدغه های کارکنان طبخ و تبلور می باشد. در این تحقیق سعی شد با توجه به اینکه شغل طبخ بر اساس مهارت و کاردانی افراد می چرخد و راندمان تولید شکر خیلی به آن وابسته است ضمن بهره گیری از همزن دیگ طبخ به عنوان عامل

پخت و تشکیل کلوخه می‌شود. چنین مشکلی سبب کاهش سرعت تولید، انباشتگی در قسمت‌های مختلف خط تولید و متعاقب آن افزایش میزان ضایعات شکر خام می‌شود. \* بدون استفاده از سیستم‌های کنترلی، طبخ بر اساس شیوه‌های سنتی و باز و بسته کردن مداوم ولوهای دستی توسط طبّاخان زمینه خستگی مضاعف آنها و همچنین خرابی ولوها را به دنبال دارد که موجبات کاهش سرعت تولید و توقفات ناخواسته می‌گردد. در این تحقیق تلاش گردید که ضمن برطرف کردن مشکلات یاد شده زمینه افزایش راندمان و کاهش ضایعات فراهم گردد که نتایج خوبی حاصل شد. از آن جمله حصول بیش از ۴۵ تن شکر از هر پخت. در اصل می‌توان بیان کرد که همزن یکی از عواملی است که سبب افزایش راندمان می‌شود و اندازه و حجم دانه جهت پایه پخت‌ها، درجه حرارت و خلاء مناسب، جلوگیری از تشکیل دانه‌های کاذب، جلوگیری از توقف همزن به دلیل افزایش بی رویه بریکس، عدم تشکیل کلوخه، عملکرد مناسب ماشین‌های سانتریفوژ، استفاده از ظرفیت حداکثری ماشین‌ها به واسطه کیفیت خوب پخت‌ها و... دیگر عواملی است که در کنار یک برنامه‌ریزی مدون می‌توان به ظرفیت‌های بالای تولید دست یافت. همچنان که رعایت تمام عوامل یاد شده منجر به تولید ۸۱۰ تن شکر در یک شیفت ۱۲ ساعته گردید.

کنترل‌کننده بریکس، با کاهش فعالیت بدنی طبّاخ، زمان بیشتری را برای تفکر و برنامه‌ریزی بهتر در واحد فراهم کرد. با توجه به اینکه گاهی اوقات عدم کارایی مناسب تجهیزات کنترلی ابزار دقیق باعث بروز مشکلاتی در فرآیند می‌گردد و در زیر به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. اهمیت نقش همزن بیش از پیش مشخص می‌شود. \* عدم کالیبراسیون و ناکافی بودن سرعت عمل ولوهای اتوماتیک جهت بسته شدن به موقع، در زمان تغذیه پخت باعث کاهش بریکس به پایین‌تر از میزان فوق‌اشباعی گردیده و ضمن کاهش سرعت تولید و آسیب جدی به کریستال‌ها در مواقعی حتی باعث از بین رفتن تعدادی از کریستال‌ها می‌شود. این نقص در مورد پخت‌های دوم و سوم که به دلیل استفاده از ملاس در آنها دارای درجه خلوص پایین‌تر و چسبندگی بیشتری دارند بیشتر نمایان گشته، با توجه به کاهش کریستال‌ها و احتمال بالای تشکیل دانه‌های کاذب به هنگام سفت کردن پخت، ضمن افزایش درجه خلوص پساب پخت‌ها، کاهش راندمان، افزایش رنگ، خاکستر، اینورت و در نهایت افزایش ضایعات شکر را به همراه دارد. \* دیر باز شدن ولو اتوماتیک تغذیه دیگ پخت باعث افزایش بی‌رویه بریکس پخت شده و با گذر از نقطه فوق‌اشباع ضمن ایجاد دانه‌های کاذب، فشار بیش از حدی به همزن وارد آمده و باعث از کار افتادن همزن می‌گردد. در نتیجه چنین عملی به دلیل عدم سیرکولاسیون مناسب پخت، دمای قسمت‌های پایین پخت افزایش یافته و باعث تشکیل کارامل، سوختگی



شکل ۱- آنالیز شکر حاصل از پخت‌ها از نظر درصد ضایعات شکر خام

و بخار کیفیت پخت‌ها را تحت تأثیر قرار ندهد. همچنین به گونه‌ای در سیستم کنترل برنامه‌ریزی گردد که به محض رسیدن سطح پخت درون دیگ به نقطه دلخواه، ضمن قطع شدن عمل تغذیه دیگ، بریکس پخت تا زمان تخلیه به‌وسیله تزریق آبگرم تنظیم شود. به‌دلیل نزدیکی ورودی سیروپ (شریت غلیظ شده) یا ملاس وارد شده به دیگ در محل تعبیه پروانه همزن، از کاهش و افزایش نامطلوب بریکس که در روش‌های قبلی استفاده می‌شد جلوگیری به‌عمل آمده و ضمن افزایش تبادل حرارتی، به دلیل سیرکولاسیون مناسب و گردش خوب پخت، کریستال‌های با کیفیت بهتر از شرایط قبلی و پخت‌هایی با راندمان بهتر و درجه خلوص پایین‌تر حاصل می‌شود. سرعت رشد کریستال در صورتی که دانه‌سازی خوبی انجام شده باشد و درجه خلوص بالای ۸۵ درصد باشد به بیش از ۰/۱۵ میلی‌متر در ساعت رسیده و کریستال‌هایی با اندازه ۰/۹-۱ میلی‌متر در پایان عملیات طبخ و تبلور به‌دست آمده و زمان تهیه پخت‌ها هم تا ۳۰ دقیقه کاهش می‌یابد.

همزن‌های تعبیه شده در دیگ‌های طبخ مجهز به الکتروموتور با دو وضعیت سرعت پایین و بالا پیش‌بینی شده است. جهت تهیه پخت‌ها می‌توان از دو حالت دور بالا و پایین استفاده کرد. دور بالا ضمن افزایش سیرکولاسیون و انتقال حرارت به جهت اینکه می‌تواند در محدوده آمپر بالاتری مورد استفاده قرار گیرد در بهبود کنترل عملیات طبخ درون دیگ و دستیابی به حداکثر راندمان مناسب‌تر است. با این محدوده آمپر با توجه به کیفیت کریستال‌ها و نقطه فوق اشباع می‌توان بریکس ۹۳-۸۹ درصد را از سطح بالای محفظه کالندریا تا پایان عملیات طبخ و تخلیه دیگ پخت به نحو مطلوب کنترل کرد تا پخت از صدمات احتمالی بالا و پایین آمدن از محدوده مورد نظر در امان باشد. یعنی ولو اتومات تغذیه دیگ پخت با توجه به محدوده آمپری که همزن نشان می‌دهد اقدام به تغذیه یا قطع تغذیه دیگ نماید. طبخ موظف است در طول فرآیند طبخ عملکرد را زیر نظر داشته باشد تا عوامل ناخواسته مانند توقف همزن در اثر بریکس بالا و یا کاهش بریکس در اثر نوسانات خلاء



شکل ۲- مقایسه تأثیر همزن بر زمان آماده‌سازی پخت

### نتیجه‌گیری

کنترل کریستالیزاسیون استفاده نمود. زمان بهره‌برداری از دیگ‌های طبخ تحت تأثیر سیرکولاسیون، دما و خلاء می‌باشد. زمان عملیات طبخ می‌تواند در اثر شرایط گوناگون تجهیزات تغییر کند. همزن‌ها تجهیزاتی هستند که با بهبود سیرکولاسیون می‌تواند زمان پخت را تا ۲۰ درصد کاهش دهند، لذا وقتی از همزن در دیگ طبخ استفاده می‌شود چه با دور پایین و چه با دور بالا، باید به‌صورت یکنواخت از آن

سیرکولاسیون در راندمان، رشد کریستال‌ها و یکنواختی دانه‌ها تأثیر بسیاری دارد. در صورتی که سیرکولاسیون درون دیگ طبخ مناسب باشد و در صورت ثابت بودن فوق اشباع، ساکاروز می‌تواند بر روی کریستال‌ها بنشیند. در کریستالیزاسیون خوب باید دانه‌ها یکنواخت، عاری از کلوخه، اندازه‌ها یکنواخت، دانه‌ها سخت و مقاوم و استخراج حداکثر باشد. لذا از تمام تجهیزات ابزار دقیقی و مکانیکی باید در

بهره‌برداری نمود تا حداکثر استفاده از این تجهیزات صورت گیرد. زیرا ظرفیت دیگ‌های طبخ تحت تأثیر زمان پخت می‌باشند، بنابراین زمان پخت را باید در حداقل مقدار ممکن حفظ نمود. نکته حائز اهمیت اینکه در آماده‌سازی پخت‌هایی که کریستال‌های آن به واسطه فعالیت لوکونوستوک و یا گذر از فوق اشباع مناسب آسیب دیده‌اند استفاده از همزن با دور پایین پیشنهاد می‌گردد تا از آسیب بیشتر در امان باشند.

## منابع

- [۱] شیخ‌الاسلامی، ر.، تکنولوژی قند، تهران، چاپ اول، ۱۳۸۲.
- [۲] ماخ، ب.، آموزش عالی قندسازی گردآوری و تدوین مرکز بررسی و تحقیق و آموزش صنایع قند ایران، ۱۳۷۵.
- [۳] صفری، ر.، اتوماسیون در فرآیند طبخ و تبلور شکر، دومین همایش فن‌آوران نیشگری ایران، ۱۳۸۵.
- [۴] هیوگات، ا.، مبانی مهندسی تولید شکر از نیشکر، ترجمه رضایی عراقی م.، به سفارش موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، ۱۳۹۳.
- [۵] پی‌آرکا، ا.، واسپارزا، ر.، اصول بهره‌برداری در کارخانه‌های شکر، ترجمه عبداللهی ح.، به سفارش شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی، ۱۳۹۱.
- [۶] الهی، م.، ۱۳۹۴. دوره آموزشی کارخانه نیشکر، اسفند ۱۳۹۴.

## عنوان مقاله:

### بررسی فرآیند تولید بیواتانول از ملاس و ضایعات کشاورزی

## Investigation of bioethanol production process from molasses and agricultural wastes

نویسنده مسئول: مسعود کاشی  
مدیر تولید واحد اتانول، شرکت خمیر مایه و الکل رازی  
ایمیل نویسنده: masoudkashi@yahoo.com  
سایر نویسندگان: سجاد کرد  
کارشناس مهندسی شیمی، شرکت خمیر مایه و الکل رازی



### Abstract

Bioethanol is widely used as clean fuel and alternative of fossil fuels, as well as in lower concentrations in health and medical applications. Lignocellulose materials are used to produce ethanol. Cellulose compounds of agricultural wastes, such as bagasse and sugarcane molasses, contain significant amounts of lignocellulose. Also, bagasse and molasses contain hydrocarbon compounds, which is a very suitable food in the preparation of bioethanol. Many of the raw materials used in the production of ethanol through fermentation are divided into three types of agricultural raw materials: sugar, starch and cellulose. Sugars (sugar cane, sugar beet, molasses and fruits) are converted directly to ethanol. Starches (cereals, potatoes, root's crop) must first be hydrolyzed to fermentable sugars by the action of enzymes from malt or mold. Cellulose (wood, agricultural residues, sulfite liqueur paper mill waste, and pulp) must be converted to sugars by the action of mineral acids. Once simple sugars are formed, yeast enzymes can easily ferment them to ethanol. Brazil continues to be a pioneer in the production of large-scale fuel ethanol by fermenting sugarcane molasses. Brazil continues to be a pioneer in the production of large-scale fuel ethanol by fermenting sugarcane molasses. Various microorganisms have been considered as ethnologic microbes that are among the best candidates for alcohol production [1] For example:

- *Saccharomyces cerevisiae*
- *Kluyveromyces marxianus*
- Facultative bacteria *Zymomonas mobilis*

In this study, the process of ethanol production of this valuable product from agricultural wastes such as sugarcane molasses is investigated and various factors of the process before ethanol production are investigated.

**KeyWords:** bioethanol, ethanol, molasses, fermentation, producing alcohol from molasses.

### چکیده

اتانول زیستی یا بیواتانول منبعی بسیار غنی جهت سوخت پاک و جایگزین سوخت‌های فسیلی و همچنین با غلظت کمتر در مصارف بهداشتی و پزشکی کاربرد فراوان دارد. از مواد لیگنوسلولزی برای تولید اتانول استفاده می‌شود. ترکیبات سلولزی ضایعات کشاورزی نظیر باگاس و ملاس نیشکر دارای مقادیر قابل توجهی لیگنو سلولز است، همچنین باگاس و ملاس دارای ترکیبات هیدروکربنی بوده که خوارکی بسیار مناسب در تهیه بیواتانول می‌باشد. بسیاری از مواد خام بکار رفته در تولید اتانول از طریق تخمیر، به سه نوع ماده خام کشاورزی تقسیم می‌شوند: قند، نشاسته و سلولز؛ قندها (نیشکر، چغندر قند، ملاس‌ها و میوه‌ها) مستقیماً به اتانول تبدیل می‌شوند. نشاسته‌ها (غلات، سیب‌زمینی، محصولات ریشه) ابتدا بایستی با عمل آنزیم‌ها از مالت یا کپک‌ها، به قندهای قابل تخمیر هیدرولیز شوند، سلولز (چوب، باقیمانده‌های کشاورزی، لیکور سولفیت پسماند ماشین کاغذسازی و مغز کاغذ) بایستی با عمل اسیدهای معدنی، به قندها تبدیل شود. به محض تشکیل قندهای ساده، آنزیم‌های مخمر می‌توانند به راحتی آنها را به اتانول تخمیر کنند. ملاس، محصول پسماند صنعت قند و ماده خام امیدوارکننده‌ای برای تولید اتانول می‌باشد. برزیل از طریق تخمیر ملاس‌های نیشکر توسط مخمر همچنان در تولید اتانول سوختی در مقیاس بزرگ پیشگام می‌باشد. میکروارگانیسم‌های مختلفی به‌عنوان میکروب‌های اتانولوژنیک در نظر گرفته شده‌اند که از بهترین کاندیداها برای تولید الکل می‌باشند [۱].

• *Saccharomyces cerevisiae*

• *Kluyveromyces marxianus*

• facultative bacteria *Zymomonas mobilis*

در این مطالعه به بررسی فرآیند تولید اتانول این محصول ارزشمند از ضایعات کشاورزی از جمله ملاس نیشکر پرداخته و عوامل مختلف فرایندی پیش روی تولید اتانول بررسی می‌شود.

**واژگان کلیدی:** بیواتانول، اتانول، ملاس، تخمیر، تولید الکل از ملاس.



## مقدمه

تولید آن را افزایش داد. این روش‌ها به شرح ذیل هستند؛ عامل شیمیایی؛ فراوان‌ترین ماده آلی بر روی کره زمین سولولز و پلی ساکاریدهای مشابه آن هستند که در ساختار گیاهان به کار رفته‌اند. اگر با فرآیندی مناسب و اقتصادی سلولز گیاهان به قندهای ساده و قابل تخمیر تبدیل شود تحولی شگرف در صنایع غذایی و همچنین تولید سوخت‌های زیستی صورت می‌گیرد. سلولز را می‌توان در منابعی مانند مواد چوبی، سوخت، منسوجات، کاغذ و مواد پلاستیکی یافت. فرآیند کلی تبدیل سلولز به اتانول بر پایه مراحل زیر است:

- \* مهیا سازی به روش های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی
- \* هیدرولیز
- \* تخمیر

### \* تقطیر و خالص سازی اتانول

روش‌هایی از قبیل انفجار بخاری،  $SO_2$  و سولفور رقیق شده غلات تقطیری باعث بالا رفتن میزان قند جهت تبدیل به اتانول می‌شود. همچنین از تاثیر بالای اسید سولفوریک بر تولید هرچه بهتر اتانول نباید غافل شد، از اسید سولفوریک به‌عنوان تنظیم کننده pH بدون تاثیر بر فرآیند بیولوژیکی تولید الکل استفاده می‌شود [۲]. بهتر است برای تنظیم اسیدیته مناسب در هنگام فرآیند تخمیر از سولفوریک اسید استفاده شود چرا که کمترین میزان تاثیر منفی بر روی رشد و تکثیر مخمرها و برهم زدن فرآیند تولید الکل را دارا می‌باشد، تحقیقات بی‌شماری نشان داده که ساکارومایسس به سه عامل اصلی غلظت مواد، آنزیم و pH برای تولید هرچه بهتر اتانول وابسته است [۳].

### بیومس‌های لیگنوسلولزی

بیومس‌های لیگنوسلولزی نظیر ضایعات کشاورزی از جمله ملاس نیشکر، محصولات گیاهی خوراک اصلی بالقوه برای تولید بیواتانول هستند. به‌طور خلاصه بیومس لیگنوسلولزی از دو پلیمر کربوهیدراتی سلولز و همی سلولز تشکیل شده که قند مورد نیاز برای تولید اتانول از هیدرولیز آنها تولید می‌شود. لیگنین، سومین سازنده مهم مواد لیگنوسلولزی است که به‌صورت پوسته‌ای، اطراف سلولز را

بیواتانول به‌عنوان ماده‌ای ارزشمند در صنعت در چندین سال اخیر مورد توجه بسیار قرار گرفته است، در خصوص تولید بیواتانول با توجه به خوراک عموماً ارزان و ارزش بالای این محصول از لحاظ اقتصادی موجب شده توجهات به اتانول روز به روز بیشتر شود. از طرفی با پرهزینه بودن و دردسترس نبودن همیشگی منابع نفتی برای تولید سوخت، تولید اتانول به‌عنوان سوختی پاک نیز همه ساله در صدر نشریات علمی به چشم می‌خورد. اتانول از دو منظر قابل مطالعه است نخست از منظر یک الکل سبک ( $C_2H_5OH$ ) که به جای مواد اولیه پتروشیمیایی، از مواد اولیه با منشأ زیستی عمدتاً گیاهی تولید می‌گردد. از این منظر، بیشتر به جنبه‌های مواد اولیه مصرفی و تولید این محصول پرداخته و تأثیر تولید گسترده بیواتانول بر محیط زیست را مورد توجه قرار می‌دهد. دوم از منظر یک سوخت زیستی مایع تجدید پذیر با منشأ غیرفسیلی با کاربرد گسترده به‌عنوان بهبود دهنده و مکمل و یا جایگزین بنزین که از این منظر، بیشتر به مصرف آن در خودرو و تأثیر آن بر محیط زیست و سلامتی عامه مردم مورد مطالعه قرار می‌گیرد. بیواتانول یا به‌عبارت‌دیگر اتانول زیستی، الکی است دوکربنی به فرمول شیمیایی  $C_2H_5OH$  که بر خلاف اکثر الکل‌های دیگر، عمدتاً از مواد اولیه زیستی با منشأ قندی و نشاسته‌ها و یا سلولز تولید می‌گردد. تولید بیواتانول از مواد اولیه پتروشیمیایی (اتیلن و یا گاز سنتز) هم امکان‌پذیر است، اما امروزه درصد بسیار کمی از تولید جهانی اتانول (کمتر از ۵ درصد) از مواد اولیه غیر زیستی صورت می‌پذیرد، همین درصد اندک هم با روندی کاهشی همراه می‌باشد. در کشور ایران با در دسترس بودن کارخانجات تولید شکر و مزارع بزرگ نیشکر و فراهم بودن ملاس که از اصلی‌ترین خوراک‌های واحد اتانول می‌باشد موجب شده اهمیت این محصول ارزشمند، بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

### منابع و عوامل موثر بر میزان تولید بیواتانول

با استفاده از روش‌هایی که شامل عوامل مختلف شیمیایی و فیزیکی هستند می‌توان بر میزان اتانول تاثیر گذاشت و

مختلف ملاس ارائه شده است که توسط تیم تحقیقاتی TPM Corporation Sdn.Bhd مالزی انجام شده است. جدول ۱- آنالیز ملاس انجام شده توسط شرکت بیوتکنولوژی مالزی Sdn.Bhd

پارامتر	ملاس نیشکر
کل قند	۵۰/۹
فروکتوز	۳/۲
گلوکز	۶/۷
ساکاروز	۴۱
محتوای آب	۱۲
محتوای گلیسرول	۳۲
قلیائیت به عنوان NaOH	۰/۹۱
وزن مخصوص در ۴۰ درجه سانتی‌گراد	۱/۳۹
گرانروی دینامیکی در ۲۷ درجه سانتی‌گراد (mpa/s)	۳۳۳۸
کل باقیمانده در ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد	۸۵
pH	۶/۰۷
مالتوز	شناسایی نشده
ظاهر	سیاه و چسبناک
انحلال پذیری	قابل حل در آب

### تخمیر

در ابتدای امر در خصوص فرآیند تخمیر باید گفت که تخمیر تجزیه ناقص بعضی از متابولیت‌ها (ترکیبات آلی) به ترکیبات ساده‌تر همراه با انرژی توسط عامل تخمیری است که در فرمانتورها به دو صورت پیوسته و ناپیوسته (بج) انجام می‌شود. تخمیر در شرایط کنترل‌شده شامل تبدیل‌های شیمیایی یا تغییر ساختار شیمیایی است. برخی از فرآیندهای مهم این تغییرات عبارت‌اند از:

- \* اکسایش، مثلاً الکل به استیک اسید، ساکاروز به سیتریک اسید، و دکستروز به گلوکونیک اسید.
- \* کاهش، مثلاً آلدئیدها به الکل‌ها (استالدهید به اتیل الکل)، و گوگرد به هیدروژن سولفید.

احاطه کرده و دستیابی به سلولز را مشکل ساخته است. پیش‌تصفیه، عملیاتی است که به منظور آماده‌سازی بیومس برای هیدرولیز آنزیمی سریع و کامل و تولید قندهای منومری انجام می‌شود. در مرحله بعد لازم است بیومس به روش آنزیمی هیدرولیز شود. در هیدرولیز و تخمیر جداگانه (SHF) هیدرولیز و تخمیر به صورت جداگانه انجام می‌شوند. در ساکاریفیکاسیون و تخمیر هم‌زمان (SSF) هیدرولیز سلولز و تخمیر هم‌زمان به صورت هم‌زمان انجام می‌گیرد. یکی از مشکلات فرآیند ساکاریفیکاسیون و تخمیر هم‌زمان مواد لیگنوسلولزی متفاوت بودن دمای بهینه جهت تولید قند ۴۵ الی ۵۰ درجه سانتی‌گراد و تخمیر (28-34°C) است. فرآیند ساکاریفیکاسیون و تخمیر هم‌زمان نیازمند استفاده از میکروارگانیسم‌هایی است که قادر باشند در دمای بالا فعالیت کنند. میکروارگانیسم‌های مورد استفاده در تخمیر قندهای بدست آمده از مواد لیگنوسلولزی به اتانول، اساساً باکتری‌ها و مخمرها هستند. مخمر *S.cerevisiae* قوی‌تر از باکتری‌ها بوده و در مقابل اتانول و مواد بازدارنده حاضر در محصولات هیدرولیز مقاوم‌تر است. بنابراین یافتن گونه‌ای از این مخمر با توانایی بالای تبدیل قندهای بدست آمده از مواد لیگنوسلولزی در دماهای بالاتر از 35°C یک ضرورت است. *Kluyveromyces* و *Saccharomyces cerevisiae* و *marxianus* و *Zymomonas mobilis* از بهترین کاندیداها برای تولید الکل می‌باشند.

### ملاس

در مقیاس صنعتی، اتانول می‌تواند به خوبی توسط تخمیر ملاس فراوری شود. ملاس مایعی است که پس از کریستالیزاسیون قند حاصل از نیشکر حاصل می‌شود و یک محصول جانبی از کارخانه‌های تولید شکر از نیشکر است. این ماده یک مایع چسبنده تیره رنگ است که حاوی مقادیر بالای شکر قابل تخمیر است. هیدروکربن‌های موجود در ملاس منبع خوبی برای تغذیه مخمرها جهت تولید اتانول می‌باشد. در جدول ۱ ترکیبات

مثلاً ملاس یا یکی از چند قند، که جدا از شرایط بیوشیمیایی و ترکیباتی باید به صرفه و اقتصادی باشد.

\* راندمان بهینه و بازده قابل قبول.

\* تشکیل الکل در فرآیند تخمیر در کمترین زمان ممکن که این امر باید با محاسبات مهندسی و بررسی سرعت واکنش کنترل شود.

\* محصول نهایی باید به سهولت قابل بازیابی و یا خالص شدن باشد و در واقع هر چه محصول انتهای فرآیند تخمیر با سهولت و صرفه اقتصادی بیشتر خالص سازی شود آن فرآیند تخمیر ارزشمندتر است. معادله Gay-Lussac برای تخمیر قند به اتانول به شرح زیر است.

Reaction	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$		
Molar mass balance (kmol × kg / kmol)	$1 \times 180.16$	$2 \times 46.07$	$2 \times 44.01$
Mass balance (%)	100.00	51.14	48.86

معادله (۱)

می‌شود. در اغلب موارد، قندهای ۶ کربن برای سوبسترا مناسب فرآیند تخمیر می‌باشند. قندهای پنج کربنه مشتق شده از مواد گیاهی (زیست توده لیگنوسلولز) نیز می‌توانند توسط میکروبی‌های دیگر تخمیر شوند. طبق تحقیقات پروفیسور Samir k khanal از بخش تحقیقات دانشگاه هاوایی، ملاس به‌عنوان یک محصول جانبی از کارخانه قند حاوی تقریباً ۵۴٪ ساکاروز، می‌تواند رقیق شده و به‌طور مشابه به‌عنوان مواد اولیه شکر استفاده شود. از سوی دیگر، مواد اولیه مبتنی بر نشاسته مانند ذرت، گوجه فرنگی و ... به هیدرولیز آنزیمی نیاز دارند تا قندهای قبل از تخمیر را آزاد کنند. مواد اولیه و یا خوراک زیست توده‌ای لیگنوسلولوزیک نیاز به پیش پردازش بالاتری از جمله هیدرولیز برای آزاد کردن قندهای قابل تخمیر دارند. آب غنی از قند مشتق شده از مواد شکر مبتنی بر اسید است که عمدتاً از disaccharides مانند مالتوز یا ساکاروز ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) تشکیل شده است که می‌تواند به راحتی توسط آنزیم‌های موجود در مخمر هیدرولیز شود (شکل ۱). قندهای حاصل از آنها مانند یک گلوکز یا فروکتوز ( $C_6H_{12}O_6$ ) هستند.

\* آبکافت، مثلاً نشاسته به گلوکز، و ساکاروز به گلوکز و فروکتوز و سرانجام به الکل.

\* استری کردن، مثلاً هگزوز فسفات از هگزوز و فسفریک اسید. در واقع تبدیل‌های شیمیایی معینی را می‌توان توسط تخمیر نسبت به سنتز شیمیایی پر بازده‌تر انجام داد.

\* پنج پیش شرط اساسی برای یک فرآیند تخمیر کامل عبارتند از:

\* انتخاب بهترین میکروارگانیسم که مطلوب‌ترین محصول را تشکیل دهد. این ارگانیسم باید به سهولت با تولیدمثل تکثیر شود و قادر به ادامه یکنواختی زیست‌شناختی باشد. در نتیجه بازده قابل پیش‌بینی خواهد داشت.

\* خوراک واحد تخمیر و یا مواد خامی که برای سوبسترا،

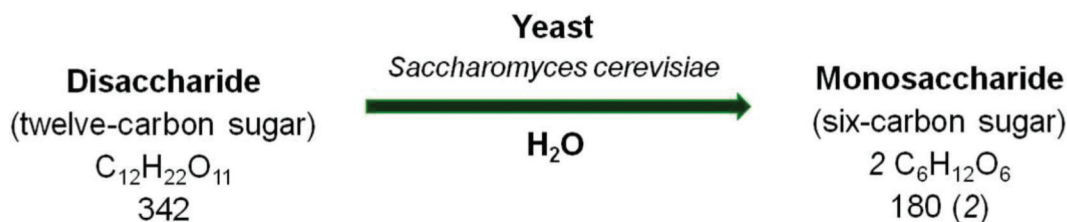
حداکثر عملکرد نظری از معادله Gay-Lussac برابر با ۵۱/۱۴ واحد جرمی اتانول تولید شده در هر ۱۰۰ واحد جرم از دکستروز است که انجام این محاسبات به شرح زیر می‌شود:

$$100 \times (2 \times 46.07) / (1 \times 180.16)$$

با این حال، پاستور (Paturau، ۱۹۸۹) در یک سری آزمایشات معروف نشان داد که حداکثر عملکرد عملیاتی ۴۸/۴۰ واحد جرمی اتانول در ۱۰۰ واحد جرم دکستروز است زیرا برخی از دکستروزها در واکنش‌های جانبی ضروری برای سنتز اتانول مصرف می‌شود. این واکنش‌های جانبی می‌تواند شامل گلیسیرین، اسید بنچنیک، اسید استیک و غیره باشد. عموماً روش Gay-Lussac به‌عنوان روشی برای فرآیند تخمیر و الکل ترجیح داده می‌شود، چراکه مشخصه یکنواختی را فراهم می‌کند و بازده تخمیری بر دو بیس اتانول (mass of 100% ethanol) و خوراک به‌عنوان جرم شکل قابل تخمیر (دکستروز) به خوبی تعریف شده است.

## تشکیل اتانول

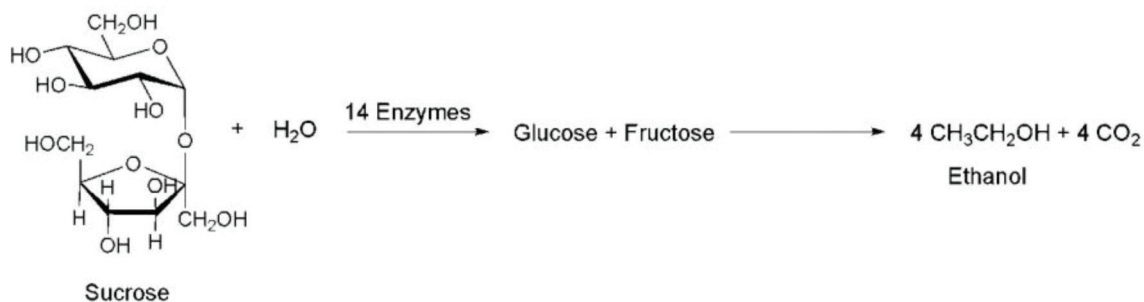
اتانول از طریق تخمیر غیر هوازی قندها توسط مخمر، *Saccharomyces cerevisiae* (شکل ۱) تولید



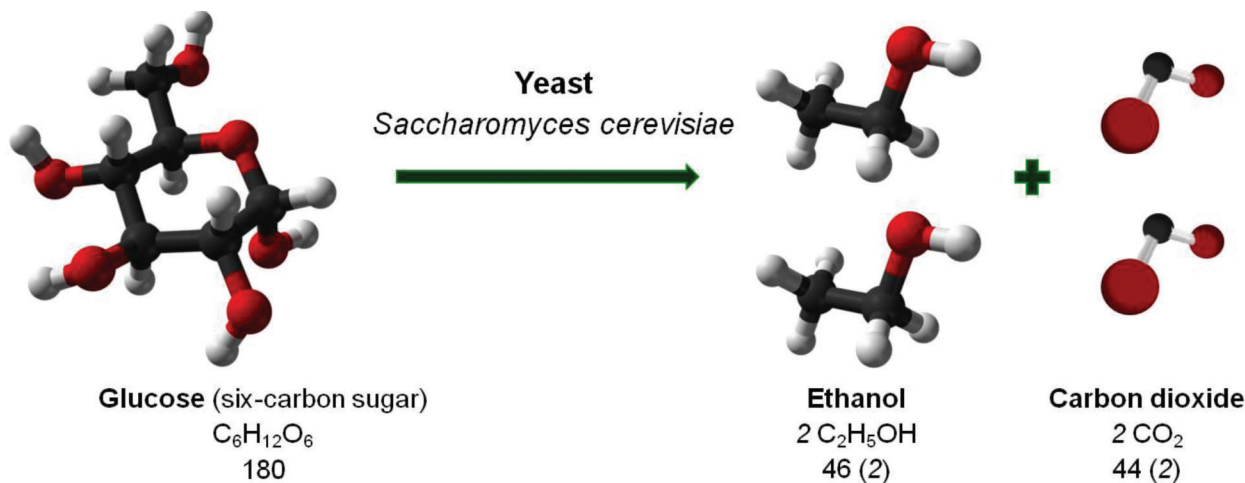
شکل ۱- هیدرولیز آنزیمی دی ساکارید به مونوساکارید توسط مخمر

چهار مولکول دی اکسید کربن تولید می کند (شکل ۲). در نتیجه، به لحاظ نظری، یک تن ساکاروز باعث تولید ۱۶۳ گالن اتانول می شود. با این حال، تحت شرایط عملیاتی معمول کارخانجات تولید اتانول، حدود ۱۵۱ گالن اتانول در هر تن ساکاروز در شرایط ایده ال را می توان از نیشکر انتظار داشت.

قندهای حاصل از آنها مانند یک گلوکز یا فروکتوز ( $C_6H_{12}O_6$ ) هستند که از طریق تخمیر بی هوازی به اتانول تبدیل می شوند. در شکل ۳ شماتیک شکست هیدروکربن ها و یا در واقع قندهای شش کربنه و تشکیل مولکول های اتانول و کربن دی اکسید قابل مشاهده می باشد. با توجه به استوکیومتری، یک مول از ساکاروز، چهار مول از اتانول و



شکل ۲- استوکیومتری واکنش تشکیل مولکول اتانول و کربن دی اکسید



شکل ۳- شکست هیدروکربن ها و قندهای شش کربنه و تشکیل مولکول های اتانول و کربن دی اکسید

## نتایج

of citrus peel waste by *Saccharomyces cerevisiae* to produce ethanol, *Process Biochemistry*, Volume 42, Issue 12, 1614-1619, 2007.

[4] teinkraus, Keith., *Handbook of Indigenous Fermented Foods*, eBook ISBN9780203752821, 2nd ed., Boca Raton, 1995.

[5] alker, Graeme M., *Bioethanol: Science and technology of fuel alcohol*, ISBN 978-87-7681-681-0, 2010.

[6] alebina, F., Karakashev, D., Angelidaki, I., *Production of bioethanol from wheat straw, an overview on pretreatment, hydrolysis and fermentation, bioresource technology*, Volume 101, Issue 13, Pages 4744-4753, 2010.

[7] umar, P., Barrett, D. M., Delwiche, M. J., Stroeve, P., *Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Efficient Hydrolysis and Biofuel Production*, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 48, 3713-3729, 2009.

[8] avarack, B. P., *Estimates of ethanol production from sugar cane feedstock's*, *Sugar Research Institute*, Mackay, Qld, Australia, pp.69 ref.17, 2003.

[9] ilva, A., Inoue, H., Endo T., Yano Sh., Bon E., *Milling pretreatment of sugarcane bagasse and straw for enzymatic hydrolysis and ethanol fermentation*, *Bioresource Technology* Volume 101, Issue 19, Pages 7402-7409, 2010.

[10] scaramboni, B., Nunez, E.G.F., Carvalho, A.F.A., Neto, P.O., *Ethanol biosynthesis by fast hydrolysis of cassava bagasse using fungal amylases produced in optimized conditions*, *Industrial Crops and Products*, Volume 112, Pages 368-377, 2018.

[11] ilva, F. de A. S. e., Azevedo, C. A. V. de., *Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Assistance*, *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 2009.

صرفه اقتصادی بالا، در دسترس بودن منابع و خوراک اولیه و وجود دانش مهندسی در این زمینه به همراه ارزشمند بودن این محصول در سطح جهانی تولید اتانول را یک فرآیند منحصر به فرد کرده است. بیواتانول سوختی کاملاً پاک و با صرفه اقتصادی و تقریباً می‌توان گفت قابل برگشت به طبیعت است، شاید بتوان گفت بزرگ‌ترین مزیت در تعریف بیواتانول واژه سوخت سبز باشد. در بسیاری از کشورها گاه‌ها برای افزایش عدد اکتان بنزین از MTBE استفاده می‌کردند که اثرات آلودگی جبران‌ناپذیری همواره به همراه داشته و نیاز صنعت مجبور به استفاده از این سیستم بوده است، اما امروز به کمک بیواتانول نه تنها بدون هیچ‌گونه عوارض آلودگی زیستی می‌توان عدد اکتان بنزین را افزایش داد بلکه می‌توان کمک به اکسیژن‌دهی بنزین و سوخت‌ها کرد. در پژوهش‌های اخیر که انجام شده مشخص شد بیواتانولی که از نیشکر تهیه می‌شود پس از سوختن و تولید دی‌اکسید کربن در نهایت می‌تواند از هوا توسط نیشکر مصرف شود و در چرخه رشد نیشکر ادامه پیدا کند که این امر در حوزه چرخه محیط زیست بی‌نظیر است. همچنین همانطور که ذکر شد به علت وجود اکسیژن در اتانول و در نتیجه احتراق کامل سوخت، مقدار بسیار کمتری از هیدرات‌های کربن محترق نشده (مونو اکسید کربن)، اکسید نیتروژن منتشر می‌شوند. این مواد منتشر شده در برابر نور خورشید نسبت به مواد منتشر شده از سوخت بنزین و دیگر سوخت‌های فسیلی فعالیت کمتری داشته و در نتیجه امکان سوراخ شدن اوزون در سطح زمین کمتر خواهد بود.

## منابع

[1] afik Sadik, Mahmoud., Halema, Asmaa. A. *Production of Ethanol from Molasses and Whey Permeate Using Yeasts and Bacterial Strains*. *Int.J. Curr.Microbiol. App.Sciences*, ISSN: 2319-7706 Volume 3 Number 3, 2014, pp. 804-818.

[2] ucker, Melvin P., Et al. *Conversion of Distiller's Grain into Fuel Alcohol and a Higher-Value Animal Feed by Dilute-Acid Pretreatment*, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 113-116(1-3):1139-59, 2004.

[3] ilkins, Mark R., Widmer, Wilbur W., Grohmann, Karel., *Simultaneous saccharification and fermentation*

## عنوان مقاله:

### بررسی اثرات زیست محیطی انجام عملیات تصفیه روغن هیدرولیک دروگر نیشکر

### Investigation of environmental effects of hydraulic oil refining of sugarcane harvester

نویسنده مسئول: حدیث نعمت پور ملک آباد

دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان

ایمیل نویسنده: hadisnematpour@yahoo.com

سایر نویسندگان: نادر بهبهانی نژاد<sup>۱</sup>، محمدحسن صادقیان<sup>۲</sup>

۱. کارشناس ارشد محیط زیست، موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان

۲. دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی، موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان



#### Abstract

The purpose of this research was to model and optimize the refining operations of sugar cane harvester hydraulic oil using RSM and its environmental impact assessment. For this purpose, the effects of independent variables of operating hours (250, 500 and 750 hours), Twin Dip Filter Mesh (7, 9 and 11 microns) and hydraulic oil refining times (0, 1 and 2) on dependent variables of water pollution, uncleanness level (NAS), silicon (Si), viscosity (Vis) and oil acid number (TAN) were evaluated. In this research, the aim was to optimize the operation, maximize the operating hours and the frequency of filtering of the oil according to the permitted range of dependent factors. Results showed that the optimum conditions for the refining operations of the hydraulic oil of the sugar cane harvester included the 728.61 operating hours, the 7-micron filter mesh, and the 2 refining times of the oil. In addition, the aim of this research is to compare the amount of pollutants entrance into the environment in common method of replacement and the new method of refining hydraulic oil of sugarcane harvester machines in seven units of sugarcane development and related industries of Khuzestan province. In this regard, the statistics and data of cultivating years of 2011-2016 related to sugarcane cultivation and industry companies were collected, analyzed and investigated. The results show that the total saving in sugarcane development companies during the years of hydraulic oil refining was 411014 liters. The amount of entered pollutants to the environment in two hydraulic oil replacing and refining methods are 1.12-6390 kg and 0.71-4620.53 kg respectively. The reduced percentage of entered pollutants into the environment in using refining method compared to the replacing method of hydraulic oil is 17.81-46.35.

**Keywords:** Optimization, Refining, Replacing, Hydraulic Oil, Environmental assessment, Pollutants, Sugarcane harvester.

#### چکیده

هدف از پژوهش حاضر بهینه‌سازی عملیات تصفیه روغن هیدرولیک دروگر نیشکر به روش سطح پاسخ (RSM) و ارزیابی اثرات زیست محیطی آن بود. بدین منظور، اثرات متغیرهای مستقل ساعات کارکرد (۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ ساعت)، مش فیلتر مکشی دوقلو (۷، ۹ و ۱۱ میکرون) و دفعات تصفیه روغن هیدرولیک (۰، ۱ و ۲) روی متغیرهای وابسته آلودگی آب، سطح عدم تمیزی (NAS)، سیلیسیوم (Si)، ویسکوزیته (Vis) و عدد اسیدی روغن (TAN) ارزیابی شد. در این پژوهش نیز هدف از بهینه‌سازی عملیات، حداکثر نمودن ساعات کارکرد و دفعات فیلتر شدن روغن با توجه به محدوده مجاز فاکتورهای وابسته بود. نتایج نشان داد که شرایط بهینه عملیات تصفیه روغن هیدرولیک دروگر نیشکر شامل ساعت کارکرد ۷۲۸/۶۱ ساعت، مش فیلتر ۷ میکرون و ۲ بار دفعات تصفیه روغن می‌باشد. در این تحقیق نیز مقایسه میزان ورود مواد آلاینده به محیط زیست در روش متداول تعویض و روش جدید تصفیه روغن هیدرولیک دروگرهای نیشکر در هفت واحد از شرکت‌های توسعه نیشکر و صنایع جانبی استان خوزستان صورت گرفت. به این منظور آمار و اطلاعات سال‌های زراعی ۹۵-۹۰ مربوط به شرکت‌های کشت و صنعت نیشکر جمع‌آوری، بررسی و تحلیل گردید. نتایج نشان می‌دهد جمع کل صرفه‌جویی بعمل آمده در شرکت‌های توسعه نیشکر طی سال‌های انجام تصفیه روغن هیدرولیک معادل ۴۱۱۰۱۴ لیتر می‌باشد. میزان مواد آلاینده وارد شده به محیط زیست در دو روش تعویض و تصفیه روغن هیدرولیک به ترتیب ۶۳۹۰-۱/۱۲ کیلوگرم و ۴۶۲۰/۵۳-۰/۷۱ کیلوگرم است. درصد کاهش یافته میزان ورود مواد آلاینده به محیط زیست در به‌کارگیری روش تصفیه نسبت به روش تعویض روغن هیدرولیک ۴۶/۳۵-۱۷/۸۱ درصد می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** بهینه‌سازی، تصفیه، تعویض، روغن هیدرولیک، ارزیابی زیست محیطی، مواد آلاینده، دروگر نیشکر.

## مقدمه

به دست آورد که از لحاظ اقتصادی بسیار مقرون به صرفه است. روش‌های مرکب مرکزی و باکس بنکن<sup>۱</sup> از روش‌های اصلی طراحی سطح پاسخ می‌باشند. در تحلیل یک فرآیند اغلب با یک مشخصه کیفی مواجه نیستند و معمولاً به دنبال بهینه‌سازی چند هدف می‌باشند [۴]. در این پژوهش نیز هدف از بهینه‌سازی عملیات، حداکثر نمودن ساعات کارکرد و دفعات فیلتر شدن روغن با توجه به تاثیر همزمان ساعات کارکرد، اندازه مش فیلتر مکشی (دو قلو) و دفعات تصفیه روغن هیدرولیک دروگر نیشکر آستافت مدل ۷۰۰۰ می‌باشد.

### طرح آزمایشی و آنالیز آماری

هدف از پژوهش حاضر بهینه‌سازی عملیات تصفیه روغن هیدرولیک دروگر نیشکر به روش سطح پاسخ بود. بدین منظور، اثرات متغیرهای مستقل عددی (ساعات کارکرد، مش فیلتر مکشی دو قلو) و قیاسی (دفعات تصفیه روغن هیدرولیک) روی متغیرهای وابسته آلودگی آب و سطح عدم تمیزی (مدل تصفیه روغن هیدرولیک) و سیلیسیوم، ویسکوزیته و عدد اسیدی روغن (مدل تعویض روغن هیدرولیک) ارزیابی شد. در این پژوهش نیز هدف از بهینه‌سازی عملیات، حداکثر نمودن ساعات کارکرد و دفعات فیلتر شدن روغن با توجه به محدوده مجاز فاکتورهای وابسته بود. برای محدوده مجاز با آلودگی آب (کمتر از ۵۰۰ ppm)، سطح عدم تمیزی یا NAS (تعداد ذرات ۵ تا ۱۵ میکرون کمتر از ۲۵۶۰۰۰)، Si (کمتر از ۱۵ ppm)، Vis (بین ۶۲/۸ و ۷۶/۸) سانتی‌استوک و TAN (کمتر از ۰/۶۵) mgKOH/g بود. این هدف برای افزایش کارایی عملیات تصفیه روغن هیدرولیک انتخاب شد. بدین منظور، طرح مرکب مرکزی<sup>۲</sup> استفاده شده در نرم‌افزار دیزاین اکسپرت<sup>۳</sup> شامل متغیرهای مستقل ساعات کارکرد (۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ ساعت)، مش فیلتر مکشی دو قلو (۷، ۹ و ۱۱ میکرون) و دفعات تصفیه روغن هیدرولیک (۰، ۱ و ۲) با تعداد ۳۳ تیمار و ۳ تکرار در نقطه‌ی مرکزی بود. ارزیابی زیست‌محیطی روش تصفیه روغن هیدرولیک دروگرهای نیشکر

روغن کارکرده یک پسماند ویژه و خطرناک محسوب می‌گردد. زمینه اثر پسماندهای خطرناکی مانند روغن کارکرده بر محیط زیست می‌تواند خاک، آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و هوا باشد [۲]. ورود روغن به زمین و خاک، حاصلخیزی آن را کاهش می‌دهد و موجب اختلال در زندگی موجودات خاک می‌گردد. یک لیتر روغن کارکرده می‌تواند یک میلیون لیتر آب پاکیزه که منبع تأمین آب ۵۰ نفر در سال است را آلوده کند. مواد آلوده‌کننده‌ی موجود در روغن کارکرده که از سایش قطعات یا از طریق سوخت وارد روغن شده‌اند، در صورت ورود به محیط زیست می‌تواند موجب تخریب زمین و آب‌ها شود [۳]. تماس طولانی‌مدت و متناوب با چنین محلول‌هایی می‌تواند باعث ایجاد واکنش‌های حساسیتی و بیماری‌های جدی نظیر سرطان پوست گردد [۷]. افزایش بهره‌وری روغن هیدرولیک در دروگر نیشکر از طریق راهکارهایی مانند تصفیه به‌موقع و به‌هنگام موجبات افزایش عمر فنی دروگرها، هزینه نگهداری کمتر، تخریب و تخلیه کمتر منابع و حفظ محیط زیست می‌گردد. با توجه به موارد ذکر شده در مورد تاثیر پذیر بودن روغن‌ها در عملکرد دروگرهای نیشکر و اثرات مخرب زیست‌محیطی وارد شدن روغن‌ها در طبیعت، پژوهش حاضر در مورد بهینه‌سازی انجام عملیات تصفیه روغن هیدرولیک و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی این روش در دروگرهای نیشکر انجام گرفت. مدل‌سازی و بهینه‌سازی عملیات تصفیه روغن هیدرولیک دروگر نیشکر

### روش سطح پاسخ (RSM)

روش سطح‌پاسخ، مجموعه‌ای از روش‌های آماری و ریاضی است که برای تحلیل و مدل‌سازی پاسخ‌های یک فرآیند استفاده می‌شود که در نهایت هدف آن بهینه‌سازی فرآیند است. این روش در واقع یک روش طراحی آماری می‌باشد که فاکتورهای انتخاب شده از مراحل قبل با جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار می‌گیرد. یکی از مزایای روش سطح‌پاسخ کاهش تعداد آزمایش‌هاست. در روش سطح پاسخ می‌توان بیش‌ترین اطلاعات از پاسخ‌ها را با کم‌ترین تعداد آزمایش

## جامعه و نمونه آماری

و دورریز روغن هیدرولیک در دو روش تعویض و تصفیه روغن هیدرولیک از جدول ۱ استفاده گردید [۵].

جدول ۱- میزان مواد آلاینده وارد شده به محیط زیست بر حسب (ppm) برای هر گرم روغن هیدرولیک هنگام تولید و تعویض

تعویض (ppm)	تولید (ppm)	آلاینده
۶۵۰۰	۲۵	خاکستر
۲۲۰۰	۱۰۰	کلر
۱۰۰۰	۳۰۰	نیتروژن
۵۰۰۰	۲۴۰۰	گوگرد
۴۵	۸	آلومینیوم
۱۲	۰/۸	آرسنیک
۶۶	۰/۵	باریم
۱	۰/۳	کادمیوم
۶	۱/۳	کروم
۲۴۰	۱۲	آهن
۱۱۰۰	۱/۸	سرب
۲۶۰	۶/۳	منیزیم
۳	۱/۶	وانادیم
۸۰۰	۳/۶	روی

## دستاوردهای تحقیق

### بهینه‌یابی

برای دستیابی به شرایط بهینه برای عملیات تصفیه روغن هیدرولیک، از تکنیک بهینه‌سازی عددی<sup>۲</sup> استفاده شد. به‌طور کلی تصمیم‌نهایی در مورد انتخاب شرایط بهینه وابسته به در نظر گرفتن برخی عوامل اقتصادی (هزینه)، صنعتی و غیره است. با این حال، باید توجه داشت از آنجا که مدل‌های رگرسیونی تنها در ناحیه و شرایط مورد بررسی معتبر هستند، محدودیت‌های اقتصادی و کیفی اندکی برای تعیین شرایط عملیاتی در نظر گرفته می‌شود. در پژوهش حاضر نیز ساعات کارکرد (۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ ساعت)، مش

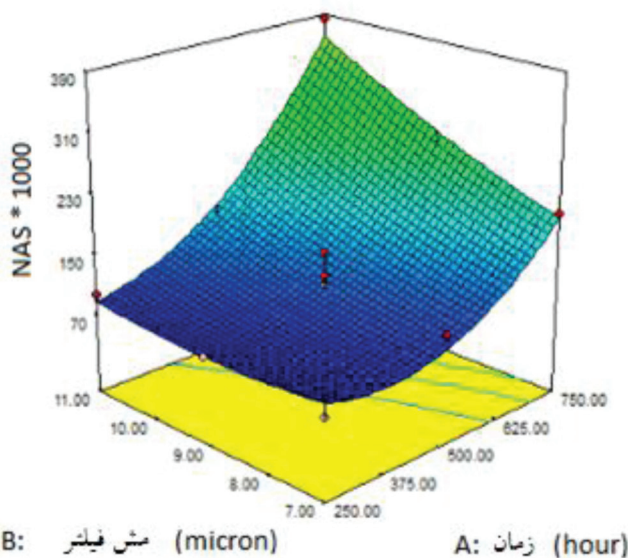
پژوهش حاضر بر روی ماشین‌های برداشت نیشکر موسوم به هاروستر آستافت مدل ۷۰۰۰ ساخت کشور استرالیا و در هفت شرکت از شرکت‌های توسعه نیشکر استان خوزستان که عملیات برداشت محصول نیشکر را برعهده دارند، صورت گرفت. هدف ارزیابی زیست‌محیطی دو روش تعویض و تصفیه روغن هیدرولیک دروگر نیشکر با تاکید بر روش تصفیه روغن هیدرولیک است. حجم روغن هیدرولیک مورد استفاده در هر دستگاه هاروستر ۴۸۰ لیتر می‌باشد. دمای کاری روغن هیدرولیک دروگرهای نیشکر شرکت‌های توسعه نیشکر بین ۸۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. لازم به ذکر است عمر دروگرهای نیشکر مورد مطالعه در این پژوهش یکسان و ۱۵ سال بود. در این پژوهش با مراجعه مستقیم به شرکت‌های توسعه نیشکر امام خمینی، امیرکبیر، حکیم فارابی، دعبل خزاعی، دهخدا، سلمان فارسی و میرزا کوچک خان اطلاعات مربوط به معیارهایی مانند میزان مصرف روغن ماشین‌های برداشت نیشکر سال‌های زراعی ۹۰-۹۲ (روش تعویض روغن) و ۹۳-۹۵ (روش تصفیه روغن) دریافت گردید.

### متغیرهای مطالعه شده در پژوهش

در تحلیل زیست‌محیطی میزان ورود مواد آلاینده به محیط زیست، هنگام تولید و تعویض روغن هیدرولیک در دو روش بدون تصفیه و با تصفیه محاسبه و مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت انجام تحقیق از آمار، اطلاعات و گزارش‌های شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی در زمینه با سیستم تصفیه روغن هیدرولیک و بدون سیستم تصفیه روغن هیدرولیک دروگر نیشکر استفاده گردید. در موقع کهنه شدن روغن، پایه اصلی نفتی آن آسیب نمی‌بیند، بلکه مواد شیمیایی افزودنی خواص خود را از دست می‌دهند، به این روغن‌ها، روغن کارکرده می‌گویند [۱]. به‌دلیل ثبات روغن پایه می‌توان از طریق تصفیه روغن کارکرده<sup>۱</sup>، روغن پایه استحصال کرد. به‌گونه‌ای که از ۱۰۰۰ تن روغن کارکرده حداقل ۶۰۰ تن روغن پایه تولید می‌شود. درحالی‌که برای همین مقدار روغن از نفت خام، ۶۰۰۰ تن نفت خام لازم است [۶]. در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، هنگام تولید

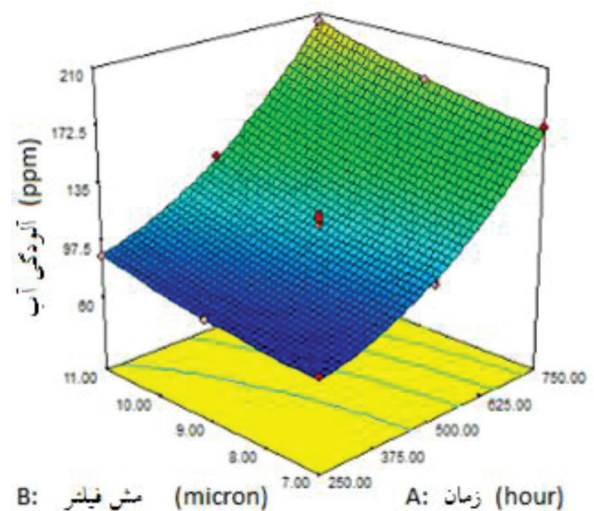


شکل ۲ اثرات متقابل ساعات کارکرد و مش فیلتر در نقطه‌ی مرکزی دفعات تصفیه روغن بر سطح عدم تمیزی روغن را نشان می‌دهد، همانطور که مشاهده می‌شود، در هر مشی از فیلتر، با افزایش زمان کارکرد (ساعت)، مقدار سطح عدم تمیزی روغن بصورت غیرخطی افزایش می‌یابد. در هر ساعت کارکردی با افزایش مش فیلتر، سطح عدم تمیزی روغن بصورت خطی افزایش یافته است و بیشترین سطح عدم تمیزی روغن ۳۸۴۰۰۰ (تعداد ذرات ۵ تا ۱۵ میکرومتر) در مش فیلتر ۱۱ و ساعت کارکرد ۷۵۰ ساعت بوده است.



شکل ۲- اثر متقابل ساعات کارکرد و مش فیلتر بر سطح عدم تمیزی روغن در نهایت، با استفاده از روش تابع مطلوبیت<sup>۱</sup>، شرایط بهینه برای مدل تصفیه روغن هیدرولیک شامل کارکرد ۷۵۰ ساعت، مش فیلتر ۷ میکرون و دفعات تصفیه روغن ۲ بار به دست آمد. تحت این شرایط، میزان پارامترهای آلودگی آب و سطح عدم تمیزی (NAS) روغن هیدرولیک به ترتیب برابر با ۱۹۵/۸۳۹ (ppm) و ۲۵۱۶۱۰ بود. مطلوبیت به دست آمده در شرایط بهینه برای متغیرها و پاسخ‌های مورد آنالیز، می‌باشد. شکل ۳ اثرات متقابل ساعات کارکرد و مش فیلتر در نقطه‌ی مرکزی دفعات تصفیه روغن (یک بار تصفیه) بر عدد اسیدی روغن را نشان می‌دهد، همانطور که مشاهده می‌شود، نمودار دارای لبه‌ی بالا رونده است و در هر ساعت کارکرد مورد استفاده، با افزایش مش فیلتر، عدد اسیدی روغن به صورت خطی افزایش می‌یابد. در هر مشی از فیلتر

فیلتر مکشی دوقلو (۷، ۹ و ۱۱ میکرون) و دفعات تصفیه روغن هیدرولیک (۰، ۱ و ۲) در محدوده‌ی مورد استفاده انتخاب شد. در این پژوهش نیز هدف از بهینه‌سازی عملیات، حداکثر نمودن ساعات کارکرد و دفعات فیلتر شدن روغن با توجه به محدوده مجاز فاکتورهای وابسته بود. این هدف برای افزایش کارایی عملیات تصفیه روغن هیدرولیک انتخاب شد. شکل ۱ اثرات متقابل ساعات کارکرد و مش فیلتر در نقطه‌ی مرکزی دفعات تصفیه روغن بر میزان آلودگی آب را نشان می‌دهد، همانطور که مشاهده می‌شود، نمودار دارای لبه‌ی بالا رونده است و در هر ساعت کارکرد، با افزایش مش فیلتر، میزان آلودگی آب به صورت غیرخطی (درجه‌ی دوم) افزایش می‌یابد. این افزایش، در ساعت کارکرد بالاتر بیشتر است که دلیلی بر تاثیرگذاری ساعات کارکرد به همراه مش فیلتر بالاتر بر میزان آلودگی آب می‌باشد. در هر مشی از فیلتر با افزایش ساعات کارکرد، آلودگی آب نیز بصورت غیرخطی افزایش می‌یابد و بیشترین آلودگی آب در ساعت کارکرد ۷۵۰ ساعت و مش فیلتر ۱۱ است. در نهایت می‌توان در مورد علل تغییرات جمع‌بندی نمود که با افزایش ساعات کارکرد ماشین، مقدار استهلاک و فرسایش قطعات بیشتر شده در نتیجه باعث آلوده شدن روغن و همچنین گذشت زمان باعث افزایش ورود آب ناشی از تعرق دستگاه به خاطر جو کاری و از نتیجه فعالیت‌های شیمیایی به روغن می‌شود.

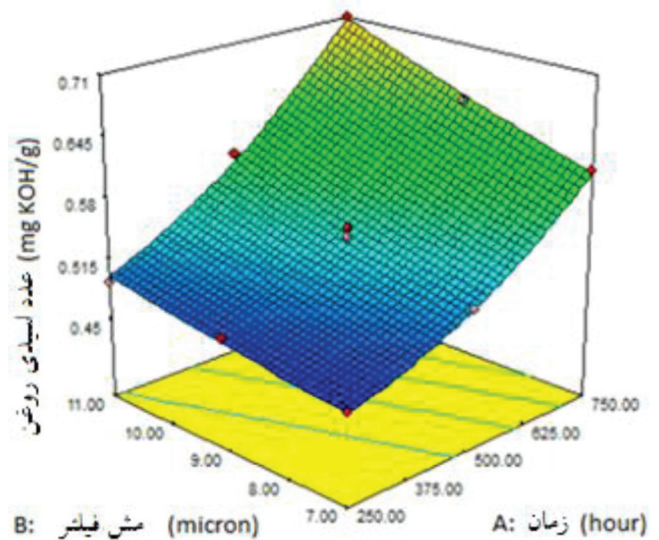


شکل ۱- اثر متقابل ساعات کارکرد و مش فیلتر بر میزان آلودگی آب

خوب (مقادیر آلودگی آب، سطح عدم تمیزی، سیلیسیوم، ویسکوزیته و عدد اسیدی روغن در محدوده مجاز) حاصل گردد. جهت تایید پیش‌بینی مدل‌ها، متغیرهای وابسته در شرایط بهینه نیز بررسی شدند و با اختلاف حداکثر ۳ درصد تعیین شدند که نشان از تایید دقت مدل‌ها بود. **بررسی میزان ورود مواد آلاینده به محیط زیست در دو روش تعویض و تصفیه روغن هیدرولیک دروگرهای نیشکر**

میزان مصرف روغن (لیتر) هاروسترها در هفت شرکت در طی سال‌های زراعی (۹۲-۹۰) که از روش متداول تعویض روغن هیدرولیک و (۹۵-۹۳) که از روش جدید تصفیه روغن هیدرولیک استفاده شده در شرکت امام خمینی، امیرکبیر، حکیم فارابی، دعبل خزاعی، دهخدا، سلمان فارسی و میرزا کوچک خان در دو روش تعویض و تصفیه روغن هیدرولیک به ترتیب ۶۴۸۸۴ و ۴۲۱۰۰، ۱۱۵۲۲۸ و ۷۸۲۹۶، ۲۰۵۵۶۲ و ۱۲۹۱۲۰، ۱۶۸۶۳۰ و ۱۲۴۸۲۴، ۴۹۲۴۳ و ۵۳۵۹۷، ۹۱۸۱۰ و ۱۱۵۹۸۸، ۱۶۸۱۴۳ و ۱۲۲۴۹۸ و جمع کل مصرف واحدهای نیشکر در دو روش تعویض و تصفیه روغن هیدرولیک ۸۶۳۵۰۰ و ۶۶۶۴۲۳ لیتر می‌باشد. جمع کل صرفه‌جویی بعمل آمده در شرکت‌های توسعه نیشکر طی سال‌های انجام تصفیه روغن هیدرولیک معادل ۴۱۱۰۱۴ لیتر است. همان‌طوری که پیش از این نیز گفته شد، به دلیل ثبات روغن پایه می‌توان از طریق تصفیه روغن کارکرده، روغن پایه استحصال کرد. به‌گونه‌ای که از ۱۰۰۰ تن روغن کارکرده حداقل ۶۰۰ تن روغن پایه تولید می‌شود. دورریز ناشی از تولید روغن تصفیه شده از روغن کارکرده و دورریز ناشی از تصفیه مجدد روغن تصفیه شده به ترتیب ۴۴۴۲۸۲ و ۲۶۶۵۶۹/۲ لیتر و جمع کل دورریز ناشی از تولید و تصفیه مجدد روغن تصفیه شده ۷۱۰۸۵۱/۲ لیتر می‌باشد. در شکل ۴ میزان آلاینده‌های، خاکستر، کلر، نیتروژن، گوگرد، آلومینیوم، آرسنیک، باریم، کادمیوم، کروم، آهن، سرب، منیزیم، وانادیم و روی به ترتیب از ۵۶۳۴/۳۴، ۱۹۸۶/۰۵، ۱۱۲۲/۵۵، ۶۳۸۹/۹، ۴۵/۷۷، ۱۱/۰۵، ۵۷/۴۲، ۱/۱۲، ۶/۳۰، ۲۱۷/۶۰، ۹۵۱/۴۰، ۲۲۹/۹۵، ۳/۹۷ و ۶۹۳/۹۱ کیلوگرم در

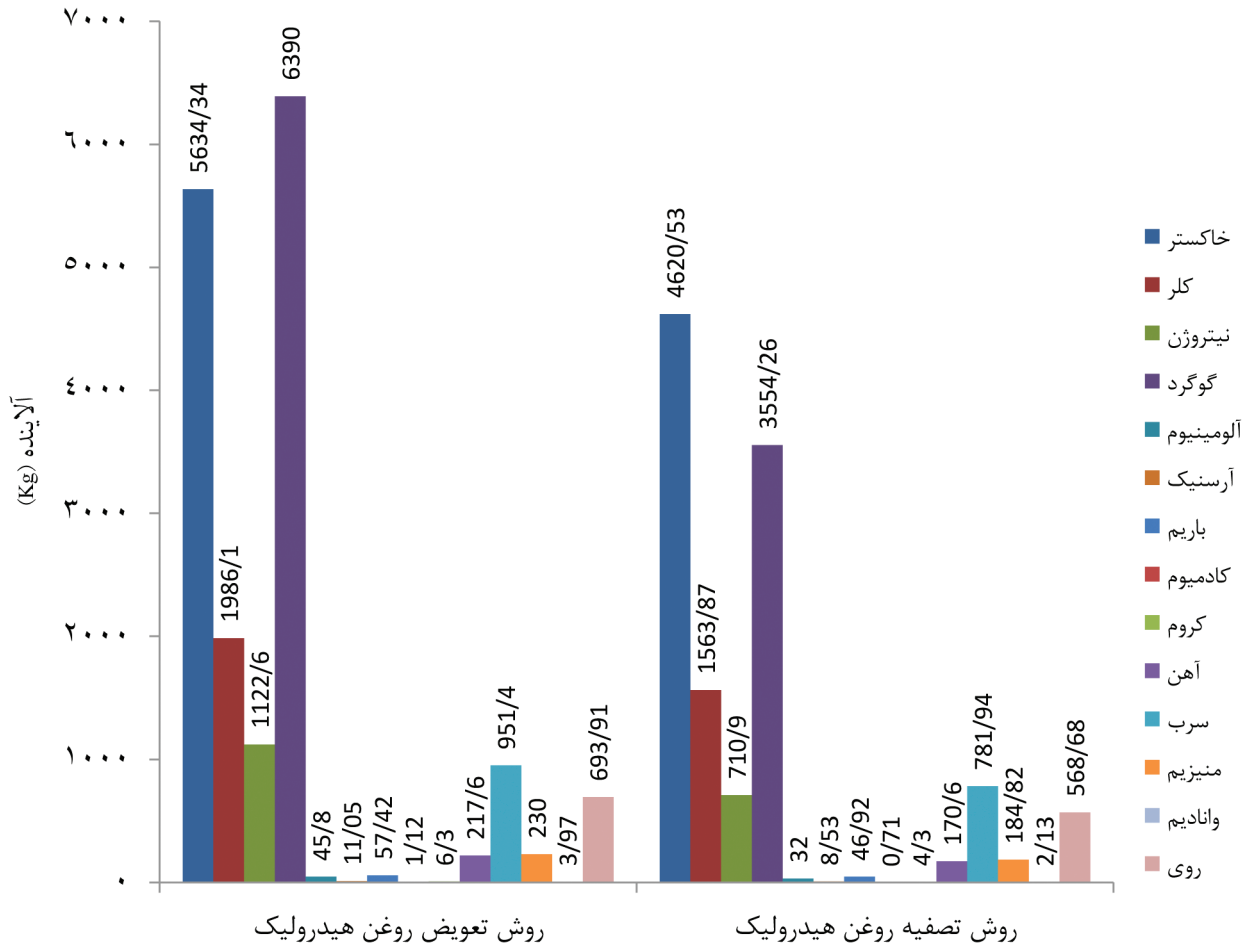
روغن، با افزایش زمان کارکرد هاروستر، عدد اسیدی روغن هیدرولیک بصورت غیر خطی (درجه دوم) افزایش یافته است و بیشترین عدد اسیدی روغن ۰/۷۱ (mg KOH/g) بعد از ۷۵۰ ساعت کارکرد و استفاده از فیلتر با مش ۱۱ بوده است. با افزایش مش فیلتر (قطر سوراخ‌های فیلتر) ورود ذرات معلق به روغن افزایش یافته و استهلاک و فرسایش و آلودگی رو بیشتر می‌کنند که باعث تغییر در خواص شیمیایی روغن می‌شود و با افزایش تعداد دفعات فیلتراسیون مقدار ذرات معلق باقیمانده در روغن به دلیل افزایش دفعات استفاده از روغن قبل از تعویض آن، افزایش یافته و فرسایش و استهلاک را بیشتر کرده و باعث افزایش آلودگی روغن و تغییر خواص شیمیایی آن شده است.



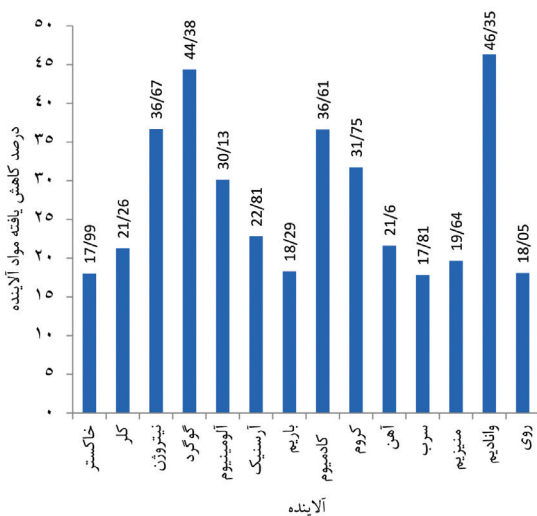
شکل ۳- اثر متقابل ساعت کارکرد و مش فیلتر بر عدد اسیدی روغن شرایط بهینه برای مدل تعویض روغن هیدرولیک شامل کارکرد ۷۲۸/۶۱ ساعت، مش فیلتر ۷ میکرون و دفعات تصفیه روغن ۲ بار به دست آمد. تحت این شرایط، میزان پارامترهای سیلیسیوم، ویسکوزیته و عدد اسیدی روغن هیدرولیک به ترتیب برابر با ۳۴۱/۶۶، ۹۰۶/۵ ppm سانتی‌استوک و ۰/۶۵ (mg KOH/g) بود. مطلوبیت به دست آمده در شرایط بهینه برای متغیرها و پاسخ‌های مورد آنالیز، ۰/۹۵۷ می‌باشد. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که عملیات تصفیه روغن هیدرولیک می‌تواند در ساعت کارکرد کمابیش بالا (۷۲۸/۶۱) با کارایی عملیات

روش تصفیه روغن نسبت به روش تعویض روغن کاهش یافته است، که نشان می‌دهد استفاده از روش تصفیه روغن هیدرولیک تاثیر زیادی بر کاهش میزان آلاینده‌های وارد شده به محیط زیست دارد.

روش تعویض روغن به ۴۶۲۰/۵۳، ۱۵۶۳/۸۷، ۷۱۰/۸۵، ۳۵۵۴/۲۶، ۳۱/۹۹، ۸/۵۳، ۴۶/۹۲، ۰/۷۱، ۴/۲۷، ۱۷۰/۶۰، ۷۸۱/۹۴، ۱۸۴/۸۲ و ۲/۱۳ در روش تصفیه روغن هیدرولیک کاهش یافته است. میزان تمامی آلاینده‌ها در



شکل ۴- میزان آلاینده‌ها وارد شده به محیط زیست برحسب کیلوگرم در دو روش تعویض و تصفیه روغن هیدرولیک



شکل ۵- مقایسه درصد کاهش یافته مواد آلاینده در بکارگیری روش جدید تصفیه نسبت به روش مرسوم تعویض روغن هیدرولیک

در شکل ۵ درصد کاهش یافته مواد آلاینده در به‌کارگیری روش جدید تصفیه نسبت به روش مرسوم تعویض روغن هیدرولیک برای آلاینده‌های خاکستر، کلر، نیتروژن، گوگرد، آلومینیوم، آرسنیک، باریم، کادمیوم، کروم، آهن، سرب، منیزیم، وانادیم و روی به ترتیب ۱۸، ۲۱/۲۶، ۳۶/۶۷، ۴۴/۳۸، ۳۰/۱۳، ۲۲/۸۱، ۱۸/۲۹، ۳۶/۶۱، ۳۱/۷۵، ۲۱/۶، ۱۷/۸۱، ۱۹/۶۴، ۴۶/۳۵ و ۱۸/۰۵ درصد می‌باشد. مشاهده شکل ۵، ملاحظه می‌شود که وانادیم با ۴۶/۳۵ درصد و سرب با ۱۷/۸۱ درصد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین درصد کاهش یافته در میان آلاینده‌ها می‌باشند.

## پیشنهادها

[۴] قاسمی، ی. کیانمهر، م. ح. و آزادگان، ب. ۱۳۹۴. بررسی تاثیر پارامترهای گرانول کردن کود کمپوست با استفاده از روش سطح پاسخ، نشریه ماشین‌های کشاورزی. ۵(۱): ۱۹۱-۱۹۸.

[5] Edward, A., and Pechan, E. 1993. Emission factor documentation for AP-42 section 1.11 Waste oil combustion. US Environmental Protection Agency

[6] Hamad, A., Al Zubaidy, E., Aidan, A., Hadaki, T., & El-Kareh, N. (2002). Used oil recycling and treatment in the United Arab Emirates economical and environmental assessments. In The 6th Saudi Engineering. Conference, KFUPM, Dhahran, December 2002.

[7] Mang, T., & Dresel, W. (2001). Lubricants and Lubrication. WILY-VCH. Weinheim, Germany. Second completely revised and extended edition. (2007). pp: 119-183.

با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش و منابع مورد بررسی نکات ذیل بعنوان پیشنهاد جهت بهبود عملکرد و افزایش راندمان سیستم‌های تحت بهره‌برداری می‌تواند مطرح باشد:

\* عملیات تصفیه روغن هیدرولیک می‌تواند در ساعت کارکرد کمابیش بالا (۶۱/۷۲۸)، مش فیلتر ۷ میکرون و دفعات تصفیه روغن ۲ بار با کارایی عملیات خوب (مقادیر آلودگی آب، سطح عدم تمیزی، سیلیسیوم، ویسکوزیته و عدد اسیدی روغن در محدوده مجاز) حاصل گردد.

\* اجرای موفق این طرح منوط به انجام نمونه‌گیری‌های منظم و پرسنل آموزش‌دیده می‌باشد. پس آموزش و اصول صحیح بکارگیری آنالیز و تصفیه روغن، در دستور کار مدیران قرار گیرد.

\* با توجه به اینکه در تحقیق حاضر بررسی کلی اثرات زیست محیطی تصفیه روغن هیدرولیک در عملکرد ماشین‌های برداشت نیشکر صورت گرفت، صرفاً از آمار و اطلاعات مصارف روغن در گذشته جهت تجزیه و تحلیل استفاده گردید. از آنجایی‌که پارامترهای دیگری در میزان مصرف روغن نیز موثر می‌باشد، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی اثر اینگونه پارامترها در مصرف روغن با تفکیک داده‌های موجود و حتی اندازه‌گیری داده‌های جدید در قالب طرح‌های تحقیقاتی، نیز مورد بررسی قرار گیرد.

\* پیشنهاد می‌شود با سرمایه‌گذاری روی تحقیقات مشابه درخصوص تصفیه روغن در عملکرد ماشین‌های برداشت نیشکر (همچون پیشنهاد ارائه شده در بند قبل) و بررسی همه‌جانبه عوامل فنی، محیطی، مدیریتی و یک استاندارد جامع محلی یا ملی درخصوص این روش در داخل کشور تدوین و ملاک عمل بهره‌برداران قرار گیرد.

## منابع

[۱] آویکی، س. و تولا، م. ح. ۱۳۸۶. موتورهای احتراقی. چاپ دهم، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، تهران، ۲۰۸ صفحه.

[۲] برخورداریان، ا. و شیرینی‌گرگانی، ع. ۱۳۹۱. روان‌کننده‌ها و روانکاری. چاپ اول، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ۲۱۶ صفحه.

[۳] توکلی، م. ۱۳۹۰. بازیافت روغن‌موتور. پایگاه اطلاع‌رسانی بازیافت. پارس بازیافت.

## عنوان مقاله:

### رابطه‌ی لگاریتمی تبلور چهارم یار احمدی - علوی فاضل

### The correlation of the Fourth Crystallization of Yarahmadi - Alavi Fazel

نویسنده مسئول: مهدی یار احمدی  
سرپرست شکرستان کشت و صنعت حکیم فارابی  
ایمیل نویسنده: Anubis3125@yahoo.com  
سایر نویسندگان: سید علی علوی فاضل  
دکتری تخصصی مهندسی شیمی گرایش انتقال حرارت از دانشگاه علوم و تحقیقات تهران



#### چکیده

تبلور مهمترین فرآیند در میان فرآیندهای تولید شکر است. در ایران فرآیند تبلور (طبّاحی) به صورت سه مرحله‌ای (یا سه پختی) صورت می‌گیرد. در صورتی که شاخص‌های متفاوت مانند خلوص، رنگ و ... در تبلور سوم مطلوب باشد، مهندسان از پخت چهارم نیز برای افزایش بهره‌وری بهره می‌برند. هدف از این مقاله ارائه یک رابطه‌ی تجربی جهت امکان‌سنجی پخت چهارم (تبلور چهارم) از ابتدای فرآیند تصفیه شکر با دیدگاه اولیری است. این هدف با بهبود میزان بازدهی فرآیند تولید شکر سفید از شکر زرد را در بازه ۸ - ۶ درصد می‌باشد. یکی از ارزش‌های محاسباتی این تحقیق پرش از روی حفره‌های فرآیندی بوده است، که تنها به وسیله‌ی نرم‌افزارهای سیستم‌های ابری پیچیده قابل انجام بوده است. بدیهی است، که این فرآیند محاسباتی به سبک لاگرانژی قابل تعمیم نیست. این رابطه با استفاده از مجموعه‌ای از نرم‌افزارهای ریاضی کاربردی از جمله Neural Network مدل‌سازی شده و توسط نرم‌افزارهای دیگر مورد آزمون قرار گرفته است. از میان حدود ۳۰۰۰ داده‌ی مرتبط با فرآیند طبّاحی ۱۴۲ رابطه تجربی با دقت‌های متفاوت به دست آمده است و توسط ۵۸۸ داده مورد آزمون قرار گرفته است. مدل‌سازی تبلور چهارم و امکان گرفتن این پخت از فرآیندهای تولید شکر در واقع نوعی برداشت سود کارخانه از زراف دفعی است. **واژگان کلیدی:** نیشکر، شکر، تصفیه شکر، تبلور، پخت چهارم.

#### Abstract

Crystallization is the most important process among sugar production processes. In Iran, the crystallization process (cooking) is done in three stages (or three baking). If different indicators such as purity, color and In the third crystallization is desirable, engineers .also use the fourth baking to increase productivity The purpose of this paper is to present an experimental relationship for the feasibility of the fourth baking (fourth crystallization) from the beginning of the sugar refining process with the Eulerian view. This goal is to improve the efficiency of the white sugar production process from yellow sugar in the range of 6-8%. One of the computational values of this research was jumping over process holes, which could only be done by super-complex systems software. Obviously, this .Lagrangian-style computational process cannot be generalized This relationship has been modeled using a set of applied mathematical software including Neural Network and tested by other software. Out of about 3000 data related to the cooking process, 142 experimental relationships with .different accuracy were obtained and tested by 588 data Modeling the fourth crystallization and the possibility of obtaining this cooking from sugar production processes is in fact a kind of harvest of factory profit from wastewater. This profit is very important for sugarcane factories and for a factory with a production of 150,000 tons of white sugar .per year, it is equivalent to 10 million dollars (2016).

**Key words:** Sugarcane, Sugar, Refining Sugar, Crystallization, fourth Crystallization.

## مقدمه

می‌شود. بدیهی است که هر چه عوامل مذکور در برد مناسب‌تری از نظر کیفیت قرار داشته باشند، محصول نهایی کیفیت بهتری خواهد داشت. اما در برخی موارد دیده شده است، که کاربران علیرغم دریافت شکر زرد مناسب، نتوانسته‌اند شکر سفید مطلوبی را تولید کنند. اصولاً یک شاخص مناسب برای اندازه‌گیری وضعیت احتمالی شکر سفید بر پایه داده‌های شکر زرد ورودی وجود ندارد. به صورت عمومی در صورتی که شکر زرد دارای رنگ محلول و نسبت خاکستر به بریکس پایینی باشد، وضعیت آن بهتر برآورد می‌شود. در کارخانه شکر سفید که مورد مطالعاتی این تحقیق است، از ورودی‌هایی با کیفیت متفاوت به عنوان مواد اولیه کارخانه استفاده شده است. تحقیقات مشابه در این زمینه تاکنون از سوی نگارنده دیده نشده است. روش پژوهش در این فصل بر پایه تحلیل داده‌های عددی در گام اول و بررسی میدانی شاخص‌های مورد مطالعه و تطبیق نتایج با شرایط میدانی و عملیاتی کارخانه در گام نهایی بوده است. مدل‌سازی صورت گرفته با کمک نرم‌افزارهایی مانند C، ++Neural Network و Matlab بوده است. یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیشروی محققان این تحقیق حفره‌های فرآیندی بود. زیرا نگارندگان در تلاش بودند، تا با استفاده از داده‌های اولیه یک فرآیند به بررسی داده‌های نهایی بپردازند. این چالش تنها با استفاده از برنامه‌های بسیار پر قدرت مدل‌سازی امکان پذیر بود. یکی دیگر از چالش‌های مقابل نگارندگان زمان بود. محققان این تحقیق ظرف مدت ۲۸ ماه به شیوه‌های گوناگون به مدل‌سازی فرآیند تبلور چهارم پرداختند. مقاله حاضر حاصل تحقیقی است که منجر به یافت ۱۴۲ رابطه تجربی شد. این روابط در اغلب موارد بسیار پیچیده بوده و دارای ابعاد شکسته محاسباتی یا دقت عملکرد نامناسب بود. هدف از این تحقیق معرفی یک شاخص جدید برای ارزیابی وضعیت نهایی بر پایه داده‌های کیفیت مواد اولیه می‌باشد. انتظار می‌رود، که این شاخص کمک بسیار زیادی

برای داشتن یک محصول خوب ما نیازمند داشتن مواد اولیه مناسب هستیم. تبلور کلیدی‌ترین بخش فرآیند مهندسی قند است. در کارخانه‌های صنعت نیشکر فرآیند تبلور به صورت سری صورت می‌گیرد. در این فرآیند خروجی پخت اول به عنوان ورودی پخت دوم و خروجی پخت دوم به صورت ورودی پخت سوم استفاده می‌شود. در صورتی که خروجی‌های پخت‌ها که رناف (Run off) خوانده می‌شود، دارای توان کافی برای تولید بازیابی بیشتر ساکاروز از رناف‌های پیشین داشته باشند، فرآیند در پخت‌های چهارم و به ندرت در پخت پنجم ادامه می‌یابد. گرفتن پخت چهارم یکی از فرآیندهای دشوار در صنعت تصفیه شکر محسوب می‌شود. تا امروز هیچ شاخصی برای امکان‌سنجی توانایی اخذ ساکاروز از پساب پخت‌های قبلی در پخت چهارم وجود نداشته است. از آنجا که فرآیند تبلور تعیین‌کننده اصلی میزان بازدهی تولید در پروسه صنعت نیشکر محسوب می‌شود، امکان تبلور پخت چهارم باعث افزایش بازدهی به میزان ۶ - ۸ در بازدهی کلی فرآیند تصفیه شکر می‌شود. تاکنون تحقیقات عملی چندانی در زمینه تبلور در صنعت نیشکر ایران صورت نگرفته است. تحقیقات دیده شده بیشتر در زمینه کشاورزی و آبیاری متمرکز می‌باشد. هم چنین با توجه به سابقه‌ی کشت چغندر در ایران، بیشتر آثار در این زمینه در صنعت چغندر متمرکز است. هر چند در فاصله سال‌های ۱۴۰۰ - ۱۳۹۴ چندین کتاب توسط مرکز تحقیقات نیشکر منتشر شده است، اما هنوز فاصله بین آثار نیشکری و چغندری بسیار زیاد است. این مقاله با بررسی فرآیند تبلور چهارم در یکی کارخانه‌های نیشکری ایران قصد دارد تا با استفاده از یک رابطه‌ی تجربی راه را برای امکان‌سنجی گرفتن پخت چهارم باز کند. جامعه آماری مورد مطالعه شامل ۳۰۰۰ پخت اولیه بوده، که در نهایت با ۵۸۸ پخت با شرایط متفاوت در سال ۱۳۹۴ مورد آزمون مجدد قرار گرفته‌اند. عوامل تعیین‌کننده کیفیت شکر زرد به صورت عمده به شاخص‌هایی مانند درجه خلوص، خاکستر و رنگ محدود

## منطق عملکرد

در این تحقیق ۳۰۰۰ داده از وضعیت شکر زرد ورودی به یک کارخانه شکر سفید وجود داشته است. این داده ها تمام فرآیندهای تبلور صورت گرفته در یک دوره بهره‌برداری را به تصویر می‌کشید. داده‌های گوناگون موجود شاخص‌های متفاوت را مشخص می‌کردند. این حجم داده‌ها که در بسیاری از موارد گمراه‌کننده و غیرضروری بود که باعث ایجاد مشکل در بررسی تبلور چهارم می‌گردید. به‌همین دلیل بر پایه یک منطق عادی داده‌های غیرمرتبط تبلور چهارم حذف گردید. به این ترتیب ۵۸۸ داده باقی ماند، که باز هم فراوانی بسیار زیادی برای یک بررسی مدل‌سازی در زمینه مهندسی شیمی بود [۲]. از سوی دیگر در همین دوره برنامه‌ی مدل‌سازی Neural Network وارد عرصه شد. این برنامه به‌صورت ویژه برای سیستم‌های ابرپیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد. نگارندگان تصمیم گرفتند تا از داده‌های فراوان موجود برای وزنه‌ریزی یک ساختار مدل‌سازی در نرم‌افزار جدید استفاده نمایند. نگارندگان در ادامه برای جلوگیری از ورود به پیچیدگی‌های بررسی سه متغیر موثر بر همدیگر، مبحث خلوص را با فرض وجود یک دامنه‌ی عددی برای شرایط ورودی از متغیرهای موثر خارج کردند [۲]. در کارخانه‌های شکر سفید فرآیند تبلور تا زمانی که خلوص به اندازه مطلوب برسد، ادامه می‌دهند. زمان برای کارخانه‌های شکر سفید در این مورد خاص هزینه بر نمی‌باشد. به این ترتیب وجود یک دامنه‌ی عددی یک فرض منطقی بود. از نظر ریاضی ورود متغیر موثر سوم پیچیدگی موضوع تحت بررسی را به درجه پیچیدگی قضیه‌ی سیفتیکوف افزایش می‌دهد [۶]. با کنار گذاشتن خلوص، دو عامل کلیدی برای بررسی وضعیت شکر زرد ورودی باقی می‌ماند. اولین عامل خاکستر است. دومین عامل میزان رنگ ورودی شکر زرد به کارخانه می‌باشد. دو عامل مورد بررسی می‌توانست به‌صورت یک شاخص برای بررسی عملکرد کارخانه مورد استفاده قرار گیرد. جدول ۱ که در فصل جداول معرفی شده است، میزان خاکستر به بریکس و همچنین رنگ شکر زرد ورودی را معرفی می‌کند.

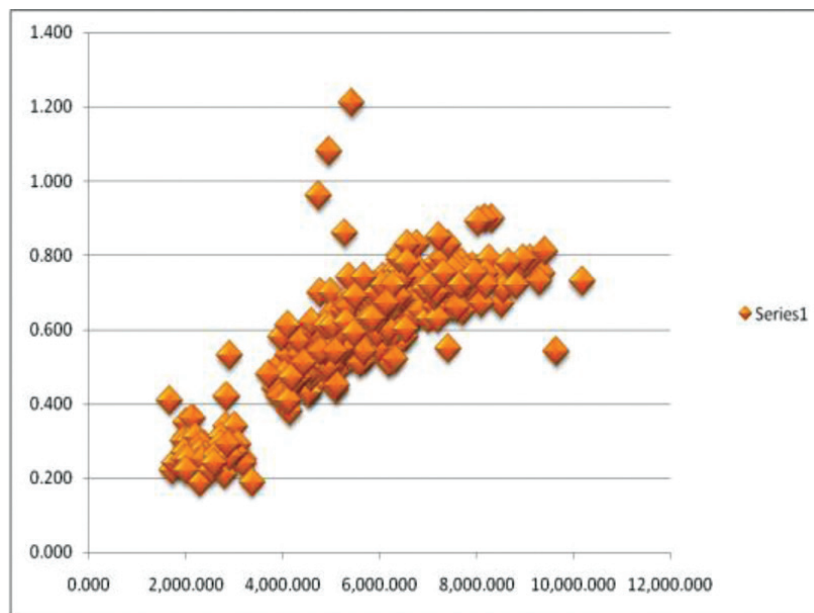
به بررسی وضعیت نهایی و بازدهی فرآیند داشته باشند. به این ترتیب این هدف در سوال یک خلاصه می‌شود؛ آیا می‌توان با کمک شاخص‌های اندازه‌گیری ابتدای فرآیند تصفیه شکر، امکان گرفتن پخت چهارم را به‌عنوان محصول نهایی پیش‌بینی کرد؟

### فرآیند عملیاتی پخت چهارم

وضعیت کیفیت شکرهای دریافتی از کارخانه‌های گوناگون دارای ابعاد مختلفی است. برای مثال در یک دوره شکر زرد ارسالی از کارخانه شکر زرد برخی از واحدها دارای میزان خاکستر متوسط و رنگ بالا بوده است. اما در دوره بعدی میزان خاکستر بهبود چشمگیری یافته است. شکر زرد نیز در دوره‌های کوتاه مدت به‌علت مشکلات فنی واحد زرد، دارای دامنه عددی متفاوت بوده است. بدیهی است که کارخانه شکر سفید به‌علت تغییرات در ورودی مجبور به اتخاذ تصمیمات متفاوتی گرفته است، تا محصول یکنواختی را به انبار شکر سفید تحویل دهد. از منظر فرآیندی در ابتدا شکر زرد ورودی به کارخانه شکر سفید در آب حل می‌شود. پس از حل شدن شربت حاصل به واحد کربناتاسیون می‌رود، تا با تشکیل فلوک‌های گل مقدمات کاهش رنگ و خاکستر و مواد معلق فراهم شود. در گام بعدی فلوک‌های تشکیل شده به‌وسیله‌ی فیلترهای پارچه‌ای با کمک مواد جاذب جدا می‌شود، پس از آن لیکور یا شربت وارد مرحله رنگ‌بری می‌شود. در مرحله رنگ‌بری لیکور در دو مرحله پس از دریافت گاز (SO<sub>2</sub>) فرآیند جذب رنگ را با کمک جاذب‌های رنگدانه‌ها صورت می‌دهد. پس از این مرحله فرآیند تغلیظ صورت گرفته و لیکور غلیظ شده وارد مرحله تبلور می‌شود. سه مرحله مفصل تبلور بر روی لیکور و پساب آن که (Runoff) خوانده می‌شود، صورت می‌گیرد. پس از مرحله سوم در صورت مساعد بودن شرایط از نظر خلوص، خاکستر و رنگ پخت چهارم صورت خواهد گرفت. در این مرحله بلور ساکاروز در حالتی که فاز مایع دچار کاهش غلظت تا حالت زیراشباع گردد، از بین می‌رود. در این حالت به‌دلیل اختلاف پتانسیل غلظتی شدید و تحت تاثیر قانون فیک بلور تجزیه مکانیکی می‌شود [۵].

نگارندگان پس از مطالعه شرایط گوناگون و مدل‌سازی عددی به این نتیجه رسیدند، که با توجه به شرایط حاکم بر فرآیند کارخانه تولید شکر سفید، می‌توان با ارائه یک رابطه تجربی حالت برای پیش‌بینی تولید پخت چهارم رسید اما یافتن رابطه بسیار دشوار بود. در گام اول یک رابطه‌ی با درجه شکسته ۳/۵ به دست آمد. که دارای دامنه‌ی عدد و خط مرزی اعشاری گردید. با بردن مجموعه‌ی داده‌ها و گرفتن فرض و تجدید مدل‌سازی این پیچیدگی‌ها کمتر و کمتر گردید. در نهایت پس از ارائه‌ی ۱۴۲ رابطه‌ی تجربی با اشکال متفاوت نگارندگان تصمیم گرفتند تا یک رابطه ساده محاسباتی با دقت بالا را با یک خط مرزی عددی اولیری را به‌عنوان دستاورد این پژوهش انتخاب نمایند. از آنجا که این حرکت اولین رابطه‌ی ریاضی در این سطح و برای پیش‌بینی وضعیت آتی سیستم‌های فرآیند تولید شکر بود، سادگی محاسباتی و قابلیت دسترسی برای

نگارندگان یک از اولویت‌های اصلی کاربردی بود. علاوه بر این رابطه، حداقل ۱۴۱ رابطه‌ی مرتبط دیگر نیز موجود است، که نگارندگان در تلاش هستند، با برنامه‌های جدید مدل‌سازی روابطی ساده‌تر با خط مرزی مناسب را برای محاسبه پیش‌بینی پخت چهارم را بدست آوردند. رابطه‌ی نمایی امکاسنجی تبلور چهارم یاراحمدی-علوی فاضل استفاده از توابع لگاریتم و وابسته آن مانند عدد نپر توانمندی‌های خوبی برای الگویابی داده‌های عددی به کاربران می‌دهد. الگوی مورد بررسی دارای چندین حفره‌ی فرآیندی بود. چالش حفره‌های فرآیندی با حذف گام‌به‌گام و استفاده از نرم‌افزارهای سبک‌تر برطرف گردید. در نهایت محققان نیاز داشتند تا از نرم‌افزارهایی استفاده کنند که در آن سیستم‌های آشوبناک [۶] مورد بررسی قرار می‌گرفت زیرا پیچیدگی‌های عددی گروه‌های عددی موجود، قابل دسته‌بندی به گروه‌های عددی نبودند.



شکل ۱- نسبت خاکستر به بریکس در محور Y و رنگ در محور X

درصد به حدود ۹۱ درصد افزایش داد. رابطه‌ای که که توسط نگارندگان از میان روابط موجود انتخاب شده است یکی از چهار رابطه با دقت بالا است. این رابطه با بررسی خاکستر و رنگ ورودی به کاربران این امکان را می‌دهد، که از ابتدای شروع فرآیند بدانند، که آیا توانایی گرفتن تبلور چهارم (پخت چهارم) با این کیفیت شکر زرد ورودی وجود دارد یا خیر؟

شکل ۱ بیانگر شاخص خاکستر به شاخص رنگ در ۳۰۰۰ پخت متفاوت است. مدل‌سازی عددی به‌وسیله نرم افزار Neural Network به نگارندگان کمک کرد تا به رابطه‌ی یاراحمدی-علوی فاضل با مرز عددی ۵۹۵۰ برای حل معادله امکان‌سنجی پخت چهارم برسند. استفاده از این نرم‌افزارها کمک بزرگی به نتیجه‌گیری‌ها و دقت رابطه‌ها را از ۳۸



رابطه‌ی ۱ موسوم به رابطه‌ی یاراحمدی-علوی فاضل در زیرآمده است:

$$y = (\text{color}) \times \exp(\text{ash}) \quad (۱)$$

حاصل رابطه‌ی فوق یک عدد است. در صورتی که عدد پاسخ رابطه در دامنه کوچکتر از عدد ۵۹۵۰ باشد، پخت چهارم قابل استحصال است. دقت ریاضی این معادله به شکل زیر است.

$$r^2 = 90.999$$

## نتیجه‌گیری

تبلور چهارم شامل گرفتن شکر از پساب خروجی تصفیه شکر است. از نظر اقتصاد مهندسی فرآیند تبلور چهارم برداشت مستقیم سود با کسر از ضرر محسوب می‌شود. برای یک کارخانه نیشکر با ظرفیت ۱۵۰ هزار تن شکر سفید در سال سودی بیش از ۱۰ میلیون دلار (دلار مبنای ۳۶۰۰۰ ریال) معادل ۳۶۰ میلیارد ریال (سال ۱۳۹۵) از این فرآیند قابل استحصال است. بررسی حدود ۳۰۰۰ داده مرتبط با فرآیند تبلور نشان می‌دهد، در صورتی که شرایط شکر ورودی در وضعیت ایده آلی باشد، پخت چهارم قابل استحصال است. این تحقیق از طریق بررسی و آزمون ۵۸۸ داده‌ی مرتبط با پخت‌های گوناگون نشان می‌دهد که با کمک یک رابطه‌ی ساده ریاضی و استفاده از یک رمز محاسباتی می‌توان به یک معادله تجربی برای امکان‌سنجی تبلور چهارم در پخت‌های نیشکری رسید.

## منابع

- [۱] اسماعیل‌زاده کناری، رضا، تکنولوژی قند، نشر علوم کشاورزی، چاپ اول، گرگان، ۱۳۸۱.
- [۲] علوی‌فاضل، سید علی، محاسبات عددی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر، چاپ اول، ۱۳۸۹.
- [۳] مصباحی، غلامرضا، اصول صنایع تولید شکر، انتشارات نشر علوم کشاورزی، چاپ اول، تهران، ۱۳۸۲.

## ترجمه مقاله:

### بیماری "سفید برگی" در نیشکر

مترجم: حسین موذن رضامحله  
دکتری تخصصی بیماری شناسی گیاهی

#### مقدمه

تحت تأثیر قرار می‌گیرند و در بوته‌های آلوده، برگ‌های سفید در ناحیه انتهایی بوته نمایان می‌شوند، در حالی که برگ‌های قدیمی سبز باقی می‌مانند. هنگامی که بیماری شدید است، بوته به‌طور قابل توجهی کوتاه می‌شود و عملکرد بسیار کاهش می‌یابد که منجر به خسارت کمی و کیفی می‌گردد. در آلودگی‌های پیشرفته به‌صورت مشخص عملکرد بسیار کاهش می‌یابد به‌طوری که ممکن است افت عملکرد تا صد در صد باشد. تفاوت بین بیماری‌های علفی شدن (GSD) و علفی شدن سبز (GGSD) با بیماری سفید برگی نیشکر (WLD) به‌طور خلاصه به این صورت است که در بیماری علفی شدن سبز، هیچ برگ سفیدی دیده نمی‌شود و در بیماری علفی شدن، برگ‌ها سفید و حالت علفی می‌باشند در حالی که در بیماری سفید برگی، برگ‌ها دارای رنگ سفید بوده اما بوته‌ها حالت علفی پیدا نمی‌کنند.

#### ناقل

ناقل بیماری سفید برگی نیشکر (WLD) در کشور تایلند پیدا شده است که یک حشره گیاه‌خوار، با نام علمی *Matsumuratettix hiroglyphicus* می‌باشد که این بیماری را در بوته‌های آلوده و بوته‌های سالم گسترش می‌دهد. برای شناسایی ناقلین بالقوه در سایر کشورهایی که بیماری سفید برگی نیشکر وجود دارد، نیاز به تحقیق می‌باشد.

#### کاهش عملکرد

بیماری سفید برگی نیشکر قادر است باعث کاهش شدید عملکرد در وارپته‌های حساس شده و کوتاهی شدید بوته‌های نیشکر و بازروی ضعیف را موجب شود و در نتیجه راتون‌های آسیب‌دیده، موجب تقاضا برای کاشت زود هنگام شده و هزینه‌های بالایی را برای کشاورزان نیشکرکار سبب می‌شود.

بیماری سفید برگی نیشکر اولین بار در دهه ۱۹۵۰ در کشور تایلند شناخته شد. این بیماری باعث کاهش شدید عملکرد در کشور تایلند شده است و شباهت‌هایی به بیماری علفی شدن (GSD) و علفی شدن سبز (GGSD) دارد که هر سه در اثر فیتوپلازما ایجاد می‌شوند. بیماری علفی شدن (GSD) اولین بار در هند در دهه ۱۹۴۰ تشخیص داده شد. این بیماری‌ها در جنوب شرقی آسیا شایع هستند. اخیراً بیماری سفید برگی نیشکر (WLD) در کشور لائوس در یک کارخانه شکر در جنوب استان ساواناخت مرکزی به‌صورت اپیدمی خسارت زیادی وارد کرده است. اگر این بیماری به کشور استرالیا راه یابد، می‌تواند باعث کاهش عمده محصول در صنعت نیشکر گردد. در مورد تکنیک‌های تشخیصی این بیماری، انواع وارپته‌های مقاوم و میزبان‌های تناوبی برای این بیماری، نیاز به تحقیقات بیشتری می‌باشد.

#### عامل بیماری‌زا

این بیماری در اثر فیتوپلازما ایجاد می‌شود. این عوامل بیماری‌زا باعث آلودگی بافت‌های آبکش و دستجات آوندی نیشکر می‌شوند. تشخیص عامل فیتوپلازما، هم به‌دلیل کوچک بودن اندازه آن (نیاز به میکروسکوپ الکترونی) و هم به‌دلیل محدود شدن آنها در داخل بافت‌ها مشکل می‌باشد.

#### علائم

علائم اصلی بیماری سفید برگی نیشکر، وجود برگ‌های کاملاً سفید است. بوته‌های آلوده کاملاً مشخص بوده و به راحتی قابل شناسایی و تفکیک هستند. علائم اولیه شامل رگه‌هایی در یک طرف برگ‌های جوان و به‌صورت لکه‌هایی که به تدریج گسترش پیدا می‌کند که ممکن است برگ‌ها کاملاً سفید شوند و به‌طور کلی ابتدا برگ‌های جوان‌تر

اولیه در محور مرکزی بوته تولید می‌شود و معمولاً برگ‌های قدیمی در این مرحله سبز می‌مانند. بیماری سفید برگی نیشکر، رشد ساقه علفی یا جارویی شدن (پنجه‌زنی چندگانه) را ایجاد نمی‌کند که عامل تفکیک این بیماری از بیماری‌های علفی شدن و علفی شدن سبز می‌باشد.

**گسترش**

بیماری سفید برگی نیشکر به سرعت از طریق کاشت قلمه‌های آلوده گسترش می‌یابد که این امر به‌ویژه در منطقه جنوب شرقی آسیا، منجر به گسترش بین کشوری گردیده است. این بیماری از طریق حشرات ناقل نیز گسترش می‌یابد مثلاً در تایلند ناقل *Matsumuratettix hiroglyphicus* موجب گسترش این بیماری شده است و برای تعیین ناقل‌ها در سایر کشورها، به تحقیقات بیشتری نیاز است. این بیماری به صورت مکانیکی (قلمه‌های نی‌بر، دروگرها و غیره) منتقل نمی‌شود.

### میزبان‌های تناوبی

اطلاعات محدودی در مورد میزبان تناوبی بیماری سفید برگی نیشکر در دسترس است. گونه‌های وحشی جنس نیشکر ممکن است میزبان تناوبی و در برخی شرایط گونه *Saccharum spontaneum* به‌عنوان میزبان طبیعی مشخص شده است.

### کنترل

کاشت ساقه و بوته‌های سالم جهت کنترل بیماری سفید برگی نیشکر از اهمیت بالایی برخوردار است و برای کنترل تا حد زیادی می‌توان با استفاده از تیمار آب گرم قلمه‌ها را عاری از این بیماری کرد (۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ تا ۳ ساعت). با توجه به اینکه همانند بیماری کوتولگی راتون نیشکر (RSD) سطح پایینی از آلودگی وجود دارد و عامل بیماری‌زا به‌طور کامل حذف نمی‌شود، بنابراین در انتخاب قلمه‌های عاری از بیماری دقت شود یا قلمه‌هایی با حداقل آلودگی جهت تیمار با آب گرم (هات واتر) انتخاب گردد. بحث مقاومت در برابر بیماری سفید برگی نیشکر، نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. به‌نظر می‌رسد که



شکل ۱- آلودگی شدید به بیماری سفید برگی نیشکر در لائوس



شکل ۲- نیشکر آلوده به بیماری سفید برگی حاصل از کشت قلمه‌های آلوده

### تشخیص

بیماری‌های فیتوپلاسمایی را می‌توان با استفاده از روش‌های مولکولی تشخیص داد. ابزار سنجش عمومی برای فیتوپلاسمها توسعه داده شده و همچنین آغازگرهای (پرایمر) اختصاصی برای شناسایی بیماری سفید برگی نیشکر شناسایی شده است. موسسه SRA در صورت بروز بیماری در استرالیا به ابزارهای مولکولی لازم برای شناسایی بیماری سفید برگی نیشکر دسترسی پیدا کرده است. تحقیقات بیشتر برای تعیین رابطه بین فیتوپلاسم‌هایی که باعث ایجاد بیماری‌های سفید برگی، علفی شدن و علفی شدن سبز می‌شوند، مفید خواهد بود. در مزرعه، بیماری سفید برگی نیشکر با برگ‌های کاملاً سفید در بوته‌های آلوده و کوتولگی شدید بوته مخصوصاً در راتون‌های بالا تشخیص داده می‌شود. برگ‌های سفید



شکل ۵- برگ‌های سفید در محور مرکزی بوته نیشکر آسیب دیده (اولین علامت بیماری)

مقاومت کمی در برابر فیتوپلاسم‌های عامل بیماری‌های علفی شدن و علفی شدن سبز در ارقام تجاری نیشکر در کشورهای تایلند یا ویتنام وجود داشته باشد که در زمینه غربالگری مقاومت، می‌بایستی تلاش‌های بیشتری صورت گیرد. هنگامی که اپیدمی بیماری در حال وقوع است، مهمترین استراتژی‌های مدیریت، حذف بوته‌های به شدت آلوده و جایگزینی با قلمه‌های سالم در زمین آیش می‌باشد.

**کشورهای تحت تاثیر بیماری سفید برگی**  
ژاپن، پاکستان، سریلانکا، تایوان، تایلند و لائوس.

### منبع

Information Sheet ISI 3087 Sugar Research Australia.



شکل ۳- برگ‌های سفید حاصل از بیماری سفید برگی در لائوس



شکل ۴- سفید شدن جوانترین برگ‌ها و سبز ماندن برگ‌های مسن‌تر

توسعه نیشکر و صنایع جانبی)، خانم مهندس فرد (دبیر کمیته سرمایه‌گذاری معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی)، آقای دکتر احمد نادری (عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان)، دکتر رضا معالی امیری (عضو هیأت علمی دانشگاه تهران)، دکتر حسین موذن رضامحله (مدیر بخش گیاه‌پزشکی موسسه تحقیقات و آموزش نیشکر) و بیش از ۲۰۰ نفر از مدیران، معاونین کشاورزی، روسا و کارشناسان مرتبط با این حوزه از واحدهای نیشکری برگزار گردید که بر روی موضوعاتی چون وضعیت خسارت سرما در کشور، اثرات سرما بر گیاه نیشکر و راهکارهای مدیریتی مقابله با آن، مبانی فیزیولوژیکی تنش سرما، مدیریت بیولوژیک سرمایه‌گذاری و جنبه‌های مولکولی پاسخ به تنش سرما در گیاهان مورد بررسی قرار گرفت. ۵. برگزاری سمینار راهکارهای بهینه سازی و کاهش مصرف علف‌کش‌ها (۱۳۹۹/۸/۲۵)؛ این سمینار با حضور جناب آقای دکتر آل‌کثیر معاون محترم بهره‌برداری کشاورزی شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی، دکتر طاهرخانی مدیرعامل محترم موسسه تحقیقات و آموزش نیشکر، مهندس ابراهیمی محقق محترم موسسه تحقیقات و آموزش نیشکر، آقای دکتر اسکندر زند عضو محترم هیئت علمی موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، دکتر مهناز میرزایی محقق محترم بخش تحقیقات علف‌های هرز موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، دکتر ساسان‌فر عضو محترم هیئت علمی موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، دکتر احمدپور مدیر محترم برنامه‌ریزی و پژوهش موسسه تحقیقات نیشکر و بیش از ۱۰۰ نفر از مدیران، معاونین کشاورزی، روسا و کارشناسان مرتبط با این حوزه از واحدهای نیشکری در سالن همایش ایستگاه شماره یک موسسه تحقیقات و آموزش نیشکر برگزار گردید که بر روی موضوعاتی چون ارزیابی اقتصادی مدیریت علف‌های هرز در نیشکر، روش‌های کاهش مصرف علف‌کش‌ها در نیشکر، تاثیر آب بر روی کارایی علف‌کش‌ها در نیشکر، انتخاب درست علف‌کش‌ها با تاکید بر

بر اساس مصوبه هیات مدیره جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران، مجمع عمومی عادی سالیانه این جمعیت مربوط به ارائه فعالیت‌های سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ می‌بایست به صورت حضوری و با حضور نماینده‌ی ناظر کمیسیون انجمن‌های علمی ایران به صورت رسمی برگزار می‌گردید و گزارشی از فعالیت‌های هیات مدیره توسط آقای دکتر حسین موذن رضامحله؛ دبیر جمعیت علمی ارائه می‌شد که به علت شیوع بیماری کرونا و دستور ستاد کرونا مبنی بر عدم برگزاری هر گونه تجمع، این امر امکان پذیر نشد؛ از این رو بدین وسیله گزارش فعالیت‌های این جمعیت در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به شرح ذیل گزارش می‌گردد: ۱. برگزاری مجمع عمومی سالیانه جمعیت (۱۳۹۸/۱۰/۱۷). ۲. برگزاری و تشکیل ۴ جلسه هیأت مدیره جمعیت و هیات تحریریه در محل دبیرخانه جمعیت. ۳. برگزاری سمینار بررسی آفت ملخ و مدیریت آن در نیشکر (۱۳۹۸/۸/۲۸)؛ این سمینار با حضور جناب آقای دکتر آل‌کثیر (معاونت محترم بهره‌برداری کشاورزی شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی)، مهندس احمدی‌فر (از سازمان حفظ نباتات کشور)، دکتر خواجه‌زاده (عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان)، دکتر چراغی (محقق آفات موسسه تحقیقات نیشکر) و بیش از ۱۲۰ نفر از مدیران، معاونین کشاورزی، روسا و کارشناسان مرتبط با این حوزه از واحدهای نیشکری برگزار گردید که موضوعاتی چون کلیات برنامه و روند مبارزه با ملخ صحرائی در مزارع نیشکر، شناسایی و بیولوژی ملخ‌ها، بررسی بیولوژی ملخ *Locusta migratoria* و کنترل آن در خوزستان و همچنین عملیات اجرا شده علیه آفت ملخ آسیایی در مزارع نیشکر (سال ۱۳۹۸) مورد بررسی قرار گرفت. ۴. برگزاری سمینار سرمایه‌گذاری و مدیریت آن در نیشکر (۱۳۹۸/۱۰/۹)؛ این سمینار با حضور جناب آقای دکتر آل‌کثیر (معاونت محترم بهره‌برداری کشاورزی شرکت

۹. دریافت کل حق عضویت‌های حقیقی و حقوقی تا پایان سال ۱۳۹۸ از شرکت‌های تابعه شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی و عدم دریافت از سه کشت و صنعت کارون، هفت تپه و میان آب.

۱۰. عضویت جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران در اتحادیه انجمن‌های علمی کشور.

۱۱. عضویت دبیر جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران در ترکیب هیات مدیره اتحادیه انجمن‌های علمی کشور.

۱۲. برگزاری چهار جلسه با اعضا هیات مدیره اتحادیه انجمن‌های علمی کشور در محل سازمان تات.

۱۳. جمعیت در جهت تحکیم شرایط ترویج به‌طور مستمر، فرآیند جذب اعضاء متخصص را دنبال می‌نماید که آخرین وضعیت اعضاء به شرح زیر می‌باشد:

فلور علف هرز و مقاومت در نیشکر و ضرورت به‌روز رسانی برنامه‌های مدیریت علف‌های هرز در شرکت‌های نیشکری (چالش‌ها و راهکارها) در کشور، مورد بررسی قرار گرفت.

۶. فراهم نمودن مقدمات برگزاری سمینار بهینه‌سازی تولید و مصرف انرژی در کارخانجات شکر (۱۱ اسفند ۱۳۹۸) که به دلیل شدت شیوع بیماری کرونا برگزار نگردید.

۷. تهیه کتابچه راهنمای پیشگیری از ویروس کرونا و توزیع آن در بین اعضای جمعیت.

۸. انتشار ۸ نسخه نشریه علمی تخصصی نیشکر که به‌صورت فصل‌نامه و به‌طور منظم توسط دبیرخانه تنظیم شد و هر شماره از آن به تعداد هفتصد نسخه در میان اعضاء، مراکز ذیربط تصمیم‌گیری و همچنین در دانشکده‌های مرتبط به‌صورت رایگان توزیع گردید.

ردیف	نوع عضویت	تعداد اعضا
۱	پیوسته	۶۴۲
۲	وابسته	۳۱
۳	افتخاری	۴۸
۴	دانشجویی	۱۷
جمع کل اعضای حقیقی		۷۳۸
۶	حقوقی (نیشکری)	۱۴
۷	حقوقی (صنایع جانبی)	۱۰
۸	حقوقی (زنجیره تامین)	۱۵
جمع کل اعضای حقوقی		۳۹

## گزارش بازرسی

گزارش بازرسی قانونی جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران به مجمع عمومی بطور فوق العاده‌ی سال مالی منتهی به سال مالی ۱۳۹۸/۱۲/۲۹، ۱۳۹۹/۱۲/۳۰ تهیه و تنظیم: یعقوب پیرپور

تمام صورت جلسات پس از اخذ امضای اعضای حاضر در جلسه، ثبت و در دفتر مخصوص نگهداری شده و یک نسخه از آنها در اختیار اعضای هیات مدیره و بازرسی جمعیت قرار گیرد. ۴. دفاتر قانونی جمعیت (روزنامه و کل) مربوط به سال‌های منتهی به ۱۳۹۸/۱۲/۲۹ و ۱۳۹۹/۱۲/۳۰ تهیه و پس از دریافت تاییدیه مالیاتی و حسابرس قانونی پلمب می‌گردد. ۵. از امکانات جمعیت، صرفاً در جهت اهداف مندرج در اساسنامه جمعیت استفاده شده است.

\*\*\*از جناب آقای دکتر عبدالعلی ناصری به‌عنوان ریاست محترم هیات مدیره جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران، جناب آقای دکتر حسین موذن رضامحله به‌عنوان دبیر محترم جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران، اعضای محترم هیات مدیره، اعضای حقیقی و حقوقی جمعیت، پرسنل محترم دبیرخانه جمعیت علمی سرکار خانم زمزم ناصری و سرکار خانم مینا طیبی و همچنین همراهان و شرکتهای همکار که با همراهی، تلاش و کوشش خود بر بالندگی، غنای علمی، آموزشی و ترویجی جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران گام برداشته‌اند صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایم.

در انتها خلاصه گزارش بازرسی قانونی به مجمع عمومی بطور فوق العاده‌ی جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران برای سال‌های مالی منتهی به ۱۳۹۸/۱۲/۲۹ و ۱۳۹۹/۱۲/۳۰ جهت اطلاع اعضای محترم ارائه می‌گردد. امید است با همکاری، همفکری، راهنمایی، انتقادهای سازنده و مشارکت بیش از پیش خود، ما را در پیشبرد اهداف عالی این جمعیت که همانا افزایش تراز و سطح علمی، آموزشی و ترویجی و به اشتراک‌گذاری اندوخته‌های علمی، فنی و تجربی نیروی انسانی توانمند مجموعه توسعه نیشکر و صنایع جانبی می‌باشد یاری نمایند. اینجانب به‌عنوان بازرسی جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران آماده پاسخگویی و دریافت راهنمایی‌ها، رهنمودها و انتقادهای سازنده اعضای محترم جمعیت می‌باشم.

جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران نیز همچون سایر مراکز علمی و دانشگاهی تحت تاثیر بیماری کرونا قرار گرفته است و به دلیل محدودیت‌ها و ممنوعیت‌های ناشی از آن، بخش مهمی از برنامه‌های خود از جمله برپایی کارگاه‌ها، دوره‌های علمی و آموزشی و سمینارهای خود را به حالت تعلیق در آورده است. زیرا حفظ سلامتی و تندرستی اعضای جمعیت بر دیگر اهداف آن ارجحیت داشته است. امید است در آینده و با افزایش سطح واکسیناسیون جامعه، کاهش خطر بیماری و رفع محدودیت‌های کرونایی اهداف عالی این جمعیت محقق گردد. لازم به ذکر است به دلیل مشکلات، محدودیت‌ها و ممنوعیت‌های ناشی از همه‌گیری بیماری کرونا، برگزاری مجمع عمومی بطور فوق العاده‌ی جمعیت علمی فن آوری نیشکر به تاخیر افتاده است. لذا در زیر خلاصه گزارش بازرسی جمعیت، ارائه شده است:

۱. ترازنامه و صورت سود و زیان جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران منتهی به سال ۱۳۹۸/۱۲/۲۹ و ۱۳۹۹/۱۲/۳۰ تهیه گردید؛ تهیه و تنظیم صورت‌ها و گزارش‌های مالی منطبق با استانداردهای حسابرسی بر عهده هیات مدیره جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران بوده است. این امر شامل طراحی، اعمال و حفظ کنترل‌های داخلی مربوط به صورت‌های مالی مندرج در اظهارنامه مالیاتی و سایر گزارش‌های مالی است که بررسی‌های به‌عمل آمده توسط بازرسی، حکایت از صحت گزارش مالی جمعیت دارد.

۲. گزارش تطبیق عملیات با بودجه مصوب، با توجه به اهداف کمی برای سال‌های مالی منتهی به ۱۳۹۸/۱۲/۲۹ و ۱۳۹۹/۱۲/۳۰ مورد بررسی قرار گرفته و مطابق با برنامه پیش‌بینی شده بوده و فاقد انحراف می‌باشد. ۳. به دلیل شرایط بیماری کرونا اکثر جلسات هیات مدیره تشکیل نشده است و صورت‌جلسات هیات مدیره در دفتر جمعیت مشاهده نگردید. لازم است در صورت تشکیل جلسه،

## خلاصه گزارشی بازرسی در سال ۱۳۹۸ در یک نگاه

ردیف	شرح	مبلغ (ریال)
۱	درآمدهای حاصل از حق عضویت‌ها	۱,۷۰۶,۸۵۰,۰۰۰
۲	درآمد حاصل از کمک هزینه‌های وزارت علوم و شرکت توسعه نیشکر	۷۶۱,۶۸۲,۲۴۷
۳	درآمد حاصل از تبلیغات	۲۵,۰۰۰,۰۰۰
	<b>جمع کل درآمد سال ۹۸</b>	<b>۲,۴۹۳,۵۳۲,۲۴۷</b>

ردیف	شرح	مبلغ (ریال)
۱	حقوق و بیمه تامین اجتماعی پرسنل جمعیت علمی	۸۲۶,۰۴۳,۲۸۶
۲	هزینه‌های اداری، دبیرخانه و چاپ نشریات جمعیت علمی	۳۸۴,۱۳۰,۳۱۰
۳	هزینه‌های انجام شده جهت سمینار و همایش‌ها	۳۳۸,۶۹۶,۹۴۸
۴	تنخواه انتقالی از سال ۱۳۹۸ به سال ۱۳۹۹	۱۵۲,۸۱۴,۹۳۴
	<b>جمع کل هزینه کرد سال ۹۸</b>	<b>۱,۷۰۱,۶۸۵,۴۷۸</b>

ردیف	شرح	مبلغ (ریال)
۱	موجودی بانک‌ها اول دوره سال مالی ۱۳۹۸	۲۹۱,۱۸۶,۸۹۷
۲	درآمد حاصل از حق عضویت، اهدایی و تبلیغات	۲,۴۹۳,۵۳۲,۲۴۷
۳	هزینه‌های انجام شده سال ۱۳۹۸	۱,۷۰۱,۶۸۵,۴۷۸
۴	<b>مانده پایان سال ۱۳۹۸</b>	<b>۱,۰۸۳,۰۳۳,۶۶۶</b>



## خلاصه گزارش بازرسی در سال ۱۳۹۹ در یک نگاه

ردیف	شرح	مبلغ (ریال)
۱	درآمدهای حاصل از حق عضویت‌ها	۱۶۴,۰۴۰,۰۰۰
۲	درآمد حاصل از کمک هزینه‌های وزارت علوم و شرکت توسعه نیشکر	۷۰۷,۳۶۰,۴۶۷
۳	درآمد حاصل از تبلیغات	۸۰,۰۰۰,۰۰۰
	<b>جمع کل درآمد سال ۹۹</b>	<b>۹۵۱,۴۰۰,۴۶۷</b>

ردیف	شرح	مبلغ (ریال)
۱	حقوق و بیمه تامین اجتماعی پرسنل جمعیت علمی	۶۶۰,۸۸۲,۴۶۴
۲	هزینه‌های اداری، دبیرخانه و چاپ نشریات جمعیت علمی	۷۱۶,۰۵۳,۰۰۲
۳	هزینه‌های انجام شده جهت سمینار و همایش‌ها	۱۱۵,۱۷۲,۶۷۰
۴	کارمزدهای بانکی	۶۷,۵۰۰
	<b>جمع کل هزینه کرد سال ۹۹</b>	<b>۱,۴۹۲,۱۷۵,۶۳۶</b>

ردیف	شرح	مبلغ (ریال)
۱	موجودی بانک‌ها اول دوره سال مالی ۱۳۹۹	۱,۰۸۳,۰۳۳,۶۷۱
۲	درآمد حاصل از حق عضویت، اهدایی و تبلیغات	۹۵۱,۴۰۰,۴۶۷
۳	هزینه‌های انجام شده سال ۱۳۹۹	۱,۴۹۲,۱۷۵,۶۳۶
۴	<b>مانده پایان سال ۱۳۹۹</b>	<b>۵۴۲,۲۵۸,۵۰۲</b>

قابل توجه صاحبان صنایع، تولیدکنندگان، پیمانکاران و شرکت‌های خدماتی

با تبلیغ در رسانه‌های نیشکر همواره در کنار صنعت نیشکر خواهید ماند!

## فصلنامه تخصصی، ترویجی نیشکر

\* پذیرش تبلیغات در صفحات تمام رنگی گلاسه

\* توزیع در سراسر کشور با تیراژ ۷۰۰ نسخه برای صنایع نیشکری، چغندر قند و صنایع جانبی، مدیران، تصمیم‌سازان، تولیدکنندگان و اعضاء جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران

\* سایت جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران

\* پذیرش تبلیغ بصورت انیمیشن در کادرهای جذاب و متحرک

\* جامع‌ترین سایت نیشکر و صنایع جانبی با بالاترین بازدیدکننده در روز



وب سایت جمعیت: <https://irssct.com>

پست الکترونیک: [irssct@gmail.com](mailto:irssct@gmail.com)

تلفن: ۰۶۱-۳۳۱۳۰۳۶۰



# فراخوان ارسال مقاله

## موضوعات و محورهای مقالات:

کشاورزی	بیولوژی	مدیریت	صنایع جانبی
خاک و تغذیه گیاه	بیماری شناسی گیاه	تکنولوژی اطلاعات	مهندسی
کشاورزی عمومی	بیولوژی مولکولی	اقتصاد	مکانیکال
آبیاری و زهکشی	اصلاح نباتات	مشاوره	الکترونیک
محیط زیست	حشره شناسی	بازاریابی	برق
فیزیولوژی			انرژی
خاکورزی			فرآیند

### نحوه ارسال مقالات:

علاقمندان می توانند آثار و مقالات خود را جهت داوری و چاپ در نشریه علمی جمعیت علمی فن آوری نیشکر ایران؛ از طریق سایت جمعیت به آدرس [WWW.IRSSCT.COM](http://WWW.IRSSCT.COM) و یا به ایمیل [IRSSCT@GMAIL.COM](mailto:IRSSCT@GMAIL.COM) ارسال نمایند.

مقالات ارسالی می بایست در حوزه نیشکر و صنایع جانبی از جمله کشاورزی، صنایع وابسته به نیشکر، منابع انسانی در شرکتهای توسعه نیشکر و ... باشد.

عرضه مستقیم محصولات (از تولید به مصرف)  
با افتتاح اولین نمایشگاه و مرکز فروش دائمی  
و حذف واسطه در شهرک دروگران اهواز

# لوحة سبز جنوب



تولید کننده

MDF خام و ملامینه (سفید/رنگی)

چسب MF و UF

خوزستان / شوشتر / بخش شعبیه /

محوطه صنعتی کشت و صنعت امام خمینی (ره)

کد پستی : ۶۴۵۳۱۳۹۱۱۵

تولید کننده MDF با خط پیوسته تمام اتوماتیک ساخت آلمان با ظرفیت سالانه ۱۳۱,۰۰۰ متر مکعب با ضخامت های ۸ تا ۳۲ میلیمتر.

دارای خط تولید چسب اوره فرمالدئید و تولید چسب UF و MF خط آغشته سازی با ظرفیت تولید روزانه ۱۶۰ تن

دارای خط روکش ملامینه دابل با تکنولوژی Siempelkamp با ظرفیت روکش ۴ هزار تخته در روز با روکش های برفی ، بر جسته ، صابونی و براق .

دارای خط آغشته سازی کاغذ با ظرفیت ۱۲ هزار برگ در روز

دارای استاندارد های ISO 45001:2018 , ISO 14001:2015 , ISO 9001:2015 , ISO 26000:2017



LOHE SABZE JONOOB



LOHE SABZE JONOOB



LOHE SABZE JONOOB



☎ ۰۶۱-۳۳۱۳۷۴۸۰

🖨 ۰۶۱-۳۳۱۳۷۳۴۴

🌐 WWW.LOHESABZ.COM

✉ MDF\_LOHESABZ@YAHOO.COM