



کارافن

فصلنامه علمی - پژوهشی دانشگاه فنی و حرفه‌ای

دوره هفدهم - شماره دو - شماره پیاپی ۴۸

تابستان ۱۳۹۹

درجه علمی فصلنامه علمی - پژوهشی کارافن طی نامه شماره ۳/۱۸/۶۰۸۳۷ از طرف تاریخ ۱۳۹۲/۰۴/۳۰

کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ابلاغ گردیده است.

فصلنامه علمی - پژوهشی کارافن در پایگاه استنادی علوم کشورهای اسلامی (ISC) نمایه می‌شود.

صحت آرا و اندیشه‌های مندرج در هر مقاله، به عهده نویسنده (ها) است.

آدرس: تهران، میدان ونک، خیابان برزیل شرقی، پلاک ۴، سازمان مرکزی دانشگاه فنی و حرفه‌ای

کد پستی: ۱۴۳۵۷۶۱۱۳۷

تلفن: ۰۲۱-۴۳۳۵۰۴۱۶

پست الکترونیک: karafan@tvu.ac.ir

وبسایت نشریه: <http://karafan.tvu.ac.ir>

فصلنامه علمی - پژوهشی دانشگاه فنی و حرفه‌ای
دوره هفدهم - شماره دو - شماره پیاپی ۴۸
تابستان ۱۳۹۹

کارافتن



صاحب امتیاز: دانشگاه فنی و حرفه‌ای
مدیر مسئول: دکتر ابراهیم صالحی عمران
سر دبیر: دکتر نعمت‌اله عزیزی
مدیر داخلی: دکتر آذرچهر صحت

طراحی و اجرای جلد:
مهندس محمد مشتاقی - سمیرا داناسرشت
ویرایش و صفحه‌آرایی:
لامعه هاشمی، عاطفه طهماسبی
فاطمه راستی، مهری پوینده کیا

اعضای هیئت تحریریه:

استاد دانشگاه مازندران و دانشگاه فنی و حرفه‌ای
استاد دانشگاه کردستان
استاد دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
استاد دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دانشیار دانشگاه یزد و دانشگاه فنی و حرفه‌ای
دانشیار دانشگاه فنی و حرفه‌ای
دانشیار دانشگاه فنی و حرفه‌ای
دانشیار دانشگاه فنی و حرفه‌ای

دکتر ابراهیم صالحی عمران
دکتر نعمت‌اله عزیزی
دکتر محسن جهانشاهی
دکتر سید علی اصغر قریشی
دکتر مسعود شفیعی
دکتر سید حیدر میرفخرالدینی
دکتر ویدا تقوایی
دکتر علیرضا فتحی
دکتر اکبر جعفری

اساتید محترمی که در داوری و ارزیابی مقالات این شماره همکاری داشته‌اند:

علی اکبر ابراهیمی ششکی، روزبه اسدی خوانساری، مهدیه اسدی زیدآبادی، سکینه بابایی، وحید بهرام پور، جواد توکلی، حبیب الله خادمی اسلام، سید ناصر خالقی میران، علیرضا کریم‌زاده، حسن ضیائی طبری، اردشیر عبدی، پانته‌آ عمرانی، سمانه قاسمی، مینا مهدوی یکتا، سعید رضا یعقوبی.

راهنمای نگارش و نحوه ارسال مقاله‌های علمی فصلنامه علمی - پژوهشی کارافن

۱. هدف نشریه کارافن انتشار نتایج پژوهش‌ها، مقاله‌ها، تجربه‌های علمی و کاربردی استادان و پژوهشگران دانشگاه و خارج از دانشگاه در محورهای مصوب کارافن است که به دو زبان فارسی و انگلیسی چاپ می‌شود.
۲. زمان فرایند داوری مقالات حداکثر سه ماه است.
۳. مقاله‌ها از طریق پایگاه اینترنتی نشریه (لینک آن در سایت دانشگاه فنی و حرفه‌ای موجود است) به نشانی karafan.tvu.ac.ir قابل ارسال است و تمامی فرایند داوری و پیگیری از طریق سایت امکان‌پذیر خواهد بود.
۴. نویسنده مسئول مکاتبات ابتدا باید در سامانه کارافن (بخش حساب کاربری) به عنوان «نویسنده» ثبت‌نام و پس از تکمیل فرم مربوط به اطلاعات فردی، برای بارگذاری مقاله به قسمت «ارسال مقاله» مراجعه کند. گفتنی است نویسنده باید پیش از بارگذاری فایل‌های مربوط، مقاله را بر اساس راهنمای تدوین مقالات کارافن تنظیم کرده باشد.
۵. آثار ارسالی نباید پیش‌تر در هیچ نشریه‌ای به چاپ رسیده یا هم‌زمان به مجله دیگری ارسال شده باشند.
۶. هر مقاله توسط دو داور متخصص در موضوع مقاله ارزیابی می‌شود و پس از کسب دو نظر موافق و تأیید هیئت تحریریه، در نوبت چاپ قرار خواهد گرفت.
۷. مقاله‌ها باید در نرم‌افزار Microsoft word 2010-2013 یا بالاتر در قطع وزیری تهیه شوند و تعداد کل صفحات بیشتر از بیست صفحه نباشد. تمامی معادله‌ها، عبارت‌های ریاضی و فرمول‌ها با نرم‌افزار Mathtype نگارش و در فایل مقاله ضمیمه شوند.
۸. فایل هر مقاله باید در نسخه‌های الکترونیکی Word و Pdf همراه فرم تعهدنامه نویسنده‌ها که در فایل جداگانه‌ای در قسمت راهنمای نویسنده‌ها قرار گرفته است، در وبگاه مجله بارگذاری شود.
۹. برای داوری منصفانه و علمی مقاله، ضروری است نویسنده مسئول مکاتبات یک نسخه از مقاله (ترجیحاً نسخه Word) را بدون بیان مشخصات فردی در سامانه بارگذاری کند. همچنین در نسخه Pdf مقاله، مشخصات فردی نویسنده (ها) (اعم از مرتبه علمی، میزان تحصیلات، شماره تماس، نام سازمان/محل خدمت، ایمیل و...) نگاشته شود.
۱۰. عنوان جداول در بالا، و عنوان تصاویر در پایین آن‌ها نوشته شود که باید شامل منابع و مآخذ مورد استفاده بوده و به ترتیب شماره‌گذاری شوند.
۱۱. در مقاله‌های به زبان فارسی، تمام اعداد در متن و جدول‌ها (بجز فهرست منابع انگلیسی) به صورت فارسی تایپ شوند.
۱۲. هر مقاله باید به ترتیب دارای بخش‌های زیر باشد تا در فهرست مقاله‌های قابل داوری ثبت شود:
عنوان: غیرتکراری، فاقد ابهام و نارسایی و دارای همخوانی با محتوای مقاله باشد.

چکیده: باید دربرگیرنده طرح موضوع، مسئله، هدف، روش تحقیق، یافته‌ها و نتیجه باشد. چکیده فارسی بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ کلمه و چکیده انگلیسی نیز برگردان کامل چکیده فارسی باشد.

واژه‌های کلیدی: شامل ۵-۷ کلمه که به صورت تک‌واژه، بیانگر محتوای مقاله بوده و امکان جست‌وجوی مخاطبان را فراهم آورد (به دو زبان فارسی و انگلیسی).

چهارچوب مقاله: تمامی عنوان‌های به‌کاررفته از مقدمه تا نتیجه‌گیری باید به صورت سلسله‌مراتبی شماره‌گذاری شود که بدین شرح است:

مقدمه: شامل مبانی نظری، تجربی و بیان مسئله

اهداف و پرسش‌های پژوهش

روش‌شناسی

یافته‌ها

نتیجه‌گیری: باید منطقی، مفید، روشن‌کننده بحث و بیانگر یافته‌های تحقیق باشد.

تشکر و قدردانی

پی‌نوشت‌ها: شامل اصطلاحات، معادل‌های خارجی و توضیحات ضروری هستند که باید در متن مقاله به ترتیب شماره‌گذاری شده و در همان صفحه آورده شوند.

فهرست منابع: شایسته است از منابع جدید و معتبر به گونه‌ای در تنظیم مقاله‌ها استفاده شود که حداقل نیمی از آن‌ها در پنج سال اخیر منتشر شده باشند. ضروری است منابع مورد استفاده به ترتیب شماره آن در متن مقاله، پشت سر هم قرار گیرند. همچنین در منابع با سال متفاوت انتشار، نگارنده (گان) به ترتیب صعودی سال انتشار آورده شوند.

ترتیب نگارش فهرست منابع با استفاده از الگوی APA

کتاب‌ها: نام‌خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده (سال انتشار)، عنوان کتاب، نام مترجم یا مصحح، محل نشر: نام ناشر.

مثال:

نوروزی چاکلی، ع؛ حسن‌زاده، م؛ نورمحمدی، ح. (۱۳۸۸)، *سنجش علم، فناوری و نوآوری*، تهران: مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور.

مقاله‌ها: نام‌خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده (سال انتشار)، «عنوان مقاله»، نام مجله، جلد، شماره مجله، شماره صفحه‌های مقاله در مجله.

مثال:

براتی‌مارنانی، الف. (۱۳۸۹)، «بررسی فرهنگ سازمانی بیمارستان شهید هاشمی‌نژاد تهران»، مدیریت سلامت، ج ۱۳، ش ۴۰، صص ۶۳-۷۲.

مقاله‌های کنفرانس: نام‌خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده (سال نشر)، «عنوان مقاله»، نام کنگره، سال، ماه، روز، نام شهر، کشور.

مثال:

ثقفی، م؛ شریفی، م و هلجی‌اسدی، م. (بهار ۱۳۸۴)، «بررسی پتانسیل باد سیاهپوش در استان قزوین برای احداث نیروگاه برق بادی»، پنجمین همایش ملی انرژی، تهران، ایران.

پایان‌نامه: نام‌خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده (سال انتشار)، «عنوان کامل پایان‌نامه»، مقطع تحصیلی، نام دانشگاه، صفحات.

مثال:

مشکینیان، ع. (۱۳۸۱)، «بررسی و ارزشیابی محیطی و بیولوژیکی میزان غلظت سرب در کارگران خدمات شهری شاغل در یکی از مناطق پرتراфик تهران»، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، صص ۵۷-۵۳ و ۹۴-۸۸.

منابع الکترونیک: نام‌خانوادگی نویسنده (ها)، نام نویسنده (ها)، (سال انتشار)، «نام مقاله»، نام نشریه، سال انتشار، ماه، شماره مقاله. نام سایت اینترنتی.

مثال:

Sharma, C. M. (2003), "Effect of exposure to aluminum on fish in acidic waters", See information in: <http://www.geocities.com/chhatra-sharma/ecotoxicology.pdf>. 17p.

۱۳. ارجاع داخل متن

رشته‌های فنی و مهندسی، هنر و معماری، کشاورزی و علوم پایه:
ارجاع منابع در متن مقاله به شیوه عددگذاری باشد و شماره منبع انتهایی، در داخل متن به شکل کروشه مانند نمونه قرار بگیرد. مثال: [۴]

رشته‌های کارآفرینی و مدیریت (علوم انسانی):

نام خانوادگی مؤلف یا نام معروف، تاریخ نشر اثر: صفحه یا صفحات. نیازی به نوشتن «ص» برای شماره

صفحات نیست. همچنین اعداد از راست به چپ نوشته شوند؛ مثل (۱۲۲-۱۳۶) متن ارجاعی (نقل قول مستقیم) باید داخل گیومه و نشانی آن به ترتیب گفته شده، داخل پرانتز قرار گیرد؛ مثل (سیف، ۱۳۶۸: ۴۲۶).

اگر در متن به چند اثر از یک نویسنده ارجاع داده شود، هر کدام از آن آثار بر مبنای تفاوت تاریخ نشر تفکیک می شود و در منابع پایانی، با نام اثر مشخص خواهد شد.

• در صورتی که به دو اثر چاپ شده از یک مؤلف در یک سال ارجاع داده شود، لازم است ابتدا در منابع پایانی، با نوشتن «الف» و «ب» در کنار سال چاپ، آن ها را از هم متمایز کنید و سپس در منابع داخلی، بعد از نام خانوادگی مؤلف، سال چاپ به همراه «الف» یا «ب» نوشته شود؛ برای مثال (حسینی، ۱۳۸۹ الف: ۲۶) توجه: عکس ها، تصاویر، نمودارها و جداول با کیفیت مناسب و با اشاره به منبع مورد استفاده (نام خانوادگی نویسنده، سال انتشار، شماره صفحه) تهیه شود.

۱۴. عکس ها، تصاویر و نمودارها حداقل با وضوح ۳۰۰ نقطه در اینچ (300 dpi) با قالب مناسب Tiff و اندازه A5 تهیه و علاوه بر متن، در فایل جداگانه ای ضمیمه مقاله شوند.

۱۵. مسئولیت هر مقاله از نظر علمی، ترتیب اسامی نویسنده ها و پیگیری، به عهده نویسنده مسئول آن خواهد بود. نویسنده مسئول باید تعهدنامه ارسال مقاله را از سایت دانلود و پس از تکمیل، در هنگام ثبت نام ارسال کند.

۱۶. تعداد و ردیف نویسنده های مقاله به همان صورتی که در تعهدنامه ارائه شده است، مورد قبول است. تقاضای حذف یا تغییر در ترتیب اسامی نویسنده ها تنها پیش از داوری نهایی و با درخواست کتبی تمامی نویسنده ها و اعلام علت درخواست، قابل بررسی است.

۱۷. گواهی پذیرش مقاله پس از اتمام مراحل داوری و ویراستاری و تصویب نهایی هیئت تحریریه، توسط مدیر مسئول فصلنامه صادر و به اطلاع نویسنده مسئول خواهد رسید.

۱۸. کارافن، مقاله های تأیید شده را طبق شیوه نامه خود ویرایش می کند.

۱۹. مطالب مطرح شده در مقاله ها، الزاماً بیانگر دیدگاه کارافن نیست.

۲۰. صحت آرا و اندیشه های مندرج در هر مقاله، به عهده نویسنده (ها) است.

۲۱. چاپ مقاله های منتشر شده در کارافن در سایر مجله ها و کتاب ها، با بیان مأخذ بلامانع است.

- ۱۳ برآورد بیلان انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری (مطالعه موردی: استان قزوین)
رسول لقمانپور زرینی، حسن نبی پور افروزی
- ۲۳ عصاره جلبک دریایی، دستاوردی برای کشاورزی ارگانیک
سعیدرضا یعقوبی
- ۳۵ بررسی حساسیت ده رقم انگور ایرانی به کرم خوشه‌خوار
محمد شجاع‌الدینی، رقیه امیری، سکینه بابائی
- ۵۵ بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب کاج جنگلی کندسوز و ترموود شده
انوشه فاضلی، آیسونا طلائی
- ۶۹ شناسایی و تبیین شاخص‌ها و راهکارهای تولید پاک‌تر در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط (MDF)
فاطمه حسنی خورشیدی، مجید عزیزی، حمید زارع حسین‌آبادی، مهدی فائزی پور
- ۸۵ بررسی روند تغییرات ویژگی‌های مورفولوژی و آناتومی چوب درخت زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior*) در محور شعاعی ساقه (مطالعه موردی استان مازندران)
علی حسن پور تیچی، مجتبی رضائزاد دیوکلائی، امین خطیری، رضا علیزاده
- ۹۷ بیان ژن IGF-I در عضله سینه و ارتباط آن با وزن بدن در نژادهای بلدرچین ژاپنی و مانچوریا
وحید بهرام پور
- ۱۰۷ تاثیر تغذیه‌ای سطوح مختلف جلبک کلرلا بر میزان تخم، لارو، شفیره، ذخیره‌گرده و جمعیت کلونی‌های زنبورعسل (*Apis mellifera*)
سکینه بابایی، سید ناصر خالقی میران، محمد شجاع‌الدینی، غلامعلی نهضتی پاقلعه
- ۱۱۷ اثر پژمرده‌سازی و استفاده از اسید فرمیک و اسید سولفوریک بر ترکیب شیمیایی، تجزیه‌پذیری و پایداری هوازی سیلاژ یونجه
سمانه قاسمی، مهدی بهگر

۱۲۷ بررسی و تحلیل سینتیک خشک کردن لایه‌های هویج با آون میکروویو
مانی قنبری، سید مهدی صحراییان

۱۳۵ تأثیر نوع حلال، زمان و روش استخراج بر ترکیبات شیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی
عصاره پوست بادمجان
شیما کاوه، علیرضا صادقی ماهونک، خشایار سرابندی

سخن سردییر

رشد تصاعدی جمعیت در جهان و محدودیت منابع ضروری برای تأمین غذای کافی برای چنین جمعیتی از یک طرف و شکاف عظیم در برخورداری از مواهب زندگی میان کشورهای "شمال" و "جنوب" عملاً سبب شده است تا تعداد فقرا و مستمندان و کسانی که از قوت لازم برای ادامه حیات برخوردار نیستند روز بروز افزایش یابد. این چالش انسانی در سال‌ها و دهه‌های اخیر به دلیل دستکاری غیرمسئولانه انسان در عرصه‌های طبیعی و بهره‌برداری تخریب‌گرانه از منابع آبی، خاکی و برداشت بی‌رویه سودجویانه از منابع جنگلی به تشدید بحران‌های زیست‌محیطی نظیر سیل و طوفان‌های سهمگین، خشک‌سالی‌های پی در پی و در نتیجه از بین رفتن تعادل در چرخه حیات در این کره خاکی انجامیده و زنگ خطر را به صدا در آورده است. طبیعتاً در صورت عدم بازنگری اساسی در رویه‌های جاری و سیاست‌های کاری در این خصوص و بی‌تفاوتی نسبت به تدوین برنامه‌های راهبردی برای مدیریت صحیح منابع طبیعی نه تنها امکان ادامه حیات بشر در زمین با چنین مخاطرات عظیم اقلیمی از او سلب خواهد شد بلکه امکان تأمین غذای سالم و کافی برای قشر کثیری از انسان‌ها به‌ویژه در مناطق کمتر توسعه یافته و فقیر ممکن نخواهد بود. از این‌رو در کنار فرهنگ‌سازی، و بهره‌گیری از پتانسیل نظام‌های آموزشی در راستای اصلاح تغییر بینش و منش افراد نسبت به ضرورت صیانت و پاسداشت از منابع خدادادی و استفاده منطقی و بهینه از چنین منابعی به نحوی که امکان استفاده از آن برای نسل‌های بعدی میسر گردد مسئولیت مهمی را نیز متوجه اساتید، پژوهشگران و دانش‌پژوهان در حوزه مطالعات کشاورزی، آب و خاک، مطالعات زیست‌محیطی و بسیاری از زمینه‌های علمی مرتبط با این حوزه‌ها کرده است. بر این مبنا از همه پژوهشگران و اصحاب قلم در این حوزه‌های معرفتی بسیار راهبردی و اثرگذار انتظار می‌رود تا با بهره‌گیری از دستاوردهای جدید علمی و فناوری راه‌های نوینی را برای مدیریت اثربخش‌تر منابع طبیعی و سلامت پایدار غذایی در جامعه بشری در پیش رو سیاست‌گذاران و مدیران نهادهای دولتی، غیردولتی، سازمان‌های مردم‌نهاد حامی محیط‌زیست و کلیه آحاد جامعه بگشایند. بی‌تردید اهتمام جمعی، خودآگاهانه و مسئولانه همه اعضای جامعه به‌ویژه نخبگان علمی در جامعه بشری می‌تواند زمینه توسعه پایدار را در زمین و برای ساکنان آن به ارمغان بیاورد.



Estimation of Energy Balance and Greenhouse Gas Emissions in Dairy Farms (Case study: Qazvin Province)

Rasul Loghmanpour Zarini^{1*} , Hasan Nabipour Afrouzi²

¹Faculty Member, Department of Agricultural Machinery, Sari College of Agricultural, Technical and Vocation University, Mazandaran Province, Iran.

²Faculty Member, Department of Animal Sciences, Sari College of Agricultural, Technical and Vocational University, Mazandaran Province, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 04.26.2020

Revised: 08.23.2020

Accepted: 09.12.2020

Keyword:

Energy

Economy

Inputs

Cattle farms

Greenhouse gases

***Corresponding Author:**

Rasul Loghmanpour Zarini

Email:

R-loghmanpour@TVU.ac.ir

ABSTRACT

Investigation of energy consumption and its management in industrial and semi-industrial units of livestock breeding is one of the most important issues in economy and energy of these units. The present study was conducted to investigate the energy flow and greenhouse gas emissions in dairy farms in Qazvin Province. Data was collected through questionnaires and face-to-face interviews with 62 dairy farm managers. The results showed that the total energy input to produce one liter of milk was 27.8 MJ. In addition, livestock and fuel feeders with 48% and 29% share were the most energy consuming units. Energy efficiency in this study was estimated to be 0.25. Greenhouse gas emissions were calculated to be 0.65 kg of carbon dioxide per liter of milk and among the inputs used, machinery and fuel accounted for 72% and 24% of greenhouse gas emissions, respectively. Based on the results obtained, it is possible to increase energy efficiency and reduce environmental impacts by replacing low performance machines and equipment with higher performance ones and by consuming natural gas fuel instead of diesel fuel. It is also possible to reduce energy consumption by appropriately managing diets and using optimal nutritional patterns and suitable nutrition.





برآورد بیلان انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری (مطالعه موردی: استان قزوین)

رسول لقمانپور زرینی^{۱*}، حسن نبی پور افروزی^۲

- ۱- عضو هیات علمی، گروه ماشین‌های کشاورزی، آموزشکده کشاورزی ساری، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران.
- ۲- عضو هیات علمی، گروه علوم دامی، آموزشکده کشاورزی ساری، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران.

چکیده

بررسی میزان مصرف انرژی و مدیریت آن در واحدهای پرورش دام، یکی از مهم‌ترین مسائل در اقتصاد و انرژی این واحدها است. مطالعه حاضر جهت بررسی جریان انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاوشیری استان قزوین اجرا شد. اطلاعات از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری با ۶۲ مدیر واحدهای پرورش گاوشیری جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که مجموع انرژی‌های ورودی جهت تولید یک لیتر شیر برابر با ۲۷/۸ مگاژول بوده است. همچنین نهادهای خوراک دام و سوخت با سهم ۴۸ و ۲۹ درصدی پرمصرف‌ترین نهادهای انرژی بودند. کارایی انرژی در این مطالعه برابر با ۲۵/۰ برآورد شد. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ۰/۶۵ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن به ازای تولید یک لیتر شیر محاسبه شد که در بین نهادهای مورد استفاده، ماشین‌ها و سوخت با سهم ۷۲ و ۲۴ درصدی بیشتری نقش را در انتشار گازهای گلخانه‌ای را دارا بودند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان با جایگزین نمودن تجهیزات با عملکرد بالاتر و با مصرف سوخت گاز طبیعی به جای سوخت دیزل، سبب افزایش کارایی انرژی و همچنین کاهش آثار سوء زیست محیطی شد. همچنین با مدیریت و جیره‌بندی صحیح و استفاده از الگوهای تغذیه بهینه و خوراک مناسب می‌توان مصرف انرژی خوراک را کاهش داد.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۰۷

بازنگری مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۰۲

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۲۲

کلید واژگان:

انرژی

اقتصاد

نهاده

واحدهای پرورش گاو

گازهای گلخانه‌ای

*نویسنده مسئول: رسول لقمانپور زرینی

پست الکترونیکی:

R-loghmanpour@TVU.ac.ir



مقدمه

با توجه به گسترش روزافزون جمعیت جهان، افزایش شهرنشینی و افزایش سطح رفاه عمومی، نیازهای انسان روز به روز در حال افزایش است و با توجه به اینکه منابع موجود پاسخگوی نیازهای اساسی انسان در قرن حاضر نیستند، مشکلات گسترده‌ای در تامین نیازهای اساسی انسان از جمله غذا به وجود آمده است. از آنجا که تامین نیازهای اساسی خصوصاً غذا از اولویت‌های راهبردی هر کشوری است و دیگر امکان تولید غذای کافی با روش‌های معمول گذشته وجود ندارد، تولید غذا نیز به سمت صنعتی شدن پیش می‌رود. برای صنعتی شدن، نیاز به مصرف بیش‌تر انرژی است. طبیعی است که منبع انرژی‌هایی که امروزه در این بخش‌ها مصرف می‌شود، محدود می‌باشند. این جاست که بحث ناپایداری انرژی، به‌خصوص انرژی‌های فسیلی مطرح می‌گردد و در نتیجه، چالش مهمی در تولید مواد غذایی به وجود می‌آید. اهمیت مصرف پروتئین حیوانی به دلیل وجود درصد قابل توجهی از اسیدهای آمینه ضروری و مورد نیاز انسان است که نقش مهمی در شکل‌گیری ساختمان بافت‌ها و ترمیم آن‌ها دارد. با توجه به این مهم و همچنین افزایش گسترده شهرنشینی، تقاضای جهانی برای مصرف شیر و گوشت بالا رفته و این روند در دهه‌های پیش‌رو افزایش بیش‌تری هم خواهد داشت. با توجه به میزان بالای تقاضا و عدم جوابگویی سیستم سنتی دامپروری، واحدهای سنتی به واحدهای صنعتی تبدیل شده‌اند. جهت افزایش میزان عملکرد در این واحدها نیاز به استفاده از تجهیزات صنعتی است، طبیعی است که استفاده از تجهیزات، باعث مصرف بیش‌تر انرژی سوخت-های فسیلی و الکتریسته خواهد شد اما به دلیل بالا بودن قیمت انرژی از یک سو و روبه پایان بودن منابع انرژی از سوی دیگر، لزوم توجه به انرژی مصرفی در تولید ضروری است. بنابراین استفاده موثر و کارآمد انرژی در واحدهای دامپروری باید مورد توجه قرار گیرد. با آگاهی از میزان تأثیر هر نهاده بر عملکرد می‌توان تا حد امکان از مصرف غیر ضروری نهاده‌ها خودداری نمود.

در رابطه با تحلیل مصرف انرژی در واحدهای دامپروری تحقیقات گوناگونی صورت گرفته است از جمله در مطالعه‌ای در کشور اتریش، در خصوص بررسی انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری، الکتریسته و سوخت به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی مستقیم در کلیه مراحل تولید، از تولید علوفه تا تولید شیر در اندازه‌های مختلف گله شناخته و بررسی شده است [۱]. در بررسی دیگری در خصوص انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری در کانادا، میزان الکتریسته مصرفی بسیار بیش‌تر از سایر نهاده‌های انرژی ورودی گزارش شده است [۲] بررسی واحدهای پرورش گاو شیری در استان فلاندی کشور بلژیک در بازه‌های زمانی متفاوت، نشان داده است که مصرف انرژی مستقیم (گازوئیل، انواع روغن‌ها و الکتریسته) در مقابل انرژی غیر مستقیم (ماشین‌ها و تجهیزات، خوراک دام و نهاده‌های لازم جهت تولید علوفه) بسیار قابل توجه می‌باشد چنانچه گازوئیل مصرفی بیش‌ترین سهم را در انرژی ورودی داشته است [۳] بررسی‌ها در ایران نیز نشان داده است که از بین انرژی‌های ورودی، انرژی خوراک مصرفی با میانگین ۴۱۵۴۹ مگاژول برای هر راس دام بیش‌ترین میزان انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است [۴].

بنابراین با توجه به این ناپایداری و تا زمان فراگیر شدن استفاده از انرژی‌های نو در تولید، توجه به بازده مصرف انرژی ضروری است. با کاهش بازده انرژی از ماکزیمم مقدار علاوه بر مصرف انرژی بیش‌تر برای تولید، مقدار بیش‌تری انرژی از چرخه تولید خارج شده و وارد محیط می‌گردد و در نهایت پدیده شوم گرم شدن زمین را سبب می‌گردد. توجه هم زمان به افزایش بازده انرژی و کاهش اثرات زیان بار روی محیط زیست، باعث تحقق بخشیدن به اهداف کشاورزی پایدار خواهد شد. بنابراین استفاده درست از انرژی در همه بخش‌های مصرف کننده از جمله کشاورزی و دامداری می‌تواند تولید پایدار، تولید اقتصادی، کندشدن روند اتمام ذخایر فسیلی و جلوگیری از آلودگی هوا را در پی داشته باشد. مدیریت مصرف انرژی تنها و نزدیک‌ترین راه برای رسیدن به این هدف است. یکی از راه‌های مدیریت انرژی تجزیه و تحلیل انرژی مصرفی و تعیین شاخص‌های مصرف انرژی است، علاوه بر این

تعیین میزان انتشار CO₂ به ازای انرژی مصرفی نیز می‌تواند به عنوان ابزار تحلیلی در اختیار قرار گیرد تا در کنار تحلیل‌های مربوط به انرژی مصرفی، میزان آلاینده‌ی انرژی مصرفی نیز محاسبه گردد.

تحقیقاتی در رابطه با انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری جهت تولید شیر محاسبه و برآورد گردیده است که به برخی از آن‌ها اشاره شده است. در سال ۲۰۰۳ میزان دی اکسید کربن انتشار یافته برای هر کیلوگرم شیر در استرالیا ۱/۰۴۵ کیلوگرم برآورد شد [۵] که در سال ۲۰۱۲ این مقدار به ۱/۱۱ کیلو گرم برای هر کیلو شیر افزایش یافته است [۶]. در آلمان میزان دی اکسیدکربن انتشار یافته برای هر کیلوگرم شیر ۱/۹۹ کیلوگرم محاسبه شده است [۷]. با توجه به اینکه تاکنون مطالعه جامعی در مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری شهرستان قزوین صورت نگرفته است، بنابراین این مطالعه به بررسی و تحلیل انرژی نهاده‌ها و انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداخته است.

روش شناسی

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق سال ۹۸-۱۳۹۷ از واحدهای پرورش گاو شیری شهرستان قزوین در ایران و با استفاده از روش مصاحبه حضوری با دامداران و پرسشنامه‌ای به دست آمد. دوره شیردهی گاو در طول سال معمولاً ۳۰۵ روز است و ۶۰ روز دوره خشکی دارند. حجم نمونه برای به دست آوردن اطلاعات با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی محاسبه و تعیین شده است. با استفاده از رابطه ۱، از ۱۴۳ واحد پرورش گاو شیری فعال در منطقه مورد مطالعه مطابق با نتایج آمارگیری از گاوداری صنعتی کشور (مرکز آمار ایران) [۸]، اطلاعات ۶۲ واحد مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 21 استفاده شد. حجم نمونه برای به دست آوردن اطلاعات با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی (فرمول ۱) محاسبه و تعیین گردید [۹].

$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2} \quad (1)$$

که در آن 'N' حجم جامعه آماری، 'n' حجم نمونه، 't' ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به دست می‌آید، 'S²' برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه، 'd' دقت احتمالی مطلوب است [۱۰] محاسبه حجم نمونه در سطح ۹۵٪ و با خطای ۵٪ صورت گرفته است.

برای تبدیل نهاده‌های ورودی و حامل‌های انرژی مورد استفاده در واحدهای پرورش گاو شیری، به انرژی معادل مصرفی، از ضرایب معادل تبدیل انرژی استفاده شده است. مقدار این ضرایب برای هر نهاده مستخرج از تحقیقات علمی معتبر گذشته در جدول ۱ آورده شده است. برای برآورد انرژی ماشین‌ها و تجهیزات از فرمول ۲ استفاده شده است [۴].

$$ME = \frac{G \times M_p \times t}{T} \quad (2)$$

که در آن 'ME' انرژی معادل ماشین‌ها و تجهیزات، 'MP' معادل انرژی فرایند تولید ماشین‌ها، 't' ساعت کار ماشین در هر دوره، 'G' وزن ماشین و 'T' ساعت عمر مفید ماشین است.

در این واحدها سوخت‌های فسیلی، ماشین‌ها و تجهیزات، الکتریسته، آب و خوراک مصرفی دام، نیروی کار، به عنوان نهاده‌های ورودی و شیر، گوشت و کود گاوی به عنوان نهاده‌های خروجی در نظر گرفته شد، که با تعیین مقدار مصرف هر یک و برآورد معادل انرژی آن میزان انرژی ورودی و انرژی خروجی در دوره شیردهی محاسبه شد.

جدول ۱. محتوی انرژی نهاده های ورودی و خروجی در واحدهای پرورش گاو شیری

منبع	محتوی انرژی MJ/Unit	نهاده ها و استانداردها
[۱۱]	۶۲/۷	تجهیزات و ماشین های دامپروری (hr)
[۱۱]	۴۷/۸	گازوویل (l)
[۱۱]	۴۶/۳	بنزین (l)
[۱۱]	۳۶/۷	نفت (l)
[۱۱]	۴۹/۵	گاز طبیعی (m ³)
[۱۲]	۱۱/۹۳	الکتریسته (Kwh)
[۱۲]	۱/۹۶	نیروی کارگری (h)
[۱۳]	۶/۳	کنسانتره (kg)
[۱۴]	۲/۲	سیلوی ذرت (kg)
[۱۵]	۱/۵	یونجه (kg)
[۱۳]	۳/۸۱	جو (kg)
[۱۳]	۲/۷۷	کاه گندم (kg)
[۱۶]	۷/۱۴	شیر (kg)

پس از تعیین میزان انرژی مصرفی و تولیدی، تجزیه و تحلیلی در رابطه با چرخه انرژی در واحدهای پرورش گاو شیری و تولید شیر صورت گرفته که از شاخص های انرژی برای این تحلیل ها استفاده شده است. که این شاخص ها عبارتند از [۱۰]:

$$E.R = \frac{E_{out}}{E_{in}} \quad (۳)$$

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad (۴)$$

$$EP = \frac{Y}{E_{in}} \quad (۵)$$

$$SE = \frac{E_{in}}{Y} \quad (۶)$$

در فرمول های فوق 'E.R' نسبت انرژی، 'NEG' خالص افزوده انرژی (مگاژول به ازای هر راس گاو)، 'EP' بهره وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)، 'SE' انرژی مخصوص (مگاژول بر کیلو گرم)، 'E in' انرژی مصرفی در سیستم (مگاژول به ازای هر راس گاو)، 'Eout' انرژی خروجی از سیستم (مگاژول برای هر راس گاو) و 'Y' عملکرد (کیلوگرم محصول تولیدی به ازای هر راس گاو) است. علاوه بر این، برای تحلیل انرژی نیاز به تعیین ماهیت انرژی های مصرفی از نظر انرژی های مستقیم (RE) و انرژی های غیرمستقیم (IDE) و همچنین انرژی تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر می باشد [۱۲].

در این تحقیق انتشار گازهای گلخانه ای (شامل CH₄, N₂O, CO₂) بر حسب دی اکسیدکربن برای نهاده های سوخت، الکتریسته، ماشین ها و تجهیزات در واحد پرورش گاو شیری مورد بررسی قرار گرفت. ضرایب انتشار هریک از این نهاده ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. ضرایب انتشار دی اکسید کربن نهاده‌های ورودی و خروجی واحدهای پرورش گاو شیری

منبع	ضریب انتشار دی اکسید کربن	واحد	نهاده‌ها
[۱۷]	۰/۰۷۱	MJ	ماشین‌ها و تجهیزات
[۱۸]	۲/۷۶	l	گازوئیل
[۱۸]	۰/۸۵	kg	بنزین
[۱۸]	۰/۶	m ³	گاز طبیعی
[۱۷]	۰/۶۰۸	kW h	الکتریسته

یافته‌ها

نتایج مربوط به این مطالعه در چهار بخش جریان انرژی، میزان مصرف انرژی، بهره‌وری و کارایی نسبی انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ارائه می‌شود. میزان انرژی ورودی و خروجی (شیر) در واحدهای پرورش گاو شیری به ازای تولید یک لیتر شیر ۲۷/۸ و ۷/۲ مگاژول برآورد شد. در بین نهاده‌ها، خوراک مصرفی دام با میانگین انرژی ورودی ۱۳/۱۵ مگاژول برای تولید یک لیتر شیر، بیش‌ترین میزان را به خود اختصاص داده است. اکثر واحدهای استان مورد مطالعه برای تامین خوراک دام از کنسانتره، علوفه و یونجه استفاده می‌کنند. در سایر تحقیقات با توجه به مصرف نسبتا بالای خوراک دام از جمله استان تهران، واحد تولیدی دانشگاه فردوسی مشهد، استان‌های شمال غرب کشور و کشور ترکیه این نهاده به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده از نظر مصرف انرژی معرفی شد [۴؛ ۱۹؛ ۲۰]. یکی از دلایل مهم بالا بودن مصرف انرژی خوراک دام، مدیریت نادرست استفاده از آن و جیره‌بندی نامناسب می‌باشد. میزان انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در جدول ۳ به آورده شده است.

جدول ۳. میزان انرژی ورودی و خروجی در واحدهای پرورش گاوشیری

نهاده‌ها و ستانده‌ها	مگاژول بر لیتر (MJ.L ⁻¹)
تراکتور و ماشین‌های دامپروری	۶/۳۲
سوخت‌های فسیلی	۷/۵۹
الکتریسته	۰/۱۴۵
نیروی کارگری	۰/۲۴
خوراک	۱۳/۱۵
شیر	۷/۲

مطابق جدول ۴، نتایج تحلیل انرژی، بازده انرژی واحدهای پرورش گاو شیری مورد مطالعه را ۰/۲۵ نشان داده است که این میزان، بیانگر بازده پایین انرژی در واحدهای تولید شیر نسبت به مطالعات مشابه می‌باشد [۴؛ ۱۹-۲۲] با توجه به مفهوم کارایی که نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی می‌باشد، مقادیر کارایی کمتر از یک نشان می‌دهد که واحدهای تولیدی در این منطقه به صورت بهینه عمل نمی‌نمایند و انرژی ورودی برای تولید یک لیتر شیر حدود چهار برابر انرژی مفید خروجی آن است. برای بهبود این شاخص می‌توان عملکرد را افزایش یا انرژی مصرفی (نهاده) را به مقدار بهینه کاهش داد. میزان بهره‌وری انرژی در منطقه مورد مطالعه برابر ۰/۱۶ لیتر بر مگاژول به دست آمد که این مقدار بیشتر از مطالعات مشابه در واحد دانشگاه فردوسی مشهد با مقدار ۰/۱۴، کشور هند با مقدار ۰/۰۳ و کشور ترکیه با مقدار ۰/۰۶۵ لیتر بر مگاژول بود [۴؛ ۱۹؛ ۲۰]. انرژی ویژه و افزوده انرژی خالص در این مطالعه به ترتیب برابر ۷/۱۴ و ۲۰/۶- مگاژول بر لیتر محاسبه شد. سهم انرژی‌های مستقیم (سوخت‌های فسیلی، الکتریسته و نیروی انسانی) ۲۹/۸ درصد و سهم انرژی‌های غیرمستقیم (ماشین‌ها و تجهیزات و خوراک) ۷۰/۲ درصد می‌باشد.

همچنین سهم انرژی تجدیدپذیر (نیروی انسانی و خوراک دام) $48/2$ درصد و سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر (ماشین‌ها، سوخت فسیلی و الکتریسیته) برابر $51/8$ درصد برآورد شد.

جدول ۴. میزان شاخص‌های انرژی در واحدهای پرورش گاوشیری

مقدار	شاخص
$27/8$	انرژی ورودی (مگاژول بر لیتر)
$7/2$	انرژی خروجی (مگاژول بر لیتر)
$0/25$	کارایی انرژی
$0/15$	بهره‌وری انرژی (لیتر بر مگاژول)
$7/14$	انرژی ویژه (مگاژول بر لیتر)
$-20/6$	افزوده انرژی خالص (مگاژول بر لیتر)
$8/3$	انرژی مستقیم (مگاژول بر لیتر)
$19/5$	انرژی غیرمستقیم (مگاژول بر لیتر)
$13/4$	انرژی تجدیدپذیر (مگاژول بر لیتر)
$14/4$	انرژی تجدیدناپذیر (مگاژول بر لیتر)

میزان انتشار معادل دی اکسید کربن سه نهاده ماشین‌ها و تجهیزات، سوخت دیزل و الکتریسیته در واحدهای پرورش گاو شیری مورد مطالعه به ازای تولید یک لیتر شیر در جدول ۵ نشان داده شده است. میزان انتشار معادل دی اکسید کربن از نهاده ماشین‌ها و تجهیزات به ازای تولید یک لیتر شیر $0/46$ کیلوگرم کربن برآورد شد. این نهاده با سهم 73 درصد بیشترین نقش را در انتشار گازهای گلخانه‌ای داشت. این در حالی است که در مطالعه‌ای مشابه در استان تهران، سوخت دیزل دارای بالاترین سهم در انتشار معادل دی اکسید کربن را دارا بوده است [۴]. در این مطالعه مجموع انتشار معادل دی اکسید کربن به ازای تولید یک لیتر شیر در واحدهای پرورش گاو شیری استان قزوین برابر $0/65$ کیلوگرم محاسبه شد. میانگین کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع پرورش گاو شیری در کشورهای اروپایی به ازای تولید یک لیتر شیر برابر $0/45$ کیلوگرم دی اکسید کربن اعلام شد [۱۴]. مقایسه نتیجه حاصل از این مطالعه با سایر مطالعات نشان دهنده آن است که کارایی تولید شیر در واحدهای پرورش گاو شیری مورد مطالعه بسیار پایین است که از جمله مهمترین دلایل آن می‌توان به استفاده از ماشین‌ها و تجهیزات فرسوده و کهنه و ضعف مدیریتی این واحدها اشاره کرد.

جدول ۵. انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری

نهاده	میانگین معادل یک کیلوگرم دی اکسید کربن برای تولید یک لیتر شیر
ماشین‌ها و تجهیزات دامپروری	$0/46$
سوخت دیزل	$0/14$
الکتریسیته	$0/05$
مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای	$0/65$

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، به بررسی جریان انرژی‌های ورودی و خروجی و همچنین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری پرداخته شد. نتایج تحقیق نشان داد که مقدار کل انرژی ورودی و خروجی به ترتیب

برابر ۲۸/۷ و ۷/۲ مگاژول بر لیتر می‌باشد. همچنین سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم به ترتیب برابر ۸/۳ و ۱۹/۵ مگاژول به ازای تولید هر لیتر شیر بوده است. نهاده خوراک دام با سهم ۴۸ درصد بیشترین مصرف را در بین نهاده‌های تولید داشت. مدیریت و جیره‌بندی صحیح و استفاده از الگوهای تغذیه بهینه و خوراک مناسب می‌توان مصرف انرژی این نهاده را کاهش داد. نتایج ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان از بالا بودن معادل دی اکسیدکربن به ازای تولید هر لیتر شیر نسبت به سایر مطالعات در مناطق دیگر بوده است.

References

- [1] Moitzi, G., Damm, D., Weingartmann, H., & Boxberger, J. (2010). Analysis of Energy Intensity in Selected Austrian Dairy Farms with Focus on Concentrate Level in Feeding. *Bulletin UASVM Agriculture*, 67(1), 1843-5386. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-agr:5032>
- [2] Basarir, A., & Gillespie, J. M. (2003, February 1-5). *Goals of Beef Cattle and Dairy Producers: A Comparison of the Fuzzy Pair-Wise Method and Simple Ranking Procedure*. . <https://ideas.repec.org/p/ags/saeatm/35163.html>
- [3] Meul, M., Nevens, F., Reheul, D., & Hofman, G. (2007). Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(1-2), 135-144. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.07.002>
- [4] Sefeedpari, P., Rafiee, S., Akram, A & , Pishgar-Komleh, S. H. (2014). Modeling output energy based on fossil fuels and electricity energy consumption on dairy farms of Iran: Application of adaptive neural-fuzzy inference system technique. *Computers and electronics in agriculture*, 109, 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.09.010>
- [5] Lundie, S., Feitz, A., Changsiri, A., Jones, M., Dennien, G., & Morain, M. (2003). *Evaluation of the environmental performance of the Australian dairy processing industry using life cycle assessment*. T. U. o. N. S. W. Centre for Water and Waste Technology, Sydney.
- [6] Gollnow, S., Lundie, S., Moore, A. D., McLaren, J., van Buuren, N., Stahle, P., Christie, K., Thylmann, D., & Rehl, T. (2014). Carbon footprint of milk production from dairy cows in Australia. *International Dairy Journal*, 37(1), 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.02.005>
- [7] Robert Kiefer, L., Menzel, F., & Bahrs, E. (2015). Integration of ecosystem services into the carbon footprint of milk of South German dairy farms. *Journal of Environmental Management*, 152, 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.017>
- [8] Sadeghi Aghdam, F., & Maki, S. (2017- July). *Abstract of the results of the census of the country's industrial livestock-2016*. M. o. C. Statistics and Strategic Information Center, Labor and Social Welfare.
- [9] Cochran, W. G. (1991, January). *Sampling Techniques* (3rd ed.). Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Sampling+Techniques%2C+3rd+Edition-p-9780471162407>
- [10] Nabavi-Pelesaraei, A., Abdi, R., & Rafiee, S. (201). (۶) Neural network modeling of energy use and greenhouse gas emissions of watermelon production systems. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15(1), 38-47. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.05.001>
- [11] CIGR International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering. (1999). *CIGR Handbook of Agricultural Engineering: Energy & biomass engineering* (O. Kitani, Ed.). American Society of Agricultural Engineers. <https://books.google.com/books?id=430fAQAAAJ>

- [12] Ozkan, B., Akcaoz ,H., & Fert, C. (2004). Energy input–output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 29(1), 39-51. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00135-6](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00135-6)
- [13] Frorip, J., Kokin, E., Praks, J., Poikalainen, V., Ruus, A., Veermäe, I., Lepasalu, L., Schäfer, W., Mikkola, H., & Ahoka, J. (2012). Energy consumption in animal production - Case farm study. *Biosystems Engineering*, 10(Special Issue 1), 39-48. <https://agronomy.emu.ee/vol10Spec1/p10s105.pdf>
- [14] Wells, C. (2001, August). *Total energy indicators of agricultural sustainability: dairy farming case study* (1171-4662). M. o. A. a. F. MAF Policy. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.15.692&rep=rep1&type=pdf>
- [15] Sainz, R. D. (2003). *Framework for calculating fossil fuel use in livestock systems*. T. F. a. A. O. o. t. U. N. (FAO). https://www.fao.org/documents/pub_dett.asp?lang=ar&pub_id=154286
- [16] Coley, D. A., Goodliffe, E., & Macdiarmid, J. (1998). The embodied energy of food: the role of diet. *Energy policy*, 26(6), 455-460. <https://abdn.pure.elsevier.com/en/publications/the-embodied-energy-of-food-the-role-of-diet>
- [17] Dyer, J., & Desjardins, R. (2003). Simulated Farm Fieldwork, Energy Consumption and Related Greenhouse Gas Emissions in Canada. *Biosystems Engineering*, 85(4), 503-513. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00072-2](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00072-2)
- [18] Liang, S., Xu, M., & Zhang, T. (2013). Life cycle assessment of biodiesel production in China. *Bioresource Technology* 129, 72-77. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.11.037>
- [19] Uzmay, A., Koyubenbe, N., & Armagan, G. (2009). Measurement of Efficiency Using Data Envelopment Analysis (DEA) and Social Factors Affecting the Technical Efficiency in Dairy Cattle Farms within the Province of Izmir, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 8(6), 1110-1115. <http://www.medwelljournals.com/abstract/?doi=javaa.2009.1110.1115>
- [20] Soltan Ali, H., Naskhah, A., Rouhani, A., & Ki Dashti, M. (2014, March 13). *Emission Analysis of Consumption Inputs in a Dairy Cattle Breeding Unit* The first national conference on engineering and management of agriculture, environment and sustainable natural resources, Permanent Conference Secretariat, Hamedan, Iran. <https://civilica.com/doc/253459>
- [21] Hasani, A., Hir, M., & Farhang, S. (2013). Measuring Iranian provinces efficiency in meaty poultry production by use of Data Envelopment Analysis. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4(11), 3338-3346. <https://www.semanticscholar.org/paper/Measuring-Iranian-provinces-efficiency-in-meaty-by-H-asani-Hir/161fde4d8d2c850fdb6c1ab0b84a070f41df043>
- [22] Sefeedpari, P., Ghahderijani, M., & Pishgar-Komleh, S. (2013). Assessment the effect of wheat farm sizes on energy consumption and CO2 emission. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 5(2), 023131-023115. <https://doi.org/10.1063/1.4800207>



Seaweed Extract: Innovation for Organic Agriculture

Saeed Reza Yaghoobi^{1*}

¹Assistant Professor, Department of Agronomy, Samangan Faculty of Agriculture, Technical and Vocational University (TVU), North Khorasan Branch, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 04.26.2020

Revised: 08.23.2020

Accepted: 09.07.2020

Keyword:

Organic agriculture

Food security

Fertilizer

Brown seaweed

Growth stimulator

***Corresponding Author:**

Saeed Reza Yaghoobi

Email:

sr-yaghoobi@tvu.ac.ir

ABSTRACT

Due to the development of human societies, food security has become a priority. Technological advancements and introduction of chemical fertilizers and pesticides have provided sufficient quantities of food in recent decades, but food quality is questioned. Fertilizers from natural sources might be a practical solution. Coastal farmers in various countries have been applying seaweed for crop growth and development for many years. Nowadays, with technological development, some species of seaweed such as *Ascophyllum nodosum* are cultivated and processed as seaweed extract alone or mixed with other fertilizers to be used by farmers. Although seaweed extract contains small amounts of mineral nutrients, it has been applied widely as a growth stimulator for improving and accelerating crop growth and development and eliminating environmental stresses.





دانشگاه فنی و حرفه‌ای
تفاهان

کرافن

فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای

تابستان ۱۳۹۹، دوره ۱۷، شماره ۲، ۳۴-۲۳

آدرس نشریه: <https://karafan.tvu.ac.ir/>

doi:10.48301/KSSA.2021.119206

20.1001.1.23829796.1399.17.2.2.6



شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰

شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶

مقاله پژوهشی

عصاره جلبک دریایی، دستاوردی برای کشاورزی ارگانیک

سعیدرضا یعقوبی^{*۱}

۱- استادیار، دپارتمان زراعت، دانشکده کشاورزی سمنگان، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان خراسان شمالی، ایران.

چکیده

با توسعه جوامع بشری، ایجاد امنیت غذایی در اولویت قرار گرفته است. هر چند جامعه بشری با پیشرفت تکنولوژی و معرفی کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات نباتی توانسته باعث افزایش چشمگیر تولید غذا گردد ولی هنوز هم کیفیت غذا جزو مسائل پر اهمیت محسوب می‌شود. یک راهکار مناسب، کاربرد کودهای با منشأ آلی است. از سالیان طولانی، کشاورزان مناطق ساحلی، جلبک‌های دریایی را برای افزایش رشد گیاهان در مزارع خود استفاده می‌کردند. امروزه با پیشرفت تکنولوژی، برخی از گونه‌های جلبک‌های دریایی، تولید و فراوری شده‌اند و به‌صورت جداگانه یا مخلوط با سایر ترکیبات کودی، مورد استفاده تولیدکنندگان بخش کشاورزی قرار می‌گیرند. هرچند کود عصاره جلبک دریایی، عناصر غذایی ناچیزی دارد ولی به دلیل دارا بودن مقادیر بالایی از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی به‌صورت طبیعی، به عنوان محرک رشد در بهبود و تسریع رشد و رفع عوارض حاصل از تنش‌های محیطی در گیاهان، کاربردهای فراوانی یافته است.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۰۷

بازنگری مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۰۲

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۰۷

کلید واژگان:

امنیت غذایی

کود

جلبک قهوه ای

محرک رشد

تولید

^{*}نویسنده مسئول: سعیدرضا یعقوبی

پست الکترونیکی:

sr-yaghoobi@tvu.ac.ir



© 2020 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

مقدمه

کشاورزی، به عنوان مهم ترین عامل در تأمین غذا همیشه جایگاه خاصی در زندگی بشر داشته است. تولید غذا برای جمعیت در حال رشد جهان باعث شد دانشمندان، روش های جدیدی را برای افزایش عملکرد در کشاورزی ارائه کنند که کاربرد وسیع انواع کودها به ویژه کودهای شیمیایی، از آن جمله است. هر چند به واسطه مصرف کودهای شیمیایی، افزایش عملکرد چشمگیری در تولید محصولات کشاورزی حاصل شد ولی وقوع مشکلاتی مانند تجمع نیترات و سایر مواد شیمیایی در محصولات کشاورزی و کاهش کیفیت آنها باعث تغییر رویکرد به سمت کاربرد کودهای با منشأ زیستی با هدف تولید غذای سالم گردیده است که از آن جمله می توان به کمپوست و ورمی کمپوست، کودهای پلت شده یا گرانول طیور، کودهای حاوی اسیدهای آمینه، اسیدهای هیومیک و فولویک و عصاره های جلبک^۱ دریایی اشاره کرد. عصاره جلبک های دریایی، امروزه به عنوان یکی از بهبوددهنده های رشد گیاهان، کاربرد وسیعی در سطح جهان یافته است. در ایران نیز این ترکیبات، بیشتر، با هدف بهبود رشد و نمو گیاهان زراعی و باغی و کاهش تأثیر تنش های محیطی بر آنها مورد استفاده قرار می گیرند.

تاریخچه کاربرد جلبک های دریایی در کشاورزی

در گذشته، در جوامع ساکن مناطق ساحلی برخی نواحی دنیا، کشاورزان از جلبک های دریایی به عنوان اصلاح کننده و کود گیاهی برای زراعت های خود بهره می جستند. برای مثال در کشور نروژ، جلبک های دریایی که بیشتر شامل جنس های *Ascophyllum*، *Ecklonia* و *Fucus* بودند، در فصل پاییز جمع آوری شده و در زمستان به همراه کود دامی یا بدون آن، تبدیل به کمپوست می شدند. کمپوست به دست آمده، در مزارع ذرت، سیب زمینی و سبزیجات استفاده می شد [۱]. استفاده از عصاره جلبک های دریایی در کشاورزی از حدود سال ۱۹۵۰ شروع شد و تا کنون به طور وسیعی مورد استفاده قرار گرفته است. تا کنون ترکیبات کودی محرک رشد زیستی^۲ از گونه های مختلفی از جلبک دریایی مانند *Ascophyllum nodosum* [۲]، گونه های *Kappaphycus alvarezii* و *Gracilaria edulis* [۳؛ ۴]، *Sargassum wightii* [۵]، *Ulva fasciata* [۶]، *Sargassum myricocystum* [۷] و *Nizamuddinina zanardinii* [۸] به دست آمدند و مورد تحقیق و مطالعه قرار گرفتند. امروزه، کودهای محرک رشد، به موادی آلی یا میکروارگانیسم گفته می شود که باعث افزایش جذب عناصر غذایی، تحریک رشد، افزایش تحمل به تنش یا کیفیت محصول گردند. این مواد شامل عصاره های جلبک دریایی، پروتئین هیدرولیزات ها، اسیدهای هیومیک و فولویک و تمامی ترکیبات با منشأ طبیعی است که نقشی فراتر از تغذیه دارند و باعث افزایش رشد و کاهش تنش می گردند. کودهای محرک های رشد مورد استفاده در کشاورزی، تأثیرات متعدد و مختلفی روی رشد گیاه دارند و می توانند باعث پایداری و انعطاف پذیری بیشتر در کشاورزی شوند و به عنوان جایگزینی برای بسیاری از ترکیبات مورد کاربرد در کشاورزی که شیمیایی هستند مطرح شوند [۹].

انواع جلبک های دریایی

جلبک های دریایی، از اجزای اصلی اکوسیستم سواحل اقیانوس ها هستند. آنها به صورت جلبک های دریایی تک سلولی یا پرسلولی در نواحی ساحلی اقیانوس های جهان که شرایط محیطی مناسبی برای رشد آنها دارند رشد و توسعه می یابند. تخمین زده می شود حدود ۹۰۰۰ گونه جلبک وجود داشته باشد که جلبک قهوه ای با حدود ۲۰۰۰ گونه، فراوان ترین آنها است و بیشتر در سواحل سنگی مناطق معتدل یافت می شود. جلبک های قهوه ای، بیشتر در کشاورزی کاربرد دارند که از بین آنها می توان به گونه *Ascophyllum nodosum* (شکل ۱) اشاره کرد [۱۰].

¹ Seaweed extract

² Biostimulant



شکل ۱. گونه *Ascophyllum nodosum*

ترکیبات عصاره جلبک دریایی

عصاره به دست آمده از جلبک‌های دریایی شامل ترکیبات مختلفی از پلی ساکاریدها، اسیدهای چرب، ویتامین‌ها، فیتوکروم، عناصر معدنی و بسیاری از ترکیبات زیستی است [۸]. جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم دارای پلی ساکاریدهای Laminaran، Focoidan و Alginate می‌باشد که گستره وسیعی از آثار بیولوژیک را در پی دارد. باور بر این است که Laminaran در گیاهان، باعث تحریک پاسخ آنتی‌باکتریال می‌گردد. در عصاره حاصل از جلبک دریایی، عناصر معدنی و ریزمغذی‌ها نیز وجود دارند و هر چند مقدار آنها در مقایسه با کودهای شیمیایی، ناچیز است ولی قدرت جذب بسیار بالایی توسط گیاه دارند. با این حال، علت اصلی تأثیرگذاری عصاره جلبک دریایی، وجود طیف وسیعی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و هورمون‌ها است. سایتوکنین که یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است، در عصاره حاصل از جلبک‌های دریایی، به شکل مشتقات *trans-zeatin* و *trans-zeatin riboside* و همچنین سایتوکنین آروماتیک بنزیل آمینو پورین^۱ وجود دارد. عصاره جلبک دریایی دارای مقادیر زیادی اکسین و ترکیبات شبه‌اکسینی نیز می‌باشد. برای مثال، گونه آسکوفیلوم نودوسوم دارای ۵۰ میلی گرم اسید ایندول استیک در هر گرم ماده خشک می‌باشد. وجود هورمون اکسین در سایر گونه‌های جلبک‌های دریایی مانند *Ecklonia maxima* و *Porphyra perforate* نیز گزارش شده است. البته وجود ترکیبات بازدارنده رشد؛ مانند آبسزیک اسید نیز در عصاره جلبک دریایی گزارش شده است. یکی دیگر از ترکیبات موجود در عصاره جلبک دریایی، بتائین و ترکیبات شبه‌بتائین است که در گیاه، نقش مقاومت به تنش شوری و افزایش مقدار کلروفیل برگ را به عهده دارد. افزایش کلروفیل به واسطه تأثیر بتائین موجود در عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش عملکرد گیاه زراعی یا باغی می‌گردد [۱۰].

روش شناسی

تحقیق و کاربرد عصاره جلبک دریایی

افزایش رشد و نمو گیاهان

نتایج آزمایش‌های متعددی، نشان‌دهنده افزایش کمی و کیفی در تولیدات زراعی و باغی به واسطه مصرف کود عصاره جلبک دریایی بوده است. در آزمایشی، کاربرد عصاره جلبک دریایی گونه *Sargassum wightii* باعث افزایش عملکرد

^۱ Benzylaminopurine

کیفی و کمی گوجه‌فرنگی و افزایش طول و حجم ریشه، غلظت کلروفیل آن گردید [۵]. در آزمایشی، تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای *Nizamuddinina zanardinii* که در سواحل چابهار رشد می‌کند به همراه کود اوره بر رشد و نمو گندم، ارزیابی گردید. نتایج نشان داد بیشترین میزان کربوهیدرات محلول دانه، وزن خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در تیمار محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی با غلظت ۱۰ درصد به همراه کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به دست آمد [۸]. سیبی و همکاران [۱۱] گزارش کردند که بیشترین وزن خشک ریشه با مصرف دو لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی در مرحله رشد رویشی گلرنگ به دست آمد. همچنین مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی، عملکرد بیولوژیک گلرنگ را بیش از ۵۴ درصد افزایش داد. ایشان تأکید کردند که کاربرد عصاره جلبک دریایی در مرحله زایشی گلرنگ، نسبت به مرحله رویشی، کارایی بالاتری دارد و عملکرد بیولوژیک را بیش از ۲۰ درصد افزایش داد. نتایج آزمایشی دیگر نشان داد محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر خیار گلخانه‌ای رقم یلدا باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد میوه، قطر و طول میوه، سطح و تعداد برگ در بوته گردید [۳]. نتایج آزمایش سینگ و همکاران [۱۲] نشان دادند کاربرد ۷/۵ درصد عصاره جلبک دریایی گونه *Kappaphycus* و کاربرد ۵ درصد عصاره جلبک دریایی گونه *Gracilaria* به همراه کودهای متعارف، به ترتیب باعث افزایش ۳/۹۵ و ۴/۸۸ تن در هکتار در عملکرد سیب‌زمینی نسبت به کاربرد کودهای متعارف به تنهایی گردید. همچنین کاربرد عصاره‌های جلبک دریایی مزبور، تعداد غده‌های درشت را به ترتیب ۱۵/۸ و ۳۴/۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. عمر و همکاران [۱۳] گزارش کردند که کاربرد عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش کمی و کیفی بیشتری در میوه خرما در مقایسه با کاربرد نیتراپتاسیم گردید. کاربرد عصاره جلبک دریایی در پیاز، باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد و اندازه پیاز، درصد گوگرد و پروتئین در پیاز، غلظت کلروفیل و کارتنوئید برگ شد [۲]. کاربرد عصاره جلبک دریایی گونه *Sargassum myricocystum* کارایی بهتری نسبت به گونه‌های *Gracilaria edulis* و *Caulerpa racemosa* در افزایش عملکرد نخود سبز داشت و عملکرد آن را تا ۱۸ درصد افزایش داد [۱۴]. نتایج مطالعه آلیکو و همکاران [۱۵] نشان داد که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر در گیاهان هندوانه و بامیه، باعث تسریع گل‌دهی و افزایش تعداد گل‌ها و در نتیجه، تعداد میوه بیشتر گردید. غلظت‌های پایین‌تر عصاره جلبک دریایی نیز بیشتر در زمان آغاز گل‌دهی مؤثر بودند. نتایج تحقیق پاپاچان و همکاران [۱۶] نشان داد محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در درخت توت در غلظت نیم در هزار در ۲۱، ۲۸ و ۳۵ روز پس از هرس درخت باعث عملکرد برگ در هر درخت بیش از ۷۲ درصد، ارتفاع گیاه تا ۹۲ درصد و مقدار پروتئین بیش از ۶۷ درصد در مقایسه با شاهد شد. یافته‌های کولا و همکاران [۱۷] نشان داده است محلول‌پاشی محرک رشد عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی به میزان هفت درصد و همچنین افزایش در میزان کلسیم در بافت گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد گردید. در آزمایش جوانمردی و ستار [۱۸] که تأثیرات عصاره جلبک دریایی و ترکیبات اسیدآمین به ارقام Sweet million، Golden cherry، M09، EDU، Guiza، بر افزایش گوجه‌فرنگی ارزیابی گردید، کاربرد کود اسیدآمین به نسبت به عصاره جلبک دریایی، تأثیرات مثبت بیشتری به همراه داشت. ایشان گزارش کردند که کاربرد عصاره جلبک دریایی، تأثیر چندانی در میانگین طول، قطر و وزن میوه در ارقام گوجه‌فرنگی دارای میوه کوچک M09، Golden cherry و Sweet million در مقایسه با ارقام میوه درشت Guiza و EDU نداشته است.

کاهش تنش‌های زیستی و غیرزیستی

امروزه در کشاورزی سنتی و حتی مدرن ترکیبات مشتق شده از گیاهان و میکروارگانیسم‌ها برای جلوگیری و مقابله با بیماری‌ها و آفات گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۹]. عصاره جلبک دریایی نیز به عنوان نمونه‌ای از این ترکیبات به‌طور گسترده‌ای برای افزایش رشد و نمو و ارتقای کیفیت محصول و کاهش تنش‌های محیطی، استفاده می‌شود. هرچند چگونگی ارتباط بین ترکیبات موجود در عصاره جلبک‌های دریایی و مکانیسم‌های تأثیر در گیاهان، کمتر بررسی شده است [۹؛ ۱۰] ولی نتایج تحقیق Mansori و همکاران [۲۰] درباره تأثیر عصاره جلبک دریایی در گیاه مریم‌گلی (*Salvia*)

officinalis L. تحت تنش کم‌آبی، نشان داده است در شرایط تنش خشکی مقدار گلاسیسین- بتائین در این گیاه، افزایش یافت ولی با کاربرد جلبک دریایی از مقدار آنها کاسته شد. همچنین با کاربرد عصاره جلبک دریایی میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دسموتاز^۱ و آسکوربات پراکسیداز^۲ در شرایط تنش افزایش معنی‌داری یافت. ایشان تأکید کردند کاربرد عصاره جلبک دریایی به‌واسطه تسکین اثرات تنش خشکی و افزایش آنتی‌اکسیدانت تا باعث افزایش تحمل به تنش خشکی گردید. نتایج تحقیق فریونی و همکاران [۲۱] در مورد محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت ۱/۵ کیلوگرم در هکتار روی انگور رقم Pinot Noir در شرایط اقلیمی مدیرانه‌ای در مرکز ایتالیا و رقم Cabernet Franc در اقلیم سرد ایالت میشیگان آمریکا نشان داد که کاربرد عصاره جلبک دریایی باعث تجمع آنتوسیانین و افزایش ذخیره فنولیک در انگور گردید ولی تأثیری در تبادل گازی برگ‌ها، عملکرد و اندازه حبه‌های انگور نداشت.

نتایج آزمایش مناف [۲۲] نیز نشان داد کاربرد عصاره جلبک دریایی با غلظت چهار درصد در شوری ۵۰ میلی مولار نمک در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی، بالاترین مقدار رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، پرولین^۳، فنیل آلانین آمونیوم لیاز^۴ و قند محلول کل را ایجاد کرد. نتایج آزمایش کوسیرا و همکاران [۲۳] نشان داد کاربرد عصاره جلبک دریایی *Ecklonia maxima* روی دو رقم لوبیای Aura و Toska، تغییری در ذخیره نشاسته، قند آزاد و پروتئین دانه ایجاد نکرد ولی باعث افزایش آنتوسیانین دانه شد.

عصاره جلبک دریایی قهوه‌ای، به‌طور وسیعی، درکشت گیاهان برای تحریک رشد و ارتقای تحمل آنها در برابر تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری، دمایی و کمبود عناصر غذایی، استفاده می‌شود [۲۴]. در تحقیقی دیگر، استفاده از عصاره جلبک دریایی گونه *Ulva fasciata* باعث افزایش جوانه‌زنی بذرها و افزایش عملکرد برنج گردید همچنین باعث افزایش مقاومت به سرما و بیماری و آفات در برنج نیز شد [۶]. نتایج آزمایش حق‌پرست و همکاران [۲۵] نشان داد محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی روی ارقام نخود هاشم، محلی شاهرود (میامی) و IL482، تأثیرات منفی تنش خشکی را به واسطه افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه کاهش دهد. نتایج تحقیق دی استاسیو و همکاران [۲۶] نشان داد کاربرد عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش ۱۳ درصدی در عملکرد گوجه فرنگی شد. همچنین در شرایط تنش شوری کاربرد جلبک دریایی، هر چند در عملکرد گوجه‌فرنگی، تغییر معنی‌داری ایجاد نکرد ولی باعث تجمع عناصر معدنی، آنتی‌اکسیدانت‌ها و اسیدهای آمینه ضروری در میوه گوجه‌فرنگی گردید. نتایج یک تحقیق در مورد کاهش تأثیر تنش کم‌آبی در گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) توسط عصاره جلبک دریایی نشان داد در شرایط تنش کم‌آبی، کاربرد عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش رشد رویشی این گیاه به‌واسطه افزایش طول ساقه، شاخص سطح برگ و تعداد برگ گردید.

یافته‌ها

فرایند تولید کود عصاره جلبک دریایی

عصاره‌گیری در جلبک دریایی

بزرگ‌ترین معضل در تولید کود عصاره جلبک دریایی، فرایند عصاره‌گیری آن می‌باشد [۲۷]. باور بر این است که روش‌های عصاره‌گیری و فراوری باید دارای کارایی بالا، هزینه کم و کمترین آلودگی زیست محیطی باشد. در سال‌های اخیر، چندین روش برای فرایند عصاره‌گیری جلبک‌های دریایی پیشنهاد شده است که به روش

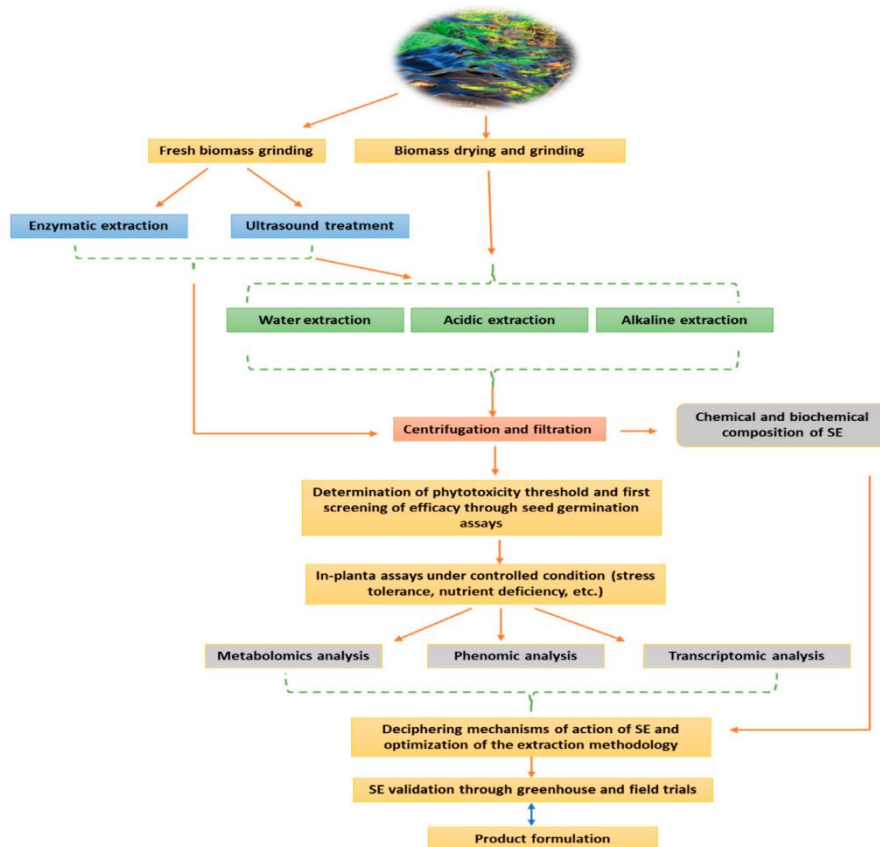
¹ Superoxide dismutase

² Ascorbate peroxidase

³ Proline

⁴ Phenylalanine ammonia lyase

عصاره‌گیری توسط امواج التراسونیک^۱، با کمک آنزیم‌ها^۲، سیال فوق بحرانی^۳، امواج میکروویو^۴ و مایع تحت فشار^۵ اشاره کرد که کمترین تأثیر منفی در عصاره نهایی خواهد داشت [۲۸]. در روش‌های قدیمی‌تر، عصاره‌گیری از روش‌های فیزیکی و نیز شیمیایی؛ شامل کاربرد حلال‌هایی مانند n-hexane و سایر الکل‌ها استفاده می‌شد که گاهی برای محیط‌زیست نیز خطرناک بود. از طرفی دیگر، در این روش‌ها مقدار بیشتری حلال مصرف می‌شد و نیاز به سپری شدن مدت زمان بیشتری برای عصاره‌گیری بود [۲۹]. در صنعت، عصاره‌گیری از طریق حرارت دادن به زیست توده جلبک دریایی همراه با هیدراکسید پتاسیم و سدیم در شرایط تحت فشار انجام می‌شود (شکل ۲) که البته مقدار محرک‌های رشد در این روش، بسیار کاهش می‌یابد و زنجیره‌های پلی ساکارید به قطعات کوچک‌تر شکسته می‌شوند و موادی به وجود می‌آیند که از ابتدا وجود نداشته‌اند [۳۰].



شکل ۲. فلوچارت فرایند عصاره‌گیری از زیست توده جلبک دریایی تا مرحله فرمولاسیون [۲۷]

^۱ Ultrasound-Assisted Extraction (UAE)

^۲ Enzyme-Assisted Extraction (EAE)

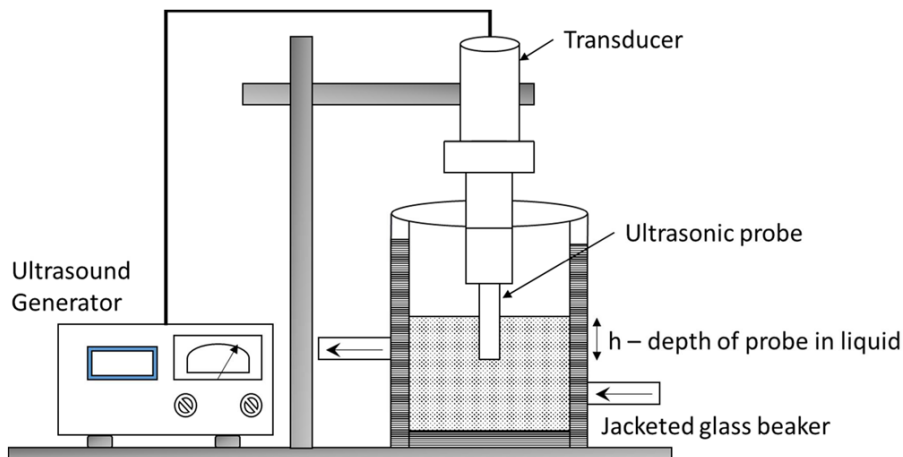
^۳ Supercritical Fluid Extraction (SFU)

^۴ Microwave-Assisted Extraction (MAE)

^۵ Pressurized Liquid Extraction (PLE)

جوامع امروزی، علاقمندی بیشتری نسبت به مصرف محصولات ارگانیک و جلوگیری از استفاده از هرگونه ماده شیمیایی در تولیدات کشاورزی نشان می‌دهند. هر چند برای تولید کود عصاره جلبک دریایی از یک منبع طبیعی استفاده می‌شود ولی در مراحل فراوری و تولید صنعتی از مواد شیمیایی مانند حلال‌ها نیز استفاده می‌شود. در برخی موارد، کاربرد حلال‌ها باعث صدمه به مولکول‌های زیستی موجود در عصاره جلبک دریایی و کاهش کارایی آن می‌گردد. روش خشک کردن انجمادی^۱ به عنوان یک تکنیک مؤثر در کاهش تلفات مولکول‌های زیستی و کاهش کاربرد مواد شیمیایی، استفاده شده است [۳۰]. در روش خشک کردن انجمادی، در ابتدا، جلبک دریایی، جمع‌آوری و شستشو و به کابین خشک‌کن انجمادی، منتقل می‌شود. آب موجود در توده زیستی جلبک به واسطه کاهش فشار مخزن در شرایط انجماد، تصعید می‌شود و از محیط خارج و در پایان، توده زیستی باقی‌مانده، پودر می‌گردد. برای تولید ترکیب کودی، بسته به نوع محصول تولیدی، فرایند فرمولاسیون روی آن صورت می‌گیرد [۳۱]. هر چند بسیاری از شرکت‌های تولیدکننده کودهای عصاره جلبک دریایی برای افزایش سود خود، از روش‌های کم‌هزینه‌تر استفاده می‌کنند ولی در این بین، تعدادی از شرکت‌ها نیز از تکنولوژی‌هایی مانند خشک کردن انجمادی استفاده می‌کنند که نه تنها مواد شیمیایی در تولید محصول استفاده نمی‌گردد بلکه ترکیبات فعال زیستی نیز به فرم اصلی خود باقی می‌مانند.

در روش عصاره‌گیری توسط امواج میکروویو، امواج رادیویی با فرکانس تا ۳۰۰ گیگاهرتز مورد استفاده قرار می‌گیرد. انرژی امواج رادیویی توسط مولکول‌ها جذب می‌شود و باعث ایجاد حرارت می‌شود که در نهایت باعث تخریب پیوندهای هیدروژنی و تخریب غشاهای سلولی و نفوذ بیشتر حلال به درون سلول می‌گردد و فرایند عصاره‌گیری، تسهیل می‌شود. روش عصاره‌گیری با امواج ماکروویو به دو روش بسته که در شرایط فشار و دمای بالا و روش باز بدون شرایط مذکور انجام می‌شود. در روش عصاره‌گیری با استفاده از امواج التراسونیک نیز از امواج صوتی با فرکانس بالای ۲۰ کیلوهرتز استفاده می‌شود (شکل ۳). بالعکس امواج رادیویی، امواج التراسونیک به صورت مکانیکی عمل می‌کنند و باعث ایجاد حباب‌های بسیار کوچک در بافت گیاهی و تخریب غشاهای سلولی و در نهایت، خروج مولکول‌های زیستی می‌شوند [۲۹].



شکل ۳. تصویر سیستم عصاره‌گیری توسط امواج التراسونیک [۲۹]

¹ Freeze- drying method

فرمولاسیون

فرمولاسیون؛ آمیختن ماده مؤثره با برخی از مواد به صورت مواد همراه است؛ به طوری که مخلوط به دست آمده دارای خصوصیات لازم و بهینه برای نگهداری، اثربخشی و مصرف باشد. مواد همراه می‌تواند شامل حلال، سورفکتانت، دیسپرس‌کننده، امولسیون‌کننده، ایمن‌کننده، تشدیدکننده و سایر موادی باشد که بسته به نوع فرمولاسیون، مورد مصرف قرار می‌گیرد [۳۲]. فرمولاسیون در بخش کشاورزی، بیشتر در تولید سموم دفع آفات نباتی، کاربرد دارد ولی در ساخت برخی ترکیبات کودی نیز از روش فرمولاسیون استفاده می‌شود. عصاره جلبک دریایی به‌دست آمده را می‌توان مستقیماً به عنوان یک نوع محرک و بهبوددهنده رشد گیاه استفاده کرد ولی برخی شرکت‌های تولیدکننده مواد کودی، بسته به تکنولوژی تولید و همچنین توصیه‌های مصرف، ترکیب کودی را فرموله می‌کنند. کود عصاره جلبک دریایی، غالباً به دو شکل مایع یا پودر قابل حل در آب، تولید می‌گردد که عموماً مصرف آنها به صورت محلول‌پاشی یا همراه با آبیاری توصیه می‌شود. در برخی دیگر از کودها نیز عصاره جلبک دریایی مخلوط با کودهای حاوی عناصر غذایی پرمصرف یا ریزمغذی، تولید می‌گردد و در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

برای تأمین عناصر غذایی برای گیاهان زراعی و باغی، ترکیبات کودی شیمیایی یا آلی بسیار متعددی، استفاده می‌شود ولی گاهی اوقات، تأمین عناصر غذایی برای گیاهان به‌ویژه در شرایط تنش محیطی، چندان کارساز نیست. کاربرد کودهای بهبوددهنده و محرک رشد می‌تواند گیاه را به‌واسطه تسریع فعالیت‌های بیولوژیکی در زمان کمتری به حالت عادی برگرداند و از افت عملکرد بیشتر، جلوگیری کند. عصاره جلبک دریایی به دلیل منشأ طبیعی آن می‌تواند به‌عنوان یک ترکیب کودی مناسب در زراعت ارگانیک مورد استفاده قرار گیرد.

References

- [1] Rebours, C., Friis Pedersen, S., Øvsthus, I., & Roleda, M. (2014, Jul 07). *Seaweed-a resource for organic farming* Bioforsk Fokus, <https://orgprints.org/id/eprint/25548/>
- [2] Hidangmayum, A., & Sharma, R. (2016). Effect of different concentrations of commercial seaweed liquid extract of *Ascophyllum nodosum* as a plant bio stimulant on growth, yield and biochemical constituents of onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(5), 658-663. <https://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue4/PartJ/6-4-99-800.pdf>
- [3] Abdollahi, K., Esmaeilpour, B., Khorram Del, S., Rastgoo, S., & Fath Al-Ulumi, S. (2014, August 20-21). The effect of foliar application of seaweed extract on some vegetative traits of greenhouse cucumber. Third National Congress of Organic and Conventional Agriculture, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran. <https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1043218.html>
- [4] Sharma, L., Banerjee, M., Malik, G. C., Gopalakrishnan, V. A. K., Zodape, S. T., & Ghosh, A. (2017). Sustainable agro-technology for enhancement of rice production in the red and lateritic soils using seaweed based biostimulants. *Journal of Cleaner Production*, 149, 968-975. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.153>
- [5] Zodape, S., Gupta, A., Bhandari, S., Rawat, U., Chaudhary, D., Eswaran, K & Chikara, J. (2011). Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Scientific & Industrial Research*, 70(3), 215-219. <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/11089>

- [6] Sheela, S., Josephine, S., & Reginald Appavoo, M. (2017). Studies on the effect of seaweed liquid fertilizer (SLF) on different growth parameters, biochemical constituents and pigment production in a C4 plant, *Oryza Sativa*. *International Education and Research Journal*, 3(7), 40-42. <http://ierj.in/journal/index.php/ierj/article/view/1204>
- [7] Singh, S., Singh, M. K., Pal, S., Trivedi, K., Yesuraj, D., Singh, C., Gopalakrishnan, V. A., Muruganandham, C., Patidar, R., Kubavat, D., Zodape, S & ., Ghosh, A. (2016). Sustainable enhancement in yield and quality of rain-fed maize through *Gracilaria edulis* and *Kappaphycus alvarezii* seaweed sap. *Journal of applied Phycology*, 28(3). <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0680-8>
- [8] Ghafari Zadeh, A., Seyyed Nejad, S. M., & Gilani, A. (2015). Investigation the effect of different levels of urea fertilizer and brown seaweed extract on the physiological traits and grain yield of wheat. *crop physiology journal*, 7(27), 69-83. <http://cpj.iauhvaz.ac.ir/article-1-508-en.html>
- [9] Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>
- [10] Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4), 386-399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
- [11] Sibi, M., Nezami, A., & Khazaie, H. R. (2016). The effect of concentration, time and applying instruction of seaweed extract on some morphological characteristics of rooextract on some morphological characteristics of root and shoots of safflower (*Carthamustinctorius* L.). *Crop Physiology Journal*, 8(29), 5-21. <http://cpj.iauhvaz.ac.ir/article-1-632-en.html>
- [12] Singh, S., Lal, S., Singh, R., & Zodape, S. (2017). Fertilizer Potential of Sea Weed (*Kappaphycus* and *Gracilaria*) Saps in Potato Crop. *Journal of AgriSearch*, 4(1), 31-35. <https://doi.org/10.21921/jas.v4i1.7416>
- [13] Omar, A. E.-D .K., Ahmed, M. A., & Al-Saif, A. M. (2017). Influences of Seaweed Extract and Potassium Nitrate Foliar Application on Yield and Fruit Quality of Date Palms (*Phoenix dactylifera* L. cv. Sukary). *Advances in Agricultural Science*, 5(3), 16-22 <https://www.semanticscholar.org/paper/Influences-of-Seaweed-Extract-and-Potassium-Nitrate-Omar-Ahmed/70b983b9d1ee6fddfb70b16b34b83efacbd3dee9>
- [14] Ambika, S., & Kandasamy, S. (2017). Organic seaweed nano powder effect on growth and yield attributes of pigeonpea. *Legume Research*, 40(4), 731-734. <https://doi.org/10.18805/lr.v0iOF.448>
- [15] Aliko, A. A., Manga, A., Haruna, H., & Abubakar, A. W. (2017). Effect of different concentrations of aqueous *Ascophyllum nodosum* extract on flowering and fruiting in some vegetables. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 10(1), 63-65. <https://doi.org/10.4314/bajopas.v10i1.9>
- [16] Pappachan, A., Bariampam, L., & Trivedy, K. (2017). Effect of application of *Ascophyllum nodosum* extract on the yield and quality of Mulberry leaves. *Bioscience Discovery*, 8(2), 235-240. <https://jbsd.in/Vol%208%20No%202/Anil235-240.pdf>
- [17] Colla, G., Cardarelli, M., Bonini, P., & Rouphael, Y. (2017). Foliar applications of protein hydrolysate, plant and seaweed extracts increase yield but differentially

- modulate fruit quality of greenhouse tomato. *HortScience*, 52(9), 1214-1220. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12200-17>
- [18] Javanmardi, J., & Sattar, H. (2016). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of five greenhouse tomato cultivars in response to fertilizers containing seaweed extract and amino acids. *Journal of Soil and Plant Interactions*, 7(1), 121-130. <https://doi.org/10.18869/acadpub.ejgcst.7.1.121>
- [19] Gwinn, K. D. (2018). Chapter 7 - Bioactive Natural Products in Plant Disease Control. In R. Atta ur (Ed.), *Studies in Natural Products Chemistry* (Vol. 56, pp. 229-246). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64058-1.00007-8>
- [20] Mansori, M., Chernane, H., Latique, S., Benaliat, A., Hsissou, D., & El Kaoua, M. (2016). Effect of seaweed extract (*Ulva rigida*) on the water deficit tolerance of *Salvia officinalis* L. *Journal of applied Phycology*, 28(2), 1363-1370. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0671-9>
- [21] Frioni, T., Sabbatini, P., Tombesi, S., Norrie, J., Poni, S., Gatti, M., & Palliotti, A. (2018). Effects of a biostimulant derived from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on ripening dynamics and fruit quality of grapevines. *Scientia Horticulturae*, 232, 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.054>
- [22] Manaf, H. H. (2016). Beneficial effects of exogenous selenium, glycine betaine and seaweed extract on salt stressed cowpea plant. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(1), 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2016.04.003>
- [23] Kocira, A., Świeca, M., Kocira, S., Złotek, U., & Jakubczyk, A. (2018). Enhancement of yield, nutritional and nutraceutical properties of two common bean cultivars following the application of seaweed extract (*Ecklonia maxima*). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(3), 563-571. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.01.039>
- [24] Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>
- [25] Haghparsat, M., Malekifarrahani, S., Sinaki, J., & Zarei, G. (2012). Reducing the negative effects of drought stress on chickpeas with the use of humic acid and seaweed extract. *CROP PRODUCTION IN ENVIRONMENTAL STRESS*, 4(1), 59-71. https://cpes.srbiau.ac.ir/article_2367.html?lang=en
- [26] Di Stasio, E., Van Oosten, M. J., Silletti, S., Raimondi, G., Dell'Aversana, E., Carillo, P., & Maggio, A. (2018). *Ascophyllum nodosum*-based algal extracts act as enhancers of growth, fruit quality, and adaptation to stress in salinized tomato plants. *Journal of applied Phycology*, 30(5), 2675-2686. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1439-9>
- [27] El Boukhari, M. E. M., Barakate, M., Bouhia, Y., & Iyamlouli, K. (2020). Trends in Seaweed Extract Based Biostimulants: Manufacturing Process and Beneficial Effect on Soil-Plant Systems. *Plants*, 9(3), 359. <https://doi.org/10.3390/plants9030359>
- [28] Michalak, I., & Chojnacka, K. (2014). Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*, 15(2), 160-176. <https://doi.org/10.1002/elsc.201400191>
- [29] Kadam, S. U., Tiwari, B. K., & O'Donnell, C. P. (2013). Application of novel extraction technologies for bioactives from marine algae. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 61(20), 4667-4675. <https://doi.org/10.1021/jf400819p>

- [30] Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of applied Phycology*, 23(3), 371-393. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>
- [31] Badmus, U. O., Taggart, M. A., & Boyd, K. G. (2019). The effect of different drying methods on certain nutritionally important chemical constituents in edible brown seaweeds. *Journal of applied Phycology*, 31(6), 3883-3897. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01846-1>
- [32] Mousavi, M. R. (2016, March). *Pesticides and their use: Insecticides and acaricides*. Marzeh Danesh, Aab-e-Negah Publishing. <https://www.adinehbook.com/gp/product/9649900995>



An Investigation of the Susceptibility of 10 Iranian Grape Cultivars to *Lobesia Botrana* (Lep.: Tortricidae)

Mohammad Shojaaddini^{1*}, Roghayeh Amiri², Sakineh Babaei³

^{1,3} Department of Agricultural Engineering, Shahriar Agricultural Technical School, Technical and Vocational University (TVU), Tehran Branch, Iran.

²Former MSc Student, Department of Agricultural, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 05.09.2020

Revised: 09.09.2020

Accepted: 09.16.2020

Keyword:

Grape
Lobesia botrana
Nutritional
Antixenosis
Host preference

*Corresponding Author:

Mohammad Shojaaddini

Email:

shojaaddini@tvu.ac.ir

ABSTRACT

European grapevine moth, *Lobesia botrana* (Lep: Tortricidae), is one of the most significant pests in Iran and the world. This research was conducted in three parts; the first part aims to measure nutritional indices of *L. botrana* on ten Iranian grapes cultivars, the second part of this study is dedicated to investigating the physical and chemical characteristics of fruit cultivars, and the third part is related to larval host preference and moth egg laying preference. The results illustrated a significant difference between nutritional indices between grape cultivars. The cultivars Sefid Angoor Ghoochan and Sahebi Siah revealed antixenotic and antibiotic properties against larval feeding, and also showed ovipositional antixenosis, demonstrating their relatively high resistance against the aforementioned pest. The cultivars Rotabi Sefid Zarghan and Keshmeshi Bavanat were found to be relatively susceptible cultivars. The findings of the present research offer fundamental information on susceptible and resistant cultivars of grape against the pest *L. botrana*.





بررسی حساسیت ده رقم انگور ایرانی به کرم خوشه‌خوار

محمد شجاع‌الدینی^{*۱}، رقیه امیری^۲، سکینه بابایی^۳ 

۱- دپارتمان کشاورزی، آموزشکده فنی کشاورزی شهریار، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان تهران، ایران.

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

چکیده

کرم خوشه‌خوار انگور (*Lobesia botrana*) یکی از مهم‌ترین آفات انگور در ایران و جهان محسوب می‌شود. این تحقیق، در سه بخش انجام شد. هدف از بخش اول، اندازه‌گیری شاخص‌های تغذیه‌ای در لارو کرم خوشه‌خوار روی ۱۰ رقم انگور بومی ایران و استان فارس بود. در بخش دوم، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی انگور در ده رقم، مطالعه شد و در بخش سوم، ترجیح میزبانی لارو و ترجیح تخم‌ریزی شب‌پره‌های ماده آفت، بررسی گردید. نتایج نشان دادند که شاخص‌های تغذیه‌ای لارو در ارقام مورد تغذیه، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند. ارقام سفید انگور قوچان و صاحبی سیاه، خصوصیات آنتی‌زنوزی و آنتی‌بیوزی علیه تغذیه لاروها دارند و همچنین دارای آنتی‌زنوز تخم‌ریزی علیه شب‌پره‌های ماده هستند و به عنوان ارقام نسبتاً مقاوم در برابر کرم خوشه‌خوار انگور شناخته شدند. در حالی که ارقام رطبی سفید زرقان و کشمش بوانات، بیشتر از سایر ارقام، مطلوب لاروها بودند و بیشتر مورد تغذیه قرار گرفتند.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۲۰

بازنگری مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۱۹

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۲۶

کلید واژگان:

انگور

کرم خوشه‌خوار

تغذیه

آنتی‌زنوز

ترجیح میزبانی

^{*}نویسنده مسئول: محمد شجاع‌الدینی

پست الکترونیکی:

shojaaddini@tvu.ac.ir



مقدمه

انگور، از مهم‌ترین محصولات باغی در دنیاست که هم به لحاظ سطح زیر کشت و هم از نظر ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای بالا دارای اهمیت است. بر اساس گزارش فائو، ایران هفتمین کشور تولیدکننده انگور در جهان به شمار می‌رود [۱]. انگور با سطح زیر کشت ۳۰۲۰۰۰ هکتار و تولید ۱۷۳۰۹۵۰۳ تن، بعد از پسته، دومین محصول مهم باغی ایران است [۲]. در بین استان‌های کشور استان فارس با سهم ۶۱۷۵۷ بالاترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است [۳]. ارزش این محصول به لحاظ قابلیت مصرف آن به طرق مختلف از جمله تازه‌خوری و تهیه کشمش، کنسنترا، آبمیوه، فراورده‌های تخمیری، مربا، شیر و روغن دانه انگور، بسیار زیاد است و از این لحاظ نقش مهمی در اقتصاد کشورهای تولیدکننده دارد [۴].

کرم خوشه‌خوار انگور (*Lobesia botrana* Denis & Schiffermuller (Lepidoptera, Tortricidae) یکی از مهم‌ترین عوامل خسارت‌زای انگور در تاکستان‌های جهان محسوب می‌شود [۵]. کرم خوشه‌خوار انگور را اولین بار، کوثری در سال ۱۳۲۴ از موستان‌های ارومیه گزارش کرد [۶] و اکنون یکی از آفات مهم در تاکستان‌های ایران است و در کلیه مناطق ماکاری کشور بالاخص در استان‌های آذربایجان شرقی، غربی، همدان، قزوین، تهران، اصفهان، چهارمحال بختیاری و فارس، خسارت‌زا است [۷]. خسارت مستقیم آن مربوط به تغذیه لاروها از گل، غوره، حبه‌های رسیده انگور و کشمش می‌باشد و خسارت غیرمستقیم آن از طریق ایجاد شرایط برای فعالیت قارچ‌های عامل پوسیدگی میوه از جمله *Botrytis cinerea* می‌باشد [۸؛ ۹].

کاربرد بی‌رویه حشره‌کش‌های شیمیایی برای کنترل این آفت، باعث ایجاد نژادهای مقاوم آفت به سموم شده است [۱۰]. از سوی دیگر، انهدام دشمنان طبیعی آفت، آلودگی‌های زیست‌محیطی و شیوع آفات دیگر، از محدودیت‌های استفاده از روش‌های شیمیایی برای کنترل این آفت می‌باشد [۸]. امروزه استفاده از سموم شیمیایی، تنها در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات، قابل توجه است [۱۱]. یکی از اجزای مهم مدیریت تلفیقی که می‌تواند نقش مهمی در کاهش خسارت آفات داشته باشد شناسایی و استفاده از ارقام مقاوم می‌باشد [۱۱؛ ۱۲]. در حال حاضر، ارقام مقاوم، جزء لاینفک مدیریت تلفیقی آفات هستند. رقم مقاوم در اکثر موارد، تأثیر دشمنان طبیعی را تشدید می‌کند؛ چون حشره‌ای که روی آن زندگی می‌کند ضعیف‌تر است و زودتر مورد حمله دشمن طبیعی قرار می‌گیرد [۱۳].

شایستگی حشرات گیاه‌خوار در طبیعت به طور مستقیم در ارتباط با کیفیت گیاه میزبان است و تغییرات کیفیت گیاه میزبان که شامل ویژگی‌های فیزیولوژیکی، تغذیه‌ای و بیوشیمیایی میزبان می‌باشد، تأثیرات مستقیمی روی رشد و نمو و تولیدمثل حشرات گیاه‌خوار دارد [۱۴]. پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند که تغذیه این حشره از ارقام مختلف انگور می‌تواند در ویژگی‌های زیستی و شاخص‌های تغذیه‌ای این حشره، مؤثر باشد [۱۵-۱۸].

آلودگی شدید اکثر موستان‌های کشور به این آفت، مشکل جدی در تولید انگور است. با این وجود، اطلاعات کافی از مقاومت یا حساسیت ارقام مختلف بومی ایران در دسترس نیست. این مسئله، لزوم مطالعات جامع در مورد مقاومت این ارقام و شناسایی ژن‌های مقاومت در انگورهای وحشی و بومی کشور را نشان می‌دهد. در این تحقیق، حساسیت ده رقم از ارقام تجاری ایران و استان فارس نسبت به کرم خوشه‌خوار انگور با اندازه‌گیری شاخص‌های تغذیه و رشد و نمو حشره کرم خوشه‌خوار انگور، بررسی شده است. این تحقیق در سه بخش انجام شده که هدف از بخش اول، اندازه‌گیری شاخص‌های تغذیه‌ای ده رقم انگور بومی ایران است. در بخش دوم، بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی انگور در ده رقم، مطالعه شده و در بخش سوم، ترجیح میزبانی لارو و ترجیح تخم‌ریزی شب‌پره‌های ماده آفت روی ارقام مختلف، ارزیابی و مقایسه شده است.

روش شناسی

محل انجام آزمایش و ارقام مورد مطالعه

آزمایش‌ها در بهار و تابستان در باغ انگور مرکز تحقیقات زرقان استان فارس با موقعیت جغرافیایی "۴۱.۹۱' ۴۲° ۵۲ و "۱۱.۳۷' ۲۶° ۲۹ و با ارتفاع ۱۶۰۲ متر از سطح دریا انجام گرفت. این باغ تحقیقاتی، شامل ۱۱۰ رقم تجاری و غیرتجاری است. شرایط ارقام از نظر آبیاری و کوددهی یکسان و هرس در تمام ارقام به صورت هرس کوتاه در سیستم پاچراغی می‌باشد. از بین ارقام ۱۰ رقم صاحبی سیاه مزایجان، رطبی سفید زرقان، سفید انگور قوچان، قلاتی دودج، بش مزایجان، کشمش بوانات، سیاه خورجان، صابونی خورجان، سمرقندی سفید مزایجان و قزل اوزم انتخاب شدند.

اندازه‌گیری شاخص‌های تغذیه‌ای لارو کرم خوشه‌خوار انگور

برای اندازه‌گیری میزان تغذیه و رشد و نمو کرم خوشه‌خوار انگور روی ارقام مختلف، تعداد صد عدد لارو تازه خارج شده از تخم از روی رقم رطبی واقع در منطقه دینکان شیراز جمع‌آوری و به مرکز تحقیقات زرقان فارس منتقل شد و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس روی هر کدام از رقم‌ها ۱۰ عدد لارو روی ۱۰ خوشه (یک لارو روی هر خوشه) درون کیسه‌هایی مستقر شدند تا امکان فرار آن‌ها وجود نداشته باشد. لاروها پس از ۱۰ روز تغذیه، مجدداً وزن شدند. وزن لاروها قبل و بعد از تغذیه از ارقام انگور و وزن مدفوع لاروها یادداشت شد و با محاسبه وزن غذایی که خورده شده‌اند شاخص‌های تغذیه‌ای مختلف به روش شارما و نوریس (۱۹۹۱) [۱۹] محاسبه گردید.

CL: شاخص مصرف (Consumption index)، %AD: شاخص هضم‌شوندگی غذا (Approximate digestibility)، %ECI: کارایی تبدیل غذای خورده شده (Efficiency of conversion of the ingested food)، %ECD: کارایی تبدیل غذای هضم شده (Efficiency of conversion of digested food)، RCR: نرخ مصرف نسبی (consumption rate).

$$(CL) = \frac{\text{وزن غذای خورده شده}}{\text{میانگین وزن لاروها در طول آزمایش}} \quad (۱)$$

$$(\%AD) = \frac{\text{وزن غذای خورده شده} - \text{وزن مدفوع تولید شده}}{\text{وزن غذای خورده شده}} \times 100 \quad (۲)$$

$$(\%ECI) = \frac{\text{افزایش وزن لاروها}}{\text{وزن غذای خورده شده}} \times 100 \quad (۳)$$

$$(\%ECD) = \frac{\text{افزایش وزن لاروها}}{\text{وزن غذای خورده شده} - \text{وزن مدفوع تولید شده}} \times 100 \quad (۴)$$

$$(RCR) = \frac{\text{وزن کل غذای خورده شده به ازای هر لارو}}{\text{مدت زمان آزمایش} \times \text{زیست توده لارو یا تفاوت وزن لارو در ابتدای و انتها آزمایش}} \quad (۵)$$

برای اندازه‌گیری وزن شفیره، لاروهایی که از ارقام مختلف تغذیه کرده بودند به درون اتاقک رشد با دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انتقال داده شدند و بعد از گذشت پنج روز که لاروها به شفیره تبدیل شدند وزن شفیره‌ها اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی خوشه‌های انگور

بدین منظور، ابتدا وزن (m) و حجم (v) ۱۰ سانتی‌متر انتهایی خوشه‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری حجم، از استوانه مدرج ۵۰۰ میلی‌لیتری استفاده شد. به این ترتیب که ۳۰۰ میلی‌لیتر آب درون استوانه مدرج ریخته شد و سپس ۱۰ سانتی‌متر انتهایی خوشه درون آب قرار گرفت و تفاوت حجم ایجاد شده به‌عنوان حجم ۱۰ سانتی‌متر انتهایی خوشه در نظر گرفته شد. در مرحله بعدی، چگالی ۱۰ سانتی‌متری انتهایی خوشه‌ها (S) با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید [۲۰].

$$S = m \times v \quad (۶)$$

اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی میوه‌های انگور

ابتدا برای تعیین بریکس یا مواد جامد محلول از روش رفراکتومتری^۱ استفاده شد. ابتدا رفراکتومتر (قندسنج دستی مدل HSR-500) با آب مقطر، کالیبره شد و سپس یک قطره از عصاره میوه روی منشور شیشه‌ای ریخته شد و عدد بریکس که عمده‌تاً نشانه میزان قند تولید شده در داخل میوه است قرائت گردید [۲۱]. در مرحله بعدی با استفاده از pH متر (Metrohm pH meter, Model 691) pH میوه‌ها اندازه‌گیری شد.

برای سنجش آنتوسیانین موجود در میوه انگور از روش ونگر (۱۹۷۹) [۲۲] استفاده شد. بدین منظور ۰/۱ گرم از بافت میوه را وزن نموده و در هاون حاوی ۵ میلی‌لیتر متانول اسیدی (الکل متیلیک ۹۹/۵٪ و اسید کلریدریک ۹۹ به ۱) خوب ساییده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر دیگر متانول اسیدی (۹۹/۸ درصد) به آن اضافه شد و عصاره به لوله‌های آزمایش سرپیچ‌دار منتقل شد و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفت. در مرحله بعدی، نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه و با دور ۴۰۰۰ سانتریفوژ (HEBM, Model: 2206A) شدند. پس از سانتریفوژ، سه میلی‌لیتر از محلول روئی در کووت شیشه‌ای ریخته شد و شدت جذب در طول موج ۵۵۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (JENWAY, 6300) خوانده شد و غلظت آنتوسیانین با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$A = \epsilon \times B \times C \quad (۷)$$

A: جذب خوانده شده، B: عرض کووت، C: غلظت آنتوسیانین، ϵ : $(\text{Mm}^{-1} \text{Cm}^{-1} = ۳۳۰۰۰)$.
برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی از روش (استاندارد ملی ۲۶۱۶) استفاده شد. ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه با پیپت داخل ظرف شیشه‌ای ریخته شد و روی آن ۲۰ تا ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. داخل محلول فوق ۵ قطره شناساگر فنل‌فتالئین یک درصد اضافه شد و سپس عمل سنجش حجمی (تیتراسیون) توسط هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال صورت گرفت. هنگامی که رنگ محلول حاوی عصاره میوه به قرمز روشن تبدیل می‌شد، عمل تیتراسیون خاتمه می‌یافت. بر اساس مقدار هیدروکسید سدیم مصرف شده در عمل تیتراسیون می‌توان مقدار اسید را در عصاره میوه به صورت درصد یا گرم اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه محاسبه کرد. در نهایت میزان تارتاریک اسید ($E = ۰/۰۷۵$) و همچنین میزان اسیدسیتریک ($E = ۰/۰۶۴$) با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید.

$$A = \frac{S \times N \times F \times E}{C} \times 100 \quad (۸)$$

A: مقدار اسید در عصاره میوه (g/100 ml)، S: مقدار NaOH مصرف شده (ml)، N: نرمالیه NaOH، F: فاکتور NaOH، C: مقدار عصاره میوه (ml)، E: هم‌ارز (Equivalent) اسید مورد نظر

¹ Refractometry

اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان در میوه انگور با DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) با استفاده از روش فون گادو و همکاران (۱۹۹۷) [۲۳] صورت گرفت. برای تهیه نمونه‌ها مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره با سمپلر برداشته و در یک میکروتیوب ریخته شد. سپس ۹۰۰ میکرولیتر بافر Tris-Hcl با pH ۷/۴ به آن‌ها اضافه شد و محلول به دست آمده برای حل شدن عصاره ورتکس (VELP) شد و در آخر ۱۰۰۰ میکرولیتر DPPH (Sigma) با غلظت ۱۶۰ پی‌پی‌ام به آن‌ها اضافه شد. نمونه‌های تصحیح (Blank) شامل ۱۰۰ میکرولیتر عصاره به همراه ۹۰۰ میکرولیتر Tris-Hcl به اضافه ۱۰۰۰ میکرولیتر متانول خالص بدون DPPH بودند. همچنین نمونه‌های شاهد (Control) دارای ۹۰۰ میکرولیتر بافر + ۱۰۰۰ میکرولیتر متانول بودند.

سپس از هر نمونه به میزان ۳۰۰ میکرولیتر در میکروپلیت ریخته شد و به مدت ۱۰ ثانیه شیک شدند و بعد از ۳۰ دقیقه قرار گرفتن در تاریکی، میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر (Biotek. ELX, 808) خوانده شد و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$I = [(A_{\text{sample}} - A_{\text{blank}}) / A_{\text{control}}] \times 100 \quad (9)$$

بررسی ترجیح میزبانی

برای تعیین ترجیح تغذیه‌ای لاروهای نسل سوم آفت نسبت به ارقام مختلف از روش انجام شده توسط اختر و اسلم (۲۰۰۳) [۲۴] استفاده شد. آزمایش در ۱۰ تکرار و با ۱۰ میزبان مختلف به عنوان تیمار صورت گرفت که هر تکرار شامل ظرف دایره‌ای شکل به قطر ۲۰ سانتی‌متر بود. حبه‌های انگور با فاصله یکسان از یکدیگر در اطراف ظروف مزبور در اختیار لاروها قرار داده شد. تعداد ۵ عدد لارو به‌طور تصادفی از یک جمعیت انتخاب شدند و پس از یک ساعت گرسنگی در مرکز ظروف آزمایش قرار گرفتند تا بتوانند آزادانه به سمت میزبان‌های مختلف حرکت کنند. پس از یک ساعت تعداد لاروهای مستقر شده روی هر میزبان شمارش و ثبت گردید.

برای تعیین ترجیح تخم‌گذاری حشرات ماده، آزمایش در ۵ تکرار و با ۱۰ رقم مختلف صورت گرفت. هر تکرار در یک قفس پرورش انجام گرفت. در داخل هر قفس ۱۰ خوشه از ۱۰ رقم به فاصله یکسان از یکدیگر از دیواره قفس آویزان شده بود. در هر قفس سه عدد حشره ماده و پنج عدد حشره نر رهاسازی گردید. پس از ۲۴ ساعت میزان تخم‌ریزی پروانه‌های ماده بر ارقام مورد آزمایش شمارش و ترجیح میزبانی آفت از لحاظ تخم‌ریزی روی ارقام مختلف، مطالعه شد.

آنالیز داده‌ها

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS V.19 به روش تجزیه واریانس یک‌طرفه انجام گرفت. اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی خوشه‌های انگور و نیز کلیه آزمایش‌های بیوشیمیایی در سه تکرار انجام شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح ($P > 0.05$) با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. همبستگی بین شاخص‌های تغذیه و خصوصیات باغبانی با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد.

یافته‌ها

تأثیر ارقام مختلف انگور بر شاخص‌های تغذیه‌ای لارو کرم خوشه‌خوار انگور

نتایج تأثیر ارقام مورد آزمایش انگور روی شاخص مصرف (CI)، شاخص تقریبی هضم‌شوندگی (AD)، شاخص بازدهی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و شاخص بازدهی تبدیل غذای هضم شده (ECD) کرم خوشه‌خوار انگور در جدول ۱ ارائه شده است. در مورد هر چهار شاخص بین ارقام مختلف اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($P \leq 0.05$). بیشترین

شاخص مصرف، مربوط به رقم رطبی سفید زرقان و رتبه دوم به کشمشی بوانات و کمترین میزان شاخص مصرف، به رقم‌های بش مزایجان بوانات و صاحبی سیاه مزایجان تعلق داشت.

جدول ۱. شاخص مصرف (CI)، شاخص تقریبی هضم‌شوندگی (AD)، شاخص بازدهی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و شاخص بازدهی تبدیل غذای هضم شده (ECD) لاروهای کرم خوسه‌خوار انگور تغذیه کرده از ده رقم انگور ایرانی

ارقام	CI	AD (%)	ECI (%)	ECD (%)
رطبی سفید زرقان	۱۱/۶۵±۱/۲۵ ^a	۹۸/۷۲±۰/۳۳ ^a	۰/۵۲±۰/۱۲ ^b	۰/۵۳±۰/۱۲ ^b
صابونی خورجان	۴/۶۵±۰/۵ ^{cd}	۹۵/۷۲±۱/۸ ^{ab}	۰/۶۶±۰/۱۴ ^b	۰/۶۸±۰/۱۴ ^b
صاحبی سیاه	۱/۴۴±۰/۴۵ ^{ef}	۷۸/۱۷±۱۵/۸۳ ^{cd}	۱/۳±۰/۲۳ ^b	۱/۳±۰/۲۳ ^b
سفید انگور قوچان	۱/۷۳±۱/۰۱ ^{ef}	۳۹±۱۵/۹۳ ^d	۴/۹±۲/۵۴ ^a	۴/۲±۲/۵۴ ^a
قلاتی دودج	۳/۸۲±۰/۷۱ ^{cde}	۸۹/۴۶±۹/۹۴ ^{abc}	۰/۳۶±۰/۰۶ ^b	۰/۳۶±۰/۰۶ ^b
سمرقندی سفید	۴/۹±۰/۷۴ ^c	۸۹/۱۵±۹/۹ ^{abc}	۰/۳۷±۰/۱ ^b	۰/۳۷±۰/۱ ^b
سیاه خورجان	۲/۰۴±۰/۶۲ ^{def}	۵۹/۱۶±۱۶/۱ ^{bcd}	۱/۳±۰/۲ ^b	۱/۳±۰/۲ ^b
کشمشی بوانات	۹/۳۷±۱/۴۱ ^{ab}	۹۹/۶۸±۰/۰۷ ^a	۰/۳۱±۰/۰۸ ^b	۰/۳۱±۰/۰۸ ^b
بش مزایجان	۰/۵۳±۰/۴۱ ^f	۵۹/۶۸±۱۶/۲۹ ^{bcd}	۰/۴±۰/۱۳ ^b	۰/۴±۰/۱۳ ^b
قزل اوزم	۸/۵۵±۱/۲۶ ^b	۸۹/۴۱±۹/۹۳ ^{abc}	۰/۴۲±۰/۱ ^b	۰/۴۳±۰/۱ ^b

حروف مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار و حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در آن ستون با یکدیگر هستند (آزمون دانکن سطح اطمینان ۹۵ درصد)

کاهش شاخص مصرف می‌تواند به علت کمبود مواد غذایی مورد نیاز آفت در گیاه میزبان یا تفاوت در میزان مواد بیوشیمیایی ثانویه باشد [۴]. گیاهانی که به میزان کمتری برای میزبان خود مناسب هستند ممکن است به دلیل حضور برخی از مواد شیمیایی ثانویه در این ارقام خاصیت آنتی‌بیوزی یا آنتی‌زنوزی داشته باشند یا ممکن است به دلیل نبود مواد مغذی اولیه که برای رشد و توسعه حشره مورد نیاز هستند کمتر مورد توجه آفت قرار گیرند [۲۵]. پایین بودن شاخص CI معرف این است که در وارسته مقاوم مورد نظر خصوصیات آنتی‌زنوزی وجود دارد؛ زیرا در مراحل نخستین تغذیه، ادامه تغذیه به دریافت محرک‌های مثبت چشایی توسط حشره بستگی دارد [۲۵].

عوامل بسیاری در میزان وجود دارد که آن را برای حشره مناسب می‌کند؛ از جمله این عوامل می‌توان محتوای مواد مغذی، مواد ثانویه موجود در میزبان و قابلیت هضم و جذب قندها توسط حشرات را نام برد. تفاوت در غلظت آللوکیمیکال‌ها بین ارقام مختلف گیاهان می‌تواند روی عملکرد لارو حشرات، مؤثر باشد [۲۶].

در شاخص هضم‌شوندگی غذا (AD) بیشترین میزان شاخص هضم‌شوندگی به ترتیب به ارقام کشمشی بوانات، رطبی سفید زرقان، صابونی خورجان مزایجان و کمترین میزان نیز به ترتیب به ارقام سفید انگور قوچان، صاحبی سیاه مزایجان و سیاه خورجان بوانات تعلق داشت (جدول ۱). شاخص تقریبی هضم‌شوندگی در ارتباط با عواملی چون مقدار مواد غذایی، مقدار تبادل، میزان الیاف خام و مقدار آب می‌باشد. هر چه در ماده غذایی، ترکیبات کاهنده هضم‌شوندگی بیشتر باشد، قابلیت هضم‌شوندگی کمتر است [۲۷]. هر چه قابلیت هضم‌شوندگی یک رقم گیاهی، کمتر باشد، حشره از آن کمتر تغذیه می‌کند (شاخص مصرف پایین‌تر) و در نتیجه، گیاه، خسارت کمتری را متحمل می‌شود [۲۶].

نتایج شاخص تبدیل غذای خورده شده (ECI) نشان داد که بیشترین میزان بازدهی تبدیل غذای خورده شده، مربوط به سفید انگور قوچان (۴/۹ درصد) و کمترین مربوط به کشمشی بوانات (۰/۳۱ درصد) بود. بین سفید انگور قوچان

با سایر ارقام، اختلاف معنی داری وجود دارد؛ در حالی که بین سایر ارقام، اختلاف معنی داری مشاهده نشد. یکی از مهم‌ترین شاخص‌های سودمندی غذا، کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI) است. این شاخص، توانایی حشره در بهره‌برداری از مواد غذایی مورد نیاز است [۱۷]. هر چه این شاخص بالاتر باشد؛ غذای خورده شده، مطلوبیت بیشتری دارد [۲۶].

نتایج شاخص تبدیل غذای هضم شده (ECD) نشان داد بیشترین درصد (۴/۲ درصد) بازدهی تبدیل غذای خورده شده مربوط به لاروهایی است که از سفید انگور قوچان تغذیه کرده‌اند. در حالی که کمترین درصد (۰/۳۱ درصد) به لاروهایی که از کشمشی بوانات تغذیه کرده‌اند مربوط می‌باشد. ECD شاخصی است که برای تعیین کیفیت غذا به شمار می‌رود. این شاخص نیز همانند شاخص ECI نشان‌دهنده توانایی حشره در استفاده از مواد غذایی مورد نیاز است. این شاخص، بیان می‌کند که چه بخشی از ماده غذایی به زیست‌توده (Biomass) تبدیل می‌شود [۴]. بالا بودن این شاخص همانند شاخص قبلی (ECI) نشان‌دهنده مطلوبیت بیشتر ماده غذایی است [۲۸].

معمولاً مقدار ECI و ECD رابطه معکوسی با مقدار AD دارد [۲۹]. احتمالاً با بالا رفتن AD حشره به علت وفور ماده غذایی مطلوب هضم کمتری روی مواد خورده شده انجام می‌دهد و میزان دفع را افزایش می‌دهد که در نهایت، منجر به کاهش ECI و ECD خواهد گشت. می‌توان انتظار داشت میزبانی با AD بالاتر خسارت بیشتری را متحمل خواهد شد. در تحقیقی که رضایی و همکاران در سال ۲۰۰۶ روی پروانه سفید آمریکایی روی پنج میزبان متفاوت انجام دادند نتایج نشان داد که بیشترین کارایی تبدیل غذای خورده شده به زیست‌توده حشره، مربوط به توت بود و گردو در ردیف بعدی قرار دارد که این امر ممکن است نشان‌دهنده کیفیت بهتر غذا و همچنین وجود جلب‌کننده‌های مختلف در برگ توت باشد که لارو را به تغذیه از آن ترغیب می‌کند [۳۰].

در تحقیق ناصری و همکاران در سال ۲۰۱۰ فاکتورهای مربوط به دوره زندگی و قدرت باروری *Helicoverpa armigera* را روی ارقام مختلف سویا، بررسی کردند. همچنین اثرات تغذیه از ارقام مختلف سویا (۱۳ رقم) روی شاخص‌های تغذیه‌ای *H. armigera* بررسی شد. داده‌های به دست آمده از این مطالعه، تفاوت‌های معنی داری بین شاخص‌های تغذیه‌ای (ECI و ECD) لاروهای *H. armigera* پرورش‌یافته روی ارقام مختلف سویا را نشان داد. آنها دلیل اینکه چرا برخی از ارقام به میزان کمتری جهت تغذیه *H. armigera* مناسب بوده‌اند را حضور برخی از مواد شیمیایی ثانویه در این وارپته‌ها که به‌عنوان آنتی‌زوتیک و آنتی‌بیوتیک عمل کرده‌اند، دانسته‌اند [۳۱].

در تحقیق باقری و همکاران ۲۰۱۳ [۳۲] که با عنوان شاخص‌های تغذیه‌ای *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae) روی پنج میزبان مختلف انجام گرفته بیان شده که در اغلب موارد بالاترین ECI و ECD مربوط به لوبیا چشم‌بلبلی بود. کاهش در ECI در لارو ممکن است در اثر کاهش بهره‌وری تبدیل غذای مصرفی در رشد حشره باشد. پایین‌ترین ECD مربوط به ذرت بود که نشان می‌دهد که لاروهای تغذیه کرده از ذرت، دارای بهره‌وری کمتر برای تبدیل غذای هضم شده به توده بدن هستند. این به‌خوبی مشخص شده که میزان استفاده از مواد غذایی، بستگی به میزان هضم مواد غذایی که تبدیل به زیست‌توده حشره می‌شوند، دارد [۲۰].

گیاهان می‌توانند مواد ثانویه‌ای مثل آنزیم‌های گوارشی مهارکننده تغذیه سنتز کنند که نقش عمده‌ای در دفاع گیاه در قبال آفت داشته باشد [۱۵]. اثر منفی لکترین‌های گیاهی بر شاخص‌های تغذیه‌ای *Anagasta kueiella* و *Coreyra cephalonica* به خوبی نشان داده شده است [۲۹]. همچنین ارتباط بین ECI و ECD و فعالیت آنزیم‌های گوارشی مورد بحث قرار گرفته است [۳۳].

به طور کلی، شاخص ECI برای تعیین کیفیت غذا به کار برده می‌شود و پایین بودن آن، معرف وجود مکانیسم آنتی‌بیوزی در ترکیب مورد نظر است و به عبارتی، تعیین‌کننده فرایندهای متابولیکی مؤثر بر فیزیولوژی تغذیه‌ای

حشره می‌باشد [۳۴]. در نهایت، مقدار شاخص‌های AD، ECI و ECD می‌تواند تعیین‌کننده وجود مکانیسم آنتی‌بیوزی در وارپته‌های مقاوم باشند؛ زیرا این شاخص‌ها تعیین‌کننده فرایندهای متابولیکی مؤثر بر فیزیولوژی تغذیه حشرات می‌باشد [۲۵].

نتایج تأثیر ارقام مورد آزمایش انگور بر نرخ مصرف نسبی (RCR) کرم خوشه‌خوار انگور در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج، در لاروهای تغذیه کرده از ارقام مختلف از نظر نرخ مصرف نسبی، اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p \leq 0.05$). بیشترین میزان نرخ مصرف نسبی در لاروهای تغذیه کرده از رقم کشمش بوانات با میانگین $55/24$ (mg/mg/day) و کمترین میزان در لاروهای تغذیه کرده از رقم صاحبی سیاه مزایجان با میانگین $8/04$ (mg/mg/day) مشاهده شد. اختلاف معنی‌داری بین نرخ مصرف نسبی لاروهایی که از ارقام رطبی سفید زرقان، صابونی خورجان، سفید انگور قوچان، قلاتی دودج، بش مزایجان و قزل اوزم تغذیه کرده‌اند مشاهده نشد.

جدول ۲. نرخ مصرف نسبی (RCR) لاروهای کرم خوشه‌خوار انگور روی ده رقم انگور ایرانی

ارقام	(mg/mg/day) (M±SE)	ارقام	(mg/mg/day) (M±SE)
رطبی سفید زرقان	$27/86 \pm 5/15^{ab}$	سمرقندی سفید	$54/83 \pm 17/26^a$
صابونی خورجان	$29/01 \pm 12/85^{ab}$	سیاه خورجان	$8/76 \pm 1/44^b$
صاحبی سیاه	$8/04 \pm 2/06^b$	کشمش بوانات	$55/24 \pm 14/4^a$
سفید انگور قوچان	$22/48 \pm 18/16^{ab}$	بش مزایجان	$50/25 \pm 8/09^{ab}$
قلاتی دودج	$54/25 \pm 17/77^a$	قزل اوزم	$34/61 \pm 8/63^{ab}$

حروف مشابه، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار و حروف غیرمشابه، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها با یکدیگر هستند (آزمون دانکن سطح اطمینان ۹۵ درصد).

نرخ مصرف نسبی (RCR) برای اندازه‌گیری سرعت بهره‌برداری حشره از غذا به کار می‌رود و نشان‌دهنده نرخ تغذیه در رابطه با وزن حشره در زمان مشخص است. نرخ تغذیه حشرات به میزان آب و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی غذا بستگی دارد [۳۵]. ترکیبات ناگوار مثل آزادیراختین و لکترین‌ها که تأثیرات ضد تغذیه‌ای دارند اگر در غذای حشره موجود باشد موجب کاهش میزان RCR می‌شوند ولی میزان ECI و ECD افزایش می‌یابد [۴؛ ۲۹].

تأثیر ارقام مختلف انگور روی میزان تغذیه، وزن لاروها، میزان فضولات لاروی و وزن شفیره‌های کرم خوشه‌خوار انگور

نتایج تأثیر ارقام مورد آزمایش روی میزان تغذیه، وزن لاروها، میزان فضولات لاروی و وزن شفیره‌های کرم خوشه‌خوار انگور در جدول ۳ نشان داده شده است. این نتایج، بیانگر آن است که در لاروهای تغذیه کرده از ارقام مورد آزمایش، مقادیر این چهار شاخص بین ارقام مختلف از نظر آماری، اختلاف معنی‌داری دارند ($p \leq 0.05$).

جدول ۳. میزان تغذیه، تفاوت وزن لاروها در ابتدا و انتهای آزمایش، میزان فضولات و وزن شفیره لاروهای کرم خوشه‌خوار انگور روی ده رقم انگور ایرانی

ارقام	میزان تغذیه	تفاوت وزن لاروها در ابتدا و انتهای آزمایش	میزان فضولات لاروی	وزن شفیره‌ها
رطبی سفید زرقان	$92/02 \pm 783/81^a$	$68/8 \pm 37/96^a$	$77 \pm 7/6^{ab}$	$37 \pm 7/64^a$
صابونی خورجان	$117/1 \pm 676/32^{ab}$	$55 \pm 2/15^b$	$41 \pm 9/5^a$	$63 \pm 7/35^{ab}$

ارقام	میزان تغذیه	تفاوت وزن لاروها در ابتدا و انتهای آزمایش	میزان فضولات لاروی	وزن شفیره‌ها
صاحبی سیاه	$48.54 \pm 3.18/31$	$b. / 63 \pm 2/29$	$bcd. / 96 \pm 2/1$	$c / 16 \pm 2/62$
سفید انگور قوچان	37.97 ± 5.79	$b. / 62 \pm 0/82$	$d. / 12 \pm 0/31$	$c / 12 \pm 2/58$
قلاتی دودج	$19.1/25 \pm 429/53$	$b. / 33 \pm 2/15$	$abc. / 29 \pm 7/28$	$abc. / 88 \pm 5/4$
سمرقندی سفید	$11.5/2 \pm 53/37$	$b. / 25 \pm 1/15$	$abcd. / 67 \pm 5/15$	$ab / 1.02 \pm 6/22$
سیاه خورجان	$63.57 \pm 21.1/41$	$b. / 45 \pm 1/38$	$cd. / 62 \pm 1/35$	$bc / 1.41 \pm 4/1$
کشمشی بوانات	$74.03 \pm 313/19$	$b. / 15 \pm 1/13$	$abcd. / 84 \pm 4/53$	$ab. / 66 \pm 7/26$
بش مزایجان	$86.1 \pm 423/31$	$b. / 49 \pm 1/23$	$cd. / 59 \pm 1/79$	$ab / 1.51 \pm 6/6$
قرل اوزم	$87.44 \pm 3.7/45$	$b. / 43 \pm 2$	$bcd. / 6 \pm 3/41$	$ab / 22 \pm 5/92$

حروف مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار و حروف غیرمشابه، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در آن ستون با یکدیگر هستند (آزمون دانکن سطح اطمینان ۹۵ درصد).

بر اساس نتایج، بیشترین میزان تغذیه در لاروهای تغذیه کرده از رطبی سفید زرقان با میانگین (۸۷۳/۸۱ میلی گرم) و کمترین میزان تغذیه در لاروهای تغذیه کرده از سفید انگور قوچان با میانگین (۷۹ میلی گرم) مشاهده شد. بررسی‌های حاصل از جدول تجزیه واریانس مربوط به وزن لاروها در ابتدا و انتهای آزمایش نشان داد که لارو آفت، بیشترین افزایش وزن (۳/۹۶ میلی گرم) را هنگام تغذیه از رقم رطبی سفید زرقان و کمترین افزایش وزن (۰/۸۲ میلی گرم) را هنگام تغذیه از سفید انگور قوچان داشته است. نتایج نشان داد که تنها، لاروهای تغذیه کرده از رقم رطبی سفید زرقان با لاروهای تغذیه کرده از سایر ارقام، اختلاف معنی‌دار داشتند. در حالی که بین لاروهای تغذیه کرده از سایر ارقام، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

بیشترین میزان فضولات تولید شده هنگام تغذیه از رقم صابونی خورجان (۹/۵ میلی گرم) و کمترین میزان (۰/۳۱ میلی گرم) هنگام تغذیه از سفید انگور قوچان بود. مقایسه بین میانگین وزن فضولات نشان داد که بین ارقام رطبی سفید زرقان و صابونی خورجان با ارقام سفید انگور قوچان، سیاه خورجان و بش مزایجان، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری وزن شفیره، بیانگر آن بود که شفیره‌هایی که از لاروهایی که از ارقام رطبی سفید زرقان، صابونی خورجان و کشمشی بوانات تغذیه کرده‌اند با میانگین به ترتیب ۷/۶۴ میلی گرم، ۷/۳۵ میلی گرم و ۷/۲۶ میلی گرم دارای وزن بیشتری نسبت به سایر شفیره‌ها بودند؛ در حالی که شفیره‌هایی که از لاروهایی که از ارقام صاحبی سیاه مزایجان و سفید انگور قوچان با میانگین به ترتیب ۲/۶۲ میلی گرم و ۲/۵۸ میلی گرم تغذیه کرده‌اند دارای کمترین بودند. همچنین نتایج نشان داد که بین ارقام صاحبی سیاه و سفید انگور قوچان با رقم‌های رطبی سفید زرقان، صابونی خورجان، سمرقندی سفید و کشمشی بوانات، از این نظر، اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

این نتایج با تحقیقات تیری و مورو (۲۰۰۷) [۱۸] مطابقت دارد که نشان دادند که لاروهای خوشه‌خوار انگور که از میزبان‌های نامطلوب تغذیه کرده بودند وزن کمتری داشتند و طول دوره لاروی افزایش پیدا کرده بود. این لاروها شفیره‌های کوچک‌تری را نیز ایجاد می‌کردند. در پژوهشی دیگر مورو و همکاران (۲۰۰۶) [۱۷] تغییر در سرعت رشد و نمو لاروهای کرم خوشه‌خوار انگور را گزارش کرده‌اند.

جدول ۴. گرایش لارو کرم خوشه‌خوار انگور به ده رقم انگور

ارقام	M ± SE	ارقام	M ± SE
رطبی سفید زرقان	$a. / 13 \pm 0/8$	سمرقندی سفید	$cd. / 13 \pm 0/2$

ارقام	M ± SE	ارقام	M ± SE
صابونی خورجان	abc ۰/۲۲±۰/۶	سیاه خورجان	cd ۰/۱۳±۰/۲
صاحبی سیاه	d ۰±۰	کشمشی بوانات	a ۰/۱۴±۱
سفید انگور قوچان	d ۰/۱±۰/۱	بش مزایجان	bcd ۰/۲۲±۰/۴
قلاتی دودج	abc ۰/۱۶±۰/۶	قزل اوزم	a ۰/۱۴±۱

حروف مشابه، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار و حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها با یکدیگر هستند (آزمون دانکن سطح اطمینان ۹۵ درصد).

جدول ۵. تخم‌گذاری شب‌پره کرم خوشه‌خوار انگور به ده رقم انگور

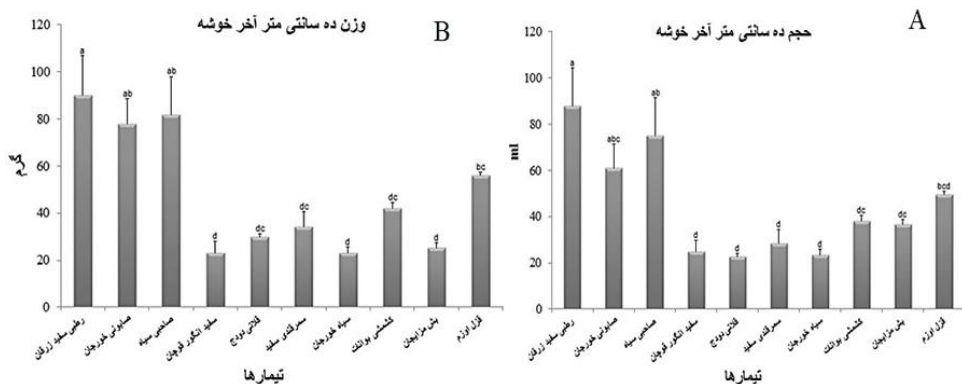
ارقام	M ± SE	ارقام	M ± SE
رقم رطبی سفید	abc ۰/۶±۵/۶	سمرقندی سفید	d ۰/۶±۱/۶
صابونی خورجان	d ۰/۰۸۱±۱/۶	سیاه خورجان	abcd ۱/۱۶±۳/۶
صاحبی سیاه	cd ۰/۸۳±۳	کشمشی بوانات	ab ۰/۹۲±۶/۶
سفید انگور قوچان	d ۰/۳۷±۱/۲	بش مزایجان	bcd ۰/۹۲±۳/۲
قلاتی دودج	abcd ۱/۳۲±۳/۲	قزل اوزم	a ۰/۵۸±۶/۸

حروف مشابه، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار و حروف غیرمشابه، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها با یکدیگر هستند (آزمون دانکن سطح اطمینان ۹۵ درصد).

شاخص‌های فیزیکی و بیوشیمیایی خوشه‌های انگور

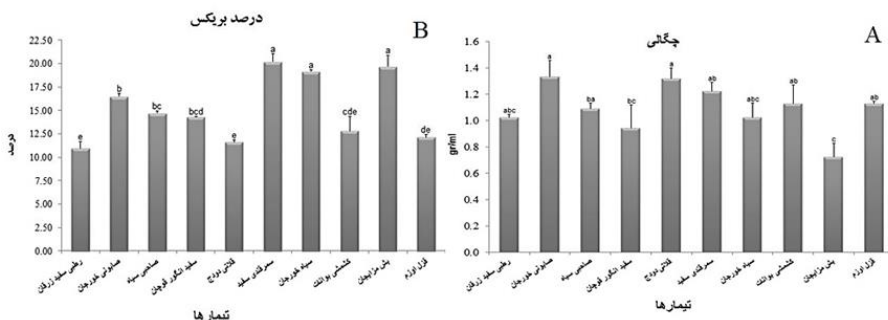
نتایج میانگین حجم و وزن ده سانتی‌متر آخر خوشه ده رقم مورد مطالعه در شکل (۱) ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، حجم و وزن ده سانتی‌متر آخر خوشه در ارقام مورد آزمایش، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند ($P \leq 0/05$). بیشترین میزان حجم ۱۰ سانتی‌متر انتهایی خوشه در ارقام رطبی سفید زرقان و کمترین میزان در سفید انگور قوچان، قلاتی دودج، سمرقندی سفید و سیاه خورجان مشاهده شد. رقم رطبی سفید زرقان همچنین دارای بیشترین مقدار وزن ده سانتی‌متر انتهایی خوشه بود. کمترین مقدار وزن در ارقام سفید انگور قوچان، بش مزایجان و سیاه خورجان مشاهده شد.

چگالی خوشه‌ها در ارقام مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند ($P \leq 0/05$) (شکل A ۲). در این میان، ارقام صابونی خورجان با میانگین ۱/۳۳ گرم بر میلی‌لیتر بیشترین چگالی و بش مزایجان با ۰/۷۲ گرم بر میلی‌لیتر کمترین چگالی را دارد. همچنین نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که بین ارقام سفید انگور قوچان با ارقام صابونی خورجان، قلاتی دودج، و بش مزایجان، اختلاف معنی‌داری وجود دارد.



شکل ۱. حجم ده سانتی متر آخر خوشه در ارقام مورد آزمایش (A). وزن ده سانتی متر آخر خوشه در ارقام مورد آزمایش

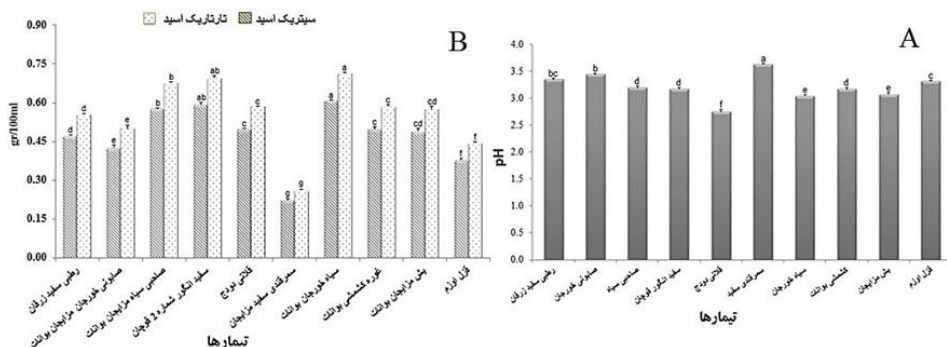
(B). حروف غیرمشابه، بیانگر اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن



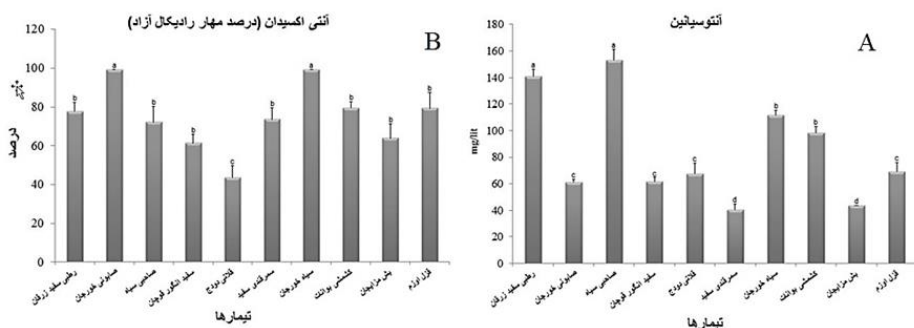
شکل ۲. چگالی خوشه های رقم های مورد آزمایش انگور (A). میزان مواد جامد محلول یا درجه بریکس در ارقام مورد آزمایش

(B). حروف غیرمشابه، بیانگر اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن.

نتایج میانگین مواد جامد محلول یا درجه بریکس ۱۰ رقم مورد مطالعه در شکل (B ۲) ارائه شده است ($p \leq 0.05$). مقایسه بین میانگین های درجه بریکس ارقام مختلف نشان داد که میزان درجه بریکس در رقم سمرقندی سفید، بیشترین (۲۰/۲ درصد) و در رطبی سفید زرقان، کمترین (۱۰/۹ درصد) بوده است. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مقدار pH و اسیدهای تارتاریک و سیتریک ارقام مورد آزمایش، اختلاف معنی داری با یکدیگر دارند ($p \leq 0.05$) (شکل ۳). بیشترین مقدار pH (۳/۶) مربوط به رقم سمرقندی سفید و کمترین میزان مقدار pH (۲/۷) به قلاتی دودج اختصاص داشت. همچنین نتیجه آزمون مقایسه میانگین تارتاریک اسید و سیتریک اسید نشان داد که سیاه خورجان با میانگین ۰/۷۱ و ۰/۶۱ گرم بر ۱۰۰ میلی لیتر تارتاریک اسید و سیتریک اسید (دارای بیشترین میزان و سمرقندی سفید با میانگین ۰/۲۶ و ۰/۲۲ میلی لیتر تارتاریک اسید و سیتریک اسید) دارای کمترین میزان ترکیبات اسیدی بودند (شکل ۳).



شکل ۳. مقایسه میانگین pH ارقام مورد آزمایش انگور (A). میزان تارتاریک اسید و سیتریک اسید در ارقام مورد آزمایش انگور (B). حروف غیرمشابه، بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن



شکل ۴. میزان آنتوسیانین در ارقام مورد آزمایش انگور (A). درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH در ارقام مورد آزمایش انگور (B). حروف غیرمشابه، بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن

میزان آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی رقم‌های مورد مطالعه در شکل ۴ ارائه شده است که حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین میزان این ترکیبات در رقم‌های مختلف است ($p \leq 0.01$). بر این اساس، صابونی سیاه مزایجان دارای بیشترین (۱۵۲/۹۲ میلی گرم بر لیتر) و سمرقندی سفید دارای کمترین (۴۰/۴ میلی گرم بر لیتر) میزان آنتوسیانین بودند. همچنین ارقام صابونی خورجان و سیاه خورجان دارای بیشترین (۹۹/۱۱ درصد) و قلاتی دودج دارای کمترین (۴۳/۵۲ درصد) میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی بودند (شکل ۴).

همبستگی بین شاخص‌های تغذیه‌ای لارو کرم خوشه‌خوار و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ارقام مورد مطالعه
در بررسی همبستگی با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون بین شاخص مصرف (CL) و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی انگور، همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$). بر اساس نتایج بین شاخص هضم‌شوندگی و چگالی خوشه، رابطه معنی‌دار و مثبت ($R = 0.622$, $p \leq 0.05$) و بین شاخص هضم‌شوندگی و میزان اسید سیتریک، رابطه معنی‌دار و منفی مشاهده شد ($R = -0.602$, $p \leq 0.05$). بین شاخص بازدهی تبدیل غذای خورده شده و نیز شاخص

بازدهی تبدیل غذای هضم شده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، همبستگی معنی داری مشاهده نشد ($p > 0.05$). در حالی که بین نرخ مصرف نسبی و مقدار اسیدسیتریک ($R = -0.652, p \leq 0.05$) و آنتوسیانین ($R = -0.631, p \leq 0.05$) رابطه منفی و معنی دار مشاهده شد.

نتایج حاصل از آزمون همبستگی پیرسون نشان داد بین میزان تغذیه لاروها و وزن ($R = 0.806, p \leq 0.01$) و حجم ($R = 0.817, p \leq 0.01$) خوشه، همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد. بین میزان تغذیه لاروها در طول آزمایش و سایر فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی، همبستگی معنی داری یافت نشد. تنها بین افزایش وزن لاروها و وزن خوشه، همبستگی مثبت و معنی داری وجود داشت ($R = 0.645, p \leq 0.05$). همچنین بین تراکم خوشه و میزان فضولات لاروی، همبستگی مثبت و معنی داری وجود داشت ($R = 0.704, p \leq 0.05$). در نهایت، بین وزن شفیره و ویژگی های ارقام، رابطه معنی داری به دست نیامد.

پاوان و همکاران (۱۹۹۳) [۳۶] خسارت ناشی از *Lobesia botrana* و *Eupoecilia ambiguella* را در ارقام زودرس، بررسی کردند و گزارش کردند که خسارت کرم خوشه خوار انگور در ارقام که خوشه های بزرگ تر دارند و متراکم ترند یا ارقامی که به پوسیدگی حساس تر هستند، بیشتر است. همچنین فرمود (۱۹۹۸) [۱۶] در تحقیقی روی نسل سوم کرم خوشه خوار انگور نشان داد که بین فشردگی خوشه ها و میزان آلودگی به کرم خوشه خوار، همبستگی وجود دارد.

در بررسی همبستگی نرخ مصرف نسبی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی انگور، نتایج، بیانگر همبستگی معنی دار و منفی با میزان تارتاریک اسید و سیتریک اسید و میزان آنتی سیانین ارقام انگور است. این احتمالاً به این دلیل است که این مواد موجب می شوند لارو در مدت زمان معین، میزان تغذیه کمتری از ارقام داشته باشند یا شاید اسیدهای فوق برای کرم خوشه خوار، سمی باشند. همان طور که کلون و همکاران (۱۹۷۰) [۳۷] نشان دادند اسید آلی حلقوی هیدروکسامیک اسید (Dimboa) موجود در شاخ و برگ ذرت بر روی ساقه خوار اروپایی *Ostrinia nubilalis* خاصیت آنتی زنبوری دارند.

ترجیح میزبانی لارو و حشره کامل روی ارقام مختلف

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین گرایش لاروهای کرم خوشه خوار به میزبان های مختلف ($p \leq 0.001, df=9$)، و نیز ترجیح تخم گذاری حشرات ماده روی ارقام مختلف ($p \leq 0.001, df=9, F=6.04$) اختلاف معنی داری وجود دارد (جداول ۴ و ۵). لاروها برای تغذیه، رقم های کشمش بوانات و رطبی سفید زرقان را به طور معنی داری، بیشتر از سایر ارقام ترجیح داده اند و کمترین گرایش در رقم های صاحبی سیاه مزایجان و سفید انگور قوچان مشاهده شد. همچنین از نظر تخم ریزی، حشرات ماده این شب پره بیشترین تخم گذاری را روی ارقام قزل اوزم (6.18 ± 0.58) و کشمش بوانات (6.6 ± 0.92) داشته اند. کمترین میزان تخم ریزی نیز به ترتیب روی رقم های سفید انگور قوچان (1.2 ± 0.37) و رقم سمرقندی سفید مزایجان (1.6 ± 0.6) به دست آمده است.

بررسی همبستگی بین ترجیح میزبانی لارو کرم خوشه خوار و ترجیح تخم گذاری حشرات ماده با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ارقام مورد مطالعه نشان داد که تنها همبستگی بین درجه بریکس و ترجیح میزبانی لارو و ترجیح تخم گذاری رابطه معنی دار و معکوس وجود دارد ($R = -0.666, p \leq 0.05$) و بین سایرین، اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

با توجه به نتایج، لاروها رقم های کشمش بوانات و رطبی سفید زرقان را به طور معنی داری بیشتر از سایر ارقام ترجیح داده اند. عدم ترجیح تغذیه لاروها روی ارقامی مانند سفید انگور قوچان را می توان به وجود ویژگی آنتی زنبوری در این رقم ارتباط داد. رضایی و همکاران، ترجیح میزبانی لاروهای پروانه سفید آمریکایی را روی پنج میزبان مختلف، مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که لاروها برگ توت را نسبت به سایر میزبان ها ترجیح می دهند. همچنین در مطالعات رانا

(۲۰۰۵) [۳۸] مبنی بر ترجیح بیشتر شته خردل (*Lipaphis erysimi*) نسبت به *Brassica napus* در مقایسه با *Brassica juncea* و *Brassica rapa* گزارش شده است. به نظر می‌رسد که تمایز شته در استقرار روی ارقام *B. juncea* و *B. rapa* به برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه میزبان، ارتباط دارد که جذابیت بیشتری را برای تشکیل کلونی روی آن‌ها برای شته ایجاد می‌کند.

به‌طور کلی، مقاومت آنتی‌زنوزی گیاه میزبان، بر رفتار تخم‌ریزی و استقرار حشره، تأثیر می‌گذارد. این تغییر رفتار می‌تواند ناشی از خصوصیات مورفولوژیکی، بیوفیزیکی، بیوشیمیایی و کیفیت ساختاری گیاه میزبان باشد [۳۹]. در این رابطه، مطالعات رنویک (۱۹۸۹) [۴۰] نشان می‌دهد که راسته بال‌پولک‌داران نسبت به انتخاب گیاه میزبان، ترجیح تخم‌ریزی دارند.

در نتایج به دست آمده در مورد ترجیح تخم‌گذاری حشرات ماده، احتمال می‌رود فاکتورهای فیزیکی مانند رنگ حبه‌ها و شکل حبه‌ها، چگالی و ... و بیوشیمیایی (اسیدها، فنول‌ها و مواد جامد محلول و ...) روی انتخاب حشرات ماده، مؤثر بوده باشند و باعث جذب یا دفع آنان شوند. به طور مثال، مطالعات Tasin et al. (2006) نشان می‌دهد که بوهای متساعد شده از میوه‌های انگور جلب‌کننده حشرات ماده کرم خوشه‌خوار انگور هستند.

ترکیبات موجود در یک گونه گیاهی یا ارقام یک گیاه می‌تواند باعث ایجاد آنتی‌زنوز تخم‌ریزی شود [۴۱]. نتایج پژوهش مارتین و پولین (۲۰۰۵) [۲۶] روی ترجیح میزبانی و تخم‌گذاری (*Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) روی چند میزبان مختلف انجام گرفت. نشان داد که میزان تخم‌گذاری و تغذیه این آفت روی ارقام مختلف، متفاوت می‌باشد. طبق پژوهش پاسکوالینی و همکاران (۲۰۰۶) وجود خاصیت آنتی‌زنوزی در برخی از ارقام گلایی، سبب کاهش تخم‌ریزی ماده‌ها روی این ارقام می‌شود. همچنین معدود لاروهایی که روی این ارقام رشدونمو می‌یابند با پدیده آنتی‌بیوز روبه‌رو می‌شوند [۴۱]. نتایج مشابهی از ترجیح تخم‌گذاری کرم ساقه‌خوار برنج و کرم ساقه‌خوار نیشکر روی ارقام مختلف برنج و نیشکر به دست آمده است [۴۲].

بحث و نتیجه‌گیری

آنتی‌زنوز، وضعیتی است که در آن، حشره یک وارایتی گیاهی را به دلیل عدم‌مطلوبیت برای پناه گرفتن، تغذیه یا تخم‌ریزی انتخاب نمی‌کند [۳۹]. این پدیده به دو صورت آنتی‌زنوز تغذیه‌ای و آنتی‌زنوز تخم‌گذاری می‌تواند بروز کند [۱۱]. با توجه به جمیع نتایج به دست آمده، لاروهای کرم خوشه‌خوار انگور، کمترین تمایل به تغذیه را روی رقم سفید انگور قوچان داشته‌اند. کمترین میزان تخم‌ریزی افراد ماده نیز روی این رقم بوده است. خوشه‌های این رقم، حجم و وزن کمتری داشتند و کمتر مورد توجه این آفت قرار می‌گیرند. همچنین میوه‌های آن، کمترین شاخص هضم‌پذیری را در لاروها سبب شده‌اند. لاروها روی این رقم، کمترین میزان تغذیه را داشتند و شفیره‌های کوچک‌تری را ایجاد کرده‌اند که می‌توان آن را با پدیده آنتی‌بیوز در ارتباط دانست. با توجه به نتایج این رقم در کنار ارقامی مانند صابنی سیاه و سمرقندی سفید به علت داشتن خصوصیات آنتی‌زنوزی به‌عنوان ارقامی به نسبت مقام در برابر کرم خوشه‌خوار انگور معرفی می‌گردند. در نقطه مقابل، بیشترین ترجیح تغذیه‌ای و تخم‌ریزی روی ارقام رطبی سفید زرقان و کشمش بوانات بوده است. لاروها بالاترین شاخص هضم‌پذیری را روی این دو رقم داشته‌اند. شاخص هضم‌پذیری بالا سبب تغذیه بیشتر لاروها و در نتیجه، خسارت بیشتر بوده است. این دو رقم نسبت به سایر ارقام، بیشتر مورد توجه این حشره قرار می‌گیرند و حساس‌تر هستند.

از آنجایی که استفاده از ارقام مقاوم به حشرات، منجر به افزایش چشمگیر تولید محصول در مناطق عمده کشاورزی جهان گردیده، موضوع مقاومت گیاهان به حشرات، جایگاه مهمی را احراز کرده است. امروزه، استفاده از ارقام مقاوم در

برنامه مدیریت تلفیقی آفات می‌تواند گام مؤثری در راستای کاهش مصرف حشره‌کش‌های شیمیایی باشد؛ از این رو شناسایی ارقام مقاوم و حساس و کاشت ارقام حساس به‌عنوان تله در باغات و همچنین تلفیق واریته‌های مقاوم با سایر روش‌های کنترل آفات می‌تواند گامی مؤثر در راستای کاهش خسارت آفات باشد. یافته‌های این پژوهش می‌تواند اطلاعات پایه در خصوص حساسیت یا مقاومت برخی از ارقام انگور نسبت به کرم خوشه‌خوار را در دسترس قرار دهد.

References

- [1] Saeedi, K. (2007). Study of seasonal changes in the population of *Lobesia botrana* Den. & Schiff. (Lepidoptera): Tortricidae and determination of spraying time in thirty hard zone. *Pajouhesh & Sazandegi*, 20(2), 141-148. <https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=68812>
- [2] Nazemi Rafie, J., Witzgall, P., & Sadeghi, A. (2013). Study of Seasonal Changes of *Lobesia botrana* (Lep: Tortricidae) and Effect of Concentrations of Sexual Pheromone and Grape Variety on Attraction of Adults in Kurdistan Province. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 27(3), 316-323. <https://doi.org/10.22067/jpp.v27i3.26749>
- [3] Khoshroo, A., Mulwa, R., Emrouznejad, A., & Arabi, B. (2013). A non-parametric Data Envelopment Analysis approach for improving energy efficiency of grape production. *Energy*, 63, 189-194. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.09.021>
- [4] Koul, O., Multani, J., Goomber, S., Daniewski, W., & Berlozecki, S. (2004). Activity of some nonazadirachtin limonoids from *Azadirachta indica* against lepidopteran larvae. *Australian Journal of Entomology*, 43(2), 189-195. <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2003.00390.x>
- [5] Moschos, T. (2006). Yield loss quantification and economic injury level estimation for the carpophagous generations of the European grapevine moth *Lobesia botrana* Den. et Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae). *International Journal of Pest Management*, 52(2), 141-147. <https://doi.org/10.1080/09670870600639179>
- [6] Eghtedar, E. (1996). Biology of *Lobesia botrana* in Fars province. *Applied Entomology and Phytopathology*, 63(1/2), 5-6. <https://www.cabi.org/isc/abstract/19971108888>
- [7] Hosseinzadeh, J., Karimpour, Y., & Farazmand, H. (2011). Effect of lufox, on *Lobesia botrana* Den. & Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, F. Toxicology & Pest Control*, 3(1), 11-17. <https://doi.org/10.21608/eajbsf.2011.17432>
- [8] Ifoulis, A., & Savopoulou-Soultani, M. (2006). Use of Geostatistical Analysis to Characterize the Spatial Distribution of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) Larvae in Northern Greece. *Environmental Entomology*, 35(2), 497-506. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.2.497>
- [9] Mondy, N., & Corio-Costet, M. (2000). The response of the grape berry moth (*Lobesia botrana*) to a dietary phytopathogenic fungus (*Botrytis cinerea*): the significance of fungus sterols. *Journal of Insect Physiology*, 46(12), 1557-1564. [https://doi.org/10.1016/s0022-1910\(00\)00085-8](https://doi.org/10.1016/s0022-1910(00)00085-8)
- [10] Civolani, S., Boselli, M., Butturini, A., Chicca, M., Fano, E. A., & Cassanelli, S. (2014). Assessment of insecticide resistance of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae)

- in Emilia-Romagna region. *Journal of Economic Entomology*, 107(3), 1245-1249. <https://doi.org/10.1603/ec13537>
- [11] Seraj, A. A. (2007). *Principles of Plant Pest Control (Pest Management)* Shahid Chamran University Press.
- [12] Koul, O., & Cuperus, G. W. (2007). *Ecologically Based Integrated Pest Management*. CABI. <https://books.google.com/books?id=EEb4KVBT9IC>
- [13] Verkerk, R. H. J., Leather, S. R., & Wright, D. J. (1998). The potential for manipulating crop-pest-natural enemy interactions for improved insect pest management: REVIEW ARTICLE. *Bulletin of Entomological Research*, 88(5), 493-501. <https://doi.org/10.1017/S0007485300026018>
- [14] Parajulee, M. N., Shrestha, R. B., Slosser, J. E., & Bordovsky, D. G. (2011). Effects of Skip-Row Planting Pattern and Planting Date on Dryland Cotton Insect Pest Abundance and Selected Plant Parameters. *Southwestern Entomologist*, 36(1), 21-39. <https://doi.org/10.3958/059.036.0103>
- [15] Chougule, N. P., Hivrale, V. K., Chhabda, P. J., Giri, A. P., & Kachole, M. S. (2003). Differential inhibition of *Helicoverpa armigera* gut proteinases by proteinase inhibitors of pigeonpea (*Cajanus cajan*) and its wild relatives. *Phytochemistry*, 64(3), 681-687. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(03\)00375-3](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(03)00375-3)
- [16] Fermaud, M. (1998). Cultivar susceptibility of grape berry clusters to larvae of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 91(4), 974-980. <https://doi.org/10.1093/jee/91.4.974>
- [17] Moreau, J., Benrey, B., & Thiéry, D. (2006). Grape variety affects larval performance and also female reproductive performance of the European grapevine moth *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Bulletin of Entomological Research*, 96(2), 205-212. <https://doi.org/10.1079/ber2005417>
- [18] Thiéry, D., & Moreau, J. (2005). Relative performance of European grapevine moth (*Lobesia botrana*) on grapes and other hosts. *Oecologia*, 143(4), 548-557. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0022-7>
- [19] Sharma, H., & Norris, D. M. (1991). Comparative feeding preference and food intake and utilization by the cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae) on three legume species. *Environmental Entomology*, 20(6), 1589-1594.
- [20] Batista Pereira, L. G., Petacci, F., Fernandes, J. B., Corrêa, A. G., Vieira, P. C., da Silva, M. F., & Malaspina, O. (2002). Biological activity of astilbin from *Dimorphandra mollis* against *Anticarsia gemmatilis* and *Spodoptera frugiperda*. *Pest Management Science*, 58(5), 503-507. <https://doi.org/10.1002/ps.478>
- [21] Hoehn, E., Gasser, F., Guggenbühl, B., & Künsch, U. (2003). Efficacy of instrumental measurements for determination of minimum requirements of firmness, soluble solids, and acidity of several apple varieties in comparison to consumer expectations. *Postharvest Biology and Technology*, 27(1), 27-37. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00190-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00190-4)
- [22] Wagner, G. J. (1979). Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. *Plant Physiology*, 64(1), 88-93. <https://doi.org/10.1104/pp.64.1.88>
- [23] Von Gadow, A., Joubert, E., & Hansmann, C. F. (1997). Comparison of the Antioxidant Activity of Aspalathin with That of Other Plant Phenols of Rooibos Tea (*Aspalathus*

- linearis), α -Tocopherol, BHT, and BHA. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(3), 632-638. <https://doi.org/10.1021/jf960281n>
- [24] Akhtar, M., & Aslam, M. (1986). *Xanthomonas campestris* pv. *undulosa* on wheat. *RACHIS, Barley and Wheat Newsletter*, 5(2), 34-37.
- [25] Price, P. W. (1997). *Insect Ecology*. Wiley. <https://books.google.com/books?id=VDMgAQAAMAAJ>
- [26] Martin, A. L., & Pullin, S. A. (2004). Host-plant specialisation and habitat restriction in an endangered insect, *Lycaena dispar batavus* (Lepidoptera: Lycaenidae) I. Larval feeding and oviposition preferences. *European Journal of Entomology*, 101(1), 51-56. <https://doi.org/10.14411/eje.2004.012>
- [27] Tasin, M., Bäckman, A.-C., Bengtsson, M., Varela, N., Ioriatti, C., & Witzgall, P. (2006). Wind tunnel attraction of grapevine moth females, *Lobesia Botrana*, to natural and artificial grape odour. *Chemoecology*, 16(2), 87-92. <https://doi.org/10.1007/s00049-005-0332-6>
- [28] Sengottayan, S.-N., Chung, P., & Murugan, K. (2005). Effect of biopesticides applied separately or together on nutritional indices of the rice leafhopper *Cnaphalocrocis medinalis*. *Phytoparasitica*, 33(2), 187-195. <https://doi.org/10.1007/BF03029978>
- [29] Coelho, M. B., Marangoni, S., & Macedo, M. L. (2007). Insecticidal action of *Annona coriacea* lectin against the flour moth *Anagasta kuehniella* and the rice moth *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 146(3), 406-414. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2007.05.001>
- [30] Rezaei, V., Moharramipour, S., Fathipour, Y., & Talebi, A. A. (2006). Nutritional indices and host preference of American white webworm, *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) on five host plants. *Journal of Entomological Society of Iran*, 26(1), 57-72. https://jesi.areeo.ac.ir/article_105378.html?lang=en
- [31] Naseri, B., Fathipour, Y., Moharramipour, S., & Hosseininaveh, V. (2010). Nutritional indices of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, on 13 soybean varieties. *Journal of Insect Science*, 10, 1-14. <https://doi.org/10.1673/031.010.14111>
- [32] Bagheri, F., Fathipour, Y., & Naseri, B. (2013). Nutritional indices of *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae) on seeds of five host plants (Article in English). *Applied Entomology and Phytopathology*, 80(2), 19-28. <https://doi.org/10.22092/jaep.2013.100581>
- [33] Lazarević, J., Perić-Mataruga, V., Vlahović, M., Mrdaković, M., & Cvetanović, D. (2004). Effects of rearing density on larval growth and activity of digestive enzymes in *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae). *Folia Biologica-Krakow*, 52(1-2), 105-112. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15521657/>
- [34] Farazmand, H., Rassoulou, G. R., & Bayat Assadi, H. (2000). Comparative notes on growth and development of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv.(Col.: Curculionidae), on date palm varieties in Saravan Region. *Journal of Entomological Society of Iran*, 19(1/2), 1-14.
- [35] Srinivasan, R., & Uthamasamy, S. (2005). Studies to elucidate antibiosis resistance in selected tomato accessions against fruitworm, *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). *Resistant Pest Management Newsletter*, 14(2), 24-26.
- [36] Pavan, F., Girolami, V., Cecchini, A., & Turbian, E. (1993). Evolution of damage of grape berry moths, *Lobesia botrana* (Den. and Schiff.) and *Eupoecilia ambiguella*

- (Hb.), in north-eastern Italy and chemical control. *Redia*, 76(2), 417-431. <https://www.cabi.org/isc/abstract/19951109003>
- [37] Klun, J. A., Guthrie, W., Hallauer, A. R., & Russell, W. (1970). Genetic Nature of the Concentration of 2, 4-dihydroxy-7-methoxy 2H-l, 4-benzoxazin-3 (4H)-one and Resistance to the European Corn Borer in a Diallel Set of Eleven Maize Inbreds. *Crop Science*, 10(1), 87-90. <https://doi.org/10.2135/cropsci1970.0011183X001000010032x>
- [38] Rana, J. S. (2005). Performance of *Lipaphis erysimi* (Homoptera: Aphididae) on different Brassica species in a tropical environment. *Journal of Pest Science*, 78(3), 155-160. <https://doi.org/10.1007/s10340-005-0088-3>
- [39] Panda, N., & Khush, G. S. (1995). *Host Plant Resistance to Insects*. CAB International. <https://books.google.com/books?id=xe3wAAAAMAAJ>
- [40] Renwick, J. A. A. (1898). Chemical ecology of oviposition in phytophagous insects. *Experientia*, 45(3), 223-228.
- [41] Pasqualini, E., Civolani, S., Musacchi, S., Ancarani, V., Dondini, L., Robert, P., & Baronio, P. (2006). *Cacopsylla pyri* behaviour on new pear selections for host resistance programs. *Bulletin of Insectology*, 59(1), 27-37. <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol59-2006-027-037pasqualini.pdf>
- [42] David, H., & Joseph, K. (1984). Mechanism of resistance in sugar-cane against the internode borer, *Chilo sacchariphagus indicus* (Kapur). *Proceedings of the Sugar Technologists Association of India*, 48(1), 43-58.



A Study of the Physical and Mechanical Properties of Scots Pine Fire Retardant Treated Thermowood

Anooshe Fazeli^{1*}, Aisona Talaei²

¹PhD Student, Department of Wood Technology and Engineering, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

²Assistant Professor, Department of Wood Science and Technology, Faculty of Materials Engineering and New Technologies, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 11.03.2020

Revised: 08.21.2020

Accepted: 09.05.2020

Keyword:

Thermowood
Fire retardancy
Surface roughness
Color changing
Glueline shear strength

*Corresponding Author:

Anooshe Fazeli

Email:

anushehfazeli3731@gmail.com

ABSTRACT

In the present study, the physical and mechanical properties of fire retardant treated thermowood of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) was evaluated. Specimens were impregnated with %7 solution of borax fire retardant for 40 minutes at the pressure of 4 bars. Heat treatments were carried out at temperatures of 170 °C and 190 °C for 3 hours. Surface quality, color change and glueline shear strength of specimens were verified. Surface roughness according to ISO-4287 and color change according to ASTM D-2244 were studied with variables of impregnation and heat treatment temperature. Glueline shear strength was measured according to ASTM D-905 with variables of impregnation, heat treatment temperature and resin type. Results indicated that borax fire retardant increased surface roughness while heat treatment decreased surface roughness. As heat treatment temperature increased, the surface roughness diminished. Color of specimens became darker as the temperature of heat treatment was raised. Fire retardant treated thermowood showed the most color change. Impregnating with borax weakened the bonding strength. Glueline shear strength in fire retardant treated specimens was higher than fire retardant treated thermowood. Fire retardant treated thermowoods displayed greater glueline shear strength than thermowoods.





دانشگاه فنی و حرفه‌ای
تجارت و خدمات

کارافن

فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای

تابستان ۱۳۹۹، دوره ۱۷، شماره ۲، ۶۸-۵۵

آدرس نشریه: <https://karafan.tvu.ac.ir/>

doi:10.48301/KSSA.2021.119212

20.1001.1.23829796.1399.17.2.4.8



شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰

شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶

مقاله پژوهشی

بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب کاج جنگلی کندسوز و ترموود شده

انوشه فاضلی^{*۱}، آیسونا طلایی^۲

- ۱- دانشجوی دکترا، گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
- ۲- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب، دانشکده مهندسی مواد و فناوری‌های نوین، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

چکیده

در پژوهش حاضر، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب کاج جنگلی (*Pinus sylvestris* L.) کندسوز و ترموود شده بررسی شد. به این منظور، اشباع نمونه‌ها با محلول کندسوزکننده بوراکس با غلظت ۷ درصد و به مدت ۴۰ دقیقه و در فشار ۴ بار انجام شد. تیمار حرارتی در دماهای ۱۷۰ °C و ۱۹۰ °C و به مدت ۳ ساعت انجام شد. کیفیت سطح، تغییر رنگ و مقاومت برشی خط چسب نمونه‌ها بررسی شد. زبری سطح طبق استاندارد ISO-4287 و رنگ‌سنجی مطابق استاندارد ASTM D-2244 و با عوامل متغیر اشباع و دمای تیمار حرارتی انجام شد. مقاومت برشی خط چسب با عوامل متغیر اشباع، دمای تیمار حرارتی و نوع چسب، مطابق استاندارد ASTM D-905 انجام شد. نتایج نشان داد اشباع نمونه‌ها با کندسوزکننده بوراکس، موجب افزایش زبری سطح و تیمار حرارتی سبب کاهش زبری سطح گردید. با افزایش دمای تیمار حرارتی، زبری سطح کاهش یافت. در اثر افزایش دمای تیمار حرارتی، رنگ نمونه‌ها تیره‌تر شد. بیشترین تغییر رنگ در نمونه‌های کندسوز و ترموود شده مشاهده شد. در اثر اشباع با بوراکس، مقاومت اتصال ضعیف شد. مقاومت برشی خط چسب در نمونه‌های کندسوز شده، بیشتر از نمونه‌های کندسوز و ترموود شده بود. در نمونه‌های کندسوز و ترموود شده، نسبت به ترموودها مقاومت برشی خط چسب بیشتری، مشاهده شد.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۲۱

بازنگری مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۳۱

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۱۵

کلید واژگان:

ترموود
کندسوزشوندگی
زبری سطح
تغییر رنگ
مقاومت برشی خط چسب

*نویسنده مسئول: انوشه فاضلی

پست الکترونیکی:

anushehfazeli3731@gmail.com



© 2020 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

مقدمه

کیفیت سطح یکی از مهم‌ترین خواص چوب فرآوری نشده و یکی از مهم‌ترین موارد توجه به آن در صنعت چوب بوده است. کیفیت سطح چوب علاوه بر زیبایی‌شناسی، به کارکرد آن نیز مربوط است [۱]. برای ارزیابی کیفیت سطح چوب عواملی مانند ساختار آناتومیک چوب، ویژگی‌های رشد و پیش‌تیمارهای چوب باید در نظر گرفته شود [۲]. خواص سطح محصولات چوبی باید با معیارهای مورد نیاز بازار مطابق باشد [۳]. یکی از بهترین روش‌ها برای بهبود خواص چوب، تیمار حرارتی است. تیمار حرارتی چوب علاوه بر آن که موجب نرم شدن و بالارفتن کیفیت سطح می‌شود، تغییرات دیگری نیز در خواص آن ایجاد می‌کند. تیمار حرارتی چوب راهی برای افزایش مقاومت به پوسیدگی و ثبات ابعاد آن شناخته شده است؛ اما چوب‌های تیمار حرارتی شده یا ترموودها در برابر آتش مقاومت اندکی نشان می‌دهند. طبق تحقیقات چکوفسکا و همکاران (۲۰۱۷) چوب ترموود شده، مستعد آتش‌گیری می‌باشد و تیمارهای حرارتی در دماهای بالاتر، موجب افزایش سرعت اشتعال چوب می‌شود [۴]. ترکیب کردن تیمار حرارتی و اشباع با ترکیبات بور راهی برای غلبه بر این گونه مشکلات است [۵]. موثرترین مواد کندسوزکننده چوب، ترکیباتی شامل برم، کلر، فسفر یا ترکیبی از این عناصر هستند. عناصر دیگر که اثر کندسوزکنندگی از خود نشان داده‌اند، شامل آنتیموان، بور، نیتروژن، سیلیکون و روی می‌باشد [۶]. کارتال و همکاران (۲۰۰۷) [۷] اظهار داشتند ترکیبات بر پایه بور، گسترش شعله آتش را کم می‌کند [۷]. ترکیبات بر پایه بور از قبیل اسید بوریک و بوراکس، موثرترین مواد کندسوزکننده چوب شناخته شده‌اند. کیفیت سطح چوب در اثر تیمار حرارتی و اشباع با ترکیبات بور، دستخوش تغییراتی می‌شود. گوراو و همکاران (۲۰۱۹) زبری سطح ترموود راش را پس از سنباده‌زنی با درجات ۶۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ بررسی کردند. تیمار حرارتی در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲/۵ ساعت انجام شد. نتایج مطالعات آنان نشان داد تیمار حرارتی، زبری سطح را آهسته افزایش داد و نیز زبری سطح با افزایش درجه سنباده، افزایش یافت [۸]. کارلیناسری و همکاران (۲۰۱۸) زبری سطح و ترشوندگی ترموود ساخته شده از گونه چوبی آکاسیا را بررسی کردند. تیمار حرارتی در دماهای ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲ و ۶ ساعت انجام شد. نتایج مطالعات آنان دال بر کاهش دانسیته، رطوبت تعادل و زبری سطح نمونه‌های چوبی بود [۹]. سالکا و هیزبروغلو (۲۰۱۴) اقدام به ساخت ترموودهای توسکا، بلوط قرمز، کاج جنوبی و صنوبر در دو دمای ۱۲۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ و ۶ ساعت کردند. نتایج مطالعات آنان ناظر بر کاهش زبری سطح نمونه‌های چوبی ترموود شده بود [۱۰]. تحقیقات آیدین و کولاک اوغلو (۲۰۰۵) دلالت بر آن داشت که روکش‌های چوبی راش و توسکا با افزایش دمای تیمار حرارتی، کیفیت سطح بالاتری نشان داد [۱۱]. سیمسک و بایسال (۲۰۱۵) به اشباع چوب راش با استفاده از آمونیوم پنتا‌بورات اکتاهیدرات، آمونیوم تترافلوئوروبورات و سدیم تترافلوئوروبورات پرداختند. نتایج تحقیقات آنان حاکی از آن بود که اشباع با بورات‌ها سبب افزایش دانسیته و زبری سطح نمونه‌های چوبی گردید [۱۲]. اوزدمیر و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی خواص سطح گونه‌های چوبی کاج، راش و شاه بلوط اشباع شده با بوریک اسید، CCA و تانالیت اعلام کردند زبری سطح چوب در اثر اشباع با مواد حفاظتی افزایش یافت. بر طبق نتایج مطالعات آنان بیشترین زبری سطح در شاه بلوط اشباع شده با بوریک اسید و کمترین زبری سطح در کاج اشباع شده با مواد حفاظتی حلال‌پایه مشاهده شد [۱۲]. غفرانی و فاضلی (۱۳۹۸) امکان استفاده از کاه گندم را به عنوان ماده‌ای جایگزین چوب در ساخت تخته‌خردچوب بررسی کردند [۱۳]. رنگ، ویژگی بسیار مهم چوب برای مصرف‌کننده نهایی است و در بسیاری از مواقع عامل تعیین‌کننده برای انتخاب یک چوب خاص می‌باشد؛ چرا که در اغلب موارد جنبه زینتی و دیداری بر بقیه جوانب برتری دارد. رنگ طبیعی روشن و زرد چوب به دلیل وجود کروموفورها در لیگنین و مواد استخراجی می‌باشد. در لیگنین بخش‌هایی وجود دارد که ساختارهای کینون دارد که دلیل اصلی رنگ زرد چوب می‌باشد [۱۴]. رنگ‌هایی همچون قهوه‌ای، بنفش، سیاه، قرمز، نارنجی و غیره در درون چوب بسیاری از گونه‌های چوبی دیده می‌شود که به دلیل وجود ترکیبات فنولی مانند تانن‌ها، لیگنان‌ها، فلاونوئیدها، کینون‌ها و غیره است [۱۵]. رنگ چوب، از جمله مهم‌ترین خواص سطحی چوب است که با تیمار حرارتی تغییر می‌کند [۱۶]. هنگام تیمار حرارتی و خشک

شدن چوب، رنگ‌های قهوه‌ای و قرمز تشکیل می‌شود [۱۷]. وان نگوین و همکاران (۲۰۱۸) تغییرات رنگ ترموود کاج سیاه و صنوبر را تحت دماهای ۱۸۰، ۱۹۰، ۲۰۰، ۲۱۰ و ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنان نشان داد با افزایش دما و زمان تیمار حرارتی، تغییرات رنگ نمونه‌ها افزایش و روشنی نمونه‌ها کاهش یافت [۱۸]. گورلین و همکاران (۲۰۱۷) [۱۶] خواص سطح پارکت حاصل از چوب کاج ترموود شده تحت دماهای ۱۹۰ و ۲۱۲ درجه سانتی‌گراد را در مدت ۱ و ۲ ساعت مطالعه کردند. نتایج مطالعات آنان نشان داد که در اثر تیمار حرارتی رنگ قرمز در نمونه‌ها افزایش و روشنی و براقیت نمونه‌ها کاهش یافت [۱۶]. سیکورا و همکاران (۲۰۱۸) تغییرات رنگ و تغییرات شیمیایی ترموود نوئل و بلوط را تحت دماهای ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بررسی کردند. بر طبق یافته‌های آنان، ترموودهای بلوط در همه دماها، تغییر رنگ کمتری نسبت به نوئل نشان داد. همچنین در اثر تیمار حرارتی، میزان سلولز، لیگنین و مواد استخراجی نمونه‌ها افزایش و میزان همی‌سلولز کاهش یافت و در اثر اکسیداسیون نمونه‌ها، گروه‌های کربونیل و کربوکسیل تشکیل شد [۱۹]. شاهین کل و همکاران (۲۰۱۷) خواص فیزیکی و مکانیکی ترموود راش اشباع شده با بوریک اسید و بوراکس را بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که پس از تیمار حرارتی، رنگ نمونه‌ها تیره‌تر شد؛ اما اشباع نمونه‌ها موجب کاهش تغییر رنگ شده و کمترین تغییرات رنگ در نمونه‌های اشباع شده با بوریک اسید مشاهده شد [۲۰]. بحرانی‌ترین بخش سازه‌های چوبی، اتصال‌های آن است و انتخاب چسب مناسب برای تقویت استحکام اتصال‌ها ضروری است. در ساخت سازه‌های چوبی شناخت خواص انواع اتصال‌ها و بررسی مقاومت آنها به خصوص در برابر نیروهای برشی ضروری است. یکی از پیامدهای تغییرات شیمیایی در ساختار چوب، تغییر در عملکرد اتصال آن است. چوب که ذاتاً آبدوست است در اثر تیمار حرارتی آب‌گریز شده [۲۱] و در این حالت، توزیع چسب بر سطح چوب و نفوذ آن به ساختار متخلخل چوب تغییر می‌کند [۲۲]. در این راستا، تحقیقات یوکر و هزروغلو (۲۰۱۷) در خصوص بررسی مقاومت برشی خط چسب چوب سدر فشرده شده و ترموود شده در دماهای ۱۰۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد حاکی از آن بود که با افزایش دمای تیمار حرارتی، زبری سطح نمونه‌ها کاهش یافت. همچنین مقاومت برشی خط چسب نمونه‌های ترموود شده در مقایسه با نمونه شاهد، کاهش یافت [۲۳]. هدف از پژوهش حاضر بررسی زبری سطح، تغییر رنگ و مقاومت برشی خط چسب‌های پلی‌اورتان و پلی‌وینیل استات در چوب کاج جنگلی کندسوز شده با بوراکس و ترموود شده در دماهای ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد بود.

روش شناسی

گونه چوبی کاج جنگلی (*Pinus sylvestris L.*) با چگالی 0.41 g/cm^3 از بازار چوب‌فروشان تهیه و به کارگاه صنایع چوب منتقل شد. همه نمونه‌های تهیه شده عاری از هرگونه معایب رشد و کج‌تاری بود. چوب کاج جنگلی دارای چوب‌درون مشخص و مجاری مترشحه صمغی می‌باشد. در این گونه چوبی، تبدیل چوب بهاره به تابستانه کاملاً مشخص و حد دواير سالیانه کاملاً نمایان است. میانگین مدول گسیختگی این گونه چوبی در رطوبت ۱۲٪، ۸۴ مگاپاسکال و میانگین مدول الاستیسیته ۸/۹ گیگاپاسکال گزارش شده است [۲۴]. بر طبق استاندارد TS 2471 نمونه‌های چوبی برای رسیدن به رطوبت ۱۲٪، به مدت ۳ هفته در دمای $20 \pm 2^\circ \text{C}$ و رطوبت نسبی $65 \pm 5\%$ کليماتيزه شد [۲۵]. پس از آن، اشباع نمونه‌ها در سيلندر فولادی تحت فشار ۴ بار و به مدت ۴۰ دقیقه با محلول آبی کندسوزکننده بوراکس (دی‌سدیم تترابورات پنتاهیدرات)^۱ با غلظت ۷٪ انجام شد. پس از عملیات کندسوز کردن، تیمار حرارتی خشک در دماهای 170°C و 190°C به مدت ۳ ساعت در آن انجام شد. در انتها نمونه‌ها مجدداً به مدت ۳ هفته در دمای $20 \pm 2^\circ \text{C}$ و رطوبت نسبی $65 \pm 5\%$ کليماتيزه شد.

^۱ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

اندازه‌گیری زبری سطح: برای اندازه‌گیری زبری سطح، نمونه‌ها به ابعاد $۱۵۰ \times ۱۰۰ \times ۲۰$ میلی‌متر تهیه شد و همه نمونه‌ها با استفاده از سنباده ۱۸۰ پرداخت شد. زبری سطح با استفاده از دستگاه زبری‌سنج Surface Roughness Tester ساخت چین مدل SR9210 طبق استاندارد ISO-4287 در جهت عمود بر الیاف به روش پروفیلومتری و جابه‌جایی عمودی حسگر مکانیکی، اندازه‌گیری شد. از پروفیلومتر برای اندازه‌گیری مقادیر زبری سطح متوسط $(R_a)^1$ ، میانگین ۱۰ نقطه شامل ۵ قله و ۵ دره (R_z^2) ، بیشینه ارتفاع قله و دره $(R_t)^3$ و ریشه میانگین مربعات مختصات پروفیل زبری $(R_q)^4$ قبل و بعد از تیمارها استفاده شد. عوامل متغیر در این آزمون شامل دمای تیمار حرارتی در ۳ سطح شاهد، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، اشباع با بوراکس در ۲ سطح اشباع نشده و اشباع شده بود. تعداد تکرار مشاهدات ۶ عدد در نظر گرفته شد.

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (۱): \text{زبری سطح متوسط}$$

$$Rz = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z(n) \max - z(n) \min \quad (n=۵) \quad (۲): \text{میانگین ارتفاع ناهمواری‌های ۱۰ نقطه پروفیل}$$

$$Rt = Z \max - Z \min \quad (۳): \text{بیشینه ارتفاع قله و دره}$$

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |z(n)|^2} \quad (۴): \text{ریشه میانگین مربعات مختصات پروفیل زبری}$$

اندازه‌گیری تغییر رنگ: تغییر رنگ نمونه‌ها با دستگاه Precision colorimeter 3nh- NR 145 ساخت چین مطابق استاندارد ASTM D-2244 اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها به ابعاد $۱۵۰ \times ۱۰۰ \times ۲۰$ میلی‌متر آماده شد. برای مقایسه شدت تغییر رنگ کلی نمونه‌ها، قبل و بعد از تیمار از رابطه ΔE استفاده شد (رابطه ۸). در فضای LAB، L^* بیانگر روشنی بود و از ۰ (تیرگی) تا ۱۰۰ (سفید) متغیر است. a^* و b^* مختصات رنگ می‌باشد. a^* محور قرمز/ سبز ("+" به سمت قرمز و "-" به سمت سبز)، و b^* محور زرد/ آبی ("+" به سمت زرد و "-" به سمت آبی) است. عوامل متغیر در این آزمون، شامل دمای تیمار حرارتی در ۳ سطح شاهد، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، اشباع با بوراکس در ۲ سطح اشباع نشده و اشباع شده بود. آزمون رنگ‌سنجی با ۶ تکرار انجام شد.

$$\Delta a^* = a_t^* - a_{ut}^* \quad (۵): \text{تغییرات شاخص } a^* \text{ قبل و بعد از تیمار}$$

$$\Delta b^* = b_t^* - b_{ut}^* \quad (۶): \text{تغییرات شاخص } b^* \text{ قبل و بعد از تیمار}$$

$$\Delta L^* = L_t^* - L_{ut}^* \quad (۷): \text{تغییرات شاخص } L^* \text{ قبل و بعد از تیمار}$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (۸): \text{تغییر رنگ کلی}$$

اندازه‌گیری مقاومت برشی خط چسب: آزمون مقاومت برشی خط چسب طبق استاندارد ASTM D-905 و با سرعت بارگذاری ۳ میلی‌متر بر دقیقه انجام شد. ابعاد نمونه‌ها $۵۰ \times ۵۰ \times ۲۰$ میلی‌متر بود. برای ساخت نمونه‌ها از چسب

¹ Average Surface Roughness

² Mean Peak-to-Valley Height

³ Largest Peak- to-Valley Height

⁴ Root Mean Squared

⁵ Treated

⁶ Untreated

پلی‌اورتان دو جزئی و چسب پلی‌وینیل استات استفاده شد. عوامل متغیر در این آزمون، شامل دمای تیمار حرارتی در سه سطح شاهد، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، اشباع با بوراکس در دو سطح اشباع نشده و اشباع شده و نوع چسب در دو سطح پلی‌اورتان و پلی‌وینیل استات بود. تعداد تکرار برای آزمون مقاومت برشی خط چسب، ۶ بار در نظر گرفته شد.

$$Q = \frac{Fu}{A} \quad (۹): \text{مقاومت برشی خط چسب}$$

F_u : حداکثر بار وارد شده بر نمونه (نیوتون)، A : سطح مقطع نمونه (میلی‌متر مربع)

جدول ۱. مشخصات چسب‌های مورد استفاده

نوع چسب	دانسیته (g/cm ³)	مواد جامد (درصد)	زمان ژل شدن (دقیقه)	رنگ
پلی‌اورتان	۱/۱۷ - ۱/۵	۹۵ - ۱۰۰	۶۰	خردلی
پلی‌وینیل استات	۱/۱ - ۱/۵	۶۰ - ۶۵	۱۰ - ۲۰	سفید شیری

طرح آماری: نتایج حاصل از این پژوهش، با استفاده از آزمون مدل خطی تعمیم‌یافته (GLM)^۱ با سطح اعتماد ۹۵ درصد در نرم‌افزار مینی‌تب، تجزیه و تحلیل شد. میانگین داده‌ها با گروه‌بندی توکی مقایسه شد.

یافته‌ها

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، بیشترین و کمترین زبری سطح متوسط، به ترتیب در نمونه‌های کندسوز شده به میزان ۸/۷۰ میکرومتر و در نمونه‌های ترموود شده ۱۹۰ °C به میزان ۲/۴۶ میکرومتر مشاهده شد. نتایج تحلیل واریانس با سطح اعتماد ۹۵ درصد نشان داد، تأثیر مستقل اشباع با بوراکس بر مقادیر R_q و R_t ، R_z ، R_a زبری سطح، معنی‌دار بود؛ بدین معنا که در اثر اشباع با بوراکس، مقادیر R_q ، R_t ، R_z ، R_a افزایش معنی‌داری را نشان داد. اثر مستقل دمای تیمار حرارتی بر مقادیر R_q و R_t ، R_z ، R_a و R_q زبری سطح، اختلاف معنی‌داری را نشان داد؛ به طوری که با افزایش دمای تیمار حرارتی، مقادیر R_q و R_t ، R_z ، R_a کاهش قابل توجهی نشان دادند. اثر متقابل تیمار حرارتی و بوراکس بر مقادیر R_q و R_t ، R_z ، R_a معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج گروه‌بندی توکی نیز مؤید این امر بود (جدول ۲).

جدول ۲. میانگین شاخص‌های زبری سطح و شاخص‌های رنگ‌سنجی

اشباع	تیمار حرارتی	مقادیر آماري	R_a	R_z	R_t	R_q	a^*	b^*	L^*	ΔE
اشباع نشده	شاهد	میانگین گروه‌بندی	۳/۱۷	۹	۹/۰۹	۳/۲۷	۷/۱۳	۱۹/۹۴	۸۴/۴۴	-
			c	C	c	c	d	C	a	
	۱۷۰ °C	میانگین گروه‌بندی	۲/۸۹	۸/۵۷	۸/۶۱	۳/۰۳	۱۵/۱۱	۲۷/۹۱	۶۳/۰۱	۲۴/۲۴
			c	C	c	cd	a	a	c	c
اشباع شده	۱۹۰ °C	میانگین گروه‌بندی	۲/۴۶	۶/۷۰	۷/۰۳	۲/۵۵	۱۴/۰۷	۲۴/۵۸	۵۶/۹۵	۲۸/۷۸
			c	C	c	d	a	b	d	b
	شاهد	میانگین گروه‌بندی	۸/۷۰	۲۳/۳۰	۲۴/۷۹	۷/۶۰	۹/۸۱	۲۳/۷۰	۷۳/۶۲	۱۱/۹۳
			a	A	a	a	c	b	b	d
اشباع شده	۱۷۰ °C	میانگین گروه‌بندی	۵/۷۰	۱۶/۱۵	۱۶/۳۲	۵/۹۳	۱۴/۴۸	۲۸/۸۸	۵۶/۵۸	۳۰/۲۴
			b	b	b	b	a	a	d	b
	۱۹۰ °C	میانگین گروه‌بندی	۶/۰۲	۱۶/۴۷	۱۶/۸۰	۶/۱۳	۱۲/۱۹	۱۹/۰۱	۴۲/۴۰	۴۲/۳۷
			b	b	b	b	b	c	e	a

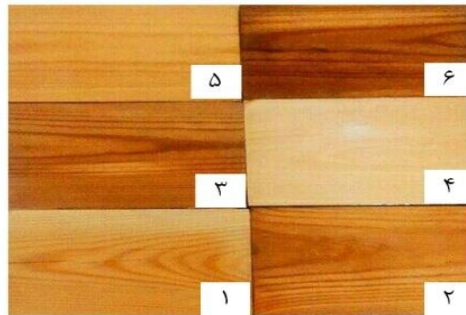
¹ General Linear Model

جدول ۳. تحلیل واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر شاخص‌های زبری سطح، رنگ‌سنجی و مقاومت برشی خط چسب

آزمون	منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F- value	P- value
R _a	اشباع	۱	۱۴۱/۹۰۸	۱۴۱/۹۰۸	۴۵۱/۲۰	۰/۰۰۰
	دما	۲	۲۲/۳۴۶	۱۱/۱۷۳	۳۵/۵۲	۰/۰۰۰
	اشباع × دما	۲	۱۱/۸۲۲	۵/۹۱۱	۱۸/۷۹	۰/۰۰۰
R _z	اشباع	۱	۱۰۰/۱/۱۵	۱۰۰/۱/۱۵	۲۷۷/۸۳	۰/۰۰۰
	دما	۲	۱۴۲/۹۲	۷۱/۴۶	۱۹/۸۳	۰/۰۰۰
	اشباع × دما	۲	۷۰/۵۰	۳۵/۲۵	۹/۷۸	۰/۰۰۱
R _t	اشباع	۱	۱۱۰/۱/۵	۱۱۰/۱/۵۲	۲۸۴/۲۴	۰/۰۰۰
	دما	۲	۱۸۲/۲	۹۱/۱۱	۲۳/۵۱	۰/۰۰۰
	اشباع × دما	۲	۱۰۲/۸	۵۱/۴۲	۱۳/۲۷	۰/۰۰۰
R _q	اشباع	۱	۱۱۷/۲۲۰	۱۱۷/۲۲۰	۱۲۱۶/۱۹	۰/۰۰۰
	دما	۲	۸/۵۴۱	۴/۲۷۰	۴۴/۳۱	۰/۰۰۰
	اشباع × دما	۲	۳/۰۹۱	۱/۵۴۵	۱۶/۰۳	۰/۰۰۰
a*	اشباع	۱	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۴	۰/۸۴۷
	دما	۲	۲۵۷/۸۴۱	۱۲۸/۹۲۰	۱۷۵/۹۳	۰/۰۰۰
	اشباع × دما	۲	۳۳/۳۳۰	۱۶/۶۶۵	۲۲/۷۴	۰/۰۰۰
b*	اشباع	۱	۰/۶۹۲	۰/۶۹۲	۰/۷۴	۰/۳۹۷
	دما	۲	۳۴۷/۰۳۳	۱۷۳/۵۱۶	۱۸۵/۳۷	۰/۰۰۰
	اشباع × دما	۲	۱۳۷/۴۷۱	۶۸/۷۳۵	۷۳/۴۳	۰/۰۰۰
L*	اشباع	۱	۱۰۱۰/۵۰	۱۰۱۰/۵۰	۳۶۲/۴۰	۰/۰۰۰
	دما	۲	۵۳۳۶/۴۸	۲۶۶۸/۲۴	۶۹۲/۸۶	۰/۰۰۰
	اشباع × دما	۲	۹۸/۹۹	۴۹/۵۰	۱۲/۸۵	۰/۰۰۰
ΔE	اشباع	۱	۹۹۳/۳۰	۹۹۳/۳۰	۱۸۱/۵۳	۰/۰۰۰
	دما	۲	۵۵۹۵/۱۵	۲۷۹۷/۵۷	۵۱۱/۲۶	۰/۰۰۰
	اشباع × دما	۲	۹۵/۵۶	۴۷/۷۸	۸/۷۳	۰/۰۰۱
مقاومت برشی خط چسب	اشباع	۱	۰/۳۶۱	۰/۳۶۰۷	۰/۳۶	۰/۵۴۹
	دما	۲	۶۷/۸۰۹	۳۳/۹۰۴۳	۳۴/۱۵	۰/۰۰۱
	چسب	۱	۵/۷۵۲	۵/۷۵۱۸	۵/۷۹	۰/۰۱۹
	اشباع × دما	۲	۱۳/۵۴۲	۶/۷۷۰۹	۶/۸۲	۰/۰۰۲
	دما × چسب	۲	۴/۲۰۸	۲/۱۰۴۰	۲/۱۲	۰/۱۲۹
	اشباع × چسب	۱	۷/۳۹۶	۷/۳۹۶۴	۷/۴۵	۰/۰۰۸
	اشباع × دما × چسب	۲	۲/۵۶۶	۱/۲۸۳۲	۱/۲۹	۰/۲۸۲

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین و کمترین شاخص روشنی، به ترتیب در نمونه‌های شاهد و نمونه‌های کندسوز و ترموود شده مشاهده شد. همان‌طور که در جدول ۳ مشخص شده است، نتایج تحلیل واریانس با سطح اعتماد ۹۵ درصد نشان داد اثر مستقل اشباع با بوراکس و اثر مستقل دمای تیمار حرارتی بر شاخص روشنی نمونه‌ها، معنی‌دار بود. اثر متقابل این عوامل بر شاخص روشنی نمونه‌ها نیز معنی‌دار بود و بنابراین، اثر اشباع با کندسوزکننده بوراکس بر روشنی نمونه‌ها وابسته به عامل تیمار حرارتی بود. نتایج گروه‌بندی توکی نیز مؤید این مسئله بود. مطابق با جدول ۲ نمونه‌های کندسوز و ترموود شده، بیشترین تغییر رنگ را نسبت به سایر تیمارها نشان دادند. نتایج تحلیل واریانس با سطح اعتماد ۹۵ درصد بیانگر اثر معنی‌دار اشباع با بوراکس بر تغییر رنگ نمونه‌ها بود؛ بدین معنی که بین نمونه‌های کندسوز نشده و کندسوز شده، اختلاف معنی‌داری ملاحظه شد. اثر مستقل دمای تیمار حرارتی بر تغییر رنگ نمونه‌ها، معنی‌دار بود؛ به طوری که بین نمونه‌های شاهد و نمونه‌های ترموود شده، اختلاف معنی‌دار، ملاحظه شد. اثر متقابل این عوامل بر تغییر رنگ نمونه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مربوط به مقایسه تیمارها با استفاده از گروه‌بندی توکی نیز مؤید این امر بود (جدول ۲). در شکل ۱ تصویر نمونه‌های چوبی به منظور مقایسه کیفی نشان داده شده است. شکل‌ها از شماره ۱ تا شماره ۶ به ترتیب مربوط به نمونه‌های کندسوز شده،

نمونه‌های ترموود شده در دمای 190°C ، نمونه‌های کندسوز و ترموود شده در دمای 170°C ، نمونه‌های شاهد، نمونه‌های ترموود شده در دمای 170°C و نمونه‌های کندسوز و ترموود شده در دمای 190°C است.



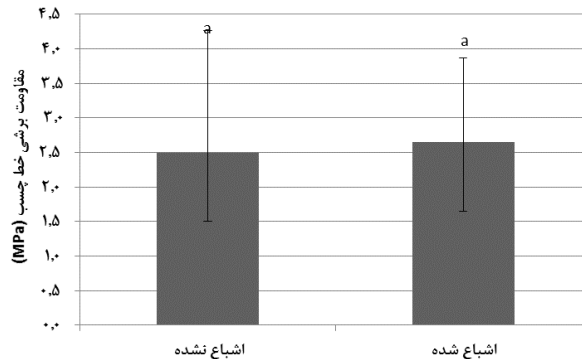
شکل ۱. تغییر رنگ نمونه‌ها

بر اساس نتایج مربوط به آزمون مقاومت برشی خط چسب، بیشترین و کمترین مقاومت برشی خط چسب به میزان $4/87$ مگاپاسکال و $0/78$ مگاپاسکال، به ترتیب در نمونه‌های شاهد ساخته شده با چسب پلی‌اورتان و نمونه‌های ترموود شده در دمای 190°C و ساخته شده با چسب پلی‌وینیل استات مشاهده شد (جدول ۴).

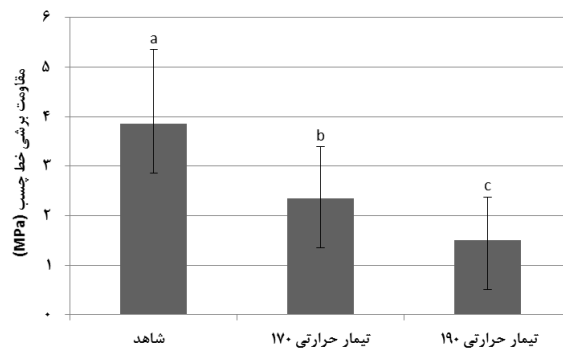
جدول ۴. میانگین مقادیر مقاومت برشی خط چسب

اشباع	تیمار حرارتی	چسب	مقادیر آماری	مقاومت برشی خط چسب
اشباع نشده	170°C	پلی اورتان	میانگین گروه‌بندی	$4/87$ a
		پلی وینیل استات	میانگین گروه‌بندی	$3/75$ ab
	190°C	پلی اورتان	میانگین گروه‌بندی	$2/30$ bc
		پلی وینیل استات	میانگین گروه‌بندی	$1/17$ c
اشباع شده	170°C	پلی اورتان	میانگین گروه‌بندی	$2/15$ bc
		پلی وینیل استات	میانگین گروه‌بندی	$0/78$ c
	190°C	پلی اورتان	میانگین گروه‌بندی	$3/27$ ab
		پلی وینیل استات	میانگین گروه‌بندی	$3/54$ ab
	170°C	پلی اورتان	میانگین گروه‌بندی	$2/45$ bc
		پلی وینیل استات	میانگین گروه‌بندی	$3/47$ ab
	190°C	پلی اورتان	میانگین گروه‌بندی	$2/10$ bc
		پلی وینیل استات	میانگین گروه‌بندی	$1/04$ c

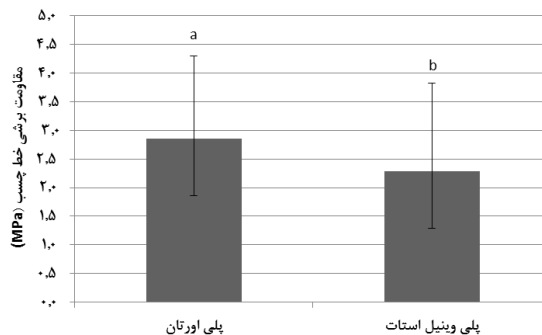
همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، نتایج تحلیل واریانس نشان داد با سطح اعتماد ۰/۰۵، اثر مستقل اشباع با بوراکس بر مقاومت برشی خط چسب معنی‌دار نبود و نتایج گروه‌بندی توکی نیز موید این امر بود (شکل ۲). اثر مستقل دمای تیمار حرارتی معنی‌دار بود؛ به طوری که با افزایش دما، مقاومت برشی خط چسب کاهش قابل توجهی یافت و مطابق با گروه‌بندی توکی، تیمارها در گروه‌های جداگانه قرار گرفت (شکل ۳). اثر مستقل نوع چسب بر مقاومت برشی خط چسب معنی‌دار بود و در گروه‌بندی توکی نیز، تیمارها در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفت (شکل ۴).



شکل ۲. اثر مستقل اشباع با بوراکس بر مقاومت برشی خط چسب



شکل ۳. اثر مستقل دمای تیمار حرارتی بر مقاومت برشی خط چسب.



شکل ۴. اثر مستقل نوع چسب بر مقاومت برشی خط چسب

بحث

بر طبق نتایج حاصل از این پژوهش، تیمار حرارتی موجب کاهش زبری سطح نمونه‌های چوبی گردید. از سویی دیگر، استفاده از کندسوزکننده بوراکس موجب افزایش زبری سطح نمونه‌ها شد. کاهش زبری سطح نمونه‌های چوبی پس از تیمار حرارتی، در اثر تخریب ساختار دیواره سلولی می‌باشد [۱۰]. یافته‌های گورلین و همکاران (۲۰۱۷) نیز با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت [۱۶]. همان‌طور که اوزدمیر و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند اشباع با مواد حفاظتی آب‌پایه، سبب افزایش زبری سطح چوب می‌شود [۱۲]. آیدین (۲۰۰۹) اعلام کرد، پس از اشباع نمونه‌های چوبی با اسید بوریک، زبری سطح در اثر تشکیل بلورهای اسید بوریک روی سطح چوب، افزایش می‌یابد [۲۶]. تحقیقات توگای و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که در اثر اشباع چوب با مواد حفاظتی بوراکس، بوریک اسید و مونوآمونیم فسفات، زبری سطح چوب به علت حجیم شدن دیواره سلولی و افزایش زبری الیاف چوب، افزایش می‌یابد [۲۷]. بر طبق یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر، تیمار حرارتی موجب افزایش تغییر رنگ نمونه‌ها گردید و در نمونه‌های کندسوز و ترموود شده بیشترین تغییر رنگ مشاهده شد. تغییر رنگ چوب از تغییر عناصر سازنده چوب و تخریب همی‌سلولزها، لیگنین و مواد استخراجی نشأت می‌گیرد [۲۸]. با تیمار حرارتی، روشنی نمونه‌ها کاهش و قرمزی افزایش می‌یابد [۱۶]. رنگ تیره ترموودها به تشکیل فرآورده‌های رنگی ناشی از تخریب حرارتی همی‌سلولزها نسبت داده می‌شود [۱۷]. بویکر و هزیروغلو (۲۰۱۷) اظهار داشتند روشنی نمونه‌ها با افزایش دمای تیمار حرارتی و افزایش مدت آن، کاهش می‌یابد [۲۳]. با افزایش دما، تخریب و اکسیداسیون گروه‌های هیدروکسیل آروماتیک لیگنین، سبب تغییر رنگ می‌شود [۲۹]. یافته‌های حاصل از این پژوهش با نتایج به دست آمده از تحقیقات بختا و نیمز (۲۰۰۳) مبنی بر افزایش تغییر رنگ نمونه‌ها با افزایش دما مطابقت داشت [۳۰]. نتایج حاصل از بررسی مقاومت برشی خط چسب نمونه‌ها حاکی از کاهش این ویژگی در نمونه‌های ترموود شده بود. طبق اظهارات کورکوت و همکاران (۲۰۰۸) تیمار حرارتی علیرغم برخی امتیازاتی که دارد، خواص مکانیکی چوب را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۳۱]. تیمارهای حرارتی سبب تخریب بسیار زیاد همی‌سلولز چوب می‌شود [۳۲]. هرچه میزان همی‌سلولز کاهش یابد، مقاومت چوب نیز کاهش می‌یابد [۳۳]. تیمار حرارتی سطح را غیرفعال کرده و سبب اختلال در مقاومت اتصال می‌شود. بدیهی است که سطوح نرم‌تر، برهم‌کنش کمتری با هم خواهد داشت و به مقاومت برشی خط چسب ضعیف‌تر منجر می‌شود [۲۳]. انرژی سطحی چوب از عوامل موثر بر ترشوندگی سطح است و کاهش آن، کاهش ترشوندگی سطح را در پی دارد [۳۴]. انرژی سطحی اجزای قطبی به طور قابل توجهی بالاتر از مولفه‌های غیرقطبی است [۳۵]. در اثر تیمار حرارتی، قطبیت سطح چوب کم شده و از این طریق، ترشوندگی کاهش می‌یابد. فولریش و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند در اثر تیمار حرارتی، نرم شدن لیگنین و نوآرایی عناصر پلیمری چوب، سبب افزایش آب‌گریزی چوب شده و ترشوندگی آن کاهش می‌یابد؛ بنابراین تیمار حرارتی بر عملکرد اتصال چسب‌ها اثر منفی می‌گذارد [۳۶]. بر طبق نتایج این پژوهش، مقاومت برشی خط چسب پلی‌اورتان بیشتر از پلی‌وینیل استات بود. اتصال چسب پلی‌وینیل استات به چوب وابسته به گروه‌های شیمیایی بستر چوب می‌باشد و در اثر تیمار حرارتی و تخریب این گروه‌ها، در سازوکار این چسب اختلال ایجاد می‌شود. نپذیری اندک ترموودها، بر انعقاد چسب‌های آب‌پایه اثرگذار است [۳۷]. طبق مطالعات فریزر (۲۰۰۳) چسب پلی‌وینیل استات نفوذ اندکی در چوب داشته و بنابراین مقاومت اتصال کمتری دارد. گیرایی این چسب بر اساس پراکندگی پلی‌وینیل استات در آب و تبخیر حلال صورت گرفته و سپس پلی‌وینیل استات در بستر چوب جذب سطحی می‌شود [۳۸]. در دیواره سلولی چوب اتصال داده شده با پلی‌وینیل استات، اتصال و برهم‌کنش اندکی بین چوب و چسب مشاهده شده است. چسب پلی‌اورتان با تبخیر سطحی حلال خشک می‌شود و پیوند عرضی با سلول‌های چوبی برقرار می‌کنند و از این روی بین چوب و پلی‌اورتان، برهم‌کنش و اتصال زیادی وجود دارد [۳۹]. نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن بود که مقاومت برشی خط چسب در نمونه‌های کندسوز شده کمتر

از نمونه‌های شاهد بود. طبق اظهارات سیمسک و بایسال (۲۰۱۵) هنگامی که چوب با مواد حفاظتی یا کندسوزکننده تیمار شود، مقاومت آن تحت تاثیر قرار می‌گیرد؛ چراکه بسیاری از اکسیدهای فلزی که در فرمول مواد حفاظتی آب‌پایه به کار می‌روند، با دیواره سلول واکنش می‌دهند. این فرآیند، عناصر سازنده دیواره سلولی را اکسید می‌کند و ممکن است مقاومت چوب را کاهش دهد. تیمارهای حفاظتی آب‌پایه، عموماً خواص مکانیکی چوب را کاهش می‌دهد؛ زیرا تیمارهای حفاظتی آب‌پایه با دیواره سلول چوب واکنش فیزیکی می‌دهد [۲]. همچنین فریهارت (۲۰۰۳) بیان کرد غالباً هنگامی که چوب با مواد شیمیایی همچون مواد حفاظتی و کندسوزکننده‌ها تیمار می‌شود، اتصال آن مشکل می‌شود [۴۰]. مقاومت برشی خط چسب در نمونه‌های کندسوز شده بیشتر از نمونه کندسوز و ترموود شده بود؛ زیرا تخریب حرارتی صورت گرفته در ترموودها موجب کاهش مقاومت گردید. نمونه‌های کندسوز و ترموود شده در مقایسه با نمونه‌های ترموود شده، مقاومت برشی خط چسب بیشتری نشان داد؛ زیرا کندسوزکننده بوراکس بر افت مقاومت ناشی از تیمار حرارتی اثر کاهنده داشت. در این راستا مطالعات ویناندی (۱۹۹۷) نیز حاکی از آن بود که افزودن بافرهای بر پایه بور، تخریب حرارتی متعاقب چوب را کاهش می‌دهد [۴۱].

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر زبری سطح، تغییر رنگ و مقاومت برشی خط چسب‌های پلی اورتان و پلی وینیل استات در چوب کاج جنگلی کندسوز و ترموود شده مطالعه شد. نتایج نشان داد تیمارهای حرارتی سبب کاهش زبری سطح چوب شد و اشباع نمونه‌های چوبی با کندسوزکننده بوراکس، زبری سطح را افزایش داد. علاوه بر آن در اثر تیمار حرارتی روشنی نمونه‌ها کاهش یافت و بیشترین تغییر رنگ در نمونه‌های کندسوز و ترموود شده مشاهده شد. نتایج همچنین نشان داد مقاومت اتصال چسب در ترموودها و در نمونه‌های کندسوز شده در مقایسه با نمونه‌های شاهد کاهش یافت. بیشترین مقاومت برشی خط چسب در نمونه‌های شاهد ساخته شده با چسب پلی اورتان و کمترین مقاومت برشی خط چسب در ترموودهای ساخته شده با چسب پلی وینیل استات مشاهده شد. از آنجایی که گیرایی چسب پلی وینیل استات وابسته به آب و گروه‌های بستر چوب می‌باشد، در اثر تیمار حرارتی و تخریب حرارتی گروه‌های عاملی چوب، مقاومت اتصال این چسب‌ها کاهش یافت. در این خصوص انتخاب چسب پلی اورتان با توجه به عملکرد بهتر آن در سازه‌ها ارجح است.

References

- [1] Kilic, M., Hizirolu, S., & Burdurlu, E. (2006). Effect of machining on surface roughness of wood. *Building and Environment*, 41(8), 1074-1078. <https://doi.org/10.1016/j.bUILDENV.2005.05.008>
- [2] Simsek, H., & Baysal, E. (2015). Some Physical and Mechanical Properties of Borate-Treated Oriental Beech Wood. *Drvna Industrija*, 66(2), 97-103. <https://doi.org/10.5552/drind.2015.1356>
- [3] Sandak, J., & Negri, M. (2005). *Wood surface roughness-what is it* Proceedings of the 17th International Wood Machining Seminar (IWMS 17).
- [4] Čekovská, H., Gaff, M., Osvald, A., Kačík, F., Kubs, J., & Kaplan, L. (2017). Fire Resistance of Thermally Modified Spruce Wood. *BioResources*, 12(1), 947-959. <https://doi.org/10.15376/biores.12.1.947-959>
- [5] Salman, S., Pétrissans, A., Thévenon, M. F., Dumarçay, S., Perrin, D., Pollier, B., & Gérardin, P. (2014). Development of new wood treatments combining boron impregnation and thermo modification: effect of additives on boron leachability.

- European Journal of Wood and Wood Products*, 72(3), 355-365. <https://www.springerprofessional.de/en/development-of-new-wood-treatments-combining-bor-on-impregnation-/5063782>
- [6] Stark, N. M., White, R. H., Mueller, S. A., & Osswald, T. A. (2010). Evaluation of various fire retardants for use in wood flour-polyethylene composites. *Polymer Degradation and Stability*, 95(9), 1903-1910. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2010.04.014>
- [7] Kartal, S. N., Hwang, W.-J., & Imamura, Y. (2007). Water absorption of boron-treated and heat-modified wood. *Journal of Wood Science*, 53(5), 454-457. <https://doi.org/10.1007/s10086-007-0877-9>
- [8] Gurau, L., Irle, M., & Buchner, J. (2019). Surface roughness of heat treated and untreated beech (*Fagus sylvatica* L.) wood after sanding. *BioResources*, 14(2), 4512-4531. <https://doi.org/10.15376/biores.14.2.4512-4531>
- [9] Karlinasari, L., Lestari, A. T., & Priadi, T. (2018). Evaluation of surface roughness and wettability of heat-treated, fast-growing tropical wood species sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) I.C.Nielsen), jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq), and acacia (*Acacia mangium* Willd.). *International Wood Products Journal*, 9(3), 142-148. <https://doi.org/10.1080/20426445.2018.1516918>
- [10] Salca, E.-A., & Hiziroglu, S. (2014). Evaluation of hardness and surface quality of different wood species as function of heat treatment. *Materials & Design* (1980-2015), 62, 416-423. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.05.029>
- [11] Aydin, I., & Colakoglu, G. (2005). Effects of surface inactivation, high temperature drying and preservative treatment on surface roughness and colour of alder and beech wood. *Applied Surface Science - APPL SURF SCI*, 252(2), 430-440. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2005.01.022>
- [12] Ozdemir, T., Temiz, A., & Aydin, I. (2015). Effect of Wood Preservatives on Surface Properties of Coated Wood. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2015(9), 631835-631840. <https://doi.org/10.1155/2015/631835>
- [13] Ghofrani, M., & fazeli, A. (2019). The effect of lignocellulosic material and resin content on physical and mechanical properties of particleboard. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, 16(45), 195-210. https://karafan.tvu.ac.ir/article_100539.html?lang=en
- [14] Falkehag, S. I., Marton, J., & Alder, E. (1966, January 1). Chromophores in kraft lignin. In *Lignin structure and reactions* (Vol. 59, pp. 75-89). ACS Publications. <https://doi.org/10.1021/ba-1966-0059.ch007>
- [15] Johansson, C., Saddler, J., & Beatson, R. (2000). Characterization of the Polyphenolics Related to the Colour of Western Red Cedar (*Thuja plicata* Donn) Heartwood. *Holzforschung*, 54(3), 246-254. <https://doi.org/10.1515/HF.2000.042>
- [16] Gurleyen, L., Ayata, U., Esteves, B., & Cakicier, N. (2017). Effects of heat treatment on the adhesion strength, pendulum hardness, surface roughness, color and glossiness of Scots pine laminated parquet with two different types of UV varnish application. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 19(2), 213-224. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2017005000019>
- [17] Sundqvist, B. (2004). *Colour changes and acid formation in wood during heating* [PhD Dissertation, Lulea University of Technology]. Skelleftea, Sweden.
- [18] Van Nguyen, T. H., Nguyen, T. T., Ji, X., & Guo, M. (2018). Predicting color change in wood during heat treatment using an artificial neural network model. *BioResources*, 13(3), 6250-6264. <https://doi.org/10.15376/biores.13.3.6250-6264>

- [19] Sikora, A., Kačík, F., Gaff, M., Vondrová, V., Bubeníková, T., & Kubovský, I. (2018). Impact of thermal modification on color and chemical changes of spruce and oak wood. *Journal of Wood Science*, 64(4), 406-416. <https://doi.org/10.1007/s10086-018-1721-0>
- [20] Sahin Kol, H., Aysal, S., Gündüz Vaydoğan, K., & Çıtak, O. (2017, October). *Investigation of some physical and mechanical properties of heat treated Beech wood impregnated with boric acid and borax in different treatment temperatures* Investigation of some physical and mechanical properties of heat treated Beech wood impregnated with boric acid and borax in different treatment temperatures, Barcelona, Spain. <https://atif.sobiad.com/index.jsp?modul=makale-detay&Alan=fen&Id=AW4SDfkPyZgeuuwfeCdV>
- [21] Paul, W., Ohlmeyer, M., & Leithoff, H. (2007). Thermal modification of OSB-strands by a one-step heat pre-treatment - Influence of temperature on weight loss, hygroscopicity and improved fungal resistance. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 65(1), 57-63. <https://doi.org/10.1007/s00107-006-0146-4>
- [22] Sernek, M., Boonstra, M., Pizzi, A., Despres, A., & Gérardin, P. (2008). Bonding performance of heat treated wood with structural adhesives. *Holz als Roh-und werkstoff*, 66(3), 173-180. <https://doi.org/10.1007/s00107-007-0218-0>
- [23] Ulker, O., & Hiziroglu, S. (2017). Some Properties of Densified Eastern Redcedar as Function of Heat and Pressure. *Materials*, 10(11), 1275. <https://doi.org/10.3390/ma10111275>
- [24] Auty, D. (2011). *Modelling the effects of forest management on the wood properties and branch characteristics of UK-grown Scots pine* [PhD Dissertation, Aberdeen University]. Scotland, UK.
- [25] TSE. (1996, November 25). TSE - TS 2471 - Wood, Determination of Moisture Content for Physical and Mechanical Tests. In: GlobalSpec Engineering 360.
- [26] Aydin, I. (2010). Effects of borate treatments on the properties of spruce veneers and plywood panels. In *Handbook on Borates: Chemistry, Production and Application* (pp. 349-366). Nova Science Publishers.
- [27] Togay, A., Kilic, Y., & Colakoglu, G. (2009). Effects of Impregnation with Timbercare Aqua to Surface Roughness of Some Varnishes. *Journal of Applied Sciences*, 9(9). <https://doi.org/10.3923/jas.2009.1719.1725>
- [28] Tribulova, T., Kačík, F., Evtuguin, D., & Cabalova, I. (2016). Assesment of chromophores in chemically treated and aged wood by UV- Vis diffuse reflectance spectroscopy. *Cellulose Chemistry and Technology*, 50(5-6), 659-667. [https://cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT5-6\(2016\)/p.659-667.pdf](https://cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT5-6(2016)/p.659-667.pdf)
- [29] Yao, C., Yongming, F., Jianmin, G., & Houkun, L. (2012). Coloring characteristics of in situ lignin during heat treatment. *Wood Science and Technology*, 46(1), 33-40. <https://doi.org/10.1007/s00226-010-0388-5>
- [30] Bekhta, P., & Niemz, P. (2003). Effect of High Temperature on the Change in Color, Dimensional Stability and Mechanical Properties of Spruce Wood. *Holzforschung*, 57(5), 539-546. <https://doi.org/10.1515/HF.2003.080>
- [31] Korkut, S., Akgül, M., & DüNDAR, T. (2008). The effects of heat treatment on some technological properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood. *Bioresource Technology*, 99(6), 1861-1868. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.03.038>
- [32] Weiland, J., Guyonnet, R., & Gibert, R. (1998). Analysis of controlled wood burning by combination of thermogravimetric analysis, differential scanning calorimetry and

- Fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 51(1), 265-274.
- [33] Kartal, S. N., Hwang, W.-J., & Imamura, Y. (2008). Combined effect of boron compounds and heat treatments on wood properties: Chemical and strength properties of wood. *Journal of Materials Processing Technology*, 198(1-3), 234-240. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.07.001>
- [34] Letibari, A. J. (2007). *Science and technology of adhesion of lignocellulosic materials*. Islamic Azad University (Karaj). <http://fipak.areeo.ac.ir/site/catalogue/18478466>
- [35] Kúdela, J & ,Liptáková, E. (2006). Adhesion of coating materials to wood. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 20(8), 875-895. <https://doi.org/10.1163/156856106777638725>
- [36] Follrich, J., Müller, U., & Gindl, W. (2006). Effects of thermal modification on the adhesion between spruce wood (*Picea abies* Karst.) and a thermoplastic polymer. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64(5), 373-376. <https://doi.org/10.1007/s00107-006-0107-y>
- [37] Boonstra, M. J., Tjeerdsma, B. F., & Groeneveld, H. A. C. (1998). *Thermal Modification Of Non-durable Wood Species. 1. The Plato Technology: Thermal Modification Of Wood*. IRG Secretariat. <https://books.google.com/books?id=sonTzQEACAAJ>
- [38] Frazier, C. (2003). Isocyanate Wood Binders. In *Handbook of adhesive technology* (2nd ed.). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1201/9780203912225.ch33>
- [39] Sandlund, A. B. (2004, October). *A study of wood adhesion and interactions using DMTA. Doctoral thesis. Divisions of Wood Material Science* [Doctoral Thesis, Division of Wood and Material Science, Lulea University of Technology]. Skelleftea, Sweeden. <https://www.traguiden.se/globalassets/forskning/doktorsavhandlingar/ltu-dt-0449-se.pdf>
- [40] Frihart, C. R. (2003). *Interaction of copper wood preservatives and adhesives* 26th Annual Meeting of the Adhesion Society, Inc. : Adhesion. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/22137>
- [41] Winandy, J. E. (1997). Effects of fire retardant retention, borate buffers, and redrying temperature after treatment on thermal-induced degradation. *Forest Products Journal*, 47(6), 79-86. <https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1997/win97a.pdf>



Identification and Explanation of Cleaner Production Indicators and Solutions in Medium Density Fiberboard (MDF) Factory

Fatemeh Hassani Khorshidi^{1*} , Majid Azizi², Hamid Zare Hossein Abadi³, Mehdi Faezipour⁴

¹PhD Candidate, Wood and Cellulose Products Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.

²Professor, Department of Wood and Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

^{3,4}Associate Professor, Department of Wood and Paper, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 05.16.2020

Revised: 05.24.2020

Accepted: 09.06.2020

Keyword:

Strategic Production
Cleaner Production
Medium Density Fiberboard (MDF)
Criteria
Sub-criteria

*Corresponding Author:

Fatemeh Hassani Khorshidi

Email:

F.H.Khorshidi@gmail.com

ABSTRACT

Cleaner production helps preserve raw materials and water. It also eliminates hazardous materials and reduces the amount of emission toxicity as well as waste in the production process. This type of production is a universal strategy to make the necessary changes to technology and industry. Since factories of medium density fiberboard face such problems as excessive energy consumption and production of significant amounts of solid waste, reducing the adverse effects of these problems, in line with cleaner production strategies, should be considered a priority in planning. This article describes the results of the first phase of a research project which aimed to prioritize the cleaner production criteria in a medium density fiberboard factory through a hierarchical analysis process. After rigorous field research, the main criteria of product improvement, process change, recycling, implementation of BOM system, and human resources were identified and subsequently divided into 62 sub-criteria.





شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰

شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶



شناسایی و تبیین شاخص‌ها و راهکارهای تولید پاک‌تر در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط (MDF)

فاطمه حسنی خورشیدی^{۱*}، مجید عزیزی^۲، حمید زارع حسین آبادی^۳، مهدی فائزی پور^۴

۱- دانشجوی دکتری، مهندسی صنایع چوب و فرآورده‌های سلولزی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲- استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳، ۴- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تولید پاک‌تر سبب حفظ مواد اولیه، آب، انرژی بر طرف کردن مواد اولیه خطرناک و کاهش مقدار و سمیت مواد منتشره و زباله‌ها در طول فرایند تولید می‌شود. این تولید، راهبردی جهانی به‌منظور ایجاد تغییرات موردنیاز در تکنولوژی و صنعت می‌باشد. از آنجایی که کارخانه‌ها تخته فیبر دانسیته متوسط با مشکلاتی چون مصرف بی‌رویه انرژی، تولید مقدار قابل توجهی ضایعات جامد و مواد اولیه خام و ... مواجه می‌باشند. لذا باید کاهش اثرات سوء این مشکلات را در هم‌سویی با استراتژی‌های تولید پاک‌تر، در اولویت برنامه‌های خود قرار دهند. این مقاله به تشریح نتایج بخش اول پروژه تحقیقاتی اولویت‌بندی شاخص‌ها و راهکارهای تولید پاک‌تر در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط به روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی می‌پردازد. پس از تحقیقات میدانی شاخص‌های اصلی تولید پاک‌تر در این صنعت به ۶۲ زیر شاخص در ۵ شاخص اصلی (اصلاح محصول، تغییر فرایند، بازیافت، اجرای نظام BOM و سرمایه‌های انسانی) شناسایی و تقسیم شدند.

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۲۷

بازنگری مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۰۳

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۱۶

کلید واژگان:

تولید راهبردی

تولید پاک‌تر

تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF)

شاخص

زیرشاخص

*نویسنده مسئول: فاطمه حسنی خورشیدی

پست الکترونیکی:

F.H.Khorshidi@gmail.com



مقدمه

تولید پاک‌تر، عبارت است از: کاربرد مستمر یک استراتژی محیط زیستی جامع برای فرایند محصولات و خدمات، به منظور افزایش بازدهی کلی و کاهش آثار زیان‌آور برای انسان و محیط زیست. این روش، راهبردی جهانی به منظور ایجاد تغییرات مورد نیاز در تکنولوژی و صنعت موجود به منظور ساختن جامعه‌ای مبتنی بر توسعه پایدار است. مفهوم تولید پاک‌تر بیش‌تر با انگیزه حفظ محیط زیست توسعه یافته است اما می‌تواند مسائل اقتصادی را نیز شامل شود [۱].

تخته فیبر دانسیته متوسط، فراورده صفحه‌ای چوب است که شامل شبکه‌ای از الیاف چوب، اغلب چسب آوره فرم آلدئید، موم و دیگر مواد شیمیایی می‌باشد که بر ویژگی‌ها و کیفیت آن تأثیر می‌گذارد. علاوه بر الیاف و مواد شیمیایی، تخته فیبر دانسیته متوسط، نیاز به مصرف قابل توجهی انرژی دارد. در نتیجه، از مهم‌ترین موضوعات محیط زیستی مرتبط با تولید این محصولات، مصرف انرژی می‌باشد.

مطالعات بسیاری در زمینه محتوای انرژی صفحات فشرده چوبی در نقاط مختلف جهان صورت گرفته است که مبین اهمیت این فراورده‌ها از بعد انرژی مصرفی می‌باشد. از این میان می‌توان به مطالعات گهواره تا دروازه ویلسون از تولید تخته خرده‌چوب و تخته فیبر نیمه‌سنگین در آمریکا اشاره کرد که میزان محتوای انرژی برای فراورده‌های نام برده، به ترتیب برابر ۱۰/۸۵۶ و ۲۰/۷۰۷ مگاژول بر مترمکعب به دست آمد [۲]؛ میل و همکاران (۲۰۰۹) نیز به ارزیابی و محاسبه محتوای انرژی این دو فراورده در کانادا پرداختند که میزان محتوای انرژی تخته خرده‌چوب برابر ۳/۳۰۳ گیگاژول بر مترمکعب بدون احتساب برداشت و حمل و نقل چوب، همچنین میزان محتوای انرژی تخته فیبر نیمه‌سنگین ۶/۹۶۶ مگاژول بر مترمکعب محاسبه شد [۴]. پولن (۲۰۰۰) با ارزیابی دو کارخانه تخته خرده‌چوب در استرالیا مقدار محتوای انرژی را برای هریک، برابر با ۱۰ و ۷ مگاژول بر کیلوگرم تخته به دست آورد [۵]. لاوسون و رادر (۱۹۹۶) نیز مقدار محتوای انرژی تخته فیبر نیمه‌سنگین را در استرالیا ۱۱/۳ مگاژول بر مترمکعب تخته تخمین زد [۶].

بهره‌وری در صنعت تخته فیبر دانسیته متوسط باید به گونه‌ای باشد که به حداقل رساندن و حل چند مسئله اساسی آن صنعت را به طور هم‌زمان مد نظر قرار دهد. از دیگر مسائل اساسی در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط عبارتند از: افزایش مصرف آب، افزایش تولید پساب، تولید انتشارات و آلودگی‌های محیطی، نبود بهداشت و ایمنی کار، افزایش مصرف مواد خام اولیه، افزایش ضایعات در فرایند تولید. موارد پیش‌گفته، منجر به آلودگی زیان‌آور و غیرقابل جبران در محیط زیست می‌شوند؛ لذا نیاز به راه‌حل‌ها و اقدامات پیش‌گیرانه برای از پیش‌رو برداشتن این موانع، بیش از پیش در این صنایع احساس می‌شود.

روش شناسی

شناسایی شاخص‌های تأثیرگذار در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط جهت تولید پاک‌تر شناسایی شاخص‌های تأثیرگذار بر جنبه‌های تولید پاک‌تر در صنعت تخته فیبر دانسیته متوسط بدین ترتیب است که ابتدا پارامترهای مؤثر از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و نظرخواهی و مصاحبه از ۱۶ نفر از کارشناسان و متخصصان این صنعت با استفاده از متد دلفی (پرس و جو از افراد متخصص در امر) تعیین گردید؛ به طوری که شاخص‌های اصلی تأثیرگذار تولید پاک‌تر در این صنعت به پنج شاخص اصلی: ۱- اصلاح محصول ۲- تغییر فرایند ۳- اجرای نظام BOM^۱ ۴- بازیافت ۵- سرمایه‌های انسانی و نیز ۴۵ زیرشاخص، ساختاردهی شد.

¹ Bill of Material

جدول ۱. اطلاعات آماری پاسخ‌دهندگان

متغیر	میانگین	حداقل	حداکثر
سن	۴۰.۵	۲۶	۵۵
سطح تحصیلات	-	کاردانی	دکتری تخصصی
سابقه کار	۱۶	۲	۳۰

جدول ۲. اطلاعات مهارتی پاسخ‌دهندگان

مهارت	مدیر تولید	مسئول کنترل کیفیت	تکنسین برق	مدیر تحقیق و توسعه	استاد دانشگاه	تکنسین صنایع چوب	دانشجو	تعداد کل
تعداد	۱	۲	۱	۱	۲	۴	۵	۱۶

یافته‌ها

شاخص اول: اصلاح محصول

هدف، انجام اقداماتی است که تأثیرات محیط زیستی محصول را طی فرایند کاهش دهد، همچنین عمر مفید محصول و بهره‌وری تولید را افزایش دهد. اقداماتی در راستای کاهش آسیب‌های محیط زیستی و کاهش مصرف انرژی در راستای تولیدی پاک‌تر که به تولید محصولی دوست‌دار محیط زیست ختم می‌گردد. این شاخص به چهار زیرشاخص تقسیم می‌شود:

- ۱- **افزایش دامنه دانسیته ماده اولیه:** با توجه به محدودیت منابع چوبی در ایران، تغییر در رویکرد این صنعت در به کارگیری ماده خام اولیه چوبی، بسیار مهم است. اقداماتی چون استفاده از چوب‌هایی با گرادیان دانسیته‌ای متفاوت از سبک تا سنگین در کنار هم می‌تواند ماده اولیه را در دسترس‌تر قرار دهد. همچنین باعث کاهش واردات ماده اولیه چوبی و افزایش بهره‌وری تولید شود.
- ۲- **استفاده از اتصال‌دهنده با فرم آلدheid کم:** اقداماتی چون جایگزینی بخشی از فرم آلدheid با فورفورال و یا کاهش نسبت مولی فرمالدهید به اوره، در چسب اوره فرم آلدheid، به منظور کاهش انتشارات مضر و کاهش آلاینده‌های محیط زیستی فرایند تولید و محصول نهایی می‌باشد [۷].
- ۳- **رعایت رطوبت چوب خریداری شده:** چوب، قبل از شست‌وشو و درجه‌بندی ابتدا نیاز دارد تا به چیپس تبدیل شود؛ بنابراین برای جلوگیری از خوردگی و فرسایش در تیغه‌های چیپر و افزایش سرعت و راندمان تبدیل چوب به چیپس، بهتر است ماده اولیه چوبی، حداقل تا ۳۰ درصد (بر پایه خشک) خود مرطوب باشد [۸].
- ۴- **خرید چوب‌هایی با کلاسه قطری مناسب:** استفاده از مواد خام با کیفیت بالا و کلاسه قطری مناسب، سبب کاهش تولید ضایعات در فرایند می‌شود. همچنین باعث تهیه الیافی با کیفیت بهتر، تشکیل کیکی یک‌پارچه‌تر و تولید تخته‌ای با ویژگی‌های مقاومتری بالاتر می‌شود [۸].

شاخص دوم: تغییر فرایند

از جمله تغییراتی در فرایند تولید که سبب کاهش منابع مورد نیاز، کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری می‌شود، تغییر فرایند است که به زیرشاخص‌های زیر تقسیم می‌شود:

- ۱- **فرایند ورود مواد:** در واقع، چگونگی حرکت مواد اولیه در فرایند تولید است که دو روش دارد:

- روش اولین صادره از اولین وارده: (فایفو) FIRST IN FIRST OUT: در این روش که به روش فایفو معروف است، فرض بر این است که کالای خریداری شده به ترتیب ورود به انبار، از انبار خارج گردد؛ یعنی کالاهایی که ابتدا خریداری می‌شوند ابتدا نیز مصرف شوند یا به فروش رسند.
- روش اولین صادره از آخرین وارده: (لایفو) LAST IN FIRST OUT: در این روش که به روش لایفو معروف است، فرض بر این است که آخرین کالای خریداری شده، زودتر از انبار خارج شود و آنچه در پایان دوره باقی می‌ماند از بین کالاهای اول دوره باشد.
- ۲- **تخلیه مناسب مواد برای صرفه‌جویی در مصرف سوخت:** هدف، استفاده از وسایل مناسب برای تخلیه و شارژ مواد اولیه در راستای صرفه‌جویی مصرف سوخت و انرژی است. و نیز تخلیه مناسب مواد برای کاهش میزان آلاینده‌گی محیط زیستی؛ هدف، استفاده از وسایل مناسب تخلیه و شارژ مواد اولیه در راستای کاهش میزان آلاینده‌گی محیط زیستی است.
زیرشاخص‌های شاخص تغییر فرایند عبارتند از:
 - ۱- **شاخص اول تغییر فرایند: اصلاح تجهیزات:** به فرایند به‌روزرسانی، اصلاح و جایگزینی دوره‌ای سیستم‌ها اطلاق می‌شود؛ به نحوی که افزایش بهره‌وری تولید، کاهش فرسایش تجهیزات، کاهش هزینه‌های سنگین خرید و تعمیرات قطعه را برای مجموعه به همراه دارد.
زیرشاخص اصلاح تجهیزات عبارتند از:
 - (الف) **زیرشاخص اول اصلاح تجهیزات: استفاده از انرژی خورشیدی:** هدف، استفاده از انرژی خورشیدی به عنوان جایگزینی پایدار برای سوخت‌های فسیلی می‌باشد. انرژی خورشیدی، بر خلاف سوخت‌های فسیلی، تاریخ انقضا ندارد و حداقل چند میلیارد سال در دسترس خواهد بود. همچنین تأثیر انرژی خورشیدی بر محیط در مقایسه با سوخت‌های فسیلی، بسیار کمتر است؛ زیرا فناوری مربوط به آن، نیاز به احتراق ندارد و در نتیجه، گاز گلخانه‌ای نیز منتشر نمی‌کند [۹].
 - (ب) **زیرشاخص دوم اصلاح تجهیزات: بررسی امکان استفاده از نور طبیعی در کلیه واحدهای مجتمع و اقدام آزمایشی در یکی از واحدهای مجتمع:** در ساختمان‌های صنعتی که عرض ساختمان زیاد است، اغلب بخش‌های مرکزی ساختمان، نور طبیعی مستقیم و کافی ندارند و در بخش‌های مرکزی ساختمان، نور مصنوعی، اولویت دارد. بنابراین می‌توان با مشارکت نور طبیعی در تأمین روشنایی هر ساختمان در عین توجه به مقابله با جذب حرارت نامطلوب، مصرف انرژی را تا سطح زیادی، کاهش داد.
 - (ج) **زیرشاخص سوم اصلاح تجهیزات: استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف و پر بازده:** موارد زیر عمده‌ترین راهکارهای این زیرشاخص هستند:
 - میزان شارژ نوری: میزان نوردهی یک لامپ کم‌مصرف ۲۰ وات با یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات برابر است. شارژ نوری یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات، حدود ۱۲۰۰ لومن و شارژ نوری یک لامپ کم‌مصرف ۲۰ وات نیز حدود ۱۲۰۰ لومن می‌باشد.
 - توان مصرفی: یک لامپ کم‌مصرف ۲۰ وات ضمن ایجاد نوری معادل یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات دارای مصرف انرژی معادل ۲۰ درصد یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات است و این بدین معناست که مصرف انرژی یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات معادل پنج عدد لامپ کم‌مصرف ۲۰ وات است.
 - بهره نوری: در یک لامپ رشته‌ای فقط ۵ درصد از انرژی به نور تبدیل می‌شود؛ بدین معنی که بهره نوری این نوع لامپ ۱۲ لومن بر وات می‌باشد؛ در حالی که بهره نوری یک لامپ کم‌مصرف ۲۰ وات، ۶۰ لومن بر وات است. بالا بودن بهره نوری در انواع لامپ‌های کم‌مصرف به معنای مصرف انرژی کمتر و به دنبال آن کاهش هزینه و همچنین تولید نور بیشتر می‌باشد.

- عمر لامپ: طول عمر لامپ‌های رشته‌ای حدود ۱۰۰۰ ساعت و در لامپ‌های کم‌مصرف حدود ۸۰۰۰ ساعت (یعنی ۸ برابر) می‌باشد. عمر طولانی لامپ و به دنبال آن، تعویض کمتر، از هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌کاهد.
- ایجاد نشدن حرارت‌های مزاحم: در لامپ‌های رشته‌ای که ۹۵ درصد توان ورودی، به گرما تبدیل می‌شود، افزایش دمای محیط در هنگام استفاده کردن تعداد زیادی از آنها کاملاً محسوس و آشکار است. این مسئله باعث مصرف بیشتر انرژی الکتریکی برای خنک کردن محیط می‌شود. در حالی که چنانچه در این محیط به همان تعداد از لامپ کم‌مصرف استفاده شود ضمن اینکه مصرف انرژی بابت روشن شدن لامپ‌ها به ۲۰ درصد کاهش می‌یابد به علت تولید حرارت بسیار کمتر توسط این لامپ‌ها هزینه‌های تهویه هوا به شدت کاهش می‌یابد.
- حذف اثر استروبوکوپي: هنگامی که قطعات یک ماشین در حال گردش هستند عملکرد لامپ‌های فلورسنت معمولی یا لامپ‌های تخلیه‌ای فشار بالا می‌تواند باعث خطای دید شود؛ به طوری که صفحات دوار از نظر بیننده، ساکن به نظر برسند و همین خطای دید، خطراتی را برای کاربر ایجاد می‌کند. این پدیده، خطای دید^۱ نام دارد. با استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف الکترونیکی که در فرکانس بالا کار می‌کنند می‌توان این اثر را کاملاً حذف کرد و محیطی مطمئن و ایمن برای کاربر فراهم کرد [۹].

د) زیرشاخص چهارم اصلاح تجهیزات: شناسایی و برطرف کردن نشتی‌های بخار و میعان‌ات: لوله‌ها و مخازن مواد شیمیایی که در بسیاری از موارد در آن‌ها مواد آلاینده محیط زیست، مواد آتش‌زا و حتی مواد سمی وجود دارد، از اهمیت بسزایی برخوردارند. بدیهی است که وجود نشتی از این خطوط، می‌تواند خطرات زیادی برای محیط زیست فراهم آورد. از طرفی، هدررفت مواد اولیه از نشتی این خطوط نیز بسیار نامطلوب است. به طور کلی، نتایج وجود نشتی عبارتند از: آلودگی محیط زیست، ایجاد مسمومیت در انسان و دیگر موجودات زنده، انفجار، هدر رفتن مواد ارزشمند، هزینه‌های تمیز کردن محیط زیست، هزینه‌های تعمیر و تعویض خط لوله و اتلاف وقت. بنابراین دو عامل اقتصاد و محیط زیست، انگیزه کافی برای رفع چنین مشکلی در ما ایجاد می‌کنند.

ه) زیرشاخص پنجم اصلاح تجهیزات: تنظیم صحیح نسبت سوخت به هوا و کنترل هوای اضافه بویلر: هرگاه در احتراق کربن ترکیباتی مثل گاز مونوکسیدکربن وجود داشته باشد، می‌توان نتیجه گرفت که احتراق ناقص صورت پذیرفته است و این اتفاق، به این معنی است که بخشی از سوخت که می‌توانسته با سوختن خود، انرژی آزاد کند بدون این‌که با اکسیژن واکنش دهد از طریق دودکش خارج می‌شود؛ یعنی سوخت و انرژی در حال هدر رفتن هستند.

احتراق ناقص ممکن است دلایل مختلفی داشته باشد که عبارتند از: ناکافی بودن دمای شعله، زمان‌ماند ناکافی واکنش‌دهنده‌ها، اختلاط نامناسب واکنش‌دهنده‌ها و مناسب نبودن نسبت سوخت به هوا. مقدار هوای اضافه به عوامل مختلفی از جمله مشخصات سوخت، مشخصات مشعل و نوع بویلر بستگی دارد. کنترل مقدار هوای اضافه، یکی از مؤثرترین روش‌های افزایش راندمان بویلر است.

و) زیر شاخص ششم اصلاح تجهیزات: تنظیم صحیح مشعل بویلر: در مشعل‌هایی که امکان تنظیم شعله و سرعت آن به طور موازی وجود دارد، هوا و گازهای داغ از کانال‌های رفت و برگشت دیگ عبور و دیگ به طور یکنواخت گرم و از ایجاد نقطه داغ و رسوب مقطعی در دیگ جلوگیری می‌کند. چنانچه سختی آب نیز بالا نباشد یا در سیستم سختی گیر با کارکرد مرتب وجود داشته باشد دیگ، عمر بسیار طولانی خواهد داشت؛ بنابراین در انتخاب مشعل، رعایت شرایط زیر، ضروری می‌باشد:

¹ Stroscopy

- برای تأمین شعله موازی، شعله پوش مشعل تخم مرغی یا لبه های آن به داخل جمع شده باشد و لوله سوخت رسان به نازل، امکان تنظیم عقب و جلو برای موازی کردن شعله را داشته باشد.
- در مشعل های گازویلی، زاویه نازل برای جمع کردن شعله حتی الامکان ۳۰ درجه و از نوع (شعله جمع) باشد و از استفاده نازل نوع ۶۰ درجه و (شعله توخالی که رینگ خارج را گرم می کند) پرهیز شود.
- طول شعله موازی در داخل دیگ با رگلاژ شیر یا پمپ، طوری تنظیم شود که حدوداً بعد از ۳/۴ طول دیگ قطع شود.
- حداکثر ظرفیت انتخابی مشعل انتخابی معادل ظرفیت حرارتی دیگ باشد و چنانچه ظرفیت بالاتری مورد نظر است به پره های دیگ اضافه شود.

ز) **زیرشاخص هفتم اصلاح تجهیزات: عملیات اصلاحی نقص های احتمالی:** این شاخص، در بردارنده عملیاتی برای بهره برداری مطلوب از ماشین آلات، تجهیزات و متریال های موجود می باشد. شرکت با بازدیدهای دوره ای، نقص های احتمالی در خط را شناسایی و برطرف می کند. از جمله آن عملیات عبارتند از: تعمیرات قسمت فوقانی^۱ پمپ ها، اصلاح سیستم گردش آب و کیوم ها، بررسی عایق کاری سیستم خشک کن، بررسی پیمانه های نوار نقاله، بررسی فن چپیر بزرگ و قاب آن، تعویض واشر شیرهای ورودی و خروجی بویلر، تعویض پمپ آب گردان جمع کننده^۲ و ساخت شاسی جدید، تعویض واشر و پکینگ های شیرهای کلکتور، ترمیم لوله های سنتوری پرس، ترمیم جای بلبرینگ و جای فولی انواع راننده ها و مولدها^۳، تمیز کردن سطوح کثیف در بویلر به منظور بهبود انتقال دما، بازسازی و ترمیم شافت واسطه پیچ تغذیه^۴ و رفع لرزش آن، عایق کاری سطوح بدون عایق، شناسایی و برطرف کردن نشتی های بخار و میعانات، ترمیم تیغه های جک های سیلو، ترمیم بلوک سرسیلندر پمپ های فشار بالا، تعویض پکینگ های پرس، تعویض و تعمیر فن ماشین اره.

۲- **زیرشاخص دوم تغییر فرایند: کنترل فرایند تولید:** هدف از این کار، کنترل بهتر فرایند تولید است که به حرکت فرایندهای موجود در تولید، کمک می کند تا کارایی و بازده بالاتر به همراه ضایعات کمتر و انتشارات مواد سمی پایین تری را داشته باشند. زیرشاخص های این زیرشاخص عبارتند از:

الف) زیرشاخص اول کنترل فرایند: چک و بازبینی منظم از خشک کن: در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط برای خشک کردن الیاف در خشک کن ها، با بالا بردن دمای تا بیشتر از 260 °C، ذرات معلق و انتشارات هوا شامل ترکیبات آلی فرار و آلاینده های خطرناک هوا، آزاد می شوند. برای کاهش این انتشارات پیشنهاد می شود چک و بازبینی منظم از خشک کن جهت اطمینان از نبود کنداست توسط افراد آموزش دیده انجام گردد.

ب) زیرشاخص دوم کنترل فرایند: خاموش کردن دستگاه پر مصرف مانند دفیبراتور و چپیر در پیک مصرف: بهینه سازی مصرف انرژی در پرس، دفیبراتور دستگاه جداکننده فیبر^۵ و بویلر: در صنعت تخته فیبر دانسیته متوسط، پرس، دفیبراتور و بویلر از کلیدی ترین واحدهای مصرف کننده انرژی است که به وسیله شبیه سازی ها و مدل های کامپیوتری می توان مصرف انرژی را در این بخش به حالت بهینه درآورد.

ج) زیرشاخص سوم کنترل فرایند: استفاده از اینورتر در دستگاه های مصرفی: اینورتر یا مبدل برق، دستگاه الکترونیکی است که جریان مستقیم (DC^۶) را به جریان متناوب (AC^۷) تبدیل می کند. جریان AC تبدیل شده

¹ Ceiling

² Accumulator

³ Rotors and stators

⁴ Screw feeder

⁵ Defibrator

⁶ Direct Current

⁷ Alternative Current

می‌تواند بر اساس نیاز در هر ولتاژ و فرکانسی باشد که به وسیله ترانسفورماتورهای مناسب و مدارها کنترل می‌شود. اینورترها قطعات متحرک ندارند و در طیف گسترده‌ای از ابزارهای کاربردی استفاده می‌شوند، از منبع تغذیه کامپیوتر گرفته تا ابزار بزرگ حمل‌ونقل. اینورتر نوسان ساز الکترونیکی قدرت بالا است. دلیل این نام‌گذاری آن است که این دستگاه، عمل عکس مبدل برق AC به DC متداول را انجام می‌دهد. از دیگر کاربردها و مزایای اینورترها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

راه‌اندازی نرم موتور بدون هیچ‌گونه ضربه به قسمت‌های مکانیکی مثل کوپلینگ‌ها، گیربکس‌ها، تسمه‌ها، زنجیرها و ... و در نتیجه، افزایش طول عمر مفید موتور و سایر قسمت‌های مکانیکی حفاظت موتور در برابر اضافه بار؛ در این حالت چنانچه بار موتور از مقدار معمول مجاز بیشتر شود، اینورتر موتور را خاموش می‌کند و به کاربر، پیام اضافه بار را نشان می‌دهد. جلوگیری از گرم کردن و در نهایت سوختن موتور در کاربردهایی که موتور به طور مداوم چپ‌گرد و راست‌گرد یا خاموش می‌شود به دلیل آنکه موتور یک بار راکتیو روی شبکه دارد چنانچه از درایو برای راه‌اندازی و کنترل موتور استفاده گردد چون درایو دارای یک بانک خازنی می‌باشد این بار راکتیو را جبران می‌کند و تنها بار اکتیو را از شبکه برق مصرف می‌کند؛ بنابراین جریان مصرفی، بسیار کاهش می‌یابد. همچنین چون در بسیاری از کاربردها انرژی زیادی برای راه‌اندازی لازم است موتور انتخاب شده را با توان بالاتری انتخاب می‌کنند؛ بنابراین میزان جریان زیادتری نیز در حین کار از شبکه استفاده می‌کند.

د) زیرشاخص چهارم کنترل فرایند؛ پیش‌بینی عمر باقی‌مانده موتورها: پیش‌بینی عمر باقی‌مانده موتورها و برنامه جایگزینی موتورها به وسیله به دست آوردن اطلاعات پلاک موتور و آزمون‌های کارخانه‌ای که باید اندازه‌گیری‌های لازم را انجام داد (اندازه‌گیری ولتاژ سه فاز - جریان - ضریب قدرت - سرعت - درجه حرارت و منحنی بار هفتگی) در این مسیر، موتورهای دارای اولویت، عبارتند از:

- موتورهای ۱۰ تا ۶۰۰ اسب
- حداقل ۲۰۰۰ ساعت کار سالیانه
- موتورهای ۱۵ سال به بالا یا تعمیر شده
- موتورهای با کار حساس در خط تولید (قابلیت اعتماد بالا)

در درجه اول باید موتورهای با نقطه سربه سر پایین یا با نیاز قابلیت اعتماد بالا سریع تعویض شوند. معمولاً موتورهای با کارکرد بالا، چند بار سیم‌پیچی می‌شوند. این موتورها باید در اولین تعمیرات دوره‌ای، عوض شوند.

موتورهای با نقطه سربه‌سر طولانی‌تر (دوره کارکرد کمتر یا عمر یا ساینز مناسب‌تر) باید در لیست تعویض قرار گیرند و با انتخاب موتورهای راندمان بالا و سایر مناسب با سفارش و خرید آنها آمادگی وجود داشته باشد که به محض اولین خرابی در آنها تعویض گردند.

موتورهای با نقطه سربه‌سر طولانی (کارکرد کم سالیانه کمتر از ۲۰۰۰ ساعت و ساینز مناسب) احتیاجی به تعویض ندارند و در صورت خرابی، تعمیر می‌شوند و مجدداً مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته با پیر شدن این موتورها و کاهش راندمان آنها امکان دارد طی سال‌های آینده، نقطه سربه‌سر آنها کاهش یابد (همچنین ارزان شدن موتورهای راندمان بالا) و در نتیجه، در برنامه تعویض قرار گیرند [۹].

ه) زیر شاخص پنجم کنترل فرایند؛ کنترل هوشمندانه موتورخانه: در حال حاضر، برای تنظیم دمای آب مورد نیاز گرمایش و مصرفی در موتورخانه، از ترموستات‌های معمولی استفاده می‌شود که قابلیت تنظیم توسط متصدی موتورخانه روی دمای دلخواه را دارند و بر اساس نقطه تنظیم شده نسبت به خاموش و راه‌اندازی کردن مشعل‌ها اقدام می‌کنند. از معایب اصلی این ترموستات‌ها عدم واکنش در اثر تغییرات هوای بیرون و همچنین وضعیت عملکردی در ساعات مختلف شبانه‌روز می‌باشد.

در صورت افزایش دمای هوای محیط، موتورخانه همچنان با دمای بالا کار می‌کند و گرمای بیشتر از حد مورد نیاز وارد واحد صنعتی می‌کند که عملاً بدون استفاده به هدر می‌رود. همچنین در ساختمان‌های اداری در هنگام شب نیز موتورخانه به فعالیت خود و تولید گرما ادامه می‌دهد. به منظور رفع این مشکل، استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه با قابلیت برنامه‌ریزی ساعتی و هفتگی و همچنین مجهز به حس‌گر دمای محیط، توصیه می‌گردد؛ بنابراین راه‌اندازی کنترل هوشمند موتورخانه‌های سیستم‌های حرارت مرکزی می‌تواند در کاهش مصرف انرژی بسیار چاره‌ساز باشد. این هوشمندسازی در راستای کنترل دقیق و حذف خطای انسانی می‌باشد.

و) زیرشاخص ششم کنترل فرایند؛ تشکیل کمیته انرژی با حضور مدیران بهره‌برداری به صورت جلسات مستمر و ماهانه و انتخاب ضابطین انرژی در واحدهای مختلف و عضویت در شورای انرژی جهانی؛ از جمله اقداماتی نظیر برنامه‌ریزی ممیزی پیوسته انرژی در کلیه بخش‌های شرکت، ایجاد سیستم کامل پایش، مستندسازی و گزارش‌دهی انرژی، مدیریت تقاضای انرژی در شرکت، تهیه و نظارت بر اجرای دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های اجرایی انرژی می‌باشد.

ز) زیرشاخص هفتم کنترل فرایند؛ جلوگیری از خرابی و توقف دستگاه‌ها و تجهیزات: هزینه‌های پیدا و پنهان خرابی تجهیزات و دستگاه‌ها و در پی آن، توقف خط تولید، در شرکت‌های صنعتی و تولیدی، قابل توجه می‌باشد. سهم این هزینه‌ها از هزینه‌های کل شرکت در سازمان‌هایی که سیستم‌های مدیریت نگهداری و تعمیرات را اجرا نکرده‌اند، بسیار بیشتر است. در صورتی که شرکت، سیستم نگهداری و تعمیرات نظام‌یافته و سیستم‌اتیک را اجرا کند هزینه‌های کمتری به سازمان، تحمیل می‌شود. مناسب‌ترین سیستم برای شروع فعالیت‌های بهبود در این مسئله اجرای سیستم PM^۱ یعنی نگهداری پیش‌گیرانه می‌باشد.

ر) زیرشاخص هشتم کنترل فرایند؛ تمدید گواهی‌نامه سیستم مدیریت کیفیت: دریافت گواهی‌نامه سیستم مدیریت کیفیت ISO^۲ که سندی بر تعهد شرکت به ارتقای مدیریت کیفیت است موجب اصلاح فرایندها، بهبود عملکردها، افزایش سطح رضایت‌مندی مشتریان، استفاده بهینه از منابع و کاهش هزینه‌های ناشی از ریسک‌های بالا شرکت می‌شود.

۳- زیرشاخص سوم تغییر فرایند؛ ارتقای تکنولوژی: استفاده از تکنولوژی‌های جدید و مواد اولیه بهتر و

سازگار با محیط زیست، یکی از مواردی که باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود. اکثر واحدهایی که در کشور وجود دارند قدیمی است و نشتی‌های زیادی در قسمت‌های مختلف آن‌ها وجود دارد یا راندمان آنها پایین است و در مواردی، کیفیت محصولات تولیدی این خطوط، قابل قیاس با مشابه‌های خارجی نیست؛ لذا باید واحدهایی که انرژی بالایی مصرف می‌کنند شناسایی شوند تا در راستای ارتقای تکنولوژی آنها اقدام شود.

- زیرشاخص اول ارتقای تکنولوژی؛ ارتقا و ترمیم طبقات پرس: منابع انتشار اولیه و مصرف انرژی در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط در خشک‌کن و خروجی‌های پرس گرم می‌باشد. انتشارهای پرس داغ و مصرف انرژی آن، تا حد زیادی به شرایط پرس بستگی دارد. انتشارات پرس شامل VOCs، HAPs و انتشارات مربوط به چسب در حین تولید می‌باشد؛ لذا ارتقا و ترمیم صفحات ۵ تنی طبقات پرس و گوشواره‌های مربوط آن تا حد زیادی در عملکرد انرژی و کاهش انتشارات مؤثر خواهد بود.

- زیرشاخص دوم ارتقا تکنولوژی: ارتقا و ترمیم دفیبراتور؛ به منظور افزایش راندمان و کاهش مصرف انرژی دفیبراتور، بهتر است جوشکاری و ترمیم اسکروفیدر و قیف آن به طور منظم صورت پذیرد.

¹ Preventive Maintenance

² International Organization for Standardization

- زیرشاخص سوم ارتقای تکنولوژی؛ ساخت و جوشکاری ضدسایش اکستراکتور پرس: بهتر است در برخی شرایط، قبل از اینکه قالب‌ها یا قطعات، دچار خرابی شوند، خدمات جوشکاری پوششی به منظور ایجاد لایه‌ای مقاوم به سایش، مقاوم به خوردگی، مقاوم به حرارت، مقاوم به فرسایش، یا ... بنا به شرایط مطلوب سرویس انجام گردد. به این منظور، از آلیاژهایی با خواص فوق‌العاده از جمله پایه آهنی و غیرآهنی (پایه کبالت و نیکل، تنگستن، کاربید تنگستن و ...) به منظور تقویت خواص قطعات مذکور و ایجاد لایه‌ای مطلوب روی قطعات استفاده می‌گردد.
- زیرشاخص چهارم ارتقای تکنولوژی؛ ترمیم و ارتقای چیپر: با توجه به مسئله سایش در صنایع، مخصوصاً در لبه تیغه^۱ و گرداننده پیر بزرگ و قیمت بالای فولادهای خاص این سیستم، مهم است ترمیم و ارتقای این تجهیزات را در اولویت کاری قرار دهیم. از جمله اقدامات در راستای افزایش عمر مفید این سیستم، استفاده از الکترودها و سیم‌جوش‌های ضدسایش در جوش می‌باشد.
- زیر شاخص پنجم ارتقای تکنولوژی؛ تغییر نوع تزریق کلر به استخر از حالت موتوری برقی به مکانیکی: کلر و گاهی اوقات برم، از جمله مواد ضدعفونی‌کننده‌ای هستند که با استفاده از تجهیزات مکانیکی به آب استخر اضافه می‌شوند. پمپ‌هایی که برای تزریق کلر یا برم به آب استخر مورد استفاده قرار می‌گیرند اساساً در دو نوع حرکت دوار^۲ و استاندارد ساخته می‌شوند. پمپ‌های پرستالتیک معمولاً در موتورخانه نصب می‌شوند و پمپ، حجم مشخصی از مایع ضدعفونی‌کننده را به خطوط لوله‌کشی، تزریق می‌کند. برای این کار می‌توان از پمپ‌های سیلندر پیستونی استاندارد نیز استفاده کرد اما عیب این پمپ‌ها آن است که در معرض خوردگی هستند و دوره کارکرد بسیار کوتاه‌تری دارند. البته تجربه نشان داده است که استفاده از پمپ‌های دیافراگمی مکانیکی برای این منظور، معمولاً به نتیجه بهتری منتهی می‌شود. این سیستم‌ها به دلیل استفاده نکردن از انرژی الکتریسیته سبب کاهش مصرف انرژی می‌شوند.
- زیرشاخص ششم ارتقای تکنولوژی: نصب پمپ هیدرآدین در قسمت اتاق اکومولاتور به منظور تزریق هیدرآدین: این شاخص برای جبران افت فشار لحظه‌ای روغن در سیستم‌هایی که با روغن هیدرولیک کار می‌کنند استفاده می‌شود. یک لایه دیافراگمی، کپسول را به دو قسمت تبدیل می‌کند. در قسمت بالا، گاز هیدرآدین قرار دارد و در قسمت پایین، روغن وارد می‌شود و هیدرآدین را فشرده می‌کند. حال اگر افتی در مسیر اصلی روغن ایجاد شود فشار وارده به هیدرآدین، کم می‌شود و هیدرآدین، انبساط می‌یابد تا روغن را به مسیر اصلی برساند. این فرایند، از مصرف انرژی در اکومولاتورها می‌کاهد.
- زیرشاخص هفتم ارتقای تکنولوژی؛ استقرار سیستم تعمیرات و نگهداری تله‌های بخار: هدف از نصب تله بخار در سیستم‌های بخار، خارج کردن کندانس از سیستم توزیع بخار است؛ بنابراین وجود آنها در سیستم، باعث ممانعت از ایجاد ضربه قوچ، بازگرداندن کندانس به بویلر و افزایش کیفیت بخار برای کاربرهای مورد نظر می‌شود. تله‌های بخار همچنین منجر به خروج هوا و گازهای محلول که به عنوان عایق و عامل نارسایی در سیستم محسوب می‌گردد، می‌شوند. در واقع، وظیفه تله بخار، زدایش کندانسه، هوا و دی‌اکسیدکربن از سیستم لوله‌کشی به محض تجمع این گازها و با حداقل رسانیدن اتلاف بخار است. زمانی که بخار، گرمای نهان ارزشمند خود را آزاد می‌کند و چگالیده می‌شود، این کندانسه داغ باید بلافاصله از سیستم جدا شود تا از بروز پدیده ضربه قوچ، جلوگیری کند. وجود هوا در سیستم بخار، بخشی از حجم سیستم را که قاعدتاً باید توسط بخار اشغال شود به خود اختصاص می‌دهد.

¹ Dead knife² Prestaltic

- زیرشاخص هشتم ارتقای تکنولوژی؛ نصب اکونومایزر^۱: یکی از انواع مبدل حرارتی است که آب تغذیه بویلر از میان آن عبور داده می‌شود و از حرارت گازهای داغ خروجی برای گرم کردن این آب استفاده می‌گردد. بدین ترتیب، آب تغذیه با دمای بالاتری به درون بویلر فرستاده می‌شود و انرژی کمتری را برای تبخیر یا گرمایش آب نیاز دارد؛ بنابراین در این حالت، با یک مقدار انرژی مشخص، می‌توان آب گرم یا بخار بیشتری را تولید کرد. نتیجه این امر، افزایش در راندمان بویلر است. به طور تقریبی، یک افزایش ۱۰ درجه سلسیوسی در دمای آب تغذیه، باعث افزایش ۲ درصدی راندمان می‌شود. گازهای داغی که از درون بویلر و ابرگرم کننده عبور می‌کنند، در زمان خروج همچنان داغ هستند؛ از این رو می‌توان از انرژی حرارتی موجود در این گازها، برای افزایش راندمان بویلر استفاده کرد. برای این منظور، گازهای داغ را از درون اکونومایزر عبور می‌دهند. با استفاده از اکونومایزر، می‌توان حرارت گازهای داغ خروجی را که در حالت عادی تلف می‌شود، بازیافت کرد و از آن برای گرم کردن آب ورودی به بویلر استفاده کرد. این موضوع، باعث کاهش هزینه و مصرف سوخت می‌شود.

شاخص سوم: بازیافت

استفاده از مواد مصرف شده برای ساخت مجدد همان کالا یا کالاهای قابل استفاده دیگر است که به دو زیرشاخص زیر تقسیم می‌شود:

۱- زیرشاخص اول بازیافت؛ بازیافت انرژی: با توجه به سهم قابل توجه مصرف انرژی در صنایع ساخت صفحات فشرده چوبی در ایران، مدیریت تقاضای انرژی در این بخش، بسیار مهم است؛ زیرا کاهش مصرف انرژی به منزله کاهش اثرات زیست محیطی خواهد بود.

انرژی موردنیاز برای تولید تخته فیبر نیمه‌سنگین از الکتریسیته، منابع چوبی، گاز طبیعی و سوخت‌های مایع، تأمین می‌شود. با در نظر گرفتن اینکه سایر سوخت‌ها مثل دیزل، گاز پروپان مایع و بنزین برای عملیات حمل‌ونقل تجهیزات در داخل کارخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. الکتریسیته برای به کار انداختن تجهیزاتی مانند نقاله‌ها، ریفاینرها، الکتروموتورهای فن، موتورهای پرس هیدرولیک، سنباده‌ها و سامانه کنترل آلودگی در کارخانه استفاده می‌شود. سوخت‌ها برای لودرها و جرثقیل‌های چنگک‌دار استفاده می‌شوند. گاز طبیعی و سوخت‌های چوبی برای به کار انداختن خشک‌کن و تأمین گرما مورد استفاده قرار می‌گیرند. گاز طبیعی همچنین برای فراهم آوردن گرمای فرایند پخت چپس، خشک کردن ضایعات چوب و تأمین حرارت پرس استفاده می‌شود. ضایعات چوب نیز برای خشک کردن چوب، تأمین حرارت پرس داغ استفاده می‌شود و برای سامانه‌های کنترل انتشار احتراق از گاز طبیعی و الکتریسیته استفاده می‌شود. به علاوه مقدار کمی از سوخت روغن برای فرایند حرارت و مقدار کمی از سوخت برای مصرف در لیفتراک‌های چنگک‌دار و هندلرها در کارخانه استفاده می‌شود؛ از این رو مسئله مصرف بیش از اندازه انرژی در واحدهای مختلف کارخانه‌ها تخته فیبر دانسیته متوسط وجود دارد که باعث می‌شود رفع معضل مصرف انرژی به عنوان یکی از مهم‌ترین گزینه‌ها به منظور دستیابی به تولیدی پایدار و پاک‌تر شناخته شود.

در این راستا، در بیشتر صنایع می‌توان با افزودن تجهیزاتی، انرژی قابل ملاحظه‌ای را بازیابی کرد. برای نمونه، با استفاده از تمیزکننده‌های پرسرعت^۲ در خروجی دودکش‌های صنعتی می‌توان حرارت گازهای خروجی را به مقدار زیادی، بازیابی کرد. همچنین با راه‌اندازی سامانه غبارسوز می‌توان از ضایعات چوبی برای تأمین بخشی از انرژی حرارتی شرکت استفاده کرد.

¹ Economizer

² Turbo scrubbers

۲- زیرشاخص دوم بازیافت؛ بازیافت آب: آب به عنوان یک منبع طبیعی عنصری حیاتی و ضروری در تولید تخته فیبر دانسیته متوسط به روش خشک و تولید نیرو در تأسیسات تولید بخار این صنعت می‌باشد. آب در این صنعت بیشتر برای شست‌وشو و پخت و بخارزنی الیاف، خنک کردن، آب‌بندی پمپ‌ها، شست‌وشوی مخازن به کار می‌رود. آب خروجی در این صنعت، علاوه بر مسئله مصرف ممکن است از لحاظ دمایی و اسیدیته آلوده باشد. مثلاً بخش شست‌وشوی چپیس، مسئول ایجاد یک مترمکعب پساب به ازای هر مترمکعب تخته فیبر تولیدی در این زیرسامانه می‌باشد که برای محیط زیست، خطرناک است و در صورت رهاسازی بدون تصفیه مناسب، منابع آبی زیرزمینی را آلوده می‌کند؛ از این رو با استفاده بیشتر پساب در فرایند تولید، چرخش بیشتر آن تا حد امکان، اجرای تصفیه آب به روش‌های مختلف (بیولوژیکی، شیمیایی، فیزیکی و بخار کردن در شرایط خلأ) می‌توان از خروج پساب از کارخانه به محیط زیست جلوگیری کرد. فاضلاب‌های حاوی چسب‌های اوره فرم‌آلدهید صنعتی، دارای غلظت زیادی از ترکیبات کربنی و نیتروژنی هستند. تصفیه بی‌هوازی، بهترین انتخاب از نظر صرفه اقتصادی، انرژی و تولید لجن، کمتر می‌باشد [۱۰].

شاخص چهارم؛ اجرای نظام BOM

هر قسمت از BOM شامل اطلاعاتی در خصوص قیمت و مشخصات استاندارد کالا، شرح و کد کالا، ورژن کالا، توضیحات، مقدار، واحد اندازه گیری، سایز، طول، وزن و مشخصه‌ها و ویژگی‌های دیگری از کالا یا محصول است. دسترسی به یک لیست درخت محصول موجب کاهش سردرگمی‌ها در فرایند تولید، تسهیل در برنامه‌ریزی تأمین کالا و کاهش خطاهای ناشی از مقادیر نابه جای درخواست‌های تأمین می‌شود.

درخت محصول مهندسی

درخت محصول مهندسی، معرف نحوه طراحی محصول نهایی است. مهندسان با استفاده از ابزارهای کامپیوتری و نرم‌افزاری، طرحی از محصول نهایی ارائه می‌دهند که در آن، ضمن شکستن محصول به تمام اجزای تشکیل‌دهنده آن، مواد اولیه قابل جایگزین برای هر بخش را با توضیحات لازم در خصوص ساخت و مونتاژ آن مشخص می‌کنند.

درخت محصول تولیدی

درخت محصول تولیدی، شامل تمام مواد اولیه، اجزا و بخش‌هایی است که در ساخت یک محصول نهایی قابل فروش، به کار می‌رود. همچنین این نوع درخت محصول، شامل مقدار مواد اولیه مورد نیاز برای بسته‌بندی کالا پیش از ارسال برای مشتری نیز می‌شود. تمامی فرایندها و کارهای لازمی که باید پیش از نهایی شدن محصول روی آن انجام شود در این نوع درخت آورده شده و دربرگیرنده تمامی اطلاعات مورد نیاز مربوط به فعالیت‌های تولید تا پیش از تکمیل محصول می‌گردد.

با توجه به توضیحات فوق، شاخص اجرای نظام BOM به دو زیرشاخص زیر تقسیم می‌گردد:

۱- زیرشاخص اول اجرای نظام BOM: استفاده از مقادیر استاندارد مواد در پروسه تولید؛ این زیرشاخص، دربردارنده استانداردهای درصد اختلال مواد اولیه در پروسه تولید، به دلیل تولید محصولی کم‌خطر و غیررسمی می‌باشد.

۲- زیر شاخص دوم اجرای نظام BOM: توجه به تهیه و تأمین مواد اولیه مطابق با استانداردهای لازم؛ این زیرشاخص نیز شامل استفاده از مواد اولیه طبقه‌بندی شده در پروسه تولید و پیگیری مداوم به منظور تهیه و تأمین مواد و قطعات مصرفی مطابق با استانداردهای لازم می‌باشد.

شاخص پنجم؛ سرمایه‌های انسانی

سازمان‌ها در عرصه اقتصاد جهانی، با روندهای نوین جهانی شدن و بازار آزاد مواجه هستند که در آن، رقابتی بودن، رکن محوری و اساسی موفقیت اقتصادی، محسوب می‌شود. به منظور داشتن سازمانی کارآمد و شایسته که بتواند این هدف را محقق سازد، متولیان سازمان‌ها باید به‌طور مستمر، عملکرد خود را از طریق کاهش هزینه‌ها، افزایش محصولات و خدمات نوآورانه، بهبود کیفیت و ارتقای بهره‌وری در بازار، بهبود بخشند. ضرورت التزام به تفکر دانایی‌محوری و توسعه دانایی در سازمان‌ها و پذیرش نقش مدیران منابع انسانی به‌عنوان مدیران دانایی در این عرصه، به شعار سازمان‌هایی که به حفظ مزیت رقابتی خود علاقمند هستند مبدل شده است. بر همین اساس، سرمایه‌گذاری در منابع انسانی و اعتلای کیفیت نیروی کار، یکی از زمینه‌ها و راه‌های کلیدی و بنیادی در رابطه با عملکرد موفق است.

۱- **زیرشاخص اول سرمایه‌های انسانی؛ سطح تحصیلات پرسنل:** میزان تحصیلات مدیران و کارشناسان تولید در فرایندهای طرح ریزی، اجرا و پایش، تأثیرات بسزایی دارد، به طوری که این افراد، توانمندی اصلاح و بازنگری در هر یک از مراحل سازمانی را دارند و بدین ترتیب می‌توانند موجب ارتقای کمیت و کیفیت کار در حوزه‌های مختلف شوند.

۲- **زیرشاخص دوم سرمایه‌های انسانی؛ سابقه کار پرسنل:** مشاغل، در صورت کمبود نیروی کار متخصص تحصیل کرده در حوزه تخصصی مورد نظر می‌توانند توسط نیروی کار با سابقه تجربی یا سابقه اکتسابی ناشی از آموزش، جایگزین شوند تا موجب ارتقای کار و بهینه‌سازی فرایند شوند.

۳- **زیرشاخص سوم سرمایه‌های انسانی؛ هم‌راستایی فرهنگ پرسنل با استراتژی سازمان:** هدف مدیران در تدوین استراتژی‌ها، تلاش برای سازمان‌دهی مجموعه‌ای هماهنگ است که بتواند اهداف گوناگون سازمان را محقق کند. فرض اساسی و ثابت در کلیه تعاریف هماهنگی نیز این است که سازمان‌ها زمانی که به انطباق دست می‌یابند، اثربخش‌تر و کاراتر، عمل خواهند کرد.

۴- **زیرشاخص چهارم سرمایه‌های انسانی؛ برگزاری کلاس‌های آموزشی و فنی به منظور ارتقای سطح آگاهی پرسنل:** هرکس در سازمان، نیاز به آموزش‌های تخصصی مرتبط با وظایف شغلی خود دارد، در غیر این صورت، موجب لطمه زدن به کار، فعالیت و رفتار فرد و مؤسسه، مربوطه می‌شود. آموزش در صورت اجرای صحیح، تأثیر بسزایی در افزایش مهارت‌های شغلی و افزایش بهره‌وری، کاهش رفتارهای مخرب محیطی می‌شود که از اهداف اصلی تولیدی پاک‌تر می‌باشد.

۵- **زیرشاخص پنجم سرمایه‌های انسانی؛ کاهش روند تولید پساب:** با افزایش سطح آگاهی پرسنل و بالا بردن حساسیت آن‌ها می‌توان از تخلیه بی‌رویه فاضلاب و پساب صنعتی در آب‌های محیطی جلوگیری کرد و مانع از رو به زوال گذاشتن محیط زیست و گسترش آلودگی‌ها شد.

۶- **زیرشاخص ششم سرمایه‌های انسانی؛ بالا بردن بهداشت و ایمنی کار:** طی دهه‌های اخیر، پرداختن به موضوعات ایمنی، بهداشت و محیط زیست، به یکی از اولویت‌های اصلی در کسب و کار امروز تبدیل شده است. بهداشت و ایمنی برای پیشگیری از صدمه دیدن و حفاظت نیروی کار، تعریف می‌شود. هدف از اجرای مقررات ایمنی و دستورالعمل‌های مربوط، ایجاد محیطی سالم است؛ به نحوی که کارگران بدون دغدغه خاطر و بدون ترس از خطرات صنعت، به کار خود بپردازند. بدین ترتیب، ترس از آینده نامعلوم که زاینده و معلول حوادث و سوانح در محیط کار می‌باشد، از جامعه صنعتی ما رخت بر خواهد بست. بدون وجود مسئول ایمنی، نه تنها قدمی در راه پیشرفت صنعتی برداشته نمی‌شود بلکه صنعت، دچار هرج و

مرج و از هم‌پاشیدگی می‌شود و دیر یا زود به سوی زوال تدریجی، سوق می‌یابد. این زیرشاخص، شامل زیرشاخص‌های زیر است:

۱- زیرشاخص اول بهداشت و ایمنی کار؛ حضور مستمر مسئول بهداشت کار: هدف از حضور مداوم و

مستمر مسئول بهداشت کار، استقرار، نگهداری و بهبود مستمر سیستم جامع مدیریت بهداشت حرفه‌ای و ایمنی در کلیه بخش‌های تحت کنترل می‌باشد.

۲- زیرشاخص دوم بهداشت و ایمنی کار؛ حضور مداوم پزشک معالج: حضور مداوم و مستمر پزشک

معالج در محیط کار با انجام آزمایش‌های دوره‌ای و منظم از کل پرسنل، صدمات، بیماری‌ها و خسارات مالی ناشی از انجام فعالیت‌های پرخطر را به حداقل می‌رساند.

۳- زیرشاخص سوم بهداشت و ایمنی کار؛ برگزاری کلاس‌های آموزشی و پزشکی و ایمنی کار:

آموزش در راستای اهداف بهداشت حرفه‌ای، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است؛ زیرا آموزش صحیح، سطح آگاهی افراد را بالاتر می‌برد و فرهنگ ایمنی و بهداشت را در بین کارگران، افزایش می‌دهد. طبیعی است که کارگر، هر چه نسبت به ایمنی و مسائل مربوط به آن، آگاه‌تر باشد؛ کمتر مرتکب اعمال غیرایمن می‌شوند و همچنین افراد دیگر را نیز از انجام آن، منصرف می‌کنند.

اولین گام آماده‌سازی برای آموزش یک گروه، اجرای آمالیز میازهای آموزشی است. مربی باید نیازها را تشخیص دهد و اطلاعات کافی از موارد زیر داشته باشد:

- میزان دانش شرکت‌کنندگان در برنامه آموزشی
- وظایف شرکت‌کنندگانی که با دانش ایمنی سیستم در ارتباط هستند
- زمینه، تجربه و تحصیلات شرکت‌کنندگان در برنامه آموزشی
- آموزش‌هایی که در گذشته برای شرکت‌کنندگان فراهم شده
- نظر مدیریت راجع به ایمنی سیستم و آموزش
- مستندسازی آموزشی، جزء ضروری برای آموزش ایمنی است.

بحث و نتیجه‌گیری

پس از تحقیقات میدانی، شاخص‌های اصلی تولید پاک‌تر در صنایع تخته فیبر دانسیته متوسط به ۶۲ زیرشاخص در ۵ شاخص اصلی (اصلاح محصول، تغییر فرایند، بازیافت، اجرای نظام BOM و سرمایه‌های انسانی) تقسیم شدند.

امید است شاخص‌ها و زیرشاخص‌های شناسایی شده به جهت تغییر در چگونگی حرکت مواد اولیه در فرایند تولید، استفاده از وسایل مناسب برای شارژ و تخلیه مواد، به‌روزرسانی، اصلاح و جایگزینی دوره‌ای سیستم‌ها و ... بتوانند نقش مؤثری را به عنوان یک ابزار قوی و مفید در راستای کاهش میزان آلاینده‌گی، کاهش منابع مورد نیاز، کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری، کاهش فرسایش تجهیزات، کاهش هزینه‌های سنگین خرید و تعمیرات قطعه و کاهش تولید پساب، ضایعات و انتشارات سمی در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط، ایفا کنند.

References

- [1] Nabi Bidhendi, G., Howidi, H., Nasrabadi, T., & Mohammadnejad, S. (2007, February 19-20). *Introducing a cleaner production approach to optimize energy consumption in industry, a case study: food industry*. The first specialized conference on environmental engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/11825>

- [2] Wilson, J. (2010). Life-cycle inventory of medium density fiberboard in terms of resources, emissions, energy and carbon. *Wood and fiber science*, 42(Special Issue 1), 107-124. <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/706>
- [3] Wilson, J. B. (2010). Life-cycle inventory of particleboard in terms of resources, emissions, energy and carbon. *Wood and Fiber Science, The Society of Wood Science and Technology*, 42(Special Issue 1), 90-106. <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/1349>
- [4] Meil, J., Bushi, L., Garrahan, P., Aston, R., Gingras, A., & Elustondo, D. (2009). *Status of energy use in the Canadian wood products sector*. O. Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC) Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada. <https://library.fpinnovations.ca/en/permalink/fpipub5625>
- [5] Pullen, S. (2000). Estimating the embodied energy of timber building products. *Journal of the Institute of Wood Science*, 15(3), 147-151. https://www.semanticscholar.org/paper/Estimating-the-embodied-energy-of-timber-building-Pullen/507b7b4dd80_8bfad1e3de67cb27f4cd600bbcb44
- [6] Lawson, B., & Rudder, D. (1996). *Building Materials, Energy and the Environment: Towards Ecologically Sustainable Development*. Royal Australian Institute of Architects. <https://books.google.com/books?id=A5pcAAAACAAJ>
- [7] Myers, G. E., & Nagaoka, M. (1980, September 23-25). *Formaldehyde form UF-bonded panels--its measurement and its relation to air contamination*. Wood adhesives-research, application, and needs, Madison, WI. https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/6036828
- [8] Doost Hosseini, K. (2007, August 14). *Production technology and application of compressed wood panels*. University of Tehran Press. <https://www.adinehbook.com/gp/product/9640355428>
- [9] Madihi Bidgoli, Z. (2014, September 14). *Guide to designing photovoltaic systems to supply electricity by climate and land use*. E. R. I. Technical System Affairs, Deputy Minister of Strategic Supervision of the Ministry of Energy. http://www.satba.gov.ir/suna_content/media/image/2015/09/3922_orig.pdf
- [10] Ghorbannezhad, P., Dehghani Firoozabadi, M. R., & Yazdan Moghadam, J. (2018). Appropriate System Design of Wastewater Treatment Plants for Wood Panel Industries. 7(1), 77-92. <https://doi.org/10.22069/ejang.2019.7068.1205>



Investigation of Changing Trends in Morphological and Anatomical Characteristics of *fraxinus excelsior* in Stem Radial Axis (Case Study: Mazandaran Province)

Ali Hassanpoor Tichi^{1*}, Mojtaba Rezanezhad Divkolae², Amin Khatiri³, Reza Alizadeh⁴

^{1,2}Department of Wood Science and Engineering, Technical Faculty No. 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran.

^{3,4}BSc Student, Department of Wood Science and Engineering, Technical Faculty No. 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 05.09.2020

Revised: 09.01.2020

Accepted: 09.13.2020

Keyword:

Fraxinus excelsior

Morphology

Ring porous

Alternative pit

Simple perforation

*Corresponding Author:

Ali Hassanpoor Tichi

Email:

hasanpoortichi@gmail.com

ABSTRACT

In this research study, the biometric properties of fibers and microscopy of fraxinus wood were investigated. For this purpose, a perfectly healthy stem of the fraxinus tree native to Chamestan area was selected and one disc of 5 cm thickness was prepared at breast height. In transverse direction, the test specimens were cut 2 × 2 cm to 3 cm from the pith to the bark sequentially and examined. Then, the biometric properties of the fibers including fiber length, fiber lumen diameter, cell wall thickness and fiber diameter were measured.

The results showed that all the dimensional properties of the fibers from the brain to the skin were increasing. In order to microscopically study fraxinus tree wood, microscopic sections of three transverse, tangential and radial surfaces of wood close to the bark of the fraxinus tree were prepared and evaluated by a light microscope. Results of the anatomical study indicated that the fraxinus tree is a ring porous hardwood species with distinct growth, simple perforation plates and scalariform, alternate intervessel pits and without tyloses.





بررسی روند تغییرات ویژگی های مورفولوژی و آناتومی چوب درخت زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior*) در محور شعاعی ساقه (مطالعه موردی استان مازندران)

علی حسن پور تیچی^{۱*}، مجتبی رضائزاد دیوکالایی^۲، امین خطیری^۳، رضا علیزاده^۴

۱- ۲- دپارتمان علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده شهید هاشمی نژاد، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران.
۳- ۴- دانشجوی کارشناسی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده شهید هاشمی نژاد، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

در این تحقیق، به بررسی ویژگی بیومتری الباف و میکروسکوپی چوب زبان گنجشک پرداخته شد. به همین منظور، یک ساقه کاملاً سالم درخت زبان گنجشک بومی منطقه چمستان انتخاب و یک دیسک به ضخامت ۵ سانتی‌متر در ارتفاع قطر برابر سینه تهیه و در جهت عرضی نمونه‌های آزمونی ۲×۲ cm به طول ۳ cm از مغز به سمت پوست به صورت متوالی قطع و بررسی شد. سپس خواص بیومتری الباف شامل طول الباف، قطر حفره سلولی، قطر کلی فیبر و ضخامت دیواره سلولی اندازه‌گیری شده است. نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد که روند تغییرات این ویژگی‌های از ناحیه مغز به سمت ناحیه پوست، یک الگوی افزایشی را طی می‌کند. به منظور مطالعه میکروسکوپی چوب درخت زبان گنجشک، مقاطع میکروسکوپی از سه سطح عرضی، مماسی و شعاعی چوب نزدیک به پوست درخت زبان گنجشک تهیه و توسط یک میکروسکوپ نوری، ارزیابی شد. نتایج بررسی‌های آناتومی، بیانگر آن بود که درخت زبان گنجشک، جزو گونه‌های پهن‌برگ بخش روزنه‌ای، مرز حلقه رویشی مشخص، درجه آوندی ساده، منافذ بین دیواره آوند از نوع متناوب و فاقد تیل می‌باشد.

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۲۰

بازنگری مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۱۱

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۲۳

کلید واژگان:

زبان گنجشک
مورفولوژی
بخش روزنه‌ای
متناوب
درجه آوندی ساده

*نویسنده مسئول: علی حسن پور تیچی

پست الکترونیکی:

hasanpoortichi@gmail.com



مقدمه

چوب، ماده‌ای است که به طور فراوان و طبیعی، در اختیار بشر قرار گرفته است. از این رو تاریخ استفاده از آن، به زمان‌های بسیار دور برمی‌گردد. در زمان‌های قدیم به دلیل نبود ابزار مناسب برای تبدیل چوب به محصولات مختلف، استفاده از آن را محدود می‌ساخت اما با پیشرفت تکنولوژی و تجربیاتی که انسان‌ها با کار کردن بر روی این ماده به دست آورده‌اند دامنه کاربرد آن را بسیار وسیع ساخته است. به همین دلیل، آشنایی با خواص آناتومی و بیومتری چوب، عامل مهمی در افزایش و بهبود کاربرد آن در مصارف گوناگون است؛ زیرا ویژگی‌های کاربردی چوب، همبستگی بسیار نزدیکی با ساختمان چوب و ساختار سلولی آن دارد؛ بنابراین آگاهی از این ویژگی‌ها و چگونگی تغییرات آنها در قسمت‌های مختلف ساقه درختان، امری بسیار مهم و ضروری برای کارخانجات صنایع چوب و کاغذ است. درخت زبان گنجشک با نام علمی *Fraxinus excelsior* از راسته Lamiales خانواده Oleaceae و جنس *Fraxinus* می‌باشد. درختی با تاج کروی شکل که در بلوغ، تاجی متراکم دارد. این گیاه، خزان‌کننده و طول تنه اصلی آن، ۶۰ تا ۷۰ متر و دارای تاج بلندی نیز است. پوست تنه درختان جوان، صاف و خاکستری‌رنگ و با پیر شدن، زبر و دارای شکاف‌های عمیق می‌شود.

پارسا پژوه و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی ویژگی‌های آناتومی چوب درخت زبان گنجشک به این نتیجه رسیدند که این گونه، جزو پهن‌برگان بخش روزنه‌ای و بدون چوب درون مشخص می‌باشد. حفرات آوندی در چوب بهاره فراخ، بیضوی، منفرد و به ندرت، دوتایی به هم چسبیده‌اند اما حفرات آوندی در چوب تابستانه، کوچک، گاهی به صورت دوتایی به هم چسبیده و اکثراً دیواره ضخیم دارند. همچنین این گونه، دارای اشعه چوبی ظریف و فراوان و تقریباً ۱۲ عدد در هر میلی‌متر می‌باشد و پارانشیم‌های دور آوندی و همچنین پارانشیم‌ها حد دوایر رویشی مشخص است. اشعه چوبی، دو تا سه ردیف سلول در پهن‌ها و حداکثر ارتفاع ۱۵ سلول می‌باشد. آنان در ادامه نتایج تحقیقات خود بیان کردند که این گونه، دارای دریچه آوندی ساده، فراخ در چوب بهاره و کم‌قطر در چوب تابستانه، منافذ بین دیواره آوندها فراوان و منافذ بین اشعه چوبی و آوندها دایره‌ای شکل و فراوان است. بافت فیبری از نوع فیبر لیبری‌فرم و فیبر تراکئید با دیواره ضخیم، تشکیل شده است. سلول‌های پارانشیم محوری، از سلول‌های کوتاه و کم و بیش مربعی شکل یا از سلول‌های مستطیل دراز تشکیل یافته‌اند [۱].

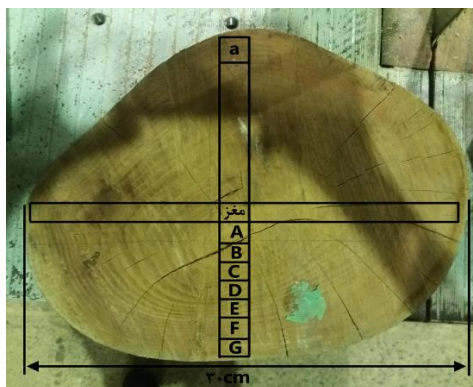
علی آبادی و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی به بررسی ابعاد الیاف ممرز در منطقه آستارا پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق، حاکی از آن بود که با افزایش فاصله از مغز و نزدیک شدن به پوست، طول، قطر و ضخامت دیواره الیاف، به طور معنی‌داری افزایش یافته است و بیشترین مقادیر طول، قطر و ضخامت دیواره الیاف را به ترتیب ۱/۵۰۹ میلی‌متر و ۲۳/۹۳ میکرون و ۳/۸۹۷ میکرون در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از مغز به دست آورده‌اند. وی همچنین افزود که نتایج حاصل از تغییرات ابعاد الیاف در فواصل مختلف از مغز به سمت پوست نشان داده است که با افزایش فاصله از مغز تا ۱۵ سانتی‌متر، تغییر ابعاد الیاف کاهش یافته است و بیشترین تغییر ابعاد الیاف در فاصله ۲ تا ۶ سانتی‌متری از مغز مشاهده شده است و نتایج اندازه‌گیری ابعاد الیاف در چهار جهت جغرافیایی مختلف نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر طول، قطر و ضخامت دیواره الیاف در سطح احتمال ۱٪ وجود ندارد [۲].

نصرتی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی ویژگی میکروسکوپی چوب نزدیک به مغز و پوست شیشم پرداخته‌اند. آنان به این نتیجه رسیدند که اختلاف معنی‌داری بین چوب نزدیک به مغز و پوست این گونه از لحاظ طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف وجود دارد که از مغز به سمت پوست، این مقادیر، افزایش می‌یابد [۳]. حسن پور تیچی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی ویژگی آناتومی چوب جوان و چوب بالغ گونه راش منطقه کیاسر ساری به این نتیجه رسیدند که طول فیبر در محدوده چوب جوان، کوتاه‌تر از چوب بالغ می‌باشد [۴].

حسن پور و رضانژاد (۱۳۹۸) در بررسی ویژگی های آناتومی، فیزیکی و بیومتری چوب درخت انجیر در جهت طولی و عرضی ساقه درخت به این نتیجه رسیدند که کلیه ویژگی های بیومتری الیاف؛ شامل طول الیاف، قطر حفره سلولی، ضخامت دیواره سلولی و قطر کلی سلول در محور عرضی ساقه از مغز به سمت پوست، یک الگوی افزایشی را طی می کند [۵].

روش شناسی

به منظور بررسی ویژگی های مورفولوژیکی و آناتومی چوب درخت زبان گنجشک، یک اصله درخت زبان گنجشک کاملاً سالم و بدون هیچ گونه آسیب مکانیکی و بیولوژیکی دارای حداکثر ارتفاع ۷ متر، قطر ۳۰ سانتی متر و سن تقریبی ۱۵ سال، واقع در استان مازندران و بومی منطقه چمستان نور (بین موقعیت جغرافیایی ۵۱/۲۶ طول شرقی و ۳۶/۴۷ عرض شمالی) انتخاب و یک دیسک به ضخامت ۵ سانتی متر از ارتفاع قطر برابر سینه قطع شد. سپس از دیسک تهیه شده تعداد ۷ نمونه آزمونی به ابعاد ۲×۲×۳ سانتی متر با دو تکرار به صورت متوالی در جهت عرضی ساقه تهیه گردید. پس از انجام کدگذاری های لازم، نمونه ها برای بررسی های بیومتری و آناتومی به آزمایشگاه واحد صنایع چوب و کاغذ دانشکده فنی شهید هاشمی نژاد ساری منتقل شدند (شکل ۱).

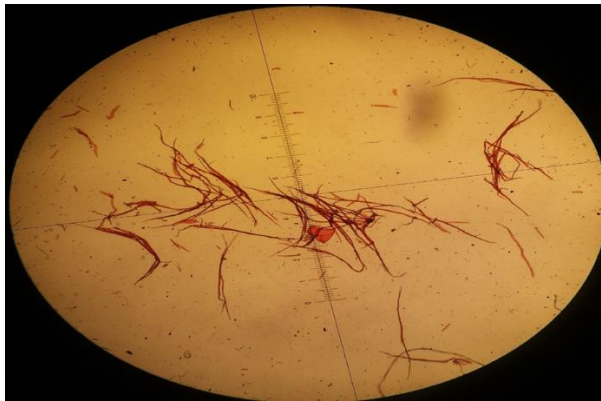


شکل ۱. الگوی برش نمونه های آزمونی و تعداد نمونه ها

آماده سازی نمونه ها برای اندازه گیری ابعاد الیاف

برای اندازه گیری ابعاد الیاف چوب درخت زبان گنجشک از روش فرانکلین استفاده شد [۶]. پس از برش نمونه ها به وسیله دستگاه های برش، از هر مکعب، تراشه های چوب کبریت مانند به ابعاد ۲×۲ میلی متر و طول ۳ سانتی متر جدا شد و سپس در لوله آزمایشگاهی حاوی محلول آب اکسیژنه ۳۰ درصد و اسید استیک ۱۰۰ درصد به نسبت یک به یک و به میزان دو برابر ارتفاع تراشه ها قرار داده شدند. در هر لوله آزمایشی، تعداد دو تراشه از چوب بهاره و تابستانه قرار داده شد تا تفاوت ساختاری در چوب این دو ناحیه باعث اشتباه در نتایج آزمایش های نشود. برای جلوگیری از خروج گاز از لوله ها، سر هر یک از لوله های آزمایشی به وسیله کاغذ آلومینومی بسته شد و کدگذاری لازم روی آنها انجام شد و سپس به مدت ۴۸ ساعت در یک آون با دما ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. پس از اینکه رنگ نمونه ها به سفید تغییر کرد از آون خارج شدند و برای از بین رفتن بوی محلول اسیداستیک و آب اکسیژنه به دفعات ۵-۶ بار

با آب مقطر شستشو داده شدند. پس از وابری، الیاف با محلول رنگ سافرانین رنگ آمیزی شدند و به منظور اندازه گیری روی لام های آزمایشگاهی تثبیت شدند. از هر لام، تعداد ۳۰ فیبر توسط میکروسکوپ نوری مجهز به عدسی مدرج، اندازه گیری شدند. تلاش شد که فیبرهای اندازه گیری شده دارای ظاهر، مناسب بدون شکستگی و کاملاً صاف باشند (برای اندازه گیری طول الیاف از چشمی 10x و برای اندازه گیری قطر حفره سلولی، قطر کلی سلول و ضخامت دیواره سلولی از چشمی 40x استفاده شد).



شکل ۲. عناصر چوبی درخت زبان گنجشک

آماده سازی نمونه ها برای بررسی میکروسکوپی

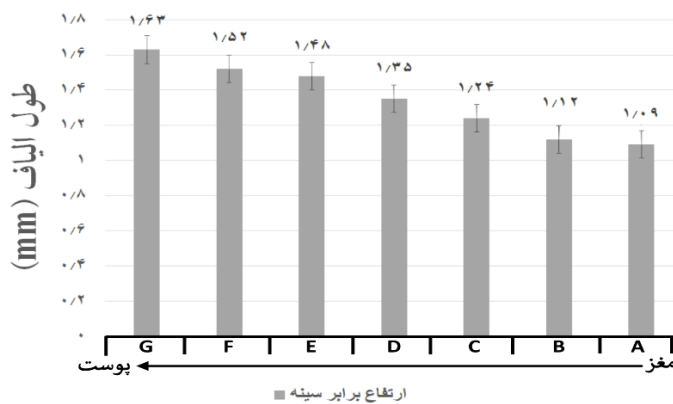
برای بررسی دقیق ویژگی های میکروسکوپی چوب نزدیک به پوست درخت زبان گنجشک نمونه های $2 \times 2 \times 3$ سانتی متر تهیه گردید. برای نرم شدن بافت چوب، نمونه های آزمونی به مدت ۱۰ روز در محلول آب گرم و گلیسرین به نسبت ۱ به ۱ غوطه ور شدند. سپس توسط میکروتوم از جهات مشخص سه گانه (مماسی، شعاعی و عرضی) برش های نازک میکروسکوپی تهیه گردید. نمونه های میکروسکوپی به دست آمده برای خروج محتویات درون سلولی، تا زمان رسیدن به رنگ متمایل به سفید به مدت ۳۰-۱۵ دقیقه در آب ژاول قرار گرفتند. سپس برای از بین بردن بوی آب ژاول، نمونه ها با آب مقطر شستشو شدند و در مرحله بعد، مقاطع میکروسکوپی به مدت ۵-۳ دقیقه با محلول رنگ آمیزی دو گانه سافرانین/آسترابلو نیم درصد، رنگ آمیزی شدند و سپس برای از بین رفتن رنگ های اضافی جذب نشده، نمونه ها یک بار در آب مقطر شستشو داده شدند. در مرحله بعدی، برای آب زدایی و جایگزین کردن الکل به جای آب، مقاطع میکروسکوپی یک بار در الکل های ۵۰ درصد و ۷۵ درصد و دو تا سه بار برای خروج ماده رنگی اضافه با الکل ۹۶ درصد شستشو داده شدند. سپس نمونه ها برای الکل زدایی، در محلول گزلیل قرار گرفتند و در مرحله آخر، مقاطع میکروسکوپی رنگ شده با استفاده از چسب کانادا با لایم بین لایم و لامل قرار گرفتند و برای تثبیت کامل مقاطع یک وزنه ۵۰ گرمی بر روی لامل و لامل قرار داده شد و نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت و دمای ۵۰ درجه سانتی گراد در آن قرار گرفتند. برای تشریح ویژگی های میکروسکوپی چوب نزدیک به پوست، از یک میکروسکوپ نوری مجهز به چشمی مدرج استفاده شد [۷].

یافته‌ها

اندازه‌گیری ویژگی‌های بیومتری

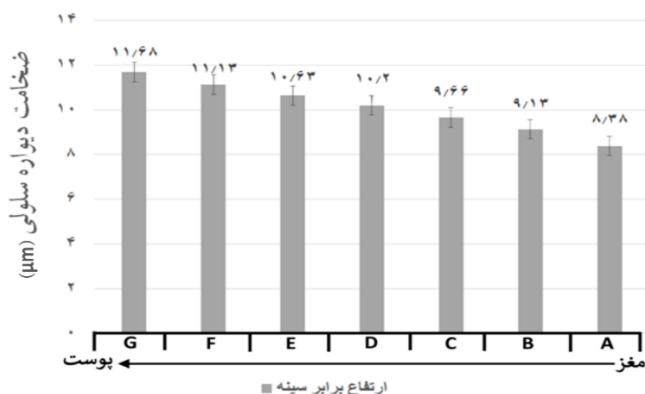
بررسی ویژگی‌های بیومتری چوب درخت زبان گنجشک، بیانگر افزایش ابعاد الیاف از مغز به سمت پوست در محور شعاعی ساقه بود. نتایج نشان داد که تأثیر مناطق مختلف ساقه بر ویژگی‌های بیومتری، در سطح بالایی معنی‌دار است؛ به طوری که با دور شدن از ناحیه مغز و نزدیک شدن به ناحیه پوست، کلیه این ویژگی‌ها یک روند افزایشی را طی می‌کنند؛ به گونه‌ای که میزان میانگین طول الیاف در ناحیه نزدیک به مغز به طور معنی‌داری، کمتر از ناحیه نزدیک به پوست است.

میزان تغییرات طول الیاف در محور شعاعی ساقه درخت، یک الگوی افزایشی دارد؛ به طوری که میزان طول الیاف از مغز به سمت پوست ساقه، روند افزایشی دارد که کمترین میزان طول الیاف در ناحیه نزدیک به مغز (نمونه A) به میانگین ۱/۰۹ میلی‌متر و بیشترین میزان آن در ناحیه نزدیک به پوست (نمونه G) به میانگین ۱/۶۳ میلی‌متر اندازه‌گیری شد (شکل ۳).



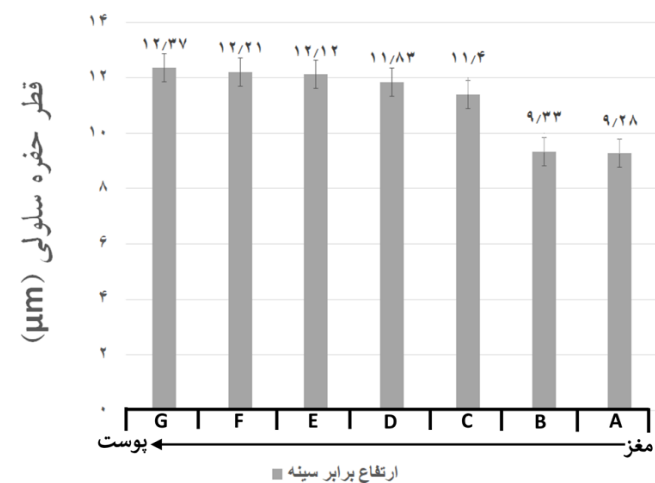
شکل ۳. میزان تغییرات طول الیاف در ارتفاع قطر برابر سینه درخت

تغییرات ضخامت دیواره سلولی در محور شعاعی ساقه، روندی افزایشی دارد؛ به طوری که با دور شدن از ناحیه مغز و نزدیک شدن به ناحیه پوست، میزان ضخامت دیواره سلولی، افزایش می‌یابد. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود کمترین میزان ضخامت دیواره سلولی، در منطقه مغز (نمونه A) به میانگین ۸/۳۸ میکرون و بیشترین میزان آن، در منطقه نزدیک به پوست (نمونه G) به میانگین ۱۱/۶۸ میکرون اندازه‌گیری شد.



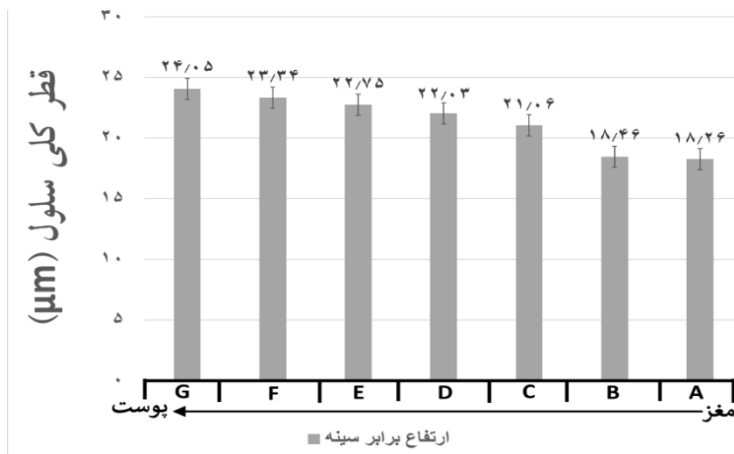
شکل ۴. میزان تغییرات ضخامت دیواره سلولی در ارتفاع قطر برابر سینه درخت

نتایج اندازه‌گیری‌های قطر حفره سلولی، نشان‌دهنده تأثیر مستقل و متقابل محور شعاعی ساقه بر این ویژگی بود؛ به طوری که با دور شدن از ناحیه مغز و نزدیک شدن به ناحیه پوست، قطر حفره سلولی یک رون افزایشی را طی می‌کند که کمترین میزان قطر حفره سلولی در ناحیه نزدیک به مغز (نمونه A) به میانگین ۹/۲۸ میکرون و بیشترین میزان آن در ناحیه نزدیک به پوست (نمونه G) به میانگین ۱۲/۳۷ میکرون، اندازه‌گیری شد (شکل ۵).



شکل ۵. میزان تغییرات قطر حفره سلولی در ارتفاع قطر برابر سینه درخت

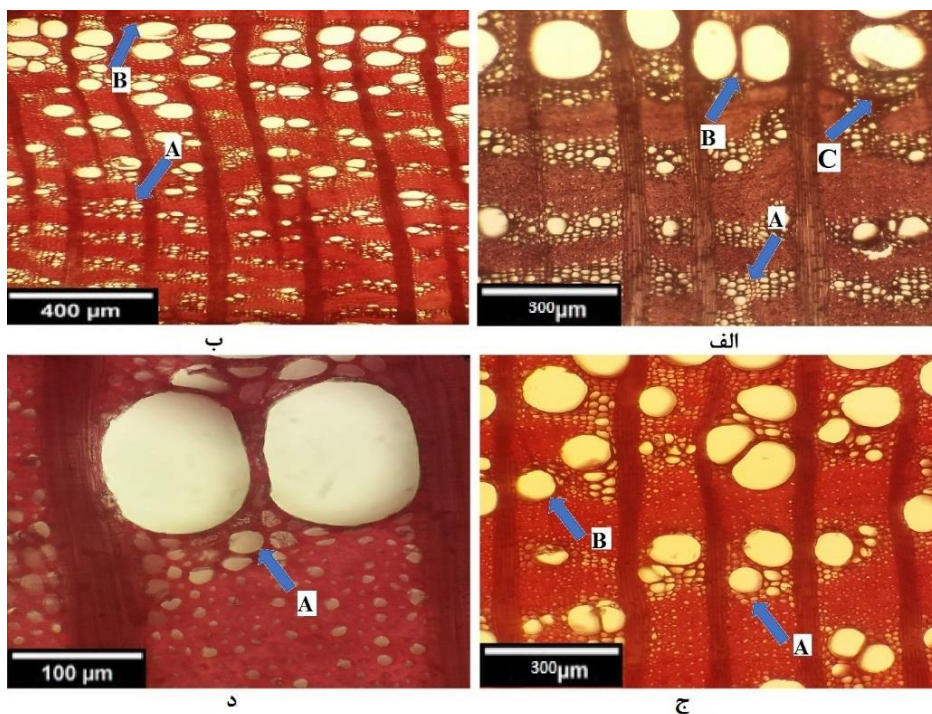
بررسی روند تغییرات قطر کلی سلول، بیانگر آن بود که میزان قطر کلی سلول در محور شعاعی ساقه درخت از مغز به سمت پوست، یک الگوی افزایشی را طی می‌کند؛ به طوری که کمترین میزان قطر کلی سلول در ناحیه نزدیک به مغز (نمونه A) به میانگین ۱۸/۲۶ میکرون و بیشترین میزان آن در ناحیه نزدیک به پوست (نمونه G) به میانگین ۲۴/۰۵ میکرون، اندازه‌گیری شد (شکل ۶).



شکل ۶. میزان تغییرات قطر کلی سلول در ارتفاع قطر برابر سینه درخت

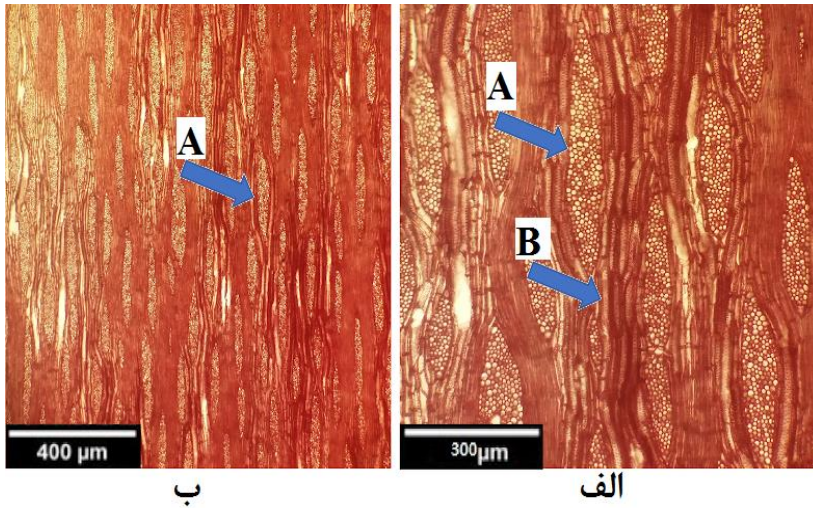
ویژگی های آناتومی

مطالعه ویژگی های آناتومی چوب نزدیک به پوست درخت زبان گنجشک، بیانگر آن بود که این گونه، جزو پهن برگان بخش روزنه ای، مرز حلقه های رویشی مشخص و فاقد تیل است. تعداد حفرات آوندی در چوب آغاز، بیش از سه ردیف می باشد. اندازه حفرات آوندی از لحاظ قطری در چوب آغاز فراخ و بزرگ است و بیشتر حالت بیضی شکل دارند. حفرات آوندی از لحاظ چیدمان در چوب آغاز، اکثراً به صورت منفرد هستند اما حفرات به هم چسبیده در جهت مماسی هم دیده می شود (حداکثر ۳ حفره). در چوب پایان، حفرات بیشتر به صورت به هم چسبیده دوتایی دیده می شوند. همچنین این گونه دارای پارانشیم های پاراتراشال دور آوندی است که در بعضی از نقاط به همراه آوندها تشکیل یک نوار مماسی یا مورب نامنظم را می دهند (شکل ۷).



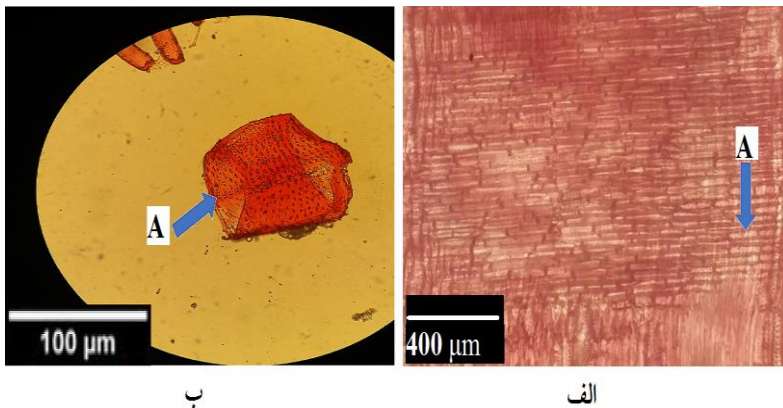
شکل ۷. مقطع عرضی درخت زبان گنجشک، الف: پارانشیم نواری (مکان نمای A)، حفرات آوندی بهاره (مکان نمای B) و مرز حلقه رویش مشخص (مکان نمای C). ب: حفرات آوندهای در جهت شعاعی (مکان نمای A) و مرز حلقه رویش (مکان نمای B). ج: پارانشیم دور آوندی (مکان نمای A) و حفرات آوندی منفرد (مکان نمای B). د: سلول‌های پارانشیم طولی (مکان نمای A).

بررسی‌های میکروسکوپی مقطع مماسی درخت زبان گنجشک نشان داد که پهنای اشعه چوبی تا ۹ ردیف سلول (غالباً ۸-۶) می‌باشد. حداکثر ارتفاع اشعه‌ها تا ۴۰ سلول نیز می‌رسد اما اکثراً ۲۰-۱۵ سلول است (شکل ۸).



شکل ۸. مقطع مماسی درخت زبان گنجشک، الف و ب: سلول های اشعه چوبی (مکان نمای A)، سلول های پارانشیم طولی (مکان نمای B).

بررسی های آناتومی مقطع شعاعی درخت زبان گنجشک نشان داد که این گونه، دارای اشعه چوبی همگن (تمام سلول اشعه مستطیل شکل خوابیده)، دریچه آوندی ساده و منافذ بین آوند و اشعه چوبی از نوع متناوب با هاله های تحلیل رفته می باشد (شکل ۹).



شکل ۹. مقطع شعاعی درخت زبان گنجشک، الف: تمام سلول اشعه مستطیل شکل خوابیده (مکان نمای A) ب: دريچه آوندی ساده (مکان نمای A).

بحث و نتیجه گیری

نتایج نشان داد که اختلاف معنی داری بین محور عرضی درخت زبان گنجشک با خواص بیومتری الیاف وجود دارد؛ به گونه‌ای که کلیه ویژگی‌های مورفولوژی در محور شعاعی ساقه از مغز به سمت پوست، روندی صعودی دارد. نتایج این بررسی‌ها با نتایج به دست آمده نصرتی و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد. کلیه ویژگی‌های مورفولوژی؛ شامل طول الیاف، قطر حفره سلولی، ضخامت دیواره سلولی و قطر کلی سلول در ناحیه نزدیک به مغز کمتر از ناحیه نزدیک به پوست است که علت اصلی این اختلاف ابعادی چوب این دو ناحیه را می‌توان وجود حجم جوان چوب در ناحیه نزدیک به مغز و حجم بالغ چوب در ناحیه نزدیک به پوست دانست. سلول‌های چوبی به وسیله سلول‌های دوکی شکل مادری تولید می‌شوند. در سال‌های اولیه زندگی درخت، لایه کامبیوم، سلول‌های تکامل نیافته‌ای در قسمت جوان چوب تولید می‌کند اما هرچه به سن درخت افزوده می‌شود، فعالیت لایه کامبیوم نیز تغییر می‌کند و سلول‌هایی که تولید می‌کند تکامل یافته هستند؛ یعنی هرچه از سن درخت می‌گذرد، سلول‌های تولید شده توسط فعالیت تکثیری لایه کامبیوم، ابعاد بزرگ‌تری پیدا می‌کنند. در واقع علت تمام تغییرات ویژگی‌های ابعادی سلول‌ها، به سن لایه کامبیوم برمی‌گردد.

بر اساس لیست کمیته بین‌المللی آناتومیست‌های جهان برای شناسایی پهن‌برگان، فیبرها از نظر طولی به سه دسته تقسیم می‌شوند: ۱- فیبرها با طول کمتر از ۹۰۰ میکرون ۲- فیبرها با طول بین ۹۰۰-۱۶۰۰ میکرون ۳- فیبرها با طول بیش از ۱۶۰۰ میکرون [۸].

براساس نتایج به دست آمده حاصل از این تحقیق، الیاف چوب درخت زبان گنجشک در ناحیه جوان چوب و بالغ چوب از لحاظ ابعادی، در سطح بالایی با یکدیگر تفاوت دارند. الیاف این گونه، در ناحیه جوان چوب با میانگین طول ۱/۰۹ میلی‌متر در دسته فیبرهای با طول متوسط قرار می‌گیرد اما الیاف در ناحیه بالغ چوب با میانگین طول ۱/۶۳ میلی‌متر در دسته الیاف بلند قرار می‌گیرند. این موضوع، اهمیت توجه به حجم چوب جوان و بالغ در یک گونه برای صنایع مختلف را آشکار می‌سازد. طول الیاف، یکی از ویژگی‌های بسیار مهم و کاربردی برای صنایع چوب به خصوص صنایع کاغذسازی است؛ زیرا این ویژگی، رابطه بسیار نزدیکی با راندمان کارخانه و کیفیت محصول تولیدی دارد و همواره باید مورد توجه قرار گیرد. بررسی‌های میکروسکوپی چوب درخت زبان گنجشک نشان داد که این گونه، جزو پهن‌برگان بخش روزنه‌ای، فاقد تیل، اشعه چوبی همگن، منافذ بین دیواره آوند از نوع متناوب، دارای دریچه آوندی ساده و دارای پارانسیم دور آوندی و نواری است.

با توجه به کمبود و اهمیت استفاده بهینه از منابع چوبی، شناخت ویژگی‌های مورفولوژی و آناتومی، از مهم‌ترین مواردی است که کارخانجات صنایع چوب و کاغذ باید به آن توجه داشته باشند؛ زیرا این ویژگی‌ها همبستگی بسیار نزدیکی با استفاده بهینه از منابع چوبی، کیفیت نهایی محصول، ویژگی‌های کاربردی آن و راندمان کارخانجات دارند. طول الیاف، یکی از ویژگی‌های مهم در صنعت کاغذسازی است. همان‌طور که در نمودارهای شکل ۳-۶ مشاهده می‌شود کلیه ویژگی‌های ابعادی الیاف تحت تأثیر قسمت‌های مختلف ساقه قرار دارد؛ به طوری که الیاف در ناحیه چوب جوان در دسته الیاف متوسط و الیاف در ناحیه چوب بالغ در دسته الیاف بلند قرار می‌گیرند؛ بنابراین آگاهی از این تغییرات و تفکیک کاربردی قسمت‌های مختلف چوب، امری بسیار مهم در تولید محصولات چوبی است که همواره باید مورد توجه پژوهشگران رشته صنایع چوب و کاغذ قرار گیرد.

References

- [1] Schweingrober, F., & Lenz, O. (2011, September 27). *Atlas of Woods of Northern Iran: Microscopic description and diagnosis of important species* (D. Parsanjad, Trans.). Institute of Printing and Publishing, University of Tehran. <https://www.adinehbook.com/gp/product/964034222X>
- [2] Aliabadi, M., Akbarpoor, E., Saraeyan, A., & Roshnasan, J. (2011). Biometrical properties of hornbeam fibers from Astara. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 26(3), 535-544. <https://doi.org/10.22092/ijwpr.2011.117234>
- [3] Nosrati, B., Haghpanah, M., Masoudifar, M., & Dorostkar, A. (2015). Comparative on the Microscopic Properties of wood near the pith to bark in *Dalbergia sissoo* in ShoshDanial. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 30(3), 351-361. <https://doi.org/10.22092/ijwpr.2015.12930>
- [4] Hassanpoor Tichi, A., Najafian, M., Rafiei, O., & Khakzadian, S. M. (2016, March 7). *Investigation of anatomical features of young and mature beech wood in longitudinal axes of stem* National Conference on Wood and Lignocellular Products, Faculty of Engineering, No. 2, Sari, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran. <https://www.sid.ir/fa/seminar/ViewPaper.aspx?ID=81407>
- [5] Hasanpoor Tichi, A., & Rezaneshad Divkolae, M. (2019). Anatomical, physical and biometric properties of *Ficus carica* in longitudinal and transverse direction of tree stem. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 34(2), 228-241. <https://doi.org/10.22092/ijwpr.2019.127323.1564>
- [6] Franklin, G. (1946). A rapid method of softening wood for microtome sectioning. *Tropical woods*, 88, 35-36. <https://eurekamag.com/research/013/622/013622801.php>
- [7] Gärtner, H., & Schweingruber, F. (2013). *Microscopic Preparation Techniques for Plant Stem Analysis*. Verlag Dr. Kessel, Remagen, Germany. https://www.researchgate.net/publication/253341899_Microscopic_Preparation_Techniques_for_Plant_Stem_Analysis
- [8] Bhat, K., Bhat, K., & Dhamodaran, T. (1989). Fibre length variation in stem and branches of eleven tropical hardwoods. *IAWA Journal*, 10(1), 63-70. https://brill.com/view/journals/iawa/10/1/article-p63_10.xml?language=en



Expression of IGF-I Gene in Breast Muscle and its Relation to Body Weight in Japanese Quail and Manchurian Breeds

Vahid Bahrampour^{1*}

¹Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Technical and Vocational University (TVU), Kerman Branch, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 04.06.2020

Revised: 08.24.2020

Accepted: 09.08.2020

Keyword:

Manchurian quail
Japanese quail
IGF-I gene expression
Breast muscle
Real time PCR

*Corresponding Author:

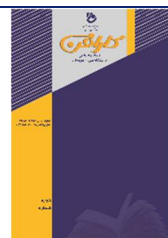
Vahid Bahrampour

Email: vbahrampor@tvu.ac.ir

ABSTRACT

In this study, 150 Manchurian and 150 Japanese quail breeds were used in a completely randomized block design to investigate the relationship between daily weight and IGF-I gene expression at 35 days of age in quail breast muscles. On the seventh day of rearing, quail chicks were weighed and each breed was divided into two groups: light and heavy. The amount of IGF-I gene expression was evaluated at 35 days old on the breast muscle by using Real-Time PCR. At 35 days old, breast weight was measured. The lowest IGF-I gene expression was indicated in the lightweight and heavyweight groups. The highest and lowest IGF-I gene expression occurred in the heavyweight group of the Manchurian quails and in the lightweight group of Japanese quails, respectively. The highest breast muscle weight was observed in the heavyweight group of Manchurian quails. According to this study, IGF-I gene can impact the metabolism of quail; so its expression can affect the growth rate and weight gain and is also one of the factors that results in weight difference between the two breeds.





بیان ژن IGF-I در عضله سینه و ارتباط آن با وزن بدن در نژادهای بلدرچین ژاپنی و مانچوریا

وحید بهرام پور^{*1}

۱- استادیار، گروه علوم دامی، آموزشکده کشاورزی رضوان، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان کرمان، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

در این پژوهش، برای بررسی ارتباط بین وزن 7 روزگی و بیان ژن IGF-I در سن 35 روزگی در عضلات سینه بلدرچین، از 150 نژاد بلدرچین مانچوریا و 150 نژاد بلدرچین ژاپنی در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی استفاده شد. روز هفتم پرورش، جوجه بلدرچین‌ها وزن شد و هر کدام از نژادها به دو گروه سبک و سنگین تقسیم شدند. میزان بیان ژن IGF-I در روز 35 پرورش در عضلات سینه این دو نژاد بلدرچین به روش Real time PCR مورد بررسی قرار گرفت. در سن 35 روزگی، وزن سینه هردو نژاد اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج بدست‌آمده، بیان ژن IGF-I در گروه‌های سبک‌وزن هر دو نژاد کمتر از مقدار آن‌ها در گروه‌های سنگین‌وزن مشاهده شد. گروه سنگین‌وزن بلدرچین نژاد مانچوریا بیشترین مقدار بیان و گروه سبک‌وزن بلدرچین ژاپنی کمترین مقدار بیان IGF-I را به خود اختصاص دادند. بیشترین وزن عضله سینه در گروه سنگین‌وزن بلدرچین مانچوریا مشاهده شد. با توجه به این پژوهش می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که ژن IGF-I یکی از ژن‌هایی است که بر سوخت و ساز بدن بلدرچین تأثیر دارد و می‌تواند روی سرعت رشد و افزایش وزن بلدرچین تأثیرگذار باشد؛ همچنین یکی از عواملی است که باعث تفاوت وزن در این دو نژاد می‌شود.

دریافت مقاله: 1399/02/07

بازنگری مقاله: 1399/06/03

پذیرش مقاله: 1399/06/18

کلید واژگان:

بلدرچین نژاد مانچوریا

بلدرچین ژاپنی

بیان ژن IGF-I

عضله سینه

Real time PCR

*نویسنده مسئول: وحید بهرام پور

پست الکترونیکی:

vbahrampor@tvu.ac.ir



مقدمه

در سال‌های اخیر، بلدرچین به‌عنوان یک پرندۀ اقتصادی در کشورهای مختلف پرورش یافته و یکی از مهم‌ترین نژادهای آن بلدرچین ژاپنی است. بلدرچین کوچک‌ترین گونه از پرندگان بومی آسیا است که به منظور تولید تخم و گوشت پرورش یافته است [۱]. یکی از سوبه‌های این نژاد، بلدرچین مانچوریا است که رنگ روشن‌تری نسبت به بلدرچین ژاپنی دارد و صفت وزن در این نژاد نسبت به بلدرچین ژاپنی از واریانس کمتری برخوردار است. از خصوصیات مهم بلدرچین می‌توان به کوتاه بودن دوره پرورش، فاصله نسلی کوتاه و مقاومت به بیماری‌ها اشاره کرد. تنها عامل محدودکننده این پرندۀ، حساسیت زیاد نسبت به افزایش هم‌خونی است [۲]. یکی از مهم‌ترین عواملی که باعث تغییر در فنوتیپ صفات می‌شود ژنتیک است که با تأثیر بر روی بسیاری از ترجمان‌های مانند غده‌ها و تغییرات هورمونی باعث این تغییرات می‌شود. یکی از این مجموعه‌ها، خانواده هورمون‌های IGF بوده که شامل سه پپتید IGF-I، IGF-II و انسولین و پروتئین‌های باند شده آنها است [۳؛ ۴]. هورمون‌های انسولینی و شبه‌انسولینی آمینواسیدها، ساخت پپتیدها، پروتئین، تکثیر و تمایز سلولها بر روی رشد قسمت‌های متفاوت بدن حیوانات اثر می‌گذارد [۵]. پژوهشگران نشان داده‌اند که هورمون شبه انسولین IGF-I نسبت به IGF-II تأثیرات بیشتری روی صفات مرتبط با تکثیر و رشد سلول‌ها دارد [۶؛ ۷]. ژن IGF-I در بلدرچین ۶ اگزون و ۵ اینترون دارد و روی کروموزوم‌ها هفت بلدرچین قرار گرفته است. هورمون IGF-I یک هورمون آنابولیک است که باعث رشد و حجم عضله و کاهش چربی لاشه شده و همچنین این هورمون در پرندگان سبب تنظیم سوخت‌وساز بدن و افزایش رشد می‌شود [۸]. ژن IGF-I می‌تواند به‌عنوان یک ژن اصلی صفات مربوط به رشد و وزن بدن در حیوانات مختلف بررسی شود [۵]. ژن IGF-I در ماکیان باعث تنظیم سوخت‌وساز بدن و افزایش رشد می‌شود [۷]. ژن IGF-I از طریق‌ها مختلف مانند تحریک سنتز پروتئین، افزایش سیکل‌های سوخت‌وساز قندها و چربی‌ها در بدن، تحریک‌کننده تقسیمات میتوز و نقل و انتقال گلوکز سبب رشد می‌شود [۹]. تحقیقات قبل نشان داده است که وزن‌های متفاوت در جوجه گوشتی بر واکنش به هورمون انسولین و شبه انسولین (IGF-I) متفاوت است به طوری که در وزن‌های پایین‌تر نسبت به ترشح این هورمون‌ها واکنش کمتری نشان خواهند داد و همچنین جوجه‌هایی که سرعت رشد بالاتری دارند، سطح بالاتری از IGF-I را در کبد خواهند داشت [۱۰]. در مطالعات پیشین برای افزایش میزان تولید ماهیچه سینه از بیان ژن IGF-I استفاده شد و برای این صفت چندین نسل انتخاب صورت گرفت و در سن ۲ تا ۶ هفتگی جوجه‌هایی که میزان بالاتری از بیان هورمون IGF-I را نشان دادند وزن بیشتری داشتند اما همبستگی بین هورمون رشد و سرعت رشد در جوجه‌ها مشاهده نشد [۱۱]. فاکتورهای شبه انسولین مانند IGF-I می‌توانند واسطه‌هایی برای تنظیم و افزایش میزان رشد شوند [۱۲]. میزان بیان این ژن IGF-I از طریق مراحل مختلف سرعت رشد را افزایش می‌دهد که یکی از آنها افزایش جذب مواد غذایی است [۱۳]. ژن IGF-I با تأثیر بافت‌ها مختلف و سرعت دادن به مراحل رشد آنها باعث رشد و نمو می‌شود [۷]. افزایش میزان پروتئین‌سازی زمانی که سطح هورمون IGF-I بالا باشد بیشتر از زمانی است که سطح آن پایین است [۱۴]. از آنجاکه بلدرچین ژاپنی و مانچوری دو نژاد مهم جهت تولید گوشت بلدرچین در جهان شناخته شده‌اند، و مقایسه بیان ژن در این دو نژاد انجام نشده است، بنابراین هدف از این تحقیق مقایسه بررسی میزان بیان ژن IGF-I در عضله سینه بلدرچین ژاپنی و مانچوری است که می‌تواند یکی از عوامل تأثیرگذار بر افزایش وزن و سرعت رشد باشد.

روش‌شناسی

عوامل بسیار زیادی بر ترشح هورمون‌ها و وزن بدن دخالت دارند که برای بررسی ارتباط بین آنها باید بیان ژن در سن ۳۵ روزگی نیز اندازه‌گیری تا ارتباط تغییرات وزنی با تغییرات بیان ژن بررسی و اندازه‌گیری شود، سن کشتار بلدرچین ۳۵ روزگی است؛ بنابراین در این پژوهش از دو وزن هفت‌روزگی که ارتباط مثبت با وزن کشتار دارد و وزن ۳۵ روزگی استفاده شد. برای ارتباط این صفات با ژن شبه‌انسولین (IGF-I) ابتدا ۱۵۰ عدد جوجه بلدرچین نژاد مانچوریا و ۱۵۰

عدد بلدرچین نژاد ژاپنی از یک کارگاه جوجه کشی در استان کرمان به طور تصادفی انتخاب شد. جوجه ها در یک سالن پرورش تحت شرایط کاملاً یکسان پرورش یافتند. در طول دوره پرورش از دو جیره پیش دان (۱ تا ۷) و رشد (۸ تا ۳۵) روزگی استفاده شد که در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱. ترکیب و آنالیز جیره پیش دان و رشد

ترکیبات	پیش دان	رشد
ذرت	۳۹/۲۷	۵۱/۲۵
کنجاله سویا	۴۷/۱۸	۳۶/۷۰
کنجاله کلزا	۵/۰۰	۵/۰۰
روغن گیاهی	۳/۷۰	۲/۹۰
دی کلسیم فسفات	۲/۱۳	۲/۰۱
کربنات کلسیم	۱/۸۶	۱/۸۴
دی ال متیونین	۰/۲۰	۰/۲۱
مکمل ویتامینه و معدنی	۰/۵۰	۰/۵۰
نمک	۰/۱۶	۰/۲۰
جمع	۱۰۰	۱۰۰
مواد مغذی محاسبه شده		
انرژی متابولیسم شدنی	۲۹۵۰	۲۹۵۰
پروتئین خام (درصد)	۲۸	۲۴
کلسیم (درصد)	۱/۳	۱/۳
فسفر قابل دسترس (درصد)	۰/۶۵	۰/۶۵
لیزین (درصد)	۱/۳	۱/۳
متیونین (درصد)	۰/۶	۰/۶
متیونین و سیستئین (درصد)	۱/۱	۱/۱

هر کیلوگرم مکمل ویتامینی شامل: ۳۵۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D3، ۱۵۰ واحد بین المللی ویتامین E، ۱۵۰ B5 ویتامین میلی گرم ۱۵۰۰۰ B3 ویتامین میلی گرم ۵۰۰۰ B2 ویتامین میلی گرم ۲۳۰۰ B1 ویتامین میلی گرم ۹۰۰ K3 ویتامین میلی گرم ۱۰۰۰ میلی گرم ویتامین ۵۰۰ B6 میلی گرم ویتامین ۷/۵ B9 میلی گرم ویتامین ۲۵۰۰۰۰ B12 میلی گرم کولین، ۵۰۰

هر کیلوگرم مکمل معدنی شامل: ۵۰۰۰۰ میلی گرم منگنز، ۲۵۰۰۰ میلی گرم آهن، ۵۰۰۰۰ میلی گرم روی، ۵۰۰۰ میلی گرم مس، ۵۰۰ میلی گرم ی و د، ۱۰۰ میلی گرم سلنیوم

دمای سالن در هفته اول ۳۸ درجه سانتی گراد و میزان رطوبت ۶۰ درصد تنظیم شد و در هفته آخر دمای سالن به ۲۲ درجه سانتی گراد و رطوبت سالن به ۵۰ کاهش یافت. در روز هفتم پرورش جوجه ها هر نژاد با توجه به وزن به دو گروه سنگین و سبک تقسیم که جمعاً در چهار گروه قرار داده شدند و در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در آموزشکده کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه ای کرمان طرح اجرا شد. برای بررسی بیان ژن IGF-I در سن ۳۵ روزگی از هر گروه ۱۵ نمونه انتخاب و کشتار شد، برای استخراج RNA از هر کدام از لاشه ها نمونه از عضله سینه توسط تیغ استریل جدا شد و تا زمان استخراج RNA در دما ۸۰- نگهداری شدند. همچنین وزن زنده و لاشه هر بلدرچین با ترازو اندازه گیری شد. برای استخراج RNA از کیت Parsgenome ساخت کشور ایران استفاده شد. کمیت و کیفیت RNA استخراج شده با استفاده از ژل آگارز و اسپکتوفتومتر ارزیابی شد. همچنین برای تولید cDNA رشته های الگو از کیت parsgenome استفاده شد [۱۵] که در جدول ۲ آغازگرهای اختصاصی ژن بتا اکتین و ژن IGF-I مشاهده می شود.

جدول ۲. توالی پرایمر ژن بتا اکتین و ژن IGF-1

ژن	توالی آغازگر	سایز محصولات
IGF-I	5'-CACCTAAATCTGCACGCT-3' 5'-CTTGTGGATGGCATGATC 3'	۱۳۹ جفت باز
β -actin	5'-ACCCCAAAGCC AACAGA-3' 5'-CCAGAGTCCATCACAATACC-3'	۱۳۶ جفت باز

برای تکثیر این ژن در عضلات سینه از ژن کنترل β -actin استفاده و تکثیر به روش Real time-PCR و با کیت مربوطه ویال‌های SYBER Green master mix انجام شد. مواد اولیه واکنش بدین صورت تهیه شدند، ۱۰ میکرولیتر SYBER Green master mix، ۷ میکرولیتر cDNA، یک میکرولیتر از هر آغازگر و ۳/۰ میکرو لیتر rox dye و توسط آب دو بار تقطیر حجم آن به ۲۰ میکرو لیتر رسید. سیکل واسرشت توسط دستگاه Corbett ساخت استرالیا تنظیم شد. واسرشت اولیه برای دو ژن IGF-I و β -actin، ۹۴ درجه سانتی‌گراد برای ۵ دقیقه، سیکل تکثیر ۹۴ درجه ۳۰ ثانیه، دمای اتصال ۵۷ درجه سانتی‌گراد ۶۰ ثانیه، ۷۲ درجه ۲۰ ثانیه برای ۴۵ سیکل و ۷۲ درجه به مدت ۵ دقیقه برای سیکل نهایی انجام شد. محصولات به دست آمده از Real-time PCR با استفاده از روش Pfaffl تجزیه و تحلیل شد [۱۶]. میزان بازدهی واکنش در دو ژن IGF-I، β -actin تقریباً ۹۶ درصد برآورد شد. میزان بیان نسبی واکنش از فرمول (۱) بررسی شد.

$$ratio = \frac{(E_{target})^{\Delta CT} target(control-sample)}{(E_{ref})^{\Delta CT} ref(control-sample)} \quad (1)$$

در این رابطه E_{target} و E_{ref} به ترتیب بازدهی ژن IGF-I و ژن کنترل داخلی را نشان می‌دهد و ΔCT تفاوت CT بین ژن هدف و کنترل را مشخص می‌کند و نتایج به دست آمده از این تحقیق از فرمول (۲) استفاده و تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS-16 انجام شد.

$$y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + e_{ijk} \quad (2)$$

y_{ijk} : مشاهدات (میزان بیان ژن IGF-I)

μ : میانگین جامعه

A_i : اثر i امین نژاد

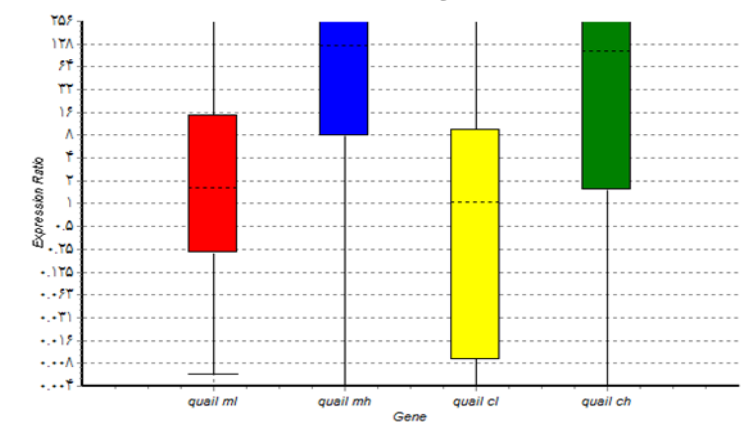
B_j : اثر j امین گروه

e_{ijk} : خطای آزمایشی

یافته‌ها

در این تحقیق، وزن هفت و سی و پنج روزگی جوجه بلدرچین‌ها و میزان بیان ژن IGF-I در سن ۳۵ روزگی دو گروه سنگین‌وزن و سبک‌وزن هر دو نژاد تعیین شد. برای مشاهده کیفیت RNA استخراج شده این ژن از دستگاه اسپکتوفتومتر در حالت A260/A280 استفاده شد که برای نمونه‌ها عدد بین ۲- ۱/۷۶ نشان داد و نمونه‌هایی که در این محدوده قرار نداشتند حذف و نمونه تکرار شد. این عدد نشانگر کیفیت مناسب RNA های استخراجی نشان داد. برای حذف توالی‌های غیراختصاصی ژن کنترل (β -actin) و هدف (IGF-I) از شیب دمایی استفاده و بهترین دما برای اتصال پرایمرها ۵۶ درجه سانتی‌گراد تعیین شد پس از آن مقداری از محصولات PCR تولیدی روی ژل آگارز ۱ درصد برای بررسی کمیت و کیفیت قرار داده شد. برای ژن IGF-I تنها یک باند در محدوده 139bp و برای ژن β -actin یک باند 136bp بدون آلودگی مشاهده شد که صحت و دقت آزمایش‌ها و محصولات PCR نشان داد. واکنش Real Time

PCR برای ژن هدف و کنترل در دو گروه (سبک و سنگین) هر دو نژاد انجام شد. میزان بیان ژن گروه‌ها با استفاده از تغییر نور فلورسنت تعیین که در شکل ۲ مشاهده می‌شود.



شکل ۲. بیان ژن IGF-I در وزن‌های سنگین بلدرچین نژادهای ژاپنی و مانچوری (mh,ch) و سبک این دو نژاد (ml,cl) در عضله سینه

هر کدام از نمونه‌ها در یک سیکل میزان شدت نور از حد آستانه بالاتر رفت که همان CT یا دما آستانه را نشان داد. نتایج به دست آمده از این واکنش‌های Real Time PCR بیانگر آن است که وزن به دست آمده گوشت سینه، وزن لاشه و میزان بیان ژن IGF-I در بلدرچین نژاد مانچوری و بلدرچین نژاد ژاپنی با هم رابطه مستقیم دارند و با افزایش وزن این صفات بیان ژن IGF-I افزایش یافته که در جدول ۳ نشان داده است.

جدول ۳. میانگین حداقل مربعات بیان ژن IGF-I، وزن بدن و چند صفت مرتبط با آن در دو وزن متفاوت بلدرچین مانچوریا و ژاپنی

متغیرها	سبک وزن ژاپنی	سنگین وزن ژاپنی	سنگین وزن منچوریا	سبک وزن منچوریا
بیان ژن IGF-I در عضله سینه	۰/۷۲ ^d	^b ۵/۵۷	^a ۷/۰۱	^c ۱/۸۷۵
وزن هفت روزگی	^c ۳۹/۸	^b ۵۴/۳	^a ۶۲/۴۳	^c ۴۲/۵
وزن عضله سینه	^b ۲۵/۱۹	^a ۳۲/۱۸	^a ۳۵/۱	^b ۲۷/۱۲
وزن زنده	^d ۱۹۴/۶۳	^b ۳۱۵/۲۷	^a ۳۳۵/۷۲	^c ۲۱۰/۸۱
درصد لاشه	^b ۷۰/۱۲	^a ۷۵/۱۳	^a ۷۷/۸	^b ۷۲/۴
وزن لاشه	^d ۱۳۶/۴۷	^b ۲۳۶/۸۶	^a ۲۶۱/۱۹	^c ۱۵۲/۶۲

میانگین‌ها با حروف مختلف تفاوت معنی داری دارند. ($P < 0.05$)

و مقدار بیان ژن IGF-I در هر چهار گروه (گروه‌های سبک، سنگین وزن هر دو نژاد) تفاوت داشت که در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

جدول ۴. میزان بیان ژن IGF-I در عضله سینه دو گروه وزن سنگین و سبک بلدرچین مانچوریا و ژاپنی

ژن	P(H1)	بیان	بازده واکنش
بلدرچین مانچوریا سبک	۰/۵۳۸	۱/۸۷۵	۰/۹۹۶
بلدرچین مانچوری سنگین	۰/۰۰۴	۷/۰۱۴	۰/۹۹۷
بلدرچین ژاپنی سبک	۰/۸۲۶	۰/۷۲۳	۰/۹۹۴
بلدرچین ژاپنی سنگین	۰/۰۴۴	۵/۵۷۶	۰/۹۹۵

بیان ژن IGF-I در گروه های سنگین وزن دو نژاد بیشتر از دو گروه سبک وزن مشاهده شد ($P < 0.05$). وزن ۷ و ۳۵ روزگی در نژاد مانچوریا بیشتر از نژاد ژاپنی مشاهده شد، همچنین در گروه سبک وزن بلدرچین ژاپنی افزایش وزن، درصد لاشه، وزن سینه و وزن نهایی نسبت به سایر گروه ها وزن کمتری داشتند ($P < 0.05$). علاوه بر این با توجه به نتایج بدست آمده، تمامی صفات مورد بررسی در دو گروه سبک و سنگین دو نژاد تفاوت داشت. بین گروه های سنگین وزن و گروه های سبک وزن دو نژاد نیز تفاوت معنی داری وجود داشت ($P < 0.05$). در بلدرچین های با وزن بیشتر مقدار بیان ژن IGF-I بیشتری مشاهده شد و که می تواند یکی از عوامل این تفاوت، ناشی از عملکرد IGF-I باشد که باعث تنظیم رشد ماهیچه ها و سوخت و ساز بدن می شود [۷؛ ۳]. در بلدرچین های با سرعت رشد بیشتر، بیان ژن IGF-I بیشتر از بلدرچین های با سرعت رشد کمتر مشاهده شد [۱۷]. یکی از عوامل افزایش سرعت رشد بلدرچین هایی که در آنها مقدار بیان ژن IGF-I بیشتر مشاهده شد مربوط به افزایش سنتر پروتئین خواهد بود [۷؛ ۱۸]. مقدار بیان ژن IGF-I زمانی که افزایش می یابد سرعت رشد روزانه نیز افزایش خواهد یافت [۱؛ ۱۵]. همچنین زمانی که سطح این هورمون کاهش می یابد سرعت رشد کم خواهد شد [۱۹]. از آنجاکه صفت افزایش رشد یک صفت کمی است و یک ژن تنها این صفات را تحت تأثیر قرار نمی دهد، بنابراین ژن IGF-I می تواند با تنظیم سوخت و ساز و تولید سازی آمینو اسیدها و رشد ماهیچه ها به یک مقدار خاص باعث افزایش سرعت رشد شود و این ژن با سایر ژن ها می تواند رابطه های متفاوتی داشته باشد [۸]. در یک پژوهش دیگر، رابطه مثبت بین سرعت رشد و میزان رشد در جوجه گوشتی و بیان ژن IGF-I مشاهده شد [۲؛ ۱۲]. بیان ژن IGF-I می تواند یک سنجش خوب و مثبتی برای میزان رشد و نمو و سرعت رشد در این دو نژاد بلدرچین باشد [۲۰؛ ۲۱]. مسائل بسیار زیادی باعث تنظیم رشد می شود مانند میزان اسید آمینه متبونین و عوامل تغذیه ای دیگر، همچنین بیان ژن در زمان های متفاوت دوره پرورش و میزان مواد غذایی و موارد دیگر که سبب تغییر در مقدار بیان ژن های متفاوت می شوند. پیشنهاد می شود در مطالعات بعدی بیان این ژن در زمان های متفاوت در طول دوره پرورش و جیره های متفاوت بررسی شوند. میانگین وزن ۷ و سن ۳۵ روزگی در گروه سنگین وزن مانچوریا از گروه های دیگر بیشتر مشاهده شد، از آنجاکه در این پژوهش مقدار بیان ژن IGF-I در بلدرچین مانچوریا بیشتر از بلدرچین مشاهده شد و نیز تحقیقات پیشین ارتباط این ژن و سرعت رشد و افزایش وزن را در پرندگان دیگر مورد بررسی قرار داده اند؛ بنابراین یکی از عواملی که می تواند باعث تفاوت رشد دو نژاد بلدرچین شود مقدار بیان ژن IGF-I است. همچنین در مطالعات قبلی رابطه سرعت رشد و میزان RNA پیامبر IGF-I نشان داد با افزایش این RNA میزان سرعت رشد نیز افزایش خواهد یافت.

بحث و نتیجه گیری

بنابراین چنین می توان نتیجه گیری کرد که بیان ژن IGF-I که یک ژن عمده است روی صفت افزایش وزن و سایر صفات مرتبط به وزن در بلدرچین تأثیر خواهد داشت. وزن هفت روزگی می تواند رابطه مثبت با بیان ژن IGFI داشته باشد که بیان این ژن می تواند باعث افزایش بیشتر وزن و درصد لاشه در سن کشتار بلدرچین شود. این ژن در نژاد

بلدرچین مانچوریا نسبت به بلدرچین ژاپنی بیان بیشتری داشت و وزن کشتار آنها نیز بیشتر مشاهده شد؛ بنابراین با بررسی بیان ژن‌های عمده دیگر و ارتباط آنها با ژن IGF-I روی بلدرچین، می‌توان از آن بعنوان یک عامل انتخاب برای برنامه‌های اصلاح نژادی در بلدرچین استفاده کرد همچنین با بررسی سایر صفات مرتبط با وزن مانند ضریب تبدیل و مصرف خوراک در این دو نژاد بلدرچین، بهترین نژاد را برای پرورش بلدرچین جهت تولید گوشت انتخاب کرد.

References

- [1] Gasparino, E., Guimarães, S., Neto, A. O., Martins, E., Lopes, P., Batista, E., & Vesco, A. (2012). The effect of glycerol on mRNA expression of growth hormone, insulin-like growth factor, and mitochondrial breast muscle genes of Japanese quail. *British poultry science*, 53(4), 497-507. <https://doi.org/10.1080/00071668.2012.716507>
- [2] Lei, M., Nie, Q., Peng, X., Zhang, D., & Zhang, X. (2005). Single nucleotide polymorphisms of the chicken insulin-like factor binding protein 2 gene associated with chicken growth and carcass traits. *Poultry Science*, 84(8), 1191-1198. <https://doi.org/10.1093/ps/84.8.1191>
- [3] Sjögren, K., Liu, J.-L., Blad, K., Skrtic, S., Vidal, O., Wallenius, V., LeRoith, D., Törnell, J., Isaksson, O., Jansson, J.-O., & Ohlsson, C. (1999). Liver-Derived Insulin-Like Growth Factor I (IGF-I) Is the Principal Source of IGF-I in Blood but Is Not Required for Postnatal Body Growth in Mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(12), 7088-7092. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.12.7088>
- [4] Willemssen, H., Swennen, Q., Everaert, N., Geraert, P.-A., Mercier, Y., Stinckens, A., Decuyper, E., & Buyse, J. (2011). Effects of dietary supplementation of methionine and its hydroxy analog DL-2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid on growth performance, plasma hormone levels, and the redox status of broiler chickens exposed to high temperatures. *Poultry Science*, 90(10), 2311-2320.
- [5] Yakar, S., Liu, J. L., Stannard, B., Butler, A., Accili, D., Sauer, B., & LeRoith, D. (1999). Normal growth and development in the absence of hepatic insulin-like growth factor I. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96(13), 7324-7329. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.13.7324>
- [6] De Antonio, J. (2010). *Effect of temperature and feed restriction on performance, carcass composition and expression patterns of genes of the somatotrophic axis in broilers* [Master Dissertation, Universidade Estadual Paulista, Faculty of Agrarian and Veterinary Sciences]. Jaboticabal, São Paulo, Brazil. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/96608>
- [7] Wen, C., Jiang, X., Ding, L., Wang, T., & Zhou, Y. (2017). Effects of dietary methionine on breast muscle growth, myogenic gene expression and IGF-I signaling in fast-and slow-growing broilers. *Scientific reports*, 7(1), 1-7. <https://www.nature.com/articles/s41598-017-02142-z>
- [8] Genchev, A., Mihaylova, G., Ribarski, S., Pavlov, A., & Kabakchiev, M. (2008). Meat quality and composition in Japanese quails. *Trakia Journal of Sciences*, 6(4), 72-82. http://www.uni-sz.bg/tsj/TJS-Vol.6%20N4%202008/Genchev_kachestvoEn.pdf
- [9] Oğuz, İ., Altan, Ö., Kirkpinar, F., & Settar, P. (1996). Body weights, carcass characteristics, organ weights, abdominal fat, and lipid content of liver and carcass in two lines of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*), unselected and selected for four week body weight. *British poultry science*, 37(3), 579-588. <https://doi.org/10.1080/00071669608417888>

- [10] Beccavin, C., Chevalier, B., Cogburn, L., Simon, J., & Duclos, M. J. (2001). Insulin-like growth factors and body growth in chickens divergently selected for high or low growth rate. *Journal of Endocrinology*, 168(2), 297-306.
- [11] Berishvili, G., Shved, N., Eppler, E., Clota, F., Baroiller, J. F., & Reinecke, M. (2006). Organ-specific expression of IGF-I during early development of bony fish as revealed in the tilapia, *Oreochromis niloticus*, by in situ hybridization and immunohistochemistry: indication for the particular importance of local IGF-I. *Cell Tissue Research*, 325(2), 287-301. <https://doi.org/10.1007/s00441-005-0133-9>
- [12] Guernec, A., Berri, C., Chevalier, B., Wacrenier-Cere, N., Le Bihan-Duval, E., & Duclos, M. J. (2003). Muscle development, insulin-like growth factor-I and myostatin mRNA levels in chickens selected for increased breast muscle yield. *Growth Hormone IGF Research*, 13(1), 8-18. [https://doi.org/10.1016/s1096-6374\(02\)00136-3](https://doi.org/10.1016/s1096-6374(02)00136-3)
- [13] Edgar, R. (2004). Muscle: multiple with high accuracy and high throughput. Gene runner 4.0. 9.68 beta. *Nucleic Acids Research*, 32(5), 1792-1797. <https://doi.org/10.1093/nar/gkh340>
- [14] Bottje, W. G., & Carstens, G. E. (2009). Association of mitochondrial function and feed efficiency in poultry and livestock species. *Journal of Animal Science*, 87(14 Suppl), E48-63. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1379>
- [15] Duclos, M. J. (2005). Insulin-like growth factor-I (IGF-1) mRNA levels and chicken muscle growth. *Journal Physiol Pharmacol*, 56 (Suppl 3), 25-35.
- [16] Pfaffl, M. W., Horgan, G. W., & Dempfle, L. (2002). Relative expression software tool (REST) for group-wise comparison and statistical analysis of relative expression results in real-time PCR. *Nucleic Acids Research*, 30(9), e36. <https://doi.org/10.1093/nar/30.9.e36>
- [17] Zhou, H., Mitchell, A. D., McMurtry, J. P., Ashwell, C. M., & Lamont, S. J. (2005). Insulin-like growth factor-I gene polymorphism associations with growth, body composition, skeleton integrity, and metabolic traits in chickens1. *Poultry Science*, 84(2), 212-219. <https://doi.org/10.1093/ps/84.2.212>
- [18] Butler, A. A., & LeRoith, D. (2001). Minireview: tissue-specific versus generalized gene targeting of the *igf1* and *igf1r* genes and their roles in insulin-like growth factor physiology. *Endocrinology*, 142(5), 1685-1688. <https://doi.org/10.1210/endo.142.5.8148>
- [19] Velloso, C. P. (2008). Regulation of muscle mass by growth hormone and IGF-I. *British Journal of Pharmacology*, 154(3), 557-568. <https://doi.org/10.1038/bjp.2008.153>
- [20] Boomgaardt, J., & Baker, D. H. (1973). Effect of age on the lysine and sulfur amino acid requirement of growing chickens. *Poultry Science*, 52(2), 592-597. <https://doi.org/10.3382/ps.0520592>
- [21] Parvin, R., Mandal, A. B., Singh, S. M., & Thakur, R. (2010). Effect of dietary level of methionine on growth performance and immune response in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Journal Science Food Agriculture*, 90(3), 471-481. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3841>



Nutritional Effect of Different Levels of *Chlorella* Algae on Brood Rearing (Egg, Larvae and Pupa), Pollen Storage and Honey Bee (*Apis Mellifera*) Colony Populations

Sakineh Babaei^{1*} , Seyed Naser Khaleghi Miran², Mohammad Shojaaddini³ , Gholam Ali Nehzati Paghale⁴

^{1,3}Department of Agricultural Engineering, Shahriar Agricultural Technical School, Technical and Vocational University (TVU), Tehran Branch, Iran.

²PhD Candidate, Department of Poultry Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

⁴Faculty Member, Department of Agriculture, University of Tehran, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 05.09.2020

Revised: 08.19.2020

Accepted: 09.12.2020

Keyword:

Brood rearing
Honeybee Feeding
Population
Chlorella algae
Feed Consumption

*Corresponding Author:

Sakineh Babaei

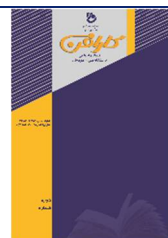
Email:

Babaei.sara@yahoo.com

ABSTRACT

The present study was designed to investigate the effect of *Chlorella* algae as a source of protein on the rate of queen bees laying eggs (egg, larva and pupa), pollen storage, colony population and feed consumption. This experiment on honey bees (*Apis mellifera*) was conducted based on a Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments and 10 replications at the Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. Treatments were classified as follows: 1- Basal diet, 2- Basal diet containing 5% of *Chlorella*, 3- Basal diet containing 10% of *Chlorella*, and 4- Basal diet containing 20% of *Chlorella*. Results showed that different levels of *Chlorella* algae have significant effects on total brood rearing, feed consumption and colony population ($p < 0.05$). The present research findings suggest that levels of dietary *Chlorella* algae can improve the total brood and population of the colony.





شاپای الکترونیکی: 2538-4430

شاپای چاپی: 2382-9796



تأثیر تغذیه‌ای سطوح مختلف جلبک کلرلا بر میزان تخم، لارو، شفیره، ذخیره گرده و جمعیت کلونی‌های زنبور عسل (*Apis mellifera*)

سکینه بابایی^{1*}، سید ناصر خالقی میران²، محمد شجاع‌الدینی³، غلامعلی نهضتی پاقلعه⁴

1- دپارتمان کشاورزی، آموزشکده فنی کشاورزی شهریار، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان تهران، ایران.

2- دانش آموخته دکتری تغذیه طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

4- عضو هیات علمی، دپارتمان کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

به منظور ارزیابی اثرات تغذیه‌ای سطوح مختلف جلبک کلرلا به عنوان مکمل پروتئینی بر میزان تخم‌گذاری ملکه، لارو، شفیره، ذخیره گرد و جمعیت کلونی، آزمایشی با جیره‌های غذایی مختلف در قالب طرح کاملاً تصادفی با 4 تیمار و 10 تکرار در زنبورستان پردیس کشاورزی دانشگاه تهران انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل: 1. جیره شاهد 2. جیره پایه حاوی 5 درصد کلرلا 3. جیره پایه حاوی 10 درصد کلرلا 4. جیره پایه حاوی 20 درصد کلرلا بودند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان می‌دهد که تیمارها از نظر خوش‌خوراکی و میزان مصرف جیره‌ها پرورش نوزاد (مجموع تخم، لارو و شفیره) و جمعیت کلونی‌ها تفاوت معنی‌دار دارند ($p < 0/05$). به نظر می‌رسد اثرات تغذیه‌ای جلبک کلرلا بر روی پرورش نوزاد مثبت بوده و می‌تواند میزان تخم، لارو و شفیره را نسبت به گروه شاهد، افزایش دهد.

دریافت مقاله: 1399/02/20

بازنگری مقاله: 1399/05/29

پذیرش مقاله: 1399/06/12

کلید واژگان:

پرورش نوزاد

تغذیه زنبور عسل

جلبک کلرلا

ذخیره گرد

جمعیت کلنی

*نویسنده مسئول: سکینه بابایی

پست الکترونیکی:

Babaei.sara@yahoo.com



مقدمه

امروزه، از زنبور عسل برای تولید محصولاتی چون عسل، گرده گل، موم، بره موم، زهر، ژله رویال و غیره استفاده می‌گردد. این فراورده‌ها علاوه بر اینکه به عنوان مواد غذایی و کمک غذایی با ارزش شناخته شده‌اند، در مصارف مهم دیگری؛ از جمله بهداشتی و درمانی نیز نقش فزاینده‌ای دارند. ارزش اقتصادی زنبورعسل، تنها در عسل و سایر فراورده های آن نمی‌باشد؛ زیرا زنبور عسل علاوه بر تولید محصولات مختلف در امر گرده‌افشانی گیاهان، بسیار کارآمد و مؤثر است. ارزش اقتصادی زنبور عسل را در دنیا ۲۵ الی ۱۰۰ برابر ارزش عسل تولید شده در سال، محاسبه می‌کنند ولی متأسفانه این امر از چشم سیاست‌گذاران بخش کشاورزی کشور پوشیده مانده و به آن توجه کافی نمی‌شود [۱؛ ۲].

زنبورعسل برای ادامه حیات، فعالیت و نیز برای رشد و نمو، نیاز به کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، چربی‌ها، مواد معدنی، ویتامین‌ها و آب دارد که به طور طبیعی عمدتاً کربوهیدرات‌ها را از طریق شهد گل دریافت می‌کند. زنبورعسل، انرژی لازم برای رشد و نمو بافت‌ها و فعالیت‌های مختلف اعضای بدن را از گرده گل تأمین می‌کند. گرده گل، منبع مهم پروتئین، چربی، ویتامین و مواد معدنی برای زنبورها است و زنبوران عسل از این مواد، بیشتر در ساختمان ماهیچه‌ها، غدد و ترشحات آنها و سایر بافت‌ها استفاده می‌کنند [۱؛ ۳؛ ۴].

در صورت فقدان مواد غذایی، پروتئین‌دار، زنبورهای پرستار تا یک هفته می‌توانند به کار خود ادامه دهند ولی در این دوره، لاروها به خوبی رشد و توسعه پیدا نمی‌کنند و رفته‌رفته حذف خواهند شد. در صورت حذف پروتئین از جیره زنبور در مدت سه روز حدود یازده درصد پروتئین بدن آنها کاهش می‌یابد. تغذیه تحریکی با مکمل‌های پروتئینی به همراه شربت قند، نتیجه عالی دارد و تولید عسل را افزایش می‌دهد [۵-۷].

نبود گرده و کمبود آن در تغذیه زنبورعسل، موجب کاهش میزان تخم‌گذاری ملکه، کاهش طول عمر، کاهش تولید موم و شان‌سازی، کاهش یا عدم تولید ژل رویال، رشد نامناسب تخمدان‌ها، تولید زهر به مقدار ناکافی، حساس شدن نسبت به بیماری‌ها به خصوص بیماری نوزما، نداشتن توانایی لازم برای زمستان‌گذرانی و در نهایت، منجر به کاهش جمعیت کلونی و راندمان فعالیت کندو می‌گردد [۸-۱۰].

جلبک کلرلا (*Chlorella sp.*) دارای ۶۴/۱ درصد پروتئین، ۱۱/۸ درصد کربوهیدرات، ۷/۵ درصد خاکستر، ۳/۰۷ درصد کلروفیل و همچنین حاوی تمام اسید آمینه‌های ضروری، ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب غیراشباع برای زنبورعسل می‌باشد. کلرلا در این آزمایش به عنوان یک ماده پروتئینی به جیره زنبوران عسل اضافه گردید. کلرلا در واقع حرکات دودی روده‌ها را تحریک می‌کند و بنابراین موجب هضم و جذب سریع‌تر و طبیعی‌تر مواد می‌شود. استفاده از کلرلا در جیره مرغ تخم‌گذار باعث افزایش تولید تخم، افزایش بناکارتن و کاهش کلسترول گردید [۱۱]. کلرلا در موش‌ها از تنش فیزیولوژیکی جلوگیری می‌کند. از جلبک‌های دریایی به عنوان غذای حاوی پروتئین، اسیدآمینه‌های ضروری، ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه مانند آراشیدونیک اسید، در تغذیه انسان استفاده می‌شود. با توجه به کمبود گرده مرغوب در بعضی از مناطق ایران و تأمین نشدن پروتئین مورد نیاز زنبورهای عسل، با هدف تعیین امکان استفاده از جلبک کلرلا و سطوح مطلوب آن در تغذیه زنبور عسل به عنوان منبع پروتئینی، بررسی تمایل تغذیه زنبورعسل از جلبک کلرلا و بررسی تأثیر تغذیه جیره‌های مختلف بر میزان تخم، لارو، شفیره و جمعیت در کلونی‌های زنبورعسل، آزمایش زیر انجام گرفت.

روش‌شناسی

این مطالعه در زنبورستان مزرعه آموزشی و پژوهشی گروه علوم دامی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران اجرا شد. مواد تشکیل‌دهنده جیره شامل: گلوتن ذرت، پودر شکر، گرده گل و دانه سویا پس از تهیه شدن، توسط

دستگاه‌های مخصوص غذای زنبور عسل به صورت کاملاً هموزن و یک‌دست آسیاب گردید. اندازه ذرات توسط این دستگاه‌ها به زیر ۱۰۰ میکرون کاهش می‌یابد. این اندازه ذرات به زنبور کمک می‌کند که غذا را به راحتی حمل کند و بتواند به سادگی و میل فراوان بخورد و هضم نماید. سپس مواد پودری مختلف بسته به فرمول جیره مربوطه در اندازه‌های مختلف وزن شدند و این مواد با هم‌زن برقی و دست، کاملاً یک‌نواخت مخلوط شدند. برای به دست آوردن خمیر مناسب، از عسل و آب استفاده شد. هر چهار جیره با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی UFFDA بر اساس ۲۵ درصد پروتئین خام و ۴۰۰۰ کیلوکالری در کیلوگرم انرژی بالانس شدند. جیره‌ها پس از مخلوط مواد غذایی به نسبت‌های مشخص در بسته‌های ۱۰۰ گرمی توزین و به کلونی‌های آزمایشی داده شدند.

جدول ۱. اجزای تشکیل‌دهنده جیره‌های غذای (درصد)

جیره‌های غذایی				
مواد غذایی	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
گلوتن ذرت	۷	۷	۷	۷
جلبک کلرلا	۰	۵	۱۰	۲۰
سویا	۴۸/۹۲	۴۰/۹	۳۲/۶۵	۱۶/۲۴
گرده گل	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
پودر شکر	۲۳/۹۷	۲۵/۵	۲۶/۸	۳۰/۶۶
عسل	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
روغن	۰/۰۱	۱/۶	۳/۵۵	۶/۱
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
انرژی خام (کیلوکالری در کیلوگرم)	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰
پروتئین خام	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
چربی کل	۹/۰۵	۹/۳۳	۹/۹۳	۹/۷۹

جدول ۲. ترکیب شیمیایی مواد غذایی مورد استفاده در جیره‌های غذایی بر اساس درصد ماده خشک

مواد غذایی	پروتئین خام	انرژی کل (کیلوکالری در کیلوگرم)	چربی
گلوتن ذرت	۶۹/۰۶	۵۲/۸۷	۴/۷۸
جلبک کلرلا	۶۱/۱	۴۲۰۰	۱/۱۲
سویا	۴۲/۱۷	۴۱۲۰	۱۷
گرده گل	۲۲/۵۰	۴۶۶۰	۴/۶
پودر شکر	۰/۱۰	۴۰۳۰	۰
عسل	۰/۴۳	۳۲۲۱	۰/۸۴

برای شروع آزمایش، نیاز به ۴۰ کلونی زنبور عسل بود که همگی دارای ملکه خواهری هم‌سن باشند. این موضوع به دلیل به حداقل رساندن اختلافات ژنتیکی بین تیمارهای آزمایشی، ضروری می‌باشد. برای شروع آزمایش، اقدام به تولید ملکه خواهری برای ۴۰ کندو گردید. با توجه به اینکه محیط آزمایش برای تمام کندوها یکسان بود، این طرح در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) با ۱۰ تکرار و در چهار تیمار اجرا شد. قبل از شروع تغذیه کلونی‌های با جیره‌های آزمایشی، کندوها از لحاظ مقدار نوزادان، جمعیت بالغین، مقدار ذخیره گرده و عسل یکسان‌سازی گردیدند تا اختلافات درون

کندوها به حداقل برسد. سپس از اسفند تا اردیبهشت کلونی‌های با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. به منظور ارزیابی عملکرد جیره‌های غذایی، فراسنجه‌های مورد نظر، به روش‌های زیر اندازه‌گیری شدند.

جیره‌های غذایی در چهار مرحله ۱۵ روزه از اول اسفند تا آخر فروردین ماه به صورت کیک (خمیر) به کلونی‌ها داده شدند. به هنگام گذاشتن هر جیره بر روی قاب‌ها، باقیمانده بسته قبلی جیره، جمع‌آوری و وزن گردید. اختلاف وزن اولیه جیره و مقدار باقیمانده جیره در هر کندو، میزان مصرف خوراک هر کدام از جیره‌ها را در مراحل چهارگانه نشان می‌دهد. به طوری که بعضی از جیره‌ها به محض گذاشته شدن روی قاب‌ها توسط زنبوران محاصره گردید و در عرض مدت کوتاهی، تمام می‌شد؛ در حالی که در بعضی از جیره‌های دیگر، این وضع، کمتر به چشم می‌خورد. اندازه‌گیری میزان تخم، لارو، شفیره، گرده ذخیره شده و جمعیت هر ۲۰ روز یکبار صورت پذیرفت. برای صفات مرتبط با پرورش نوزاد و ذخیره گرده از یک کادر تقسیم شده به مربع‌های ۵×۵ سانتی‌متر مربع (در داخل هر مربع صد سلول شان به مساحت بیست‌وینچ سانتی‌متر مربع) استفاده شد. اندازه‌گیری میزان جمعیت، به صورت قالبی صورت پذیرفت؛ یعنی پر بودن دو طرف قاب پوشیده از جمعیت، یک قاب کامل محسوب شد و کمتر از آن، کسری از عدد یک تلقی گردید. داده‌های جمع‌آوری شده با نرم‌افزار SAS و رویه mixed تجزیه و تحلیل آماری شدند.

یافته‌ها

بررسی تأثیر جلبک بر مصرف جیره‌های مورد استفاده

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان می‌دهد که تیمارها از نظر خوش‌خوراکی و میزان مصرف جیره‌ها در سطح بالایی تفاوت معنی‌دار دارند ($P < 0/01$). بیشترین میزان مصرف جیره مربوط به تیمار یک و کمترین آن، مربوط به تیمار سوم بود (جدول ۳). طبق اظهارات Somerville (2005) خوش‌خوراکی و میزان مصرف غذا، از عوامل مهم در جیره‌های تکمیلی در زنبور عسل است؛ یعنی با افزایش مصرف، معمولاً رشد کلونی‌ها نیز افزایش می‌یابد [۱۲]. Brodschneider & Crailsheim (2010) میزان مصرف غذا را به دلایل بیولوژیکی (نوع جیره غذایی، اندازه کلونی، پرورش نوزاد، زمان مورد استفاده و حضور منابع غذایی دیگر در داخل یا خارج کندو) دست‌خوش تغییرات زیاد دانسته‌اند و میزان مصرف در شرایط متفاوت، فرق می‌کند [۴].

جدول ۳. تأثیر تیمارهای مختلف بر مصرف خوراک در دوره‌های مختلف (گرم)

تیمار	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	دوره ۴	میانگین دوره‌ها
تیمار ۱	$6/20^a \pm 82/95$	$7/20^a \pm 61/57$	$5/37 \pm 34/39$	$6/10^a \pm 54/82$	$4/69^a \pm 56/18$
تیمار ۲	$6/86^a \pm 76/57$	$6/07^a \pm 65/18$	$5/96 \pm 41/28$	$5/74^a \pm 41/49$	$3/50^a \pm 56/13$
تیمار ۳	$6/12^b \pm 20/37$	$6/02^a \pm 48/74$	$5/44 \pm 43/41$	$5/50^a \pm 40/06$	$3/47^b \pm 38/14$
تیمار ۴	$6/20^a \pm 94/15$	$6/20^b \pm 31/17$	$6/20 \pm 28/43$	$6/20^b \pm 22/61$	$3/29^b \pm 44/09$

a-b: حروف غیرمشابه در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P < 0/05$) می‌باشد.

بیشترین میزان مصرف جیره، مربوط به تیمار یک یا شاهد شامل (جیره پایه بدون جلبک) با میانگین $56/18$ گرم از 100 گرم وزن اولیه کیک‌ها و کمترین مصرف خوراک مربوط به تیمار سه (جیره پایه + 10 درصد جلبک) با میانگین مصرف $38/14$ گرم غذا از 100 گرم وزن اولیه کیک‌ها بوده است. از آنجایی که در جیره‌های غذایی درصد پروتئین و مقدار انرژی کل مشابه بود و جیره‌ها از لحاظ مواد تشکیل‌دهنده (گرده، گلوتن ذرت، عسل) ترکیب ثابت داشتند و فقط

درصد سویا، شکر و روغن در آن متغیر بود می‌توان عوامل زیر در مصرف بالای جیره شاهد و خوش خوراکی آن، دخیل دانست:

- ۱- به نظر می‌رسد یکی از دلایل مصرف خوراک بالا در گروه شاهد نبود جلبک در جیره باشد؛ در حالی که در جیره‌های دیگر، جلبک استفاده شده است.
- ۲- رنگ جیره را نیز می‌توان دومین عامل خوشخوراکی جیره‌ها دانست که زنبورها رنگ زرد را به رنگ سبز جیره دارای جلبک ترجیح می‌دهند.
- ۳- جیره شاهد، بالاترین میزان دانه سویا را دارد؛ در حالی که در جیره‌های دیگر با افزایش میزان جلبک از مقدار دانه سویا کاسته شده است. دانه سویا، یکی از بهترین مواد غذایی خوش خوراک و پر مصرف در جیره زنبور عسل می‌باشد؛ به شرط اینکه مواد بازدارنده آن به روش صحیح از بین رفته باشند [۱۳]. همان‌طور که مشاهده می‌شود هم‌زمان با افزایش دمای محیط و افزایش گرده در طبیعت، از میزان مصرف خوراک کاسته شده است.

تأثیر جیره‌های غذایی بر میزان پرورش نوزاد (تخم، لارو و شفیره)

بر اساس اطلاعات به دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری، اختلاف بین جیره‌های آزمایشی از نظر میزان پرورش نوزاد (تخم، لارو و شفیره) معنی‌دار بود ($P < 0.05$). بالاترین میزان، مربوط به تیمار سه (جیره دارای ده درصد جلبک) و کمترین میزان، مربوط به تیمار دو (جیره حاوی ۵ درصد جلبک) بود. با توجه به جدول ۴، افزودن جلبک در سطح ۱۰ و ۲۰ درصد، میزان پرورش نوزاد را نسبت به جیره شاهد، بالا برد ولی اختلاف آنها با یکدیگر معنی‌دار نبود.

جدول ۴. تأثیر جیره‌های غذایی بر میزان پرورش نوزاد (سانتی‌متر مربع)

تیمار	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	میانگین دوره‌ها
تیمار ۱	$1562/53 \pm 87/47$	$5007/53^{ab} \pm 12/55$	$6320/03^{ab} \pm 82/92$	$4296/69^{ab} \pm 28/45$
تیمار ۲	$1292/55 \pm 91/46$	$4849/88^{ab} \pm 73/46$	$5852/70^{b} \pm 89/49$	$3998/38^{b} \pm 80/30$
تیمار ۳	$1818/52 \pm 614661$	$6032/10^{a} \pm 1763/17$	$7225/32^{a} \pm 81/50$	$5025/31^{a} \pm 62/31$
تیمار ۴	$1206/74 \pm 70/48$	$4745/03^{b} \pm 874787$	$7117/53^{a} \pm 87/47$	$4356/43^{ab} \pm 68/30$

a-b: حروف غیرمشابه در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشد.

سامرویل^۱ و همکاران (۲۰۰۶) طی تحقیقاتی نتیجه گرفت که تغذیه کلونی‌ها با جانشین‌های گرده، میزان پرورش نوزاد را افزایش می‌دهد [۱۳]. عباسیان (۲۰۰۲) در گزارش خود نتیجه گرفت که تغذیه از مکمل‌ها و جانشین‌ها، میزان تخم، لارو و شفیره را افزایش می‌دهد که با نتایج این آزمایش، مطابقت دارد [۱]. در مقایسه بین میزان تخم، لارو و شفیره در تمام دوره‌ها نیز اختلاف وجود داشت. بیشترین میزان پرورش نوزاد، مربوط به تیمار سه می‌باشد.

همان‌طوری که ملاحظه می‌شود میزان تخم، لارو و شفیره هم‌زمان با بالا رفتن دما و افزایش طول روز، بیشتر می‌شود که با آمدن بهار و افزایش دما، این تغییرات در همه کلونی‌ها قابل ملاحظه است. در ضمن، نشان‌دهنده تأثیرات مثبت جلبک در تداوم تغذیه در طولانی‌مدت نیز است.

¹ Somerville

بررسی تأثیر تیمارهای غذایی بر جمعیت زنبوران بالغ

بر اساس اطلاعات به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها بین جیره‌ها از نظر اندازه جمعیت زنبوران بالغ اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P < 0.05$). بیشترین جمعیت مربوط به تیمار ۳ (جیره حاوی ۱۰ درصد جلبک) و کمترین جمعیت مربوط به تیمار یک (جیره بدون جلبک) بود. تیمار ۳ از نظر میزان جمعیت با تیمار ۲ (جیره حاوی ۵ درصد جلبک) و ۳ اختلاف معنی‌دار نداشت ولی بین تیمار ۳ و تیمار شاهد، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵).

جدول ۵. بررسی تأثیر تغذیه تیمارهای غذایی در دوره‌های مختلف بر جمعیت زنبوران بالغ (قاب)

تیمار	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	میانگین
تیمار ۱	$0.25 \pm 4/85$	$0.34 \pm 6/40$	$0.27 \pm 6/25$	$0.25^{b\pm} 5/87$
تیمار ۲	$0.24 \pm 4/81$	$0.25 \pm 7/02$	$0.24 \pm 6/62$	$0.15^{ab\pm} 6/15$
تیمار ۳	$0.23 \pm 5/12$	$0.25 \pm 7/15$	$0.23 \pm 6/87$	$0.16^{a\pm} 6/38$
تیمار ۴	$0.25 \pm 4/55$	$0.25 \pm 6/65$	$0.25 \pm 6/65$	$0.15^{ab\pm} 5/95$

a-b: حروف غیرمشابه در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشد.

این موضوع نشان می‌دهد که تغذیه از جیره‌های غذایی دارای جلبک در سطح ۱۰ درصد توانسته است تا حدودی جمعیت زنبوران بالغ کلونی‌ها را افزایش دهد. ولی نکته مهم رعایت سطح مناسب جلبک در جیره می‌باشد چنانچه ملاحظه شد افزودن جلبک تا ۱۰ درصد باعث افزایش جمعیت و در سطح ۲۰ درصد باعث کاهش جمعیت شده است. استفاده از مکمل‌های غذایی باعث افزایش میزان جمعیت زنبوران بالغ کلونی‌های تحت آزمایش شد که با نتایج نهضتی پاغله (۲۰۰۸) [۱۴]، جواهری (۱۹۹۵) [۱۵]، پرنال (۲۰۰۱) [۹] و کریلشیم (۲۰۱۰) [۱۶] مطابقت دارد. استفاده از جانشین گرده نسبت به جیره‌های دیگر بر طول عمر، میزان تخم، لارو، شفیره، و جمعیت کلونی، تأثیر بهتر و بیشتری داشت. بدون گرده کافی در طبیعت و استفاده نکردن از مکمل‌ها و جانشین‌های گرده، زنبورها به مرور از بین می‌رفتند [۱۲].

بررسی تأثیر تیمارهای غذایی بر ذخیره گرده

بر اساس اطلاعات به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها (جدول ۶) بین جیره‌های آزمایشی، از نظر ذخیره گرده کلونی‌ها اختلاف معنی‌دار وجود نداشت ($P > 0.05$). میزان ذخیره گرده کلونی‌ها به ترتیب از بیشترین به کمترین مقدار عبارتند از: تیمار ۱ (جیره شاهد یا جیره بدون جلبک) $258/37$ سانتی‌مترمربع، تیمار دو (جیره حاوی ۵ درصد جلبک) $204/69$ سانتی‌مترمربع، تیمار ۴ (جیره حاوی ۲۰ جلبک) $187/13$ سانتی‌مترمربع، تیمار ۳ (جیره حاوی ۱۰ درصد جلبک) $165/16$ سانتی‌مترمربع.

جدول ۶. تأثیر جیره‌های غذایی بر ذخیره گرده کلونی‌ها در دوره‌های مختلف (سانتی‌مترمربع)

تیمار	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	میانگین
تیمار ۱	$3877 \pm 190/10$	$5459 \pm 435/00$	$4907 \pm 150/00$	$5034 \pm 258/37$
تیمار ۲	$3852 \pm 122/11$	$4064 \pm 292/67$	$3942 \pm 199/28$	$2281 \pm 204/69$
تیمار ۳	$3834 \pm 139/95$	$4291 \pm 205/65$	$4019 \pm 149/89$	$2384 \pm 165/16$
تیمار ۴	$3870 \pm 132/90$	$3870 \pm 300/00$	$3870 \pm 127/50$	$2234 \pm 187/13$

یکی از دلایل بالا بودن ذخیره گرده در تیمار شاهد، مصرف بالاتر این جیره در کلونی‌ها می‌باشد، بین میزان مصرف غذا و ذخیره گرده در تیمارها، رابطه مستقیم وجود داشت. تیمار سه، دارای بالاترین میزان کل تخم، لارو و شفیره بود؛ بنابراین برای پرورش نوزاد، میزان بیشتری از ذخیره گرده، صرف گردیده است. در این آزمایش، بین میزان جمعیت و ذخیره گرده، رابطه منفی وجود داشت. در کلونی‌های پر جمعیت، میزان ذخیره گرده، کمتر بود. ذخیره گرده در دوره دوم با دوره اول و سوم، اختلاف داشت. علت بالا بودن ذخیره گرده در دوره دوم نسبت به دوره سوم را می‌توان به تغییرات شرایط جوی در فروردین‌ماه نسبت داد که به علت بارندگی خروج زنبوران از کندو کمتر شد؛ در نتیجه این موضوع بر میزان جمع‌آوری گرده تأثیر مستقیم گذاشت.

بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی، تأثیر تغذیه ماده غذایی باید از جهات مختلف مورد آزمایش قرار گیرد. تنها پذیرش و مصرف آنها توسط زنبورهای عسل نمی‌تواند معیار دقیقی برای قضاوت کیفیت آنها باشد. بلکه علاوه بر مقدار مصرف آن، باید فاکتورهای دیگری؛ نظیر تأثیر آن ماده بر میزان ذخیره گرده، میزان تخم، لارو، شفیره و میزان جمعیت مورد توجه قرار گیرد. با بررسی جیره‌های غذایی و ترکیب آنها و باقیمانده غذاهای مصرف نشده، مشخص می‌شود که نسبت استفاده از جلبک کلرلا باید به گونه‌ای باشد که حداکثر میزان خوش‌خوراکی را در بر داشته باشد. در این صورت، برای زنبورعسل، جذاب‌تر می‌شود و میزان مصرف، افزایش می‌یابد. این مسئله با تفاوت‌هایی که در میزان مصرف دیده شد به روشنی قابل درک است و اهمیت تأثیر خوش‌خوراکی غذا را بر میزان مصرف بیان می‌کند.

با توجه به فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده و تجزیه و تحلیل کلیه نتایج به دست آمده، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که تأثیرات تغذیه‌ای جلبک کلرلا بر میزان کل تخم، لارو و شفیره، مثبت بوده است و میزان پرورش نوزاد را نسبت به گروه شاهد، افزایش داد. تأثیر جلبک کلرلا بر میزان تخم و لارو هر کدام به تنهایی نسبت به گروه شاهد، معنی‌دار نبود؛ لذا می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که لاروهای کلونی‌های تغذیه شده با جیره‌های ۲ و ۳ و ۴ به علت تغذیه لاروها از غذای کامل، می‌توانند رشد و نمو خود را تا رسیدن به مرحله شفیرگی (سرشته شدن) کامل کنند. بر عکس لاروهای کلونی‌های تغذیه شده با جیره شاهد، به علت پایین بودن کیفیت یا کمیت غذای لاروی تهیه شده به وسیله زنبوران پرستار که احتمالاً در اثر کمبود، مواد پروتئینی و چربی قابل هضم نمی‌توانند رشد و نمو خود را تا رسیدن به مرحله شفیرگی کامل کنند. در اینجا، جیره حاوی ۱۰ درصد جلبک را می‌توان به عنوان بهترین جیره غذایی از نظر افزایش تعداد نوزادان و رشد جمعیت دانست ولی باید سعی شود جلبک کلرلا را با افزودن مواد جذاب به جیره زنبوران عسل، خوش‌خوراک‌تر کرد. در زمان کمبود گرده در طبیعت (اواخر زمستان و اوایل بهار، اواخر تابستان و پاییز)، ضروری است که زنبورداران، مکمل یا جانشین گرده مناسب تهیه کنند و در اختیار کلونی‌ها قرار دهند و به این صورت، موجبات رشد و سلامت کلونی را فراهم کنند. این نوع تغذیه برای تحریک پرورش نوزاد و افزایش جمعیت به منظور بهره‌برداری از جریان شهد و گرده، مفید است و برای پرورش ملکه، تولید زنبور پاکتی، بچه زنبور و زمستان‌گذرانی کلونی‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد.

سپاسگزاری

از مدیریت محترم شرکت سینا ریز جلبک قشم به دلیل پشتیبانی مالی و فراهم کردن جلبک کلرلا و از گروه علوم دامی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران نیز به دلیل فراهم کردن امکانات انجام طرح تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

- [1] Abbasian, A., & Ebadi, R. (2002). The effect of some protein sources on longevity, protein and body fat of European bees (*Apis mellifera* L.). *Quarterly Journal of Water and Soil Sciences*, 6(2), 149-158. https://jstnar.iut.ac.ir/browse.php?a_id=181&sid=1&slc_lang=en
- [2] Nehzati Paghale, G. A. (2008). *Studying the digestibility of some protein Supplements in Honey Bees* [Animal Science Department, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran].
- [3] Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41(3), 278-294. <https://doi.org/10.1051/apido/2010012>
- [4] Somerville, D. C. (2001). *Nutritional Value of Bee Collected Pollens: A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation; RIRDC Project No DAN-134A*. RIRDC.
- [5] Cook, S. M., Awmack, C. S., Murray, D. A., & Williams, I. H. (2003). Are honey bees' foraging preferences affected by pollen amino acid composition? *Ecological Entomology*, 28(5), 622-627. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2003.00548.x>
- [6] Rogala, R., & Szymas, B. (2004). Nutritional value for bees of pollen substitute enriched with synthetic amino acids. Part II. Biological methods. *Journal of Apicultural Science*, 48(1), 29-36. <http://www.jas.org.pl:81/Nutritional-value-for-bees-of-pollen-substitute-enriched-with-synthetic-amino-acids-Part-II-Biological-methods,0,35.html>
- [7] Silva, I. C., Message, D., Cruz, C. D., Campos, L. A., & Sousa-Majer, M. J. (2009). Rearing Africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) brood under laboratory conditions. *Genetics and Molecular Research*, 8(2), 623-629. <https://doi.org/10.4238/vol8-2kerr018>
- [8] Cremonese, T. M., De Jong, D., & Bitondi, M. (1998). Quantification of Hemolymph Proteins as a Fast Method for Testing Protein Diets for Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 91(6), 1284-1289. <https://doi.org/10.1093/jee/91.6.1284>
- [9] Pernal, S. F., & Currie, R. W. (2000). Pollen quality of fresh and 1-year-old single pollen diets for worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Apidologie*, 31(3), 387-409. <https://doi.org/10.1051/apido:2000130>
- [10] Toth, A. L., & Robinson, G. E. (2005). Worker nutrition and division of labour in honeybees. *Animal Behaviour*, 69(2), 427-435. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2004.03.017>
- [11] Sohrabipour, J., Nejadattari, T., Assadi, M., & Rabiei, R. (2004). The marine benthic algae and seagrasses of the Southern coast of Iran. *Iranian Journal of Botany*, 10(2), 83-93. https://ijb.areeo.ac.ir/article_103319_66b10172e0bd97283974e13d27fe7439.pdf
- [12] Somerville, D. (2005, May 25). *Fat bees skinny bees-A manual on honey bee nutrition for beekeepers*. R. I. R. a. D. C. Australian Government, Goulburn, Australia. <https://www.agrifutures.com.au/wp-content/uploads/publications/05-054.pdf>
- [13] Somerville, D., & Nicol, H. I. (2006). Crude protein and amino acid composition of honey bee-collected pollen pellets from south-east Australia and a note on laboratory disparity. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(1), 141-149. <https://doi.org/10.1071/EA03188>

- [14] Nehzati Pa Galeh, G. A., Nikkhah, A., Tahmasbi, G. H., & Moradi Shahr Babak, M. (2009). Effect of Supplemental Diets of Corn Gluten, Soybean Meal and Bakery Yeast on Body Weight, Protein and Fat Percent in Worker Honey Bees. *Iranian Journal of animal Science*, 39(1), 49-56. https://ijas.ut.ac.ir/article_20695.html?lang=en
- [15] Javaheri, S. D. (1995). *Study honeybee stimulative feeding on pollen supplements and substitutes* [Animal Science Department, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran].
- [16] Crailsheim, K. (1991). Interadult feeding of jelly in honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Journal of Comparative Physiology B*, 161(1), 55-60. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00258746>



The Effect of Wilting and Use of Formic and Sulphuric Acid on the Composition, Ruminal Degradability and Aerobic Stability of Alfalfa Silage

Samaneh Ghasemi^{1*}, Mehdi Behgar²

¹Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Shahriar Agricultural Technical School, Technical and Vocational University (TVU), Tehran Branch, Iran.

²Assistant Professor, Agricultural, Medical and Industrial Research School, Karaj, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 04.26.2020

Revised: 09.07.2020

Accepted: 09.16.2020

Keyword:

Alfalfa silage

Formic acid

Sulphuric acid

Aerobic stability

Degradability

*Corresponding Author:

Samaneh Ghasemi

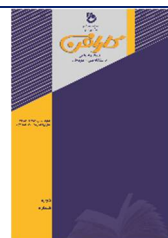
Email:

samaneh_gh_59@yahoo.com

ABSTRACT

Effects of wilting and usage of formic and/or sulphuric acids on alfalfa silage (AS) composition, aerobic stability and ruminal degradability were tested in three trials. Chopped alfalfa hay (AH) were wilted and then ensiled. There were no differences between compositions of wilted and fresh AH. In silage 1 and 2, crude protein and true protein increased while NDF decreased. Compared to control silage, formic acid treated silage had more crude protein and true protein while silage 3 had more crude protein only. Aerobic stability of silages was evaluated using changing values of pH and N-NH₃. The pH data illustrated that acid treatment can protect silage from spoilage to a greater degree compared to the control silage until 48 h. In all incubation times, N-NH₃ contents of control silage were higher than acid treated silages. Ensiling decreased fraction a and increased fraction b of DM compared to AH. Ensiling decreased fraction a+b of DM compared to AH and this decrease was more pronounced for acid treated silages. For the degradability of CP, fraction a of AH was less than the control silage and formic acid treated silage; however, this fraction was higher in AH compared to silage 3. The reverse order was noted for fraction b.





اثر پژمرده‌سازی و استفاده از اسید فرمیک و اسید سولفوریک بر ترکیب شیمیایی، تجزیه پذیری و پایداری هوازی سیلاژ یونجه

سمانه قاسمی^{*1}، مهدی بهگر²

۱- استادیار، دپارتمان فنی و کشاورزی دانشکده فنی و کشاورزی شهریار، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان تهران، ایران.

۲- استادیار، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

در این پژوهش، به منظور بررسی اثر پژمرده‌سازی و استفاده از اسیدفرمیک و اسیدسولفوریک بر ترکیب شیمیایی، پایداری هوازی و تجزیه‌پذیری سیلاژ یونجه در سه مرحله انجام شد. یونجه تازه، پژمرده و سه نوع سیلاژ تهیه شد. پژمرده‌سازی، تأثیری بر ترکیب شیمیایی یونجه نداشت. سیلاژ شاهد، کمترین مقدار پروتئین خام در مقایسه با سیلاژهای حاوی اسید و یونجه را داشت ($P<0/05$). سیلاژهای حاوی اسید در مقایسه با سیلاژ شاهد و یونجه مقادیر بالاتری از پروتئین خام و حقیقی و همچنین مقادیر کمتری از دیواره سلولی داشتند ($P<0/05$). نیتروژن غیرپروتئینی در سیلاژ شاهد و سیلاژ 2 در مقایسه با دیگر تیمارها کمتر بود ($P<0/05$). در تمام زمان‌های انکوباسیون نیتروژن آمونیاکی سیلاژ شاهد در مقایسه با سیلاژهای حاوی اسید بیشتر بود ($P<0/05$). داده‌های pH نشان داد که سایر سیلاژها در مقایسه با سیلاژ شاهد باعث حفظ سیلاژ تا 48 ساعت می‌شوند ($P<0/05$). سیلوسازی باعث کاهش بخش سریع تجزیه و افزایش بخش کند تجزیه ماده خشک در مقایسه با یونجه شد ($P<0/05$). بخش سریع تجزیه پروتئین در یونجه در مقایسه با سیلاژ فاقد افزودنی کمتر، ولی در مقایسه با سیلاژ حاوی افزودنی بیشتر بود و در مقابل بخش کند تجزیه دارای روندی عکس بود ($P<0/05$).

دریافت مقاله: 1399/02/07

بازنگری مقاله: 1399/06/17

پذیرش مقاله: 1399/06/26

کلید واژگان:

سیلاژ یونجه

اسید فرمیک

اسید سولفوریک

پایداری هوازی

تجزیه پذیری

*نویسنده مسئول: سمانه قاسمی

پست الکترونیکی:

samaneh_gh_59@yahoo.com



مقدمه

خشک کردن یونجه در مزرعه باعث از بین رفتن مواد مغذی به دلیل آسیب فیزیکی برگ‌ها و اکسیداسیون کاروتن می‌شود [۱]. از طرف دیگر سیلوسازی یونجه به دلیل مقادیر اندک کربوهیدرات‌های محلول و بالا بودن خاصیت بافری آن به واسطه مقادیر بالای پروتئین، مشکل می‌باشد. بخش قابل ملاحظه‌ای از پروتئین یونجه در فرایند سیلوسازی تجزیه می‌شود و ۷۵ تا ۸۷ درصد از نیتروژن کل موجود در سیلاژ ممکن است به صورت نیتروژن غیرپروتئینی باشد [۲]. یکی از روش‌های مؤثر سیلوسازی یونجه پژمرده‌سازی آن در مزرعه به مقدار ۴۰۰ تا ۴۵۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک و سپس سیلوکردن، یا پژمرده‌سازی به مقدار متوسط تا ۳۰۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک و استفاده از مواد نگهدارنده خصوصاً اسید فرمیک قبل از سیلوسازی می‌باشد [۳]. افزودن اسید به علف تخمیر شده یونجه باعث کاهش pH و نیتروژن غیرپروتئینی در مقایسه با سیلاژهای فاقد مواد افزودنی شده و در نتیجه باعث بهبود شرایط سیلو می‌گردد [۴]. پژمرده‌سازی قبل از سیلوسازی و استفاده از اسید فرمیک یا اسید سولفوریک، باعث کاهش pH سیلو و کاهش تولید آمونیاک می‌گردد [۵-۷].

هنگامی که سیلاژ در معرض اکسیژن قرار می‌گیرد میکروارگانیسم‌های هوازی می‌توانند سبب ایجاد گرما و فساد در آن گردند [۸]. مقاومت هوازی به وسیله مدت زمانی که در سیلاژ دما بیش از ۲ درجه سانتی‌گراد تغییر نکند، تعریف می‌گردد. اگر چه ایجاد گرما و فساد هوازی بیشتر در مورد سیلاژهای حاوی کربوهیدرات‌های محلول بالا همانند ذرت قابل توجه می‌باشد [۸]، با این حال در سیلاژهایی همانند یونجه به دلیل بالا بودن پروتئین خام تولید آمونیاک و آمین‌ها در روند سیلوسازی و در فساد هوازی می‌تواند حائز اهمیت باشد [۹]. زیرا مشخص شده که این ترکیبات توانایی کاهش مصرف خوراک را دارا می‌باشند [۱۰]. عمده اسید مصرفی برای سیلاژهای یونجه، اسید فرمیک می‌باشد. مقدار ۶۰ تا ۷۰ درصد از اسید فرمیک در سیلاژ پس از باز کردن سیلو قابل بازیافت می‌باشد که ممکن است اثرات مثبتی بر مقاومت هوازی سیلاژ داشته باشد [۱۱]. افزودن اسید پروپیونیک باعث افزایش پایداری هوازی سیلاژ ذرت در مقایسه با سیلاژ فاقد اسید می‌گردد (به ترتیب ۶۹ و ۲۳/۳ ساعت) [۸]. نتیجه مشابهی نیز در خصوص استفاده از اسید فرمیک در سیلاژ ذرت گزارش شده است [۱۲]. اطلاعاتی در خصوص پایداری هوازی سیلاژهای یونجه در دست نمی‌باشد. این آزمایش به منظور تعیین اثر پژمرده‌سازی بر ترکیب شیمیایی علف یونجه و بررسی اثر اسید فرمیک و سولفوریک به همراه پژمرده‌سازی بر مقاومت هوازی و تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام سیلاژ یونجه انجام شد.

روش شناسی

مرحله اول. بر اساس نتایج به دست آمده از آزمایش قبلی [۱۳]، سه نوع سیلاژ یونجه (هر یک به ظرفیت ۷ تن) تهیه شد. سیلاژها عبارت بودند از: ۱- سیلاژ یونجه پژمرده شده فاقد افزودنی، ۲- سیلاژهای پژمرده شده حاوی اسید فرمیک (۱۵ میلی‌لیتر در کیلوگرم ماده خشک)، ۳- سیلاژهای پژمرده شده حاوی اسیدفرمیک و اسیدسولفوریک (به ترتیب ۱۵ و ۴ میلی‌لیتر در کیلوگرم ماده خشک). برای این منظور علف یونجه (چین پنجم) پس از برداشت به قطعات ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر خرد گردید و به مدت ۱۲ ساعت روند پژمرده‌سازی را برای رسیدن به ماده خشک حدوداً ۳۳ درصد طی کردند و در صبح روز بعد تیمار اسید فرمیک و اسید سولفوریک بر یونجه‌ها اعمال شد. بخشی از علف یونجه نیز قبل و بعد از پژمرده‌سازی برای آنالیز ترکیبات شیمیایی و تعیین اثرات پژمرده‌سازی کنار گذاشته شد. در سیلوها پس از ۴۵ روز گشوده شد و ماده خشک، pH و مؤلفه‌های شیمیایی (پروتئین خام، پروتئین حقیقی، نیتروژن غیرپروتئینی، نیتروژن آمونیاکی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی) در سیلاژها، علف تازه و علف پژمرده شده، اندازه‌گیری شدند. برای تعیین pH از سیلاژها نمونه‌های ۵۰ گرمی تهیه شد و به هر نمونه ۴۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و سپس مخلوط نمونه و آب مقطر به خوبی هم زده شد و با استفاده از پارچه متقال صاف گردید [۱۴]. pH عصاره به دست آمده توسط pH

متر (METROHM 691) اندازه‌گیری شد. نیتروژن آمونیاکی از عصاره تهیه شده در مرحله قبل که به نسبت برابر با اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال مخلوط شده بود با ایجاد تغییراتی در روش کلدال تعیین شد، به این صورت که به جای استفاده از سود ۱ نرمال در مرحله تقطیر از محلول تترابورات (به غلظت ۳۳ گرم در حجم ۱ لیتر آب مقطر) و همچنین برای تیتراسیون از اسیدکلریدریک ۰/۰۱ نرمال در دستگاه کلدال (Kjeltec Auto, 1300) استفاده گردید [۱۵]. میزان پروتئین خام با روش کلدال [۱۶] و میزان نیتروژن حقیقی و نیتروژن غیرپروتئینی با استفاده از اسید تری کلرواستیک به منظور رسوب پروتئین و تعیین میزان نیتروژن در رسوب حاصله و سوپرناتانت به روش کلدال تعیین گردید [۱۷]. برای تعیین میزان الیف نامحلول در شوینده خنثی سیلاژها از روش ون‌سست و همکاران استفاده شد [۱۸].

مرحله دوم. برای تعیین پایداری هوازی از شاخص تغییر دما در توده سیلاژها توسط دماسنجی که در سیلاژ قرار گرفته شده بود، استفاده شد. به این منظور، توده‌ای از سیلاژها (۱/۰ ± ۳ کیلوگرم) از محل سیلو برداشته شده و در محیطی با دمای ۲۴-۲۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و دماسنجی در مرکز هندسی توده سیلاژها قرار داده شد. در ادامه پارچه دو لایه متقال بر روی توده قرار داده شد و دما هر ۳ ساعت کنترل شد [۱۸]. همچنین از تغییر pH و نیتروژن آمونیاکی در زمان‌های مختلف آنکوباسیون به عنوان شاخصی از فعالیت میکروبی و پایداری هوازی نسبی استفاده شد [۴؛ ۲]. بدین منظور نمونه‌هایی از سه سیلاژ تهیه شده در مرحله اول به وزن ۵۰ گرم تهیه شده و در کیسه‌های پلاستیکی به ابعاد ۱۳ × ۱۶/۵ سانتی‌متر ریخته شد. بر روی کیسه‌ها توسط سوزن ۲۰ سوراخ کوچک برای حرکت آزادانه هوا ایجاد گردید. سپس کیسه‌ها در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲، ۴ و ۷ روز در آنکوباتور قرار گرفتند. پس از این مدت نمونه‌ها از آنکوباسیون خارج شدند و pH و نیتروژن آمونیاکی اندازه‌گیری شد. همچنین pH و نیتروژن آمونیاکی در نمونه‌های تازه تهیه شده از سیلاژ به عنوان زمان صفر (تیمار شاهد) در نظر گرفته شد. مقدار pH و نیتروژن آمونیاکی در نمونه‌ها پس از طی زمان آنکوباسیون همانند مرحله اول اندازه‌گیری شدند.

مرحله سوم. برای تعیین تجزیه‌پذیری از دو رأس گوساله نر مجهز به کانونای شکمبه‌ای استفاده شد. نمونه‌های مورد آزمایش از علف یونجه، سیلاژ فاقد افزودنی و سیلاژ حاوی اسیدفرمیک (۱۵ میلی‌لیتر به ازای کیلوگرم ماده خشک) و سیلاژ حاوی اسید فرمیک- اسید سولفوریک (به ترتیب ۱۵ و ۴ میلی‌لیتر در کیلوگرم ماده خشک) تشکیل شده بودند. به منظور تعیین تجزیه‌پذیری از نمونه‌هایی که خشک و با آسیاب دارای قطر الک ۲ میلی‌متر آسیاب شده بود به میزان ۵ گرم در کیسه‌هایی از جنس ابریشم مصنوعی ریخته شد. کیسه‌ها دارای ابعاد ۹ × ۱۸/۵ سانتی‌متر و منافذی به قطر ۴۸ میکرومتر بودند. نسبت اندازه نمونه به سطح کیسه ۱۵ میلی‌گرم بر سانتی‌مترمربع بود [۱۸]. از تیمارهای مورد نظر ۴ تکرار (در هر گاو نر ۲ تکرار) در زمان‌های ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴ و ۴۸ ساعت در شکمبه قرار گرفت. برای تعیین نسبت ناپدید شدن در زمان صفر کیسه‌های حاوی نمونه در زیر شیر آب شسته شدند. در زمان‌های ۲، ۴ و ۸ ساعت ابتدا کیسه‌ها حدود نیم ساعت در آب برای خیس خوردن و کم شدن فاز تأخیر قرار گرفتند و سپس عمل آنکوباسیون در شکمبه انجام گرفت [۱۹]. پس از برداشتن کیسه‌ها از شکمبه عمل شستشو توسط دست انجام شد. سپس کیسه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک [۲۰] و مقدار ناپدید شدن ماده خشک و نیتروژن در آنها اندازه‌گیری شدند.

تجزیه‌های آماری

برای مقایسه ترکیبات شیمیایی، داده‌های مقاومت هوازی و ضرایب تجزیه‌پذیری از طرح کاملاً تصادفی در نرم‌افزار SAS و روش GLM استفاده گردید و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن ($P < 0.05$) انجام شد.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

که Y_{ij} = مقدراً مشاهده مورد نظر، μ = میانگین، T_i = اثر تیمار و E_{ijk} = خطای تصادفی با میانگین صفر و واریانس σ^2 .

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام با استفاده از معادله ارسکف و مک دونالد [۹] و با استفاده از نرم‌افزار (Biosoft corporation, Durham, NC USA) Fig P مورد تحلیل قرار گرفتند.

$$P = a + b(1 - e^{-ct}) \quad (2)$$

که P = پتانسیل تجزیه پذیری، a = بخش سریع تجزیه، b = بخش کند تجزیه، c = ثابت نرخ تجزیه‌پذیری و t = مدت زمان قرار گرفتن نمونه در شکمبه می‌باشد.

یافته‌ها

مرحله اول: اثرات پژمرده‌سازی (به مدت ۱۲ ساعت) بر ترکیب شیمیایی علف یونجه و سیلاژها در جدول ۱ نشان داده شده است. پژمرده‌سازی به مدت ۱۲ ساعت تأثیری بر میزان ترکیبات نیتروژنی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی علف یونجه نداشت. با وجود این نتایج مطالعات [۵] نشان می‌دهد که مقدار ترکیبات دیواره سلولی علوفه در اثر پژمرده‌سازی به دلیل تجزیه دیگر ترکیبات بواسطه تنفس گیاه و فعالیت میکروبی تمایل به افزایش دارد. این تفاوت می‌تواند به دلیل کوتاه بودن زمان پژمرده‌سازی در آزمایش حاضر در مقایسه با تحقیق فوق باشد.

مطالعات نشان می‌دهد که با پژمرده‌سازی مقدار آمونیاک افزایش نمی‌یابد، زیرا پژمرده‌سازی باعث کاهش فشار اسمزی و در نهایت محدود شدن فعالیت باکتریایی می‌گردد [۷]. نتیجه‌ای مشابه‌ای توسط محققان دیگر ارائه شده است و اظهار می‌شود که این تفاوت می‌تواند بدلیل اتلاف مواد علوفه‌ای خصوصاً برگ‌ها در زمان پژمرده شدن باشد [۱۴؛ ۲۱]. تفاوت در مقادیر پروتئین خام بین علف پژمرده شده و سیلاژ شاهد علوفه پژمرده شده معنی‌دار نبود. با این حال افزودن اسید فرمیک و اسید سولفوریک باعث افزایش معنی‌داری در پروتئین خام در سیلاژهای حاوی اسید در مقایسه با سیلاژ شاهد شد ($P < 0.05$).

جدول ۱. تغییر ترکیبات نیتروژن دار و الیاف نامحلول در شوینده خنثی علف یونجه تحت تأثیر پژمرده کردن و سیلوکردن

تیمار					
SE	F-SWS	FWS	WS	WH	H
۰/۳۲	۱۹/۴۲ ^{ab}	۱۹/۹۷ ^a	۱۷/۱۸ ^d	۱۷/۵۴ ^{cd}	۱۸/۶۹ ^{cb}
۰/۴۴	۱۲/۵۵ ^{ab}	۱۳/۲۵ ^a	۱۱/۰۸ ^{bc}	۹/۹۱ ^c	۱۰/۶۷ ^c
۰/۲۳	۱/۱۰ ^{cb}	۱/۰۷ ^c	۰/۹۷ ^c	۱/۱۸ ^{ab}	۱/۲۸ ^a
۰/۲۷	۱۵/۹۰ ^b	۱۴/۹۳ ^b	۱۸/۱۳ ^a	-	-
۱/۰۰	۴۰/۰۰ ^a	۴۰/۰۰ ^a	۴۲/۰۰ ^{ab}	۴۵/۰۰ ^b	۴۵/۰۰ ^b
۰/۰۷	۴/۵۰ ^c	۴/۶۹ ^b	۵/۳۸ ^a	-	-

H: علف خشک یونجه، **WH:** علف پژمرده شده یونجه، **WS:** سیلاژ شاهد علف پژمرده شده یونجه، **FWS:** سیلاژ علف پژمرده شده یونجه حاوی اسید فرمیک (۱۵ میلی لیتر در کیلوگرم ماده خشک) و **F-SWS:** سیلاژ علف پژمرده شده یونجه حاوی اسید فرمیک و اسید سولفوریک (۱۵ به ترتیب و ۵ میلی لیتر در کیلوگرم ماده خشک). حروف متفاوت در هر ردیف دارای تفاوت معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

دلیل این تفاوت می‌تواند به واسطه از دست رفتن ترکیبات غیر پروتئینی (همانند سلولز) در هنگام استفاده از اسید بر سیلاژ باشد. زیرا همانطور که مشاهده می‌شود سیلو کردن و استفاده از اسید باعث کاهش میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی در مقایسه با علف تازه و پژمرده شده یونجه شد ($P < 0.05$). کاهش مقدار NDF در سیلاژهای حاوی اسیدفرمیک در اثر قدرت هیدرولیزی اسید فرمیک توسط محققان گزارش شده است [۳؛ ۲۲]. مقدار پروتئین حقیقی

سیلاژهای حاوی اسید بیشتر از علوفه تازه و پژمرده شده بود ($P < 0.05$). مقدار نیتروژن غیر پروتئینی در سیلاژها در مقایسه با علوفه تازه کمتر بود ($P < 0.05$)، البته این تفاوت برای سیلاژ حاوی اسید فرمیک-اسید سولفوریک در مقایسه با علف پژمرده شده یونجه معنی دار نبود. نیتروژن آمونیاکی در سیلاژهای حاوی اسید در مقایسه با سیلاژ شاهد کاهش یافت ($P < 0.05$). کاهش در نیتروژن آمونیاکی با افزایش در مقادیر پروتئین خام و حقیقی و کاهش نیتروژن غیر پروتئینی همراه بود. از آنجا که بیشتر آمونیاک تولیدی در فرآیند تخمیر حاصل فعالیت میکروبی است، کاهش آمونیاک می‌تواند به اثر محدود کننده اسید بر فعالیت باکتری‌ها و تجزیه کمتر ترکیبات نیتروژنی مربوط باشد. مقدار آمونیاک محلول به مقدار ۰/۵۱ ماده خشک در سیلاژ یونجه فاقد افزودنی در مقایسه با ۰/۲۴ در ماده خشک در سیلاژهای حاوی ۱ درصد اسید پروپیونیک گزارش شده است [۱۷]. کاهش تولید آمونیاک توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است [۱۲؛ ۲] pH سیلاژهای حاوی اسید در مقایسه با سیلاژ شاهد بطور معنی‌داری کمتر بود ($P < 0.05$). استفاده از اسید در هنگام سیلو سازی باعث کاهش pH علوفه می‌شود و همانطور که اشاره شد حدود ۶۷ درصد از اسید فرمیک اعمال شده در سیلاژ بدون تغییر باقی می‌ماند. این داده‌ها نتایج دیگر محققان را تأیید می‌نماید [۲۳].

مرحله دوم: نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است. تغییرات دمایی در سیلاژها در زمان‌های مختلف بر خلاف گزارشات موجود در خصوص سیلاژ ذرت اتفاق نیافتاد. بنابراین از تغییرات pH و نیتروژن آمونیاکی در زمان‌های آنکوباسیون در جهت تعیین پایداری هوازی نسبی سیلاژها استفاده شد. سیلاژ شاهد در زمان صفر (قبل از آنکوباسیون) در مقایسه با سیلاژ حاوی اسید فرمیک و سیلاژ حاوی اسید فرمیک - اسید سولفوریک دارای نیتروژن آمونیاکی بالاتری بود ($P < 0.05$). دلیل این امر اثر محدود کنندگی اسید بر کاهش تولید آمونیاک در سیلو می‌باشد. همچنین در تمام زمان‌های آنکوباسیون مقدار نیتروژن آمونیاکی در سیلاژ شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت که در روز هفتم (۱۶۸ ساعت) به بالاترین مقدار (۴۰/۵۳ میلی گرم در دسی‌لیتر) رسید ($P < 0.05$).

جدول ۲. پایداری هوازی نسبی سیلاژها

زمان آنکوباسیون (ساعت)					
SE	۱۶۸	۹۶	۴۸	۰	
NH ₃ -N(mg/dl)					
۰/۲۶	۴۰/۵۲ ^d	۳۴/۵۲ ^c	۳۲/۱۲ ^b	۱۸/۱۲ ^a	WS
۰/۱۶	۲۱/۴۱ ^a	۲۲/۱۹ ^a	۲۰/۳۱ ^a	۱۴/۹۲ ^b	FWS
۰/۲۹	۲۰/۶۸ ^a	۲۱/۲۵ ^a	۲۰/۶۰ ^a	۱۵/۹۰ ^b	F-SWS
	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۵	SE
pH					
۰/۰۷	۵/۵۵ ^a	۵/۵۷ ^a	۵/۴۹ ^a	۵/۳۸ ^a	WS
۰/۰۹	۴/۷۷ ^a	۴/۷۵ ^a	۴/۶۴ ^b	۴/۶۹ ^b	FWS
۰/۰۷	۵/۲۳ ^a	۵/۱۲ ^a	۴/۵۳ ^b	۴/۵۰ ^b	F-SWS
	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۸	SE

H: علف خشک یونجه، WH: علف پژمرده شده یونجه، WS: سیلاژ علف پژمرده شده شاهد یونجه، FWS: سیلاژ علف پژمرده شده یونجه
پژمرده شده یونجه حاوی اسید فرمیک (۱۵ میلی لیتر در کیلوگرم ماده خشک) و F-SWS: سیلاژ علف پژمرده شده یونجه
حاوی اسید فرمیک و اسید سولفوریک (۱۵ به ترتیب و ۵ میلی لیتر در کیلوگرم ماده خشک). حروف متفاوت در هر ردیف و هر ستون دارای تفاوت معنی دار هستند ($P < 0.05$).

به هر حال بررسی مقدار نیتروژن آمونیاکی در سیلاژ حاوی اسید فرمیک و سیلاژ حاوی اسید فرمیک - اسید سولفوریک روند مشابهی را در هر دو سیلاژ نشان داد و تفاوت‌ها بین دو سیلاژ در زمان‌های مختلف معنی دار نبود. اگر چه در هر دو سیلاژ مقدار نیتروژن آمونیاکی در زمان صفر و ۴۸ ساعت پس از آنکوباسیون افزایش یافت ($P < 0.05$), با این حال مقدار نیتروژن آمونیاکی از ۴۸ ساعت تا ۱۶۸ ساعت پس از آنکوباسیون ثابت ماند، که این موضوع، بیانگر این

است که سیلاژهای حاوی اسید در مقایسه با سیلاژ شاهد توانایی جلوگیری از فساد هوازی از ۲ روز تا ۷ روز را داشتند ($P < 0.05$). اگرچه در سیلاژ شاهد مقدار آمونیاک تحت تأثیر زمان انکوباسیون قرار گرفت، با این حال مقدار pH این سیلاژها در زمانهای مختلف دارای تفاوت معنی داری نبودند. در هر دو سیلاژ حاوی اسید افزایش pH تا ۲ روز پس از انکوباسیون تفاوت معنی داری در مقایسه با زمان صفر دیده نشد و سیلاژهای حاوی اسید فرمیک و اسید فرمیک - سولفوریک در یک محدوده زمانی دو روز انکوباسیون توانایی حفظ pH را داشتند ($P < 0.05$). گزارشی از میزان مقاومت هوازی سیلاژ یونجه در دست نمی باشد. در مقایسه با سیلاژهای ذرت که دارای کربوهیدرات محلول بالا و در نتیجه pH مطلوبی (در حدود ۳/۸) هستند؛ سیلاژ یونجه دارای کربوهیدرات اندک و همچنین پروتئین بالا می باشد. این امر باعث افزایش ظرفیت بافری سیلاژ و بالا بودن pH این سیلاژها در مقایسه با سیلاژ ذرت می گردد.

در مطالعاتی استفاده از مقادیر اندک اسید فرمیک (۳ میلی لیتر در کیلوگرم ماده خشک) در سیلاژ گراس خصوصیات تخمیری سیلاژ را بهبود داد ولی پایداری هوازی سیلاژ در مقایسه با سیلاژ شاهد تغییر نکرد [۱]. با وجود این، افزودن مقادیر بیشتر اسید فرمیک (۲۲ میلی لیتر در کیلوگرم ماده خشک) در سیلاژ گراس [۲۳] و ۸/۳ میلی لیتر در کیلوگرم ماده خشک سیلاژ مخلوط گندم- علف نخود فرنگی [۹] باعث بهبود پایداری هوازی این سیلاژها شد. میزان اسید فرمیک مورد استفاده در آزمایش حاضر نیز به میزان ۱۵ میلی لیتر در کیلوگرم ماده خشک بود که مقدار بالایی محسوب می گردد و لذا بهبود شاخصهای مقاومت هوازی سیلاژ مورد انتظار بود.

جدول ۳. فراسنجه های تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام علوفه خشک یونجه و سیلاژهای یونجه بدون افزودنی، حاوی اسید فرمیک و اسیدفرمیک به علاوه اسید سولفوریک

بخش سریع تجزیه (a)	بخش کند تجزیه (b)	ثابت نرخ تجزیه پذیری (c)	بخش قابل تجزیه (a+b)
ماده خشک			
H ۰/۵۰ ^a	۰/۳۲ ^c	۰/۱۶ ^a	۰/۸۳ ^a
WS ۰/۳۴ ^c	۰/۳۶ ^b	۰/۰۸ ^b	۰/۷۰ ^c
FWS ۰/۳۹ ^b	۰/۳۵ ^{bc}	۰/۰۹ ^b	۰/۷۴ ^b
F-SWS ۰/۳۵ ^c	۰/۴۰ ^a	۰/۱۲ ^{ab}	۰/۷۵ ^b
پروتئین خام			
H ۰/۵۷ ^b	۰/۳۵ ^b	۰/۱۹ ^a	۰/۹۳ ^a
WS ۰/۵۶ ^b	۰/۳۸ ^c	۰/۱۱ ^b	۰/۸۵ ^c
FWS ۰/۶۰ ^a	۰/۳۷ ^c	۰/۰۹ ^b	۰/۸۷ ^b
F-SWS ۰/۴۶ ^c	۰/۴۱ ^a	۰/۱۵ ^{ab}	۰/۸۷ ^b

H: علف خشک یونجه، WH: علف پژمرده شده یونجه، WS: سیلاژ علف پژمرده شده شاهد یونجه، FWS: سیلاژ علف پژمرده شده یونجه حاوی اسید فرمیک (۱۵ میلی لیتر در کیلوگرم ماده خشک) و F-SWS: سیلاژ علف پژمرده شده یونجه حاوی اسید فرمیک و اسید سولفوریک (به ترتیب ۱۵ و ۵ میلی لیتر در کیلوگرم ماده خشک). حروف متفاوت در هر ردیف دارای تفاوت معنی دار هستند ($P < 0.05$).

مرحله سوم: نتایج حاصل از تجزیه پذیری شکمبه ای ماده خشک و پروتئین خام در جدول ۳ نشان داده شده است. بخش سریع تجزیه (a) ماده خشک در سیلاژ شاهد مشابه با سیلاژ حاوی اسید فرمیک و اسید سولفوریک و برابر با ۰/۳۵ بود. با این حال این بخش در سیلاژ دارای اسید فرمیک بیشتر بود (۰/۳۹). در خصوص بخش کند تجزیه (b)، استفاده از اسید فرمیک به همراه اسید سولفوریک باعث افزایش این بخش در مقایسه با دو سیلاژ دیگر شد (۰/۳۹) در برابر ۰/۳۶ و ۰/۳۵. بخش قابل تجزیه ماده خشک (a+b) در سیلاژ حاوی اسید فرمیک و اسیدفرمیک به علاوه اسید سولفوریک مشابه و برابر با ۰/۷۴ و بیشتر از سیلاژ شاهد بود (۰/۷۱). این نتیجه نشان می دهد که استفاده از اسید باعث افزایش

تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک می‌شود. در مورد علف یونجه بخش قابل تجزیه در مقایسه با سیلاژها بیشتر بود. سیلوسازی باعث کاهش بخش a و افزایش بخش b در سیلاژ در مقایسه با علف یونجه شد که نتایج سایر آزمایشات را تأیید می‌نماید [۱۰]. اثر اسید فرمیک بر افزایش بخش a مغایر با نتایج دیگر محققین بود [۱۴]. گزارش شده است که استفاده از اسید فرمیک باعث افزایش تجزیه‌پذیری ماده خشک می‌گردد، که این اثر به تجزیه‌پذیری بیشتر NDF در سیلاژهای حاوی اسید فرمیک نسبت داده شده است [۲۲]. در سیلاژها، ثابت نرخ تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام در مقایسه با علف یونجه کاهش یافت. هریستوو و ساندو نتایج مشابهی را گزارش کردند و استفاده از اسید ثابت نرخ تجزیه (c) را در مقایسه با علف یونجه کاهش داد [۳]. اما در برخی از آزمایشات چنین اثری دیده نشد [۲۰]. با این حال سیلاژ پژمرده شده حاوی اسیدفرمیک و اسید سولفوریک دارای ثابت نرخ تجزیه‌پذیری ماده خشک بیشتری در مقایسه با سیلاژ بدون افزودنی بود. در مطالعه‌ای دیگر این اثر به تجزیه‌پذیری بیشتر NDF نسبت داده شده است [۲۲].

در مورد تجزیه‌پذیری پروتئین خام بخش سریع تجزیه (a) در سیلاژ شاهد کمتر از سیلاژ حاوی اسید فرمیک بود، ولی از سیلاژ دارای اسید فرمیک و اسید سولفوریک بیشتر بود (به ترتیب ۰/۵۷، ۰/۶۰ و ۰/۴۶). مورد انتظار بود که با توجه به بیشتر بودن پروتئین حقیقی و همچنین کمتر بودن ترکیبات نیتروژنی غیر پروتئینی در سیلاژ حاوی اسید فرمیک در مقایسه با سیلاژ شاهد بخش سریع تجزیه پروتئین خام بیشتر باشد. با وجود این چنین اثری دیده نشد. در دیگر آزمایشات پژمرده‌سازی و استفاده از اسید باعث کاهش بخش a شده است [۱۴]. بخش b در هنگام استفاده از اسید فرمیک و اسید سولفوریک در مقایسه با سیلاژ شاهد و سیلاژ حاوی اسید فرمیک افزایش یافت (به ترتیب ۰/۴۱، ۰/۲۸ و ۰/۲۷). پژمرده کردن و استفاده از اسید فرمیک منجر به کاهش نرخ تجزیه‌پذیری پروتئین خام شد ($p < 0.05$). آزمایشات نشان می‌دهد که استفاده از اسید بر روی علوف خشک یونجه قبل از تعیین آزمایش‌های تجزیه‌پذیری و یا در هنگام سیلو کردن علف یونجه منجر به کاهش نرخ تجزیه‌پذیری پروتئین خام می‌شود [۱۷]. در نتیجه می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که استفاده از اسید منجر به این می‌گردد که پروتئین گیاهی حساسیت کمتری به حمله میکروبی از خود نشان دهند. اثری مشابه در خصوص نرخ تجزیه‌پذیری ماده خشک دیده شد. همچنین بخش قابل تجزیه در شکمبه (a+b) در سیلاژهای حاوی اسید در مقایسه با سیلاژ شاهد بیشتر بود (۰/۸۷ در برابر ۰/۸۵). نتیجه‌ای مشابه نیز در خصوص تجزیه‌پذیری ماده خشک دیده شد. کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین خام در شکمبه تحت تأثیر استفاده از اسید توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است [۱۷؛ ۲].

در مقایسه با علف خشک یونجه، سیلو کردن باعث کاهش بخش سریع تجزیه (a) و افزایش بخش کند تجزیه (b) پروتئین خام گردید که این اثر توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است [۵؛ ۲۱]. در مقایسه دو سیلاژ شاهد و سیلاژ حاوی اسیدفرمیک و اسید سولفوریک، سیلاژ حاوی اسید دارای ضریب a پایین‌تر و ضرایب b و c در مورد تجزیه‌پذیری پروتئین خام بالاتری بود. چنین نتایجی توسط هریستوو و ساندو [۳] نیز گزارش شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از اسید به دلیل کاهش pH سیلاژ باعث حفظ نیتروژن پروتئینی سیلاژ یونجه شد. همچنین پژمرده‌سازی یونجه به مدت ۱۲ ساعت برای رسیدن ماده خشک به ۳۳ درصد تأثیری بر ترکیبات نیتروژن دار و الیاف نامحلول در شوینده خنثی علف یونجه نداشت. در نتیجه می‌توان از پژمرده کردن محدود به منظور بهبود شرایط تخمیری سیلاژ بدون تأثیر نامطلوب استفاده نمود. در خصوص پایداری هوازی می‌توان به این نکته اشاره کرد که برخلاف سیلاژ ذرت از تغییرات دمای توده سیلاژ نمی‌توان در جهت تعیین پایداری هوازی سیلاژ یونجه استفاده کرد ولی با توجه به pH سیلاژها در زمان‌های آنکوباسیون می‌توان نتیجه‌گیری کرد که اگرچه استفاده از اسید فرمیک به تنهایی و یا به همراه اسید سولفوریک باعث حفظ pH سیلاژها فقط تا ۴۸ ساعت شد، با وجود این داده‌های نیتروژن آمونیاکی نشان می‌دهد که استفاده از اسید مانع فعالیت باکتریایی و در نتیجه عدم تغییر آمونیاک از ۴۸ تا ۱۶۸ ساعت

می‌شود. استفاده از اسید فرمیک و اسید سوفوریک باعث افزایش بخش کند تجزیه پروتئین خام شد. از آنجا که این بخش با راندمان بیشتری توسط میکروارگانیسم‌ها در مقایسه با بخش سریع تجزیه مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌تواند از مزایای این نوع افزودنی‌ها تلقی گردد.

References

- [1] Lorenzo, B. F., & O'Kiely, P. (2008). Alternatives to formic acid as a grass silage additive under two contrasting ensilability conditions. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 47, 135-149. <https://t-stor.teagasc.ie/handle/11019/633>
- [2] Nagel, S. A., & Broderick, G. A. (1992). Effect of Formic Acid or Formaldehyde Treatment of Alfalfa Silage on Nutrient Utilization by Dairy Cows¹. *Journal of Dairy Science*, 75(1), 140-154. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77748-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77748-0)
- [3] Hristov, A. N., & Sandev, S. G. (1998). Proteolysis and rumen degradability of protein in alfalfa preserved as silage, wilted silage or hay. *Animal Feed Science and Technology*, 72(1), 175-181. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00177-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00177-6)
- [4] Kung, L., Sheperd, A. C., Smagala, A. M., Endres, K. M., Bessett, C. A., Ranjit, N. K., & Glancey, J. L. (1998). The Effect of Preservatives Based on Propionic Acid on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage and a Total Mixed Ration. *Journal of Dairy Science*, 81(5), 1322-1330. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75695-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75695-4)
- [5] Derbyshire, J. C., Gordon, C. H., & Waldo, D. R. (1976). Formic Acid as a Silage Preservative for Milking Cows. *Journal of Dairy Science*, 59(2), 278-287. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(76\)84195-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(76)84195-1)
- [6] O'Kiely, P., Flynn, A. V., & Poole, D. B. R. (1989). Sulphuric acid as a silage preservative: 1. silage preservation, animal performance and copper status. *Irish Journal of Agricultural Research*, 28(1), 1-9. <https://www.jstor.org/stable/25556224>
- [7] Stallings, C., Townes, R., Jesse, B., & Thomas, J. (1981). Changes in alfalfa haylage during wilting and ensiling with and without additives. *Journal of Animal Science*, 53(3), 765-773. <https://doi.org/10.2527/jas1981.533765x>
- [8] Kung, L., Robinson, J. R., Ranjit, N. K., Chen, J. H., Golt, C. M., & Pesek, J. D. (2000). Microbial Populations, Fermentation End-Products, and Aerobic Stability of Corn Silage Treated with Ammonia or a Propionic Acid-Based Preservative¹. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1479-1486. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75020-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75020-X)
- [9] Salawu, M., Warren, H., & Adesogan, A. (2001). Fermentation characteristics, aerobic stability and ruminal degradation of ensiled pea/wheat bi-crop forages treated with two microbial inoculants, formic acid or quebracho tannins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(13), 1263-1268. <https://doi.org/10.1002/jsfa.937>
- [10] Clancy, M., Wangsness, P., & Baumgardt, B. (1977). Effect of silage extract on voluntary intake, rumen fluid constituents, and rumen motility. *Journal of Dairy Science*, 60(4), 580-590. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(77\)83905-2/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(77)83905-2/pdf)
- [11] O'Kiely, P., Flynn, A. V., & Poole, D. B. R. (1989). Sulphuric Acid as a Silage Preservative: 2. Application Rate, Silage Composition, Animal Performance and Copper Status. *Irish Journal of Agricultural Research*, 28(1), 11-23. <https://www.jstor.org/stable/25556225>

- [12] Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- [13] Behgar, M., Mesgaran, M. D., & Nasirimoghaddam, H. (2004). *Chemical composition of wilted and unwilted lucerne silage treated with formic and sulphuric acids*. Proceedings of the British Society of Animal Science. https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-british-society-of-animal-science/article/abs/chemical-composition-of-wilted-and-unwilted-lucerne-silage-treated-with-formic-and-sulphuric-acids/DA43A1_4715E6BED1C4D5249E2C130359
- [14] Verbič, J., Ørskov, E., Žgajnar, J., Chen, X., & Žnidaršič-Pongrac, V. (1999). The effect of method of forage preservation on the protein degradability and microbial protein synthesis in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*, 82(3-4), 195-212.
- [15] Phuntsok, T., Froetschel, M. A., Amos, H. E., Zheny, M., & Huang, Y. W. (1995). Silage polyamines: quantitation and relationship to fermentation of forage amino acids. *Animal and Dairy Science Department*, 81, 2193-2203. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(98\)75798-4/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(98)75798-4/pdf)
- [16] Chemists, A. o. O. A., & Horwitz, W. (1975). *Official methods of analysis* (Vol. 222). Association of Official Analytical Chemists Washington, DC.
- [17] Vagnoni, D., Broderick, G., & Muck, R. (1997). Preservation of protein in wilted lucerne using formic, sulphuric or trichloroacetic acid. *Grass and Forage Science*, 52(1), 5-11. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.1997.00048.x>
- [18] Vanzant, E. S., Cochran, R. C., & Titgemeyer, E. C. (1998). Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *Journal of Dairy Science*, 76(10), 2717-2729. <https://doi.org/10.2527/1998.76102717x>
- [19] Wilkerson, V., Klopfenstein, T., & Stroup, W. (1995). A collaborative study of in situ forage protein degradation. *Journal of Animal Science*, 73(2), 583-588. <https://doi.org/10.2527/1995.732583x>
- [20] Nelson, W. F., & Satter, L. D. (1992). Impact of stage of maturity and method of preservation of alfalfa on digestion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 75(6), 1571-1580. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77914-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77914-4)
- [21] Broderick, G. A. (1995). Performance of lactating dairy cows fed either alfalfa silage or alfalfa hay as the sole forage. *Journal of Dairy Science*, 78(2), 320-329. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76640-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76640-1)
- [22] Baytok, E., & Muruz, H. (2003). The effects of formic acid or formic acid plus molasses additives on the fermentation quality and DM and ADF degradabilities of grass silage. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27(3), 425-431. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/133166>
- [23] O'Kiely, P. (1993). (Influence of a partially neutralised blend of aliphatic organic acids on fermentation, effluent production and aerobic stability of autumn grass silage. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 32(1), 13-26. <https://www.jstor.org/stable/25562198>



Investigation and Analysis of Drying Kinetics of Carrot Layers with Microwave Oven

Mani Ghanbari^{1*} , Seyed Mehdi Sahraeian²

¹Department of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery, Faculty of Shahriar, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.

²Lecturer, Department of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery, Faculty of Shahriar, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 04.27.2020

Revised: 09.13.2020

Accepted: 09.19.2020

Keyword:

Microwave

Carrot

Activation Energy

Effective Moisture Permeability

Coefficient

Drying

ABSTRACT

Microwaves are one of the fastest methods of drying food whose energy is comparable to that of hot air drying. In this paper, the kinetics of drying film-thin carrot layers was investigated and analyzed. First, the carrots were cut into 2.5 mm and 5 mm thicknesses and then the experiments were carried out using Samsung M945 Microwave. Microwave power and shape of the carrot layers affected the drying time and effective moisture penetration to the extend that the drying time was reduced by 57.5%. The moisture penetration for the samples with 2.5 and 5 mm thickness changed from 1.35×10^{-7} to 3.6×10^{-7} m²/s and 5.37×10^{-7} to 1.06×10^{-6} , respectively.

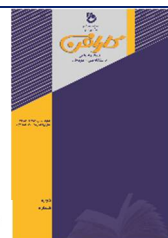
***Corresponding Author:** Mani

Ghanbari

Email:

Manighanbari@tvu.ac.ir





بررسی و تحلیل سینتیک خشک کردن لایه‌های هویج با اُن میکروویو

مانی قنبری^{1*}، سید مهدی صحرانیان²

- ۱- دپارتمان مهندسی ماشین‌های کشاورزی، آموزشکده فنی کشاورزی شهریار، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان تهران، ایران.
- ۲- مربی، دپارتمان مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی شهریار، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان تهران، ایران.

چکیده

یکی از روش‌های سریع خشک کردن مواد غذایی که انرژی آن، قابل مقایسه با روش خشک کردن با هوای گرم است، استفاده از مایکروویو می‌باشد. سیستم‌های خشک کردن مایکروویو، زمان خشک کردن محصول با حداقل تأثیر منفی بر کیفیت محصول به طور قابل توجهی کاهش داده‌اند. در این مقاله، سینتیک خشک کردن لایه نازک هویج، بررسی و تحلیل شد. ابتدا هویج‌ها به ضخامت‌های 2/5 و 5 میلی‌متر، برش داده شدند و سپس آزمایش‌ها با دستگاه مایکروویو M945-Sumsung انجام گردید. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که توان مایکروویو و شکل لایه‌های هویج، بر مدت زمان خشک شدن و نفوذ رطوبت مؤثر، تأثیر داشت؛ به طوری که زمان خشک شدن 57/5 درصد کاهش یافت. مقدار نفوذ رطوبتی برای نمونه‌های با ضخامت 2/5 و 5 میلی‌متر به ترتیب از $1/35 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ تا $3/6 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ و $5/37 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ تا $1/06 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ تغییر یافت.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: 1399/02/08

بازنگری مقاله: 1399/06/23

پذیرش مقاله: 1399/06/29

کلید واژگان:

مایکروویو

هویج

انرژی فعال‌سازی

ضریب نفوذ رطوبتی مؤثر

خشک کردن

*نویسنده مسئول: مانی قنبری

پست الکترونیکی:

Manighanbari@tvu.ac.ir



مقدمه

خشک کردن، یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری مواد غذایی است [۱]. در خشک کردن، علاوه بر جلوگیری از فساد ماده غذایی ناشی از میکروارگانیسم‌ها یا واکنش‌های شیمیایی، وزن ماده غذایی کاهش می‌یابد و در هزینه‌های حمل‌ونقل و نگهداری، صرفه‌جویی می‌شود [۲]. در خشک‌کن‌های با هوای گرم، به دلیل این که هدایت حرارتی، پایین است و انتقال حرارت به قسمت‌های داخلی ماده غذایی، محدود شده است؛ راندمان انرژی، پایین می‌آید و مدت زمان طولانی‌تری برای خشک کردن لازم است [۳]. امروزه، استفاده از خشک‌کن‌های ریزموج یا ماکروویو، مرسوم شده است؛ زیرا ماکروویو، علاوه بر این که باعث افزایش سرعت خشک شدن محصول و کاهش مصرف انرژی می‌گردد به علت انتشار یکنواخت گرما در محصول، آسیب کمتری به آن وارد می‌کند و در پایان کار، محصول خشک شده، با رنگ، بو و طعم واقعی، به دست می‌آید [۴]. برای رفع این مشکل و جلوگیری از کاهش کیفیت و دست‌یابی به یک فرایند حرارتی مؤثر، از مایکروویو برای خشک کردن مواد غذایی استفاده شده است. مثال‌های متعددی از کاربردهای خشک کردن به وسیله مایکروویو وجود دارد. کاربرد مایکروویو در خشک کردن، گستره وسیعی از صنایع؛ شامل صنایع غذایی، صنایع شیمیایی، خودروسازی و غیره را دربرمی‌گیرد. در هر مورد سیستم‌های خشک کردن مایکروویو، زمان خشک کردن را به طور قابل‌توجهی کاهش داده‌اند بدون این که تأثیر منفی بر کیفیت محصول داشته باشند. برای نمونه، بررسی خشک کردن برگ‌های شوید [۵] تأثیر توان ماکروویو بر سینتیک خشک کردن و تغییر رنگ موز [۶]، خشک کردن گیاه جعفری به روش ماکروویو و تعیین بهترین توان تشعشعی برای خشک کردن آن [۷] و بررسی سینتیک خشک کردن کرفس با امواج ماکروویو [۸] را می‌توان نام برد.

در خشک کردن با مایکروویو، گرما، حاصل از تبدیل انرژی مایکروویو به انرژی حرارتی در درون مواد مرطوب است، فشار و دمای مطلوب را برای خشک کردن سریع مواد، فراهم می‌کند. گرمایش حجمی ناشی از نفوذ مایکروویو و کاهش هزینه‌های فرایند، مایکروویو را به منبع جذاب انرژی حرارتی، تبدیل کرده است. زمان‌های کوتاه‌تر فرآوری، به میزان قابل‌توجهی هزینه‌های تولید برخی از محصولات را کاهش می‌دهد [۹].

مایکروویو، یک روش سریع خشک کردن مواد غذایی است که انرژی آن، قابل مقایسه با روش خشک کردن با هوای گرم است. در خشک کردن با مایکروویو، خروج رطوبت، سریع‌تر است و همچنین به دلیل تمرکز انرژی سیستم مایکروویو فقط ۲۰ تا ۳۵ درصد نسبت به سایر روش‌های خشک کردن، نیاز به فضا دارد [۱۰]. در یک پژوهش، میزان انرژی فعال‌سازی برای محصولات مختلف کشاورزی بین $110 - 127 \text{ kJ/mol}$ گزارش شده است [۱۱]. در تحقیقی، تأثیر ضخامت فوم روی پارامترهای خشک کردن فوم پالپ چغندر قند در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد با غلظت آلومین ۲ درصد، بررسی شد و نشان داد که با افزایش ضخامت فوم، نرخ خشک کردن، دانسیته توده‌ای، دانسیته ضربه‌ای و میزان قرمزی پودرها کاهش و در مقابل ضریب انتشار رطوبت افزایش یافت [۱۲].

با توجه به موارد بیان شده، هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر ضخامت و شکل لایه‌های هویج، بر مدت زمان خشک شدن و نفوذ رطوبتی مؤثر در یک خشک‌کن مایکروویو در سطوح مختلف از توان می‌باشد.

روش‌شناسی

به منظور انجام آزمایش‌ها، هویج‌هایی خریداری و در یخچال با دمای 4°C تا زمان انجام آزمایش‌ها نگهداری شدند تا شرایط رطوبتی آنها حفظ شود. نمونه‌های هویج پس از شستشو با آب، توسط کولیس ضخامت‌های $2/5$ و 5 میلی‌متر از سطح آن، علامت‌گذاری شدند. سپس با چاقو برش زده شدند. میزان رطوبت اولیه، نمونه‌های هویج به روش استاندارد (دمای $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ به مدت ۴ ساعت) آون ۸۸ w.b درصد اندازه‌گیری شد [۱۳].

برای آزمایش‌ها از دستگاه آون مایکروویو (M945-Sumsung) استفاده شد. نمونه‌ها با دو ضخامت $2/5$ و 5 میلی‌متر در آون مایکروویو (M945-Sumsung) در چهار سطح توانی ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ وات خشک شدند. وزن نمونه‌ها

هر ۳۰ ثانیه تا رسیدن به رطوبت نهایی توسط ترازوی دیجیتال (GF600-Japan) با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. نحوه قرار گرفتن نمونه‌ها در داخل آون‌مایکروویو بسیار مهم است؛ چون حداکثر انرژی مایکروویو در مرکز آون جذب می‌شود. به همین دلیل، نمونه‌ها نسبت به مرکز آون به صورت متقارن چیده شده و بعد از هر بار وزن کردن، نمونه‌ها مجدداً در مکان قبلی خود قرار داده می‌شدند تا زاویه تابش ثابت بماند.

نسبت رطوبت با توجه به رطوبت اولیه، رطوبت تعادلی و رطوبت توده در هر لحظه طی خشک شدن به وسیله رابطه (۱) محاسبه می‌گردد:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

در رابطه (۱)، MR: نسبت رطوبت، M_t : رطوبت توده در لحظه جاری بر پایه خشک، M_e : رطوبت تعادلی، و M_0 : رطوبت اولیه توده محصول است. طرف چپ معادله، نسبت رطوبت که مشخص‌کننده فرایند خشک کردن است را نشان می‌دهد. براساس پژوهش‌های انجام شده، در محصولاتی که دارای رطوبت زیاد هستند معادله (۱) به صورت معادله (۲) ساده می‌گردد [۱۴].

$$MR = \frac{M_t}{M_0} \quad (2)$$

در نتیجه، برای محاسبه نسبت رطوبت، نیازی به اندازه‌گیری رطوبت تعادلی نیست. مدل انتشار، برای تجزیه و تحلیل فرایند خشک شدن با نرخ نزولی، استفاده می‌شود؛ بنابراین با استفاده از قانون دوم فیک خواهیم داشت [۱۵]:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \nabla^2 (D_{eff} M) \quad (3)$$

که در آن ∇^2 مشتق دوم و D_{eff} نفوذ رطوبت مؤثر بر حسب (m^2/s) می‌باشد.

برای حل معادله (۳) فرض‌های ساده‌کننده زیر در نظر گرفته شد:

الف: در شرایط مورد مطالعه برای خشک کردن لایه‌ها ضریب نفوذ مؤثر، مستقل از رطوبت محصول است و تابعیت دمایی آن از طریق رابطه آرنیوس بیان گردید.

ب: رطوبت و فشار هوا در طول فرایند خشک شدن برای همه لایه‌های محصول، یکنواخت فرض شد.

پ: انتقال رطوبت از مرکز به سطح لایه‌های محصول در فاز نزولی آهنگ خشک کردن بود و به طور عمده از طریق انتشار مولکولی صورت گرفت.

با توجه به فرض‌ها، حل معادله (۳) به صورت معادله (۴) ارائه شد:

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)} \exp \left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{eff} t}{4L^2} \right) \quad (4)$$

که در آن، D_{eff} نفوذ رطوبت مؤثر (m^2/s) و t زمان خشک شدن بر حسب ثانیه و L نصف ضخامت لایه هویج بر حسب متر می‌باشد.

برای زمان طولانی جمله اول معادله (۴) در نظر گرفته شده است. شکل لگاریتمی این معادله را می‌توان به فرم معادله (۵) نوشت.

$$\ln MR = \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \right) - \left(\frac{\pi^2 D_{eff} t}{4L^2} \right) \quad (5)$$

نمودار $\ln MR$ بر حسب زمان خشک شدن یک خط راست با شیب (K) است که بر اساس آن، مقدار نفوذ رطوبتی مؤثر، محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2} \quad (۶)$$

از آنجایی که اندازه‌گیری دما به طور دقیق در داخل یک خشک‌کن مایکروویو امکان‌پذیر نمی‌باشد، معادله آرنیوس برای اندازه‌گیری انرژی فعال‌سازی، به صورت معادله (V) اصلاح گردید [۱۶]:

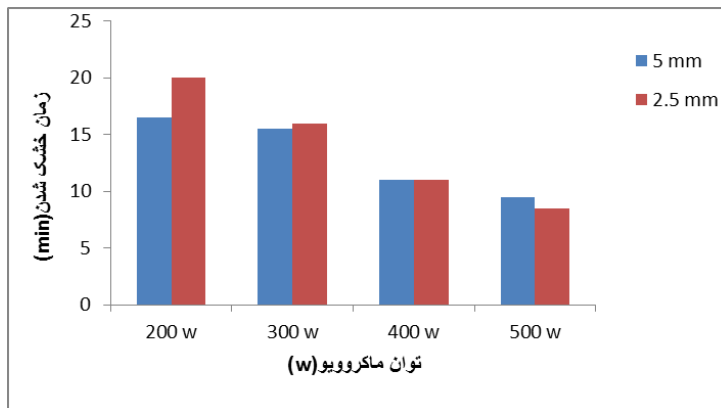
$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a m}{P}\right) \quad (۷)$$

که در آن، P توان مایکروویو (W)، m جرم نمونه (g)، E_a انرژی فعال‌سازی (W/g) و D_0 ضریب نفوذ رطوبتی مؤثر (m^2/s) می‌باشد.

داده‌های اندازه‌گیری شده آزمایش‌ها به نرم‌افزار SPSS منتقل شدند و تحلیل آماری آنها با روش آزمایش فاکتوریل در قالب طرح به طور کامل تصادفی انجام گردید. تحلیل آماری آزمایش‌ها نشان داد که تغییر توان مایکروویو و ضخامت لایه‌های هویج، بر زمان خشک شدن و نفوذ رطوبت مؤثر، تأثیر معناداری دارد.

یافته‌ها

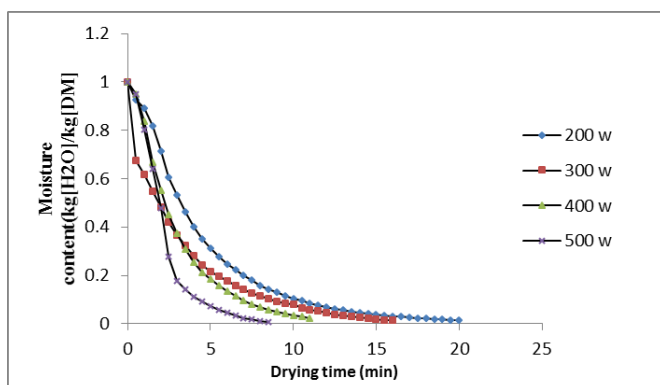
تحلیل داده‌های آزمایش در نمودارهای مربوطه، استخراج و نشان داده شده است. شکل (۱) زمان کلی خشک شدن در مقابل توان خروجی مایکروویو برای نمونه‌ها با ضخامت ۲/۵ و ۵ میلی‌متر را نشان می‌دهد. کمترین زمان خشک کردن در نمونه‌ها با ضخامت ۲/۵ میلی‌متر در توان ۵۰۰ وات حدود ۷ دقیقه و کمترین زمان خشک کردن برای نمونه‌ها با ضخامت ۵ میلی‌متر در توان ۵۰۰ حدود ۸ دقیقه محاسبه گردید. همچنین بیشترین زمان مورد نیاز برای خشک کردن نمونه‌ها با ضخامت ۲/۵ میلی‌متر در توان ۲۰۰ وات حدود ۲۰ دقیقه و بیشترین زمان مورد نیاز برای خشک کردن نمونه‌ها با ضخامت ۵ میلی‌متر در توان ۲۰۰ وات حدود ۱۷ دقیقه است. در توان پایین‌تر مدت زمان خشک شدن بیشتر می‌باشد. با افزایش توان از ۲۰۰ به ۵۰۰ وات، زمان خشک شدن برای نمونه با ضخامت ۲/۵ میلی‌متر ۵/۷٪ و برای نمونه با ضخامت ۵ میلی‌متر ۴/۴ درصد کاهش یافت. نتایج این بخش از تحقیق، در توافقی با نتایج تحقیق وانگ و شنگ می‌باشد [۴]. همچنین نتایج تحقیقات در منبع دیگری نشان داد که استفاده از مایکروویو سبب افزایش سرعت خشک شدن مواد غذایی در حجم کمتر خواهد شد [۱۰].



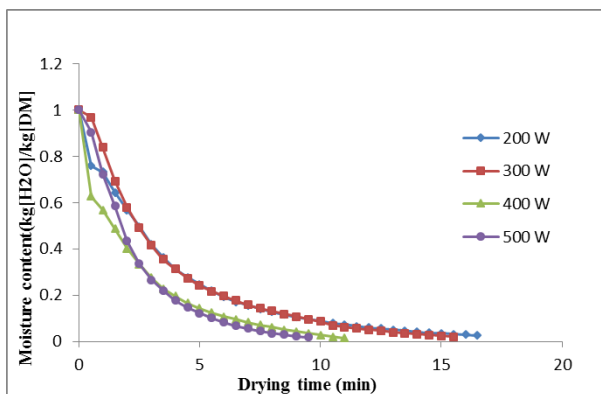
شکل ۱. تغییرات زمان خشک شدن در سطوح مختلف از توان مایکروویو

شکل‌های ۲ و ۳، منحنی‌های روند خشک شدن هویج را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل‌ها دیده می‌شود افزایش توان خروجی مایکروویو، رطوبت نسبی محصول را سریع‌تر کاهش می‌دهد؛ زیرا این گونه به نظر می‌رسد که با افزایش توان خروجی از مایکروویو دمای درون محفظه و شدت پرتوهای مایکروویو با نرخ بیشتری افزایش می‌یابد و باعث کاهش میزان رطوبت نمونه در زمان کمتر می‌گردد. به عبارت دیگر، توان بالاتر باعث انتقال بیشتر جرم و حرارت می‌شود و کاهش رطوبت شدیدتر می‌گردد. کاربرد مایکروویو سرعت جذب آب را افزایش می‌دهد که علت آن، افزایش خلل و خرج در طول مرحله انرژی مایکروویو در خشک کردن است. بخش‌های میانی نمونه‌ها به سرعت به حرارت تبدیل می‌شود و این مسئله، ایجاد یک فشار درونی را در پی دارد که به طور عمده‌ای بر نمونه‌ها تأثیر می‌گذارد و در نهایت، منجر به ایجاد بافت پف کرده سلولی در طول تیمار مایکروویو می‌شود. اما دیواره سلولی نمی‌تواند تغییر حجم ایجاد شده را نگه دارد و در نهایت، ساختار سلولی به حالت ابتدایی نزدیک می‌شود ولی به هر حال در مقایسه با خشک کردن با هوای داغ ساختار نمونه‌های خشک شده توسط مایکروویو دارای خلل و فرج بیشتری است.

در شروع روند خشک شدن، رطوبت اولیه نمونه‌های هویج زیاد و آهنگ از دست دادن رطوبت زیاد است، به تدریج و با گذشت زمان، میزان رطوبت محصول کمتر شده و آهنگ کاهش رطوبت، به طور طبیعی کاهش می‌یابد. محصول، بیشتر، رطوبت خود را در لحظات اولیه خشک شدن از دست می‌دهد و در نتیجه، زمان زیادی برای از دست دادن رطوبت باقی مانده، لازم است.



شکل ۲. تغییرات نسبت رطوبت در زمان خشک شدن برای نمونه‌های هویج با ضخامت ۲/۵ میلی متر



شکل ۳. تغییرات نسبت رطوبت در زمان خشک شدن برای نمونه‌های هویج با ضخامت ۵ میلی متر

جدول ۱. تغییرات نفوذ رطوبت مؤثر در سطوح مختلف توانی برای نمونه‌های هویج

مقدار نفوذ رطوبتی مؤثر (m^2/s)		سطح توان (W)
ضخامت ۵ (mm)	ضخامت ۲/۵ (mm)	
5.37E-07	1.35E-07	۲۰۰
6.16E-07	1.36E-07	۳۰۰
8.57E-07	2.19E-07	۴۰۰
1.06E-06	3.16E-07	۵۰۰

مقدار نفوذ رطوبتی مؤثر در جدول ۱ برای هر دو نمونه ارائه شده است. مطابق با این جدول نفوذ رطوبتی برای نمونه‌های با ضخامت‌های ۲/۵ و ۵ میلی‌متر به ترتیب از $1/35 \times 10^{-7} m^2/s$ تا $3/16 \times 10^{-7} m^2/s$ و $5/37 \times 10^{-7} m^2/s$ تا $1/06 \times 10^{-6} m^2/s$ تغییر می‌کند. مقدار نفوذ رطوبتی مؤثر برای نمونه با ضخامت ۵ میلی‌متر در توان‌های ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ وات بیشتر از نمونه با ضخامت ۲/۵ میلی‌متر است. با افزایش توان ورودی مایکروویو، مقدار نفوذ رطوبتی مؤثر نمونه با ضخامت ۵ میلی‌متر، بیشتر از نمونه با ضخامت ۲/۵ میلی‌متر می‌باشد. علت این امر ممکن است به دلیل اختلاف در ضخامت نمونه‌ها باشد. مطابق با جدول ۱ برای خشک‌کن مایکروویو می‌توان دریافت که با افزایش توان خشک‌کن مایکروویو، ضریب نفوذ رطوبتی مؤثر نیز افزایش می‌یابد. به طور کلی، نتایج این تحقیق، با تحقیقی که به منظور خشک کردن برگ کرفس انجام شد نیز یکسان بوده است [۸].

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله، سینتیک خشک کردن لایه‌های نازک هویج با ضخامت‌های ۲/۵ و ۵ میلی‌متر در آون مایکروویو، بررسی و تحلیل شد. بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که در هر مرحله از آزمایش، با افزایش توان مایکروویو، زمان خشک شدن لایه‌های هویج، کاهش یافت. تحلیل آزمایش‌ها حاکی از آن بود که با افزایش توان مایکروویو، میزان نفوذ پرتوهای مایکروویو افزایش یافت و در نتیجه، آهنگ سرعت خشک شدن لایه‌های هویج، افزایش یافت. همچنین در این پژوهش، با افزایش ضخامت نمونه‌ها میزان نفوذ رطوبتی در آنها افزایش یافت. بنابراین از این روش می‌توان به عنوان یکی از روش‌های بهینه خشک کردن مواد غذایی استفاده کرد که سبب کاهش زمان فرایند خشک کردن محصول و افزایش راندمان این فرایند خواهد شد.

References

- [1] Maskan, M. (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of Food Engineering*, 44(2), 71-78. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00167-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00167-3)
- [2] Koç, B., Eren, İ., & Kaymak Ertekin, F. (2008). Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. *Journal of Food Engineering*, 85(3), 340-349. <https://doi.org/10.1016/j.foodeng.2007.07.030>
- [3] Zirjani, L., & Tavakoli Pour, H. (2010). Study of the possibility of banana leaf production by combined method of hot air drying and microwave. *Iranian Food Science and Technology Research*, 6(1), 73-86. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=118535>
- [4] Wang, J., & Sheng, K. (2006). Far-infrared and microwave drying of peach. *LWT - Food Science and Technology*, 39(3), 247-255. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.02.001>
- [5] Doymaz, İ., Tugrul, N., & Pala, M. (2006). Drying characteristics of dill and parsley leaves. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 559-565. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.070>

- [6] Pereira, N. R., Marsaioli, A., & Ahmé, L. M. (2007). Effect of microwave power, air velocity and temperature on the final drying of osmotically dehydrated bananas. *Journal of Food Engineering*, 81(1), 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.09.025>
- [7] Soysal, Y., Öztekin, S., & Eren, Ö. (2006). Microwave Drying of Parsley: Modelling, Kinetics, and Energy Aspects. *Biosystems Engineering*, 93(4), 403-413. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2006.01.017>
- [8] Kouchakzadeh, A & ,Shabani, N. (2014, January 29-31). *Kinetics of drying celery leaves with microwave waves*. 8th National Congress of Agricultural Machinery Engineering (Biosystems) and Mechanization of Iran, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Khorasan Razavi, Iran. <https://civilica.com/doc/284448>
- [9] Tavakolipour, H. (2018, October). *Principles of drying food and agricultural products*. Abiz Publishing. <https://www.adinehbook.com/gp/product/9649700410>
- [10] Crank, J. (1979). *The Mathematics of Diffusion*. Clarendon Press. <https://books.google.com/books?id=eHANhZwVouYC>
- [11] Amiri Chayjan, R., Amiri Parian, J., & Esna-Ashari, M. (2011). Modeling of moisture diffusivity, activation energy and specific energy consumption of high moisture corn in a fixed and fluidized bed convective dryer. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(1), 28-40. <https://doi.org/10.5424/sjar/20110901-077-10>
- [12] Bahriye, G., Dadashi, S., Dehghannya, J., & Ghaffari, H. (2020). Study of the foam thickness effect on the effective moisture diffusion coefficient and drying kinetics of red beetroot by foam-mat method and evaluation the qualitative and functional characteristics of product. *Journal of food science and technology(Iran)*, 16(96), 53-64. <https://doi.org/10.29252/fsct.16.96.53>
- [13] Jahanbakhshi, A., Abbaspour-Gilandeh, Y., & Gundoshmian, T. M. (2018). Determination of physical and mechanical properties of carrot in order to reduce waste during harvesting and post-harvesting. *Food Science & Nutrition*, 6(7), 1898-1903. <https://doi.org/10.1002/fsn3.760>
- [14] Diamante, L. M., & Munro, P. A. (1993). Mathematical modelling of the thin layer solar drying of sweet potato slices. *Solar Energy*, 51(4), 271-276. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(93\)90122-5](https://doi.org/10.1016/0038-092X(93)90122-5)
- [15] Özbek, B., & Dadali, G. (2007). Thin-layer drying characteristics and modelling of mint leaves undergoing microwave treatment. *Journal of Food Engineering*, 83(4), 541-549. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.004>
- [16] Askari, G. R., Emam-Djomeh, Z., & Mousavi, S. M. (2006). Effects of Combined Coating and Microwave Assisted Hot-air Drying on the Texture, Microstructure and Rehydration Characteristics of Apple Slices. *Food Science and Technology International*, 12(1), 39-46. <https://doi.org/10.1177/1082013206062480>



The Effect of Solvent Type, Time and Extraction Method on the Chemical Compositions and Antioxidant Activity of Eggplant Peel Extract

Shima Kaveh¹, Alireza Sadeghi Mahoonak^{2*} , Khashayar Sarabandi³

¹PhD Candidate of Food Chemistry, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

²Professor, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

³PhD Candidate of Food Chemistry, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 02.09.2020

Revised: 07.29.2020

Accepted: 09.02.2020

Keyword:

Anthocyanin

Eggplant peel

Ultrasound

Antioxidant activity

*Corresponding Author:

Alireza Sadeghi Mahoonak

Email: sadeghiaz@yahoo.com

ABSTRACT

Antioxidants are compounds that protect the body against free radical damages. Eggplants are one of the most common vegetables consumed all around the world, containing large amounts of bioactive compounds with medicinal properties. The aim of this study was to investigate the effect of solvent type (80% ethanol and 80% methanol and water), extraction method (ultrasonic bath and soaking) and extraction time (20, 60 and 80 minutes) on the amount of phenolic, flavonoids and anthocyanin compounds and DPPH radical scavenging activity, Fe reducing power and total antioxidant capacity of eggplant peel extracts. The results showed that 80% ethanol was the best solvent for extraction of phenolic compounds (86.87 mg gallic acid/g), whereas the maximum flavonoids content (18.23 mg rutin/g) was extracted using 80% methanol. The anthocyanin content of the extracts varied in the range of 0.8-4.33 (mg cyanidine/g), and the use of ultrasound significantly increased the anthocyanin extraction. The DPPH radical scavenging activity and Fe reducing power of the ultrasound extracts were more than the extracts obtained from soaking method. The maximum DPPH radical scavenging activity (51.96%) and Fe reducing power (2.46, absorption at 700 nm) were related to aqueous and methanol extracts, respectively and derived from ultrasonic bath method and extraction time of 80 minutes. The maximum total antioxidant capacity (2.23 and 2.27, absorption at 695 nm) was related to methanolic extracts obtained from ultrasonic bath and extraction time of 60 and 80 minutes. As a result, utilization of ultrasound is a useful method for extraction of bioactive compounds present in eggplant peel. In addition, the obtained natural antioxidant compounds can be used in food formulations as alternatives to synthetic antioxidants and functional foods.





دانشگاه علمی و حرفه‌ای
کارافن

کارافن

فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای

تابستان ۱۳۹۹، دوره ۱۷، شماره ۲، ۱۵۰-۱۳۵

آدرس نشریه: <https://karafan.tvu.ac.ir/>

doi:10.48301/KSSA.2021.119226

20.1001.1.23829796.1399.17.2.11.5



شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰

شاپای چاپی: ۳۳۸۲-۹۷۹۶

مقاله پژوهشی

تأثیر نوع حلال، زمان و روش استخراج بر ترکیبات شیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره پوست بادمجان

شیمیا کاوه^۱، علیرضا صادقی ماهونک^{۲*}، خشایار سرابندی^۳

- ۱- دانشجوی دکتری شیمی مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
- ۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
- ۳- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

آنتی‌اکسیدان‌ها، ترکیباتی هستند که از بدن در برابر آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کنند. بادمجان، از رایج‌ترین سبزیجات مورد استفاده در سراسر جهان است که حاوی مقدار زیادی ترکیبات زیست‌فعال با خواص دارویی می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر نوع حلال (اتانول ۸۰٪ و آب)، روش استخراج (حمام فراصوت و غرقابی) و زمان استخراج (۲۰، ۶۰ و ۸۰ دقیقه) بر میزان ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی، آنتوسیانینی و قدرت مهار رادیکال DPPH، احیاءکنندگی آهن و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره‌های پوست بادمجان بود. نتایج نشان داد که اتانول ۸۰٪ بهترین حلال برای استخراج ترکیبات فنولی (۸۶/۸۷ میلی گرم اسیدگالیک بر گرم ماده جامد) بود، درحالی‌که بیشترین میزان ترکیبات فلاونوئیدی (۱۸/۲۳ میلی گرم روتین بر گرم ماده جامد) با استفاده از متانول ۸۰٪ استخراج شد. محتوای آنتوسیانینی عصاره‌ها در محدوده ۴/۳۳-۰/۸ (میلی گرم سیانیدین در بر گرم ماده جامد) متغیر بود. استفاده از فراصوت به‌میزان قابل ملاحظه‌ای، منجر به افزایش استخراج ترکیبات آنتوسیانینی گردید. در بین تیمارهای مختلف بیشترین میزان فعالیت مهار رادیکال DPPH (۵۱/۹۶) و قدرت احیاءکنندگی (۲/۴۶)، جذب در ۷۰۰ نانومتر)، به‌ترتیب مربوط به عصاره‌های آبی و متانولی حاصل از روش حمام فراصوت و مدت زمان استخراج ۸۰ دقیقه بود. بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (۲/۲۳ و ۲/۲۷)، جذب در ۶۹۵ نانومتر) مربوط به عصاره‌های متانولی استخراج شده با فراصوت در زمان‌های ۶۰ و ۸۰ دقیقه بود. در نتیجه استفاده از فراصوت راهکاری مفید در جهت استخراج ترکیبات زیست‌فعال موجود در پوست بادمجان می‌باشد و می‌توان از ترکیبات آنتی‌اکسیدان طبیعی حاصل در فرمولاسیون‌های غذایی به‌عنوان جایگزین آنتی‌اکسیدان‌های سنتتزی و تولید غذاهای فراسودمند استفاده کرد.

دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۲۰

بازنگری مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۰۸

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۰۱

کلید واژگان:

آنتوسیانین
پوست بادمجان
فراصوت
فعالیت آنتی‌اکسیدانی

*نویسنده مسئول: علیرضا صادقی ماهونک

پست الکترونیکی:

sadeghiaz@yahoo.com



© 2020 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

مقدمه

در بافت‌های بدن، رادیکال‌های آزاد به‌طور مداوم به‌عنوان محصولات جانبی متابولیسم‌های اکسیداتیو تولید می‌شوند. تجمع آن‌ها و نبود آنتی‌اکسیدان‌های درون سلولی منجر به وقوع تنش اکسیداتیو و بیماری‌های گوناگونی مانند دیابت، سرطان، آلزایمر، پارکینسون و اختلالات قلبی-عروقی می‌گردد [۱]. اکسیداسیون لیپیدها از مهم‌ترین نگرانی‌های صنعت مواد غذایی نیز هستند؛ زیرا منجر به ایجاد عطر و طعم نامطلوب، رنگ تیره و ترکیبات سمی در مواد غذایی می‌گردد [۲]. بنابراین برای جلوگیری از این اثرات در مواد غذایی و حفاظت از بدن در برابر این بیماری‌ها، جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها و تشکیل رادیکال‌های آزاد فرایندی حائز اهمیت می‌باشد. ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، از اجزای موجود در مواد غذایی هستند که با جلوگیری از پیشرفت واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداسیون یا به دام‌اندازی رادیکال‌های آزاد می‌توانند از اکسیداسیون لیپیدها جلوگیری کنند یا منجر به تأخیر این فرایند گردند [۳]. در صنعت غذا، از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی مانند BHA و BHT جهت جلوگیری از اکسیداسیون استفاده می‌شود اگرچه این آنتی‌اکسیدان‌ها در مقایسه با آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی قدرت بیشتری دارند اما از نظر ایمنی و سلامتی آن‌ها نگرانی‌هایی وجود دارد، این امر منجر به افزایش توجه محققان به شناسایی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی برای استفاده در مواد غذایی و دارویی گشته است [۴]. مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده است که مصرف میوه‌ها و سبزیجات به دلیل داشتن ترکیبات متنوع آنتی-اکسیدانی از جمله ترکیبات فنولی، اثرات مثبتی در جلوگیری از بروز بیماری‌های مزمن دارند [۵]. ترکیبات فنولی، آنتی‌اکسیدان‌هایی که به‌عنوان عوامل احیاءکننده، دهنده هیدروژن، خاموش‌کننده اکسیژن یگانه و شلاته‌کننده فلزات عمل کنند [۶]. روش‌های متعددی برای استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از گیاهان وجود دارد. از مهم‌ترین این روش‌ها می‌توان به استخراج با سوکسله، غرقابی، استخراج با مایع فوق بحرانی، استخراج با استفاده از مایکروویو و استخراج با امواج فراصوت اشاره نمود. استفاده از امواج فراصوت یکی از روش‌های نوین استخراج ترکیبات فنولی و سایر ترکیبات ارزشمند از مواد غذایی در مقیاس صنعتی و آزمایشگاهی می‌باشد که در مقایسه با سایر روش‌های استخراج مانند استفاده از مایکروویو، ارزان‌تر و ساده‌تر می‌باشد [۷]. امواج فراصوت از طریق ایجاد تخلخل در دیواره بافت و بهبود انتشار و انتقال جرم، منجر به تسهیل و تسریع نفوذ حلال به بافت و همچنین خروج ترکیبات زیست‌فعال می‌گردند [۸]. اگرچه میزان بازده استخراج و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات زیست‌فعال استخراج شده نه تنها به روش استخراج، بلکه به حلال مورد استفاده در جهت استخراج نیز بستگی دارد [۹]. معمولاً از حلال‌های قطبی به‌منظور استخراج ترکیبات پلی‌فنولی از ماتریکس‌های گیاهی استفاده می‌شود. مناسب‌ترین نوع حلال‌ها برای فرایند استخراج مخلوطی آبی حاوی اتانول، متانول، استون و اتیل استات می‌باشد. اتانول حلالی مناسب برای استخراج ترکیبات پلی‌فنولی می‌باشد که برای مصارف انسانی ایمن است. مطالعات نشان داده است که استفاده از متانول منجر به افزایش بازده در جهت استخراج ترکیبات پلی‌فنولی با وزن مولکولی کم می‌گردد در حالی که استون حلالی مناسب برای استخراج فلاوانول‌هایی با وزن مولکولی بیشتر می‌باشد [۹].

بادمجان، با نام علمی *Solanum melongena*، گیاهی یک ساله، بومی مناطق گرمسیری و دارای ساقه نسبتاً ضخیم و پوشیده از کرک است که ارتفاع آن تا ۷۰ سانتیمتر می‌رسد و در سراسر جهان از آن برای پخت غذاهای متنوع استفاده می‌شود. بادمجان علاوه بر داشتن ویتامین‌ها و مواد معدنی گوناگون دارای ترکیبات فنولی و اسید آسکوربیک می‌باشد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی دارند. مطالعات نشان داده است که عصاره بادمجان، مانع از تصلب شرائین می‌گردد، همچنین می‌تواند با ممانعت از رشد عروق خونی، از پیشرفت تومور جلوگیری کند [۱۰].

پژوهش‌های مختلفی در رابطه با تأثیر نوع حلال و روش استخراج بر میزان استخراج ترکیبات زیست‌فعال عصاره‌های گیاهی انجام شده است؛ از جمله وانگ و هلی ول [۱۱]، گزارش کردند که استفاده از اتانول در مقایسه با متانول یا استون، منجر به افزایش بازده استخراج ترکیبات فنولی عصاره چای گردید، در حالی که در پژوهش هایونی و همکاران [۱۲]، آب در مقایسه با اتانول و متانول برای استخراج کاتچین چای، به‌عنوان حلال مناسب و کارا گزارش شد. چکین و همکاران

[۱۳] و سردرودیان و همکاران [۱۴]، به ترتیب با استخراج ترکیبات فنولی چای سبز و سیاه و سنجد گزارش کردند که استفاده از امواج فراصوت به میزان قابل توجهی، منجر به افزایش میزان استخراج ترکیبات فنولی گردید. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر و کارایی روش‌های مختلف استخراج (فراصوت و غرقابی) و زمان استخراج (۲۰، ۶۰ و ۸۰ دقیقه) بر میزان ترکیب‌های فنولی، فلاونوئیدی، آنتوسیانینی و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره حاصل از پوست بادمجان با استفاده از سه حلال اتانول ۸۰٪، متانول ۸۰٪ و آب بود.

روش‌شناسی

مواد شیمیایی مورد استفاده

اتانول، متانول، آب، معرف فولین-سیوکالتو^۱، کربنات سدیم، آلومینیوم کلرید، بافر فسفات، بافر پتاسیم کلرید، بافر سدیم استات، پتاسیم فری سیانید، تری کلرو استیک اسید، کلرید آهن، تری سدیم فسفات، اسید سولفوریک، آمونیوم مولیبدات، DPPH^۲، روتین، اسید گالیک از شرکت مرک و بادمجان از مزرعه گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شد.

آماده‌سازی نمونه

پس از شستشو و خشک کردن بادمجان‌ها، فرایند پوست‌گیری به صورت دستی انجام شد. سپس پوست‌ها در سایه و به مدت ۲ روز در دمای محیط خشک شدند. نمونه‌های خشک شده با آسیاب آزمایشگاهی پودر شده و از الک با مش ۴۰ عبور داده شدند. در مرحله بعد، پودرها در ظروف شیشه‌ای تیره در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

استخراج به کمک حمام فراصوت

پودرهای پوست بادمجان به نسبت ۱ به ۱۰ با حلال‌های آب، متانول ۸۰ درصد و اتانول ۸۰ درصد مخلوط شدند. سپس مخلوط‌های حاصل به مدت ۴۰، ۶۰ و ۸۰ دقیقه در حمام فراصوت (فرکانس ۳۴ کیلوهرتز) قرار گرفتند. سپس عصاره‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ از مواد جامد گیاهی جدا گردید. عصاره‌ها تا زمان انجام آزمایش در دمای یخچال و در ظروف تیره نگهداری شدند [۱۵].

استخراج به روش غرقابی

پودرهای پوست بادمجان به نسبت ۱ به ۱۰ با حلال‌های آب، اتانول ۸۰ درصد و متانول ۸۰ درصد مخلوط و در بن‌ماری با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۰، ۶۰ و ۸۰ دقیقه قرار گرفتند. سپس عصاره‌ها با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ فیلتر شدند. عصاره‌ها تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای یخچال و در ظروف تیره نگهداری شدند [۱۵].

اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنولی کل

میزان کل ترکیبات فنولی با استفاده از روش فولین سیوکالتو، اندازه‌گیری شد. به طور خلاصه ۲۰ میکرولیتر از محلول عصاره با ۱/۱۶ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتو مخلوط شد. پس از گذشت ۸ دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر از محلول کربنات سدیم (۲۰ درصد) به آنها افزوده شد. لوله‌های آزمایش به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس جذب آن‌ها در ۷۶۰ نانومتر خوانده شد. جهت رسم منحنی استاندارد از اسیدگالیک استفاده شد. نتایج بر حسب میلی گرم اسید گالیک بر گرم ماده جامد عصاره بیان شد [۱۶].

^۱ Folin-Ciocalteu

^۲ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

اندازه‌گیری ترکیبات فلاونوئیدی

برای اندازه‌گیری ترکیبات فلاونوئیدی به طور خلاصه ۱ میلی‌لیتر از عصاره با ۱ میلی‌لیتر از محلول ۲ درصد کلرید آلومینیوم مخلوط شدند و نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. سپس جذب نمونه‌ها در ۴۱۵ نانومتر خوانده شد. از محلول استاندارد روتین برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد. مقدار فلاونوئید نمونه‌ها بر حسب میلی گرم روتین بر گرم ماده جامد عصاره بیان شد [۱۷].

اندازه‌گیری ترکیبات آنتوسیانینی تام

برای اندازه‌گیری میزان ترکیبات آنتوسیانینی از دو سیستم بافر (بافر پتاسیم کلرید (۰/۰۲۵ مولار) pH=۱ و بافر سدیم استات (۰/۴ مولار) pH=۴/۵) استفاده شد. ۴۰۰ میکرولیتر از هر عصاره به‌طور جداگانه با هریک از بافرها مخلوط و جذب آنها در دو طول موج ۴۱۰ و ۷۰۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر (T80- ساخت انگلستان) خوانده شد. نتایج بر حسب میلی گرم سیانیدین ۳-گلیکوزید بر گرم ماده جامد عصاره و بر اساس فرمول ۱ محاسبه گردید [۱۸].

$$(1) \quad \text{غلظت رنگدانه آنتوسیانین} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times 1}$$

در این فرمول، A، MW، DF و ϵ به ترتیب مقدار جذب، وزن مولکولی سیانیدین، فاکتور رقت و ضریب مولی سیانیدین را نشان می‌دهد. مقدار جذب با استفاده از فرمول ۲ محاسبه گردید.

$$(2) \quad A = (A_{510} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\ 4.5}$$

فعالیت مهار رادیکال DPPH

به منظور اندازه‌گیری فعالیت مهار رادیکال DPPH، ۱ میلی‌لیتر از محلول اتانولی DPPH (با غلظت ۱ میلی‌مولار) به ۳ میلی‌لیتر محلول عصاره اضافه شد. لوله‌های آزمایش به مدت ۳۰ دقیقه در محل تاریک قرار گرفتند. سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ خوانده شد. در نمونه کنترل عصاره با ۳ میلی‌لیتر اتانول مخلوط شد. در نهایت درصد مهار رادیکال DPPH با استفاده از فرمول ۳ محاسبه گردید [۱۹].

$$(3) \quad \text{مهار رادیکال DPPH (\%)} = \frac{\text{جذب نمونه} - \text{جذب کنترل}}{\text{جذب کنترل}}$$

قدرت احیاءکنندگی آهن

برای ارزیابی قدرت احیاءکنندگی عصاره‌ها، ۱ میلی‌لیتر از محلول عصاره با ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات (pH=۶/۶) و ۰/۲ (M) و ۲/۵ میلی‌لیتر پتاسیم فری سیانید (۱۰ گرم در لیتر) مخلوط شد و به مدت نیم ساعت در حمام آب ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس ۲/۵ میلی‌لیتر تری کلرو استیک اسید ۱۰ درصد (وزنی: حجمی) به نمونه‌ها اضافه شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه سانتیریفوژ شدند. از محلول رویی ۲/۵ میلی‌لیتر برداشته و پس از افزودن ۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر کلرید آهن (۱ گرم در لیتر) جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۰۰ نانومتر خوانده شد [۲۰].

ظرفیت آنتی اکسیدانی کل

برای ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره با ۱ میلی‌لیتر از معرف (اسیدسولفوریک ۰/۶ مولار، فسفات سدیم ۲۸ میلی مولار و آمونیوم مولیبدات ۴ میلی مولار) در لوله اپندورف ریخته و به مدت ۹۰ دقیقه در حمام

آب ۹۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. پس از سرد شدن، جذب نمونه‌ها در ۶۹۵ نانومتر خوانده شد. از آب مقطر دوبار تقطیر به عنوان نمونه شاهد استفاده شد. جذب بیشتر، نشان‌دهنده ظرفیت آنتی اکسیدانی کل بیشتر است [۲۱].

تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، نتایج آزمون‌ها با کاربرد تجزیه واریانس یک‌طرفه و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ ارزیابی شد. کلیه آزمون‌ها در ۳ تکرار و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای بررسی معنی‌دار بودن متغیر در سطح اطمینان ۹۵ درصد و رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel 2013 انجام گرفت.

یافته‌ها

تجزیه واریانس آزمون‌های مورد بررسی بر عصاره پوست بادمجان با سطح اختلاف معنی‌دار ۵ درصد در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱. تجزیه واریانس آزمون‌های مورد بررسی بر عصاره پوست بادمجان

Sig	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات		
۰/۰۰۰	۳۸۵/۲۷۱	۱۷	۶۵۴۹/۵۹۹	بین گروه‌ها	فعالیت‌مهار رادیکال DPPH
	۲۸۵	۳۶	۱۰/۲۴۸	داخل گروه‌ها	
		۵۳	۶۵۵۹/۸۴۷	کل	
۰/۰۰۰	۱/۰۷۸	۱۷	۱۸/۳۳۴	بین گروه‌ها	قدرت احیاء‌کنندگی آهن
	۰/۰۰۲	۳۶	۰/۰۵۶	داخل گروه‌ها	
		۵۳	۱۸/۳۹۱	کل	
۰/۰۰۰	۷۹۶۴۶۴/۹۳۱	۱۷	۱/۳۵۴۷	بین گروه‌ها	میزان ترکیبات فنولی کل
	۲۸۴۱/۸۵۳	۳۶	۱۰۲۳۰۶/۷۲۳	داخل گروه‌ها	
		۵۳	۱/۳۶۴۷	کل	
۰/۰۰۰	۴۰۶۱/۹۳۷	۱۷	۶۹۰۵۲/۹۲۶	بین گروه‌ها	میزان ترکیبات فلاونوئیدی
	۱۶۱/۹۶۷	۳۶	۵۸۳۰/۸۰۸	داخل گروه‌ها	
		۵۳	۷۴۸۸۳/۷۳۴	کل	
۰/۰۰۰	۲۳۳۹/۹۶۲	۱۷	۳۹۷۷۹/۳۵۷	بین گروه‌ها	میزان ترکیبات آنتوسیانینی
	۱۱/۰۹۵	۳۶	۳۹۹/۴۲۹	داخل گروه‌ها	
		۵۳	۴۰۱۷۸/۷۸۶	کل	
۰/۰۰۰	۰/۲۹۱	۱۷	۴/۹۳۹	بین گروه‌ها	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل
	۰/۰۰۶	۳۶	۰/۲۰۸	داخل گروه‌ها	
		۵۳	۵/۱۴۶	کل	

میزان ترکیبات فنولی کل

میزان ترکیبات فنولی عصاره‌های بادمجان در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که میزان ترکیبات فنولی در عصاره‌های استخراج شده به روش فراصوت به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش غرقابی بود و در هر دو روش عصاره‌های اتانولی نسبت به عصاره‌های متانولی و آبی دارای مقدار ترکیبات فنولی بیشتری بودند. با توجه به آنالیز میانگین داده‌ها افزایش زمان استخراج به‌طور معنی‌داری، منجر به افزایش میزان ترکیبات فنولی کل گشت ($P < ۰/۰۵$)، به‌طوری که بیشترین و کم‌ترین میزان ترکیبات فنولی به‌ترتیب مربوط به عصاره اتانولی حاصل از روش فراصوت به مدت ۸۰ دقیقه (۸۶/۸۷ میلی گرم اسیدگالیک بر گرم ماده جامد) و عصاره آبی حاصل از روش غرقابی به‌مدت ۴۰ دقیقه (۱۷/۷۲ میلی گرم اسیدگالیک بر گرم ماده جامد) بود. از روش‌های مختلف و از حلال‌های گوناگون می‌توان برای استخراج

ترکیبات فنولی گیاهان استفاده کرد اما توجه به عواملی مانند هزینه، میزان دسترسی، بی خطر بودن و خصوصیات خاص برخی از ترکیبات فنولی بسیار مهم می باشد [۲۲]. حلال های مختلف درجه قطبیت متفاوتی دارند که این امر بر میزان استخراج ترکیبات فنولی، تأثیر قابل ملاحظه ای دارد. به عبارت دیگر استخراج عصاره های گیاهی با استفاده از حلال های مختلف، منجر به تفاوت شگرفی در محتوای ترکیبات فنولی کل، نوع ترکیبات استخراج شده و در نتیجه میزان آنتی اکسیدانی آن ها دارد [۲۳]. در استخراج به کمک فراصوت، پدیده حفرگی تولید شده در حلال منجر به افزایش استخراج ترکیبات فنولی می گردد که این امر تحت تأثیر ویژگی های حلال مانند فشار بخار، کشش سطحی و ویسکوزیته آن می باشد [۲۴]. در پژوهش های جونگ و همکاران [۲۵] و اخباری و همکاران [۲۶] نشان داده شد که اتانول ۷۰ درصد نسبت به آب و متانول در استخراج ترکیبات فنولی پوست بادمجان، کارایی بهتری دارد که موافق با یافته های این پژوهش است. در حالی که، مخلوف و همکاران [۲۷] با بررسی تأثیر حلال های اتانول و متانول ۷۰٪، بر میزان استخراج ترکیبات فنولی عصاره حاصل از پوست بادمجان، گزارش کردند که متانول نسبت به اتانول منجر به افزایش میزان استخراج ترکیبات فنولی شد. این تفاوت در نتایج می تواند به دلیل تفاوت در شرایط استخراج مانند غلظت ماده خشک به کار رفته، زمان و دمای مورد استفاده باشد. علاوه بر این حلالیت ترکیبات فنولی بسته به نوع حلال، درجه پلیمریزاسیون آن ها و برهمکنش آنها با سایر ترکیبات گیاهی متفاوت می باشد که این عوامل می توانند منجر به تفاوت میزان فنول استخراج شده با استفاده از حلال های متفاوت باشد [۲۸]. چکین و همکاران [۱۳] و ما و همکاران [۲۹] به ترتیب با بررسی مقدار ترکیبات فنولی موجود در عصاره های آبی چای و نارنگی به کمک امواج فراصوت، گزارش کردند که افزایش زمان استخراج با فراصوت به طور معنی داری منجر به افزایش میزان ترکیبات فنولی عصاره گردید که در تطابق با یافته های این پژوهش است. همانند نتایج این پژوهش، حسن نیا و همکاران [۳۰] و رودسامران و همکاران [۳۱] نیز به ترتیب از تأثیر مثبت استفاده از امواج فراصوت را در استخراج ترکیبات فنولی عصاره شوید و پوست لیمو گزارش دادند. فرارسا و همکاران [۳۲] نیز حلال اتانول را به عنوان بهترین حلال جهت استخراج حداکثری ترکیبات فنولی معرفی کردند و استفاده از امواج فراصوت را امری کارآمد در استخراج این ترکیبات دانستند.



شکل ۱. اثر نوع حلال، زمان و روش استخراج بر مقدار فنل کل عصاره پوست بادمجان

مقدار کل ترکیبات فلاونوئیدی

فلاونوئیدها به عنوان به دام اندازنده گونه های اکسیدکننده مانند آنیون سوپراکسید و رادیکال های هیدروکسیل و خاموش کننده اکسیژن یگانه عمل می کنند. گروه کربونیل موجود در کربن شماره ۴ و پیوند دوگانه بین کربن های شماره ۲ و ۳ منجر به فعالیت آنتی اکسیدانی بالای فلاونوئیدها می شوند [۳۳]. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، در هر دو روش استخراج افزایش زمان، به طور معنی داری منجر به افزایش میزان ترکیبات فلاونوئیدی موجود در عصاره ها

شد. بیشترین و کمترین میزان ترکیبات فلاونوئیدی به ترتیب مربوط به عصاره متانولی حاصل از فراصوت به مدت ۸۰ دقیقه (۱۸/۲۳ میلی گرم روتین بر گرم ماده جامد) و عصاره اتانولی حاصل از روش غرقابی به مدت ۴۰ دقیقه (۱۱/۰۸ میلی گرم روتین بر گرم ماده جامد) بود. مطالعات مختلف نشان داده است که هیچ یک از روش‌های رنگ‌سنجی، قادر به شناسایی همه انواع فلاونوئیدها نیست. در روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلرید، فلاون‌ها و فلاونول‌ها قادر به تشکیل کمپلکس پایدار با آلومینیوم کلرید هستند و بنابراین اندازه‌گیری می‌شوند [۳۴]. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که میزان این نوع از فلاونوئیدها در عصاره متانولی و زمان استخراج ۸۰ دقیقه و با استفاده از فراصوت بیشتر از سایر نمونه‌ها می‌باشد. همانند یافته‌های این پژوهش، سلمانیان و همکاران [۳۵]، با استخراج عصاره گیاه زولنگ گزارش کردند که میزان ترکیبات فلاونوئیدی عصاره متانولی به میزان قابل توجهی بیشتر از عصاره اتانولی بود، در حالی که ماخلوف و همکاران [۲۷]، با استخراج عصاره پوست بادمجان بیان کردند که اختلاف معنی‌داری بین محتوای ترکیبات فلاونوئیدی عصاره‌های اتانولی و متانولی وجود نداشت، که مشابه نتایج این پژوهش نیست. این امر می‌تواند به علت استفاده از غلظت‌های مختلف حلال و نوع روش استخراج باشد. سردرودیان و همکاران [۱۴] با مقایسه روش‌های فراصوت و غرقابی بر استخراج ترکیبات فلاونوئیدی گیاه سنجده تاثیر مثبت فراصوت را بر استخراج ترکیبات فلاونوئیدی گزارش کردند و بیان کردند که افزایش زمان استخراج منجر به افزایش بازده استخراج ترکیبات فلاونوئیدی گشت، آن‌ها علت این امر را افزایش فرصت لازم برای انتقال جرم طی استخراج بیان کردند.



شکل ۲. اثر نوع حلال، زمان و روش استخراج بر مقدار فلاونوئید کل عصاره پوست بادمجان

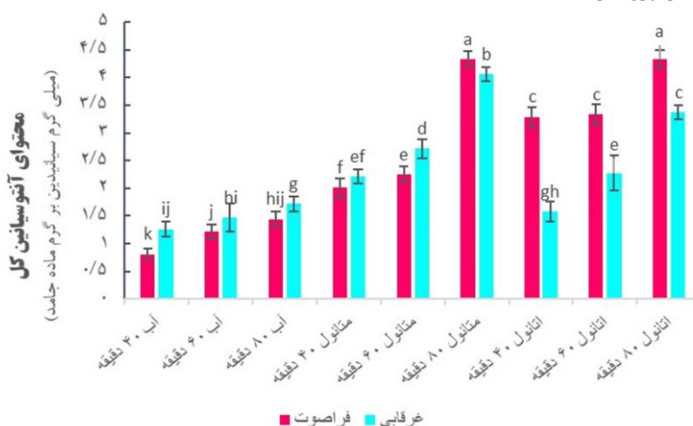
مقدار ترکیبات آنتوسیانینی تام

آنتوسیانین‌ها از ترکیبات عمده پوست بادمجان هستند که عملکردهای فیزیولوژیک متعددی مانند خواص آنتی-اکسیدانی، ضدعفونی‌کننده، ضدسرطانی و تقویت بینایی دارند، آنتوسیانین‌های عمده موجود در پوست بادمجان ناسونین^۱ و تولپانین^۲ هستند. تحقیقات نشان داده است که ناسونین نسبت به سایر ترکیبات آنتوسیانینی قدرت آنتی‌اکسیدانی بیشتری دارد [۳۶]. با توجه به شکل ۳، افزایش زمان استخراج به طور معنی‌داری، منجر به افزایش میزان ترکیبات آنتوسیانینی موجود در عصاره‌ها شد ($P < 0.05$). مقایسه حلال‌های مختلف نشان داد که استفاده از آب منجر به استخراج میزان کمتری از آنتوسیانین موجود در پوست بادمجان شد در حالی که بیشترین میزان ترکیبات آنتوسیانینی در عصاره‌های

¹ 3-(p-couma-roylrutinoside)-5-glucoside

² Delphinidin 3-rutino-side

اتانولی موجود بود. به طور کلی بیشترین و کمترین میزان ترکیبات آنتوسیانینی به ترتیب مربوط به عصاره های اتانولی و متانولی حاصل از فراصوت و زمان استخراج ۸۰ دقیقه (۴/۳۳ میلی گرم سیانیدین بر گرم ماده جامد) و عصاره آبی حاصل از روش غرقابی و زمان استخراج ۴۰ دقیقه (۰/۸ میلی گرم سیانیدین بر گرم ماده جامد) بود. مشابه این پژوهش، ماخلوف و همکاران [۲۷] با بررسی تاثیر حلال های مختلف (اتانول و متانول) بر میزان استخراج آنتوسیانین موجود در پوست بادمجان، گزارش کردند که عصاره متانولی دارای بیشترین میزان آنتوسیانین ۸۲/۸۳ (دلفینیدین ۳- گلیکوزید^۱ در ۱۰۰ گرم عصاره) بود. اخباری و همکاران [۲۶] با بررسی تاثیر حلال های مختلف بر میزان آنتوسیانین پوست بادمجان حلال اتانول را به عنوان بهترین حلال جهت استخراج حداکثری آنتوسیانین پوست بادمجان گزارش کردند که متفاوت با یافته های این پژوهش است علت این امر می تواند تفاوت در شرایط استخراج مانند دما و زمان مورد استفاده باشد. لاپورنیک و همکاران [۳۷] نیز با بررسی اثر نوع حلال و زمان استخراج بر میزان آنتوسیانین استخراج شده از تفاله انگور، گزارش کردند که استفاده از حلال های اتانول و متانول و افزایش زمان استخراج منجر به افزایش میزان آنتوسیانین موجود در عصاره شد. پدرام نیا و همکاران [۳۸]، با استخراج آنتوسیانین زرشک، تاثیر مثبت امواج فراصوت را در استخراج آنتوسیانین گزارش کردند و علت این امر را تخریب سریع بافت میوه به دلیل پدیده فرفری حاصل از فراصوت بیان کردند که در تطابق با یافته های این پژوهش است.



شکل ۳. اثر نوع حلال، زمان و روش استخراج بر مقدار آنتوسیانین کل عصاره پوست بادمجان

فعالیت مهار رادیکال DPPH

DPPH، رادیکال چربی دوستی است که ماکزیمم جذب را در ۵۱۷ نانومتر داراست و رو به رو شدن با یک ترکیب دهنده پروتون منجر به کاهش جذب می گردد. جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر بیانگر میزان DPPH باقی مانده است [۳۹]. میزان فعالیت مهار رادیکال DPPH عصاره های پوست بادمجان در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که زمان استخراج، نوع روش به کار رفته و نوع حلال، تاثیر معنی داری در مهار رادیکال آزاد دارد ($P < 0.05$). نتایج حاکی از آن بود که با افزایش زمان استخراج در هر دو روش (حمام فراصوت و غرقابی)، میزان فعالیت مهار رادیکال DPPH به طور معنی داری افزایش یافت و عصاره های حاصل از روش فراصوت توانایی بیشتری در مهار رادیکال DPPH نسبت به روش غرقابی دارا بودند. در بین حلال های مختلف بیشترین و کمترین فعالیت مهار رادیکال DPPH به ترتیب مربوط به عصاره های آبی و اتانولی بود. به طوری که بیشترین و کمترین فعالیت آنتی اکسیدانی مربوط به

¹ Delphinidin-3-glucoside

عصاره‌های آبی با زمان استخراج ۸۰ دقیقه (۵۶/۶۷ درصد) و عصاره متانولی با زمان استخراج ۴۰ دقیقه (۱۸/۸۷ درصد) بود. آزمون مهار رادیکال DPPH، فعالیت آنتی اکسیدانی فنول‌های محلول در آب را ارزیابی می‌کند، بنابراین قابلیت بیشتر در مهار رادیکال DPPH نشان از مولکول‌های آبدوست بیشتر است، در نتیجه فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری دارند. علاوه بر تعداد گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار یک مولکول آنتی اکسیدان، موقعیت گروه‌های هیدروکسیل، حضور گروه‌های عاملی دیگر مانند پیوندهای دوگانه و ترکیب گروه‌های هیدروکسیل و کتونی نقش مهمی در فعالیت آنتی اکسیدانی ترکیبات دارند. فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره‌های طبیعی مربوط به توانایی آن‌ها در دادن هیدروژن می‌باشد، در نتیجه فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد توسط آنها حاکی از این است که عصاره‌ها دارای آنتی اکسیدان‌های اولیه هستند [۲۷]. بنابراین در این پژوهش استفاده از روش حمام فراصوت و حلال آب منجر به استخراج آنتی-اکسیدان‌های اولیه بیشتری شده است. در پژوهش انجام شده توسط ماخلوف و همکاران [۲۷] و هورینکار و همکاران [۴۰] در بین عصاره‌های اتانولی، متانولی و استونی پوست بادمجان، بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی مربوط به عصاره متانولی گزارش شد که در تضاد با یافته‌های این پژوهش است، این تفاوت می‌تواند ناشی از تفاوت در گونه بادمجان، زمان و روش استخراج و غلظت حلال باشد. حسن‌نیا و همکاران [۳۰]، با بررسی روش‌های مختلف استخراج (فراصوت و مایکروویو) بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره شوید بیان کردند که بیشترین قدرت مهار رادیکال DPPH مربوط به عصاره اتانولی-آبی حاصل از روش فراصوت بود که با نتایج حاصل از این پژوهش، همخوانی دارد.



شکل ۴. اثر نوع حلال، زمان و روش استخراج بر فعالیت مهار رادیکال DPPH عصاره پوست بادمجان

قدرت احیاءکنندگی آهن

آزمون قدرت احیاءکنندگی، فعالیت آنتی اکسیدانی یک ترکیب را بر حسب توانایی آن در تبدیل یون Fe^{3+} به Fe^{2+} از طریق اهدای الکترون، ارزیابی می‌کند. ترکیبات آنتی اکسیدانی منجر به احیاء کمپلکس‌های فری سیانید و تبدیل آنها به فرم فروس می‌گردند که با توجه به توانایی احیاءکنندگی آنها رنگ محلول از زرد به سبز یا آبی تبدیل می‌شود. این ترکیب در طول موج ۷۰۰ نانومتر دارای بیشترین جذب است، بنابراین می‌توان غلظت یون‌های آهن دو ظرفیتی را با تعیین میزان جذب محلول در این طول موج ارزیابی نمود [۴۱]. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که روش استخراج و نوع حلال مورد استفاده تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر قدرت احیاءکنندگی عصاره‌های حاصل داشت. بطوریکه با استفاده از حلال‌های متانول و آب، عصاره‌های حاصل از روش حمام فراصوت دارای قدرت احیاءکنندگی بیشتری بودند. همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، افزایش زمان استخراج به‌طور قابل ملاحظه‌ای منجر به افزایش قدرت احیاءکنندگی عصاره‌های حاصل شد. در بین عصاره‌های بیشترین و کمترین میزان قدرت احیاءکنندگی به ترتیب مربوط

به عصاره متانولی حاصل از روش حمام فراصوت و با زمان استخراج ۸۰ دقیقه (۲/۴۶) و عصاره آبی حاصل از روش غرقابی و زمان استخراج ۴۰ دقیقه (۰/۴۴۱) بود. در این پژوهش بیشترین مقدار ترکیبات فنولی به ترتیب مربوط به عصاره‌های اتانولی، متانولی و آبی حاصل از روش فراصوت بود و بیشترین قدرت احیاءکنندگی به ترتیب مربوط به عصاره‌های متانولی، اتانولی و آبی حاصل از روش فراصوت بود. آرکوب و همکاران [۴۲] نیز با بررسی تاثیر حلال‌های متفاوت (استون، اتانول، متانول و آب) بر محتوای فنولی و قدرت احیاءکنندگی آهن عصاره پوست بادمجان بیان کردند که ارتباط مستقیمی بین مقدار فنول کل موجود در عصاره و قدرت احیاءکنندگی آن وجود دارد. ممکن است یک عصاره دارای مقدار ترکیبات فنولی بالایی باشد اما قدرت آنتی‌اکسیدانی پایینی داشته باشد، این امر می‌تواند به این دلیل باشد که استفاده از حلال‌های مختلف منجر به استخراج ترکیبات فنولی متفاوتی می‌گردد و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات مختلف با توجه به ساختار شیمیایی آنها متفاوت است. علاوه بر این طی فرایند استخراج ترکیبات دیگر (اسید آسکوربیک، پروتئین و توکوفرول) که حلالیت زیادی در آب یا سایر حلال‌ها دارند نیز استخراج می‌شوند، این ترکیبات دارای توانایی احیاءکنندگی قابل توجهی می‌باشند و با احیای یون آهن سه ظرفیتی جذب محلول را افزایش می‌دهند. همچنین مطالعات نشان داده است که قدرت آنتی‌اکسیدانی یک عصاره نه تنها به محتوای فنولی آن بلکه به واکنش بین ترکیبات فنولی موجود در عصاره و نوع روش استخراج بستگی دارد [۴۳]. ماخلوف و همکاران [۲۷]، با بررسی اثر حلال بر قدرت احیاءکنندگی عصاره‌های پوست بادمجان بیان کردند که بیشترین قدرت احیاءکنندگی به ترتیب مربوط به عصاره‌های استونی، متانولی و اتانولی بود. در پژوهش حاضر نیز قدرت احیاءکنندگی عصاره‌های متانولی بیشتر از اتانولی بود، آن‌ها علت این امر را میزان حلالیت متفاوت ترکیبات فنولی در حلال‌های مختلف دانستند. عربشاهی و عروج [۴۴]، نیز قدرت احیاءکنندگی عصاره‌های استونی، متانولی و آبی برگ شاه‌توت را بررسی کردند و گزارش کردند که عصاره متانولی دارای بیشترین قدرت احیاءکنندگی بود که در تطابق با نتایج این پژوهش بود. آن‌ها قدرت آنتی‌اکسیدانی بیشتر عصاره متانولی را به محتوای فنولی بیشتر آن نسبت دادند.



شکل ۵. اثر نوع حلال، زمان و روش استخراج بر قدرت احیاءکنندگی آهن عصاره پوست بادمجان

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل

روش ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل بر مبنای احیاء مولیبدن ۶ ظرفیتی به مولیبدن ۵ ظرفیتی می‌باشد که با تشکیل کمپلکس سبز رنگ فسفومولیبدن در محیط اسیدی و دمای بالا همراه است. در این واکنش کمپلکس سبز رنگ فسفومولیبدن تشکیل می‌گردد که بسیار پایدار هستند و تحت تاثیر حلال مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. این ترکیبات دارای حداکثر جذب در طول موج ۶۹۵ نانومتر هستند. هر چه میزان جذب عصاره‌ها در این طول موج بالاتر باشد، نشان از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل بیشتر می‌باشد [۲۱]. نتایج آنالیز واریانس حاکی از تفاوت معنی‌داری روش‌های مورد استفاده

برای استخراج عصاره (حمام فراصوت و غرقابی) و حلال‌های به کار رفته بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های حاصل بود ($P < 0.05$)، به‌طوری که بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل مربوط به عصاره‌های متانولی با استفاده از روش حمام فراصوت و مدت زمان استخراج ۶۰ و ۸۰ دقیقه بود. کم‌ترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل نیز مربوط به عصاره‌های آبی حاصل از روش غرقابی و زمان استخراج ۴۰ و ۶۰ دقیقه و عصاره اتانولی حاصل از این روش با زمان استخراج ۴۰ دقیقه و همچنین عصاره آبی حاصل از روش فراصوت و زمان استخراج ۴۰ دقیقه بود. همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است افزایش زمان استخراج به‌طور معنی‌داری منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره‌ها گشت. روش فسفومولیبیدنیم، روش کمی برای ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدان‌های محلول در آب و محلول در چربی (ظرفیت آنتی-اکسیدانی کل) می‌باشد. ترکیبات فنولی و آنتوسیانین‌ها مسئول فعالیت آنتی‌اکسیدانی بخش آبدوست هستند در حالی که توکوفرول‌ها و کاروتنوئیدها ترکیبات آنتی‌اکسیدانی اصلی در بخش آب‌گریز می‌باشند. در این پژوهش عصاره متانولی حاصل از روش فراصوت و زمان استخراج ۸۰ دقیقه دارای بیشینه ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل بود، این نمونه همچنین حاوی بیشترین مقدار فلاونوئید و آنتوسیانین بود، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که حضور آنتی‌اکسیدان‌های هیدروفیل در این نمونه منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل آن شده است. عربشاهی و عروج [۴۴]، با بررسی اثر حلال‌های مختلف بر عصاره‌های مختلف برگ شاه توت، گزارش کردند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره متانولی بیشتر از عصاره آبی بود که مشابه با نتایج این پژوهش است. رضایی ارمی و همکاران [۴۵]، با بررسی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره نسترن وحشی حاصل از حلال‌های مختلف بیان کردند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به شدت به نوع حلال به کار رفته وابسته بود، آن‌ها علت این امر را پتانسیل آنتی‌اکسیدانی متفاوت ترکیبات فنولی با قطبیت متفاوت دانستند. لی و همکاران [۴۶]، با بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنج گونه عناب گزارش کردند که علت تفاوت در فعالیت آنتی‌اکسیدانی به این دلیل است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی تنها منحصر به ترکیبات فنولی نیست بلکه سایر ترکیبات مانند اسید آسکوربیک و توکوفرول‌ها و همچنین اثرات سینرژیستی آن‌ها منجر به بروز فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌گردد.



شکل ۶. مقایسه میانگین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره‌های پوست بادمجان

بحث و نتیجه‌گیری

بادمجان، یکی از رایج‌ترین سبزیجات مورد استفاده در سراسر جهان است که دارای ترکیبات مهمی همچون فنول‌ها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی و ترکیبات آنتی‌اکسیدان می‌باشد. در تحقیقات مختلف اثرات دارویی بادمجان نیز به اثبات رسیده است. در این پژوهش اثر نوع حلال، زمان و روش استخراج بر محتوای فنولی، فلاونوئیدی، آنتوسیانینی و قدرت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های حاصل از پوست بادمجان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از امواج فراصوت و افزایش زمان استخراج به‌میزان قابل ملاحظه‌ای منجر به افزایش استخراج ترکیبات زیست‌فعال

گردید. در بین حلال‌های مورد استفاده، اتانول، بهترین حلال برای استخراج ترکیبات فنولی و آنتوسیانینی شناخته شد. در حالیکه متانول حلالی مناسب در جهت استخراج ترکیبات فلاونوئیدی بود. قدرت احیاءکنندگی آهن و ظرفیت آنتی-اکسیدانی کل عصاره‌های متانولی حاصل از روش حمام فراصوت بیشتر از روش غرقایی بود و بیشترین فعالیت مهار رادیکال DPPH مربوط به عصاره آبی حاصل از روش فراصوت بود. بنابراین با توجه به مقدار زیاد ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و قدرت آنتی‌اکسیدانی قابل توجه پوست بادمجان و اثرات نامطلوب آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی بر سلامت انسان، می‌توان از عصاره پوست بادمجان به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی در فرمولاسیون مواد غذایی مستعد اکسیداسیون استفاده نمود.

References

- [1] Fiaschi, T., & Chiarugi, P. (2012). Oxidative stress, tumor microenvironment, and metabolic reprogramming: a diabolic liaison. *International Journal of Cell Biology*, 2012, 762825. <https://doi.org/10.1155/2012/762825>
- [2] Lin, C. C., & Liang, J. H. (2020). Effect of antioxidants on the oxidative stability of chicken breast meat in a dispersion system. *Journal of Food Science*, 67(2), 530-533. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10632.x>
- [3] Othman, A., Ismail, A., Abdul Ghani, N., & Adenan, I. (2007). Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa beans. *Food Chemistry*, 100(4), 1523-1530. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.021>
- [4] Li, Y., Jiang, B., Zhang, T., Mu, W., & Liu, J. (2008). Antioxidant and free radical-scavenging activities of chickpea protein hydrolysate (CPH). *Food Chemistry*, 106(2), 444-450. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.067>
- [5] Cheel, J., Theoduloz, C., Rodríguez, J. A., Caligari, P. D. S., & Schmeda-Hirschmann, G. (2007). Free radical scavenging activity and phenolic content in achenes and thalamus from *Fragaria chiloensis* ssp. *chiloensis*, *F. vesca* and *F. x ananassa* cv. Chandler. *Food Chemistry*, 102(1), 36-44. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.036>
- [6] Proestos, C., Boziaris, I. S., Nychas, G. J. E., & Komaitis, M. (2006). Analysis of flavonoids and phenolic acids in Greek aromatic plants: Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *Food Chemistry*, 95(4), 664-671. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.049>
- [7] Jerković, I., Mastelić, J., Marijanović, Z., Klein, Ž., & Jelić, M. (2007). Comparison of hydrodistillation and ultrasonic solvent extraction for the isolation of volatile compounds from two unifloral honeys of *Robinia pseudoacacia* L. and *Castanea sativa* L. *Ultrasonics Sonochemistry*, 14(6), 750-756. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2006.12.014>
- [8] Vilku, K., Mawson, R., Simons, L., & Bates, D. (2008). Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry — A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.04.014>
- [9] Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2006). Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. *Food Chemistry*, 99(4), 835-841. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.034>
- [10] Matsubara, K., Kaneyuki, T., Miyake, T., & Mori, M. (2005). Antiangiogenic activity of nasunin, an antioxidant anthocyanin, in eggplant peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(16), 6272-6275. <https://doi.org/10.1021/jf050796r>

- [11] Wang, H., & Helliwell, K. (2001). Determination of flavonols in green and black tea leaves and green tea infusions by high-performance liquid chromatography. *Food Research International*, 34(2), 223-227. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00156-3](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00156-3)
- [12] Hayouni, E. A., Abedrabba, M., Bouix, M., & Hamdi, M. (2007). The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. *Food Chemistry*, 105(3), 1126-1134. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.02.010>
- [13] Chekin, F., & Karimi Roozbehani, N. (2016). Ultrasonic extraction of aqueous phenolic compounds of green and black tea. *Food Processing and Production*, 6(4), 16-26. <http://fimag.iauamol.ac.ir/Article.aspx?AId=3&AspxAutoDetectCookieSupport=1>
- [14] Sardarodiyani, M., Mehraban Sang Atash, M., & Arianfar, A. (2016). The optimization and comparison of different extraction approaches (ultrasound and maceration) on chemical composition of *Elaeagnus angustifolia* L. extract. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 4(3), 74-94. http://ecophytochemical.gorganiau.ac.ir/article_587337.html
- [15] Martino, E., Ramaiola, I., Urbano, M., Bracco, F., & Collina, S. (2006). Microwave-assisted extraction of coumarin and related compounds from *Melilotus officinalis* (L.) Pallas as an alternative to Soxhlet and ultrasound-assisted extraction. *Journal of Chromatography A*, 1125(2), 147-151. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2006.05.032>
- [16] Slinkard, K., & Singleton, V. L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American journal of enology and viticulture*, 28(1), 49-55. <https://www.ajevonline.org/content/28/1/49>
- [17] Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M., Cazin, M., Cazin, J.-C., Bailleul, F., & Troten, F. (2000). Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of Ethnopharmacology*, 72(1), 35-42. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00196-3](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00196-3)
- [18] Muanda, F. N., Soulimani, R., Diop, B., & Dicko, A. (2011). Study on chemical composition and biological activities of essential oil and extracts from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves. *LWT - Food Science and Technology*, 44(9), 1865-1872. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.002>
- [19] Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., & Nakamura, T. (1992). Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(6), 945-948. <https://doi.org/10.1021/jf00018a005>
- [20] Yildirim, A., Mavi, A., & Kara, A. A. (2001). Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 4083-4089. <https://doi.org/10.1021/jf0103572>
- [21] Prieto, P., Pineda Priego, M., & Aguilar Urbano, M. (2013). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E1. 1-6. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1015.1778&rep=rep1&type=pdf>
- [22] Zhou, K., & Yu, L. (2004). Effects of extraction solvent on wheat bran antioxidant activity estimation. *LWT - Food Science and Technology*, 37(7), 717-721. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.02.008>

- [23] Pham, H. N. T., Nguyen, V. T., Vuong, Q. V., Bowyer, M. C., & Scarlett, C. J. (2015). Effect of Extraction Solvents and Drying Methods on the Physicochemical and Antioxidant Properties of *Helicteres hirsuta* Lour. Leaves. *Technologies*, 3(4), 285-301. <https://doi.org/10.3390/technologies3040285>
- [24] Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z., Juraimi, A. S., & Tayebi-Meigooni, A. (2015). Comparative Evaluation of Different Extraction Techniques and Solvents for the Assay of Phytochemicals and Antioxidant Activity of Hashemi Rice Bran. *Molecules*, 20(6), 10822-10838. <https://doi.org/10.3390/molecules200610822>
- [25] Jung, E.-J., Bae, M.-S., Jo, E.-K., Jo, Y.-H., & Lee, S.-C. (2011). Antioxidant activity of different parts of eggplant. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(18), 4610-4615. https://academicjournals.org/article/article1380729661_Jung%20et%20al.pdf
- [26] Akhbari, M., Hamed, S., & Aghamiri, Z.-s. (2019). Optimization of total phenol and anthocyanin extraction from the peels of eggplant (*Solanum melongena* L.) and biological activity of the extracts. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(4), 3183-3197. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00241-1>
- [27] Boulekbache-Makhlouf, L., Medouni, L., Medouni-Adrar, S., Arkoub, L., & Madani, K. (2013). Effect of solvents extraction on phenolic content and antioxidant activity of the byproduct of eggplant. *Industrial Crops and Products*, 49, 668-674. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.06.009>
- [28] Suzuki, M., Watanabe, T., Miura, A., Harashima, E., Nakagawa, Y., & Tsuji, K. (2002). An extraction solvent optimum for analyzing polyphenol contents by Folin-Denis assay. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology (Japan)*, 49(7), 507-511. <https://doi.org/10.3136/nskkk.49.507>
- [29] Ma, Y.-Q., Chen, J.-C., Liu, D.-H., & Ye, X.-Q. (2009). Simultaneous extraction of phenolic compounds of citrus peel extracts: Effect of ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16(1), 57-62. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2008.04.012>
- [30] Hassan Niya, M., Aryai, P., & Fatahi, E. The effect of extraction methods on phenolic and tocopherol content and antioxidant properties of dill extracts (*Anethum graveolens*). *Journal of food science and technology(Iran)*, 13(57), 109-119. <http://fsct.modares.ac.ir/article-7-3016-en.html>
- [31] Rodsamran, P., & Sothornvit, R. (2019). Extraction of phenolic compounds from lime peel waste using ultrasonic-assisted and microwave-assisted extractions. *Food Bioscience*, 28, 66-73. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.01.017>
- [32] Ferarsa, S., Zhang, W., Moulai-Mostefa, N., Ding, L.-H., Jaffrin, M., & Grimi, N. (2018). Recovery of anthocyanins and other phenolic compounds from purple eggplant peels and pulps using ultrasonic-assisted extraction. *Food and Bioprocess Technology*, 109, 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.02.006>
- [33] Das, N., & Pereira, T. (1990). Effects of flavonoids on thermal autoxidation of palm oil: structure-activity relationships. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67(4), 255-258. <https://doi.org/10.1007/BF02540652>
- [34] Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of Total Flavonoid Content in Propolis by Two Complementary Colorimetric Methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178-182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
- [35] Salmanian, S., Sadeghimahoonak, A., Jamson, M., & Tabatabaee Amid, B. (2013). Identification and quantification of phenolic acids, radical scavenging activity and ferric reducing power of *Eryngium caucasicum* Trautv. ethanolic and methanolic

- extracts. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 2(2), 193-204. <https://doi.org/10.22101/jrifst.2013.09.16.227>
- [36] Katsube, N., Iwashita, K., Tsushida, T., Yamaki, K., & Kobori, M. (2003). Induction of apoptosis in cancer cells by Bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(1), 68-75. <https://doi.org/10.1021/jf025781x>
- [37] Lapornik, B., Prošek, M., & Golc Wondra, A. (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering*, 71(2), 214-222. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.036>
- [38] Pedram Nia, A., Sharifi, A., & Tawaklipur, H. (2010). Optimization of barberry anthocyanin extraction process in the presence of ultrasound. *Innovation in Food Science and Technology*, 2(1), 45-52. http://jfst.iaus.ac.ir/article_528561.html
- [39] Zhuang, H., Tang, N., & Yuan, Y. (2013). Purification and identification of antioxidant peptides from corn gluten meal. *Journal of Functional Foods*, 5(4), 1810-1821. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.08.013>
- [40] Horincar, G., Enachi, E., Stănciuc, N., & Răpeanu, G. (2019). Extraction and characterization of bioactive compounds from eggplant peel using ultrasound-assisted extraction. *Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI--Food Technology*, 43(1), 40-53. <https://doi.org/10.35219/foodtechnology.2019.1.03>
- [41] Khantaphant, S., Benjakul, S., & Ghomi, M. (2011). The effects of pretreatments on antioxidative activities of protein hydrolysate from the muscle of brownstripe red snapper (*Lutjanus vitta*). *LWT - Food Science and Technology*, 44(4), 1139-1148. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.10.009>
- [42] Arkoub-Djermoune, L., Benmeziane, F., Madani, K., & Boulekbache-Makhlouf, L. (2020). Optimization of phenolic compounds recovery and in vitro antioxidant activity of Algerian eggplant (*Solanum melongena* L.). *Advances in Horticultural Science*, 33(4), 567-580. <https://doi.org/10.13128/ahsc-8214>
- [43] Ye, F., Liang, Q., Li, H & ,Zhao, G. (2015). Solvent effects on phenolic content, composition, and antioxidant activity of extracts from florets of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Industrial Crops and Products*, 76, 574-581. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.063>
- [44] Arabshahi-Delouee, S., & Urooj, A. (2007). Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L.) leaves. *Food Chemistry*, 102(4), 1233-1240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.013>
- [45] Rezaei Armi, S., & Raftani Amiri, Z. (2017). Evaluation of phenolic, flavonoid contents and antioxidant activity of queous and alcoholic extract of Rosa Canina L. fruits north of Iran. *Journal of Food Research (Agricultural Science)*, 27(3), 65-76. https://foodresearch.tabrizu.ac.ir/article_6510.html?lang=en
- [46] Li, J.-w., Ding, S.-d., & Ding, X.-l. (2005). Comparison of antioxidant capacities of extracts from five cultivars of Chinese jujube. *Process Biochemistry*, 40(11), 3607-3613. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.03.005>

Table of contents

Estimation of Energy Balance and Greenhouse Gas Emissions in Dairy Farms (Case study: Qazvin Province)	13
Rasul Loghmanpour Zarini, Hasan Nabipour Afrouzi	
Seaweed Extract: Innovation for Organic Agriculture	23
Saeed Reza Yaghoobi	
An Investigation of the Susceptibility of 10 Iranian Grape Cultivars to <i>Lobesia Botrana</i> (Lep.: Tortricidae)	35
Mohammad Shojaaddini, Roghayeh Amiri, Sakineh Babaei	
A Study of the Physical and Mechanical Properties of Scots Pine Fire Retardant Treated Thermowood	55
Anooshe Fazeli, Aisona Talaei	
Identification and Explanation of Cleaner Production Indicators and Solutions in Medium Density Fiberboard (MDF) Factory	69
Fatemeh Hassani Khorshidi, Majid Azizi, Hamid Zare Hossein Abadi, Mehdi Faezipour	
Investigation of Changing Trends in Morphological and Anatomical Characteristics of <i>fraxinus excelsior</i> in Stem Radial Axis (Case Study: Mazandaran Province)	85
Ali Hassanpoor Tichi, Mojtaba Rezanezhad Divkolae, Amin Khatiri, Reza Alizadeh	
Expression of IGF-I Gene in Breast Muscle and its Relation to Body Weight in Japanese Quail and Manchurian Breeds	97
Vahid Bahrampour	
Nutritional Effect of Different Levels of <i>Chlorella</i> Algae on Brood Rearing (Egg, Larvae and Pupa), Pollen Storage and Honey Bee (<i>Apis Mellifera</i>) Colony Populations	107
Sakineh Babaei, Seyed Naser Khaleghi Miran, Mohammad Shojaaddini, Gholam Ali Nehzati Paghale	
The Effect of Wilting and Use of Formic and Sulphuric Acid on the Composition, Ruminal Degradability and Aerobic Stability of Alfalfa Silage	117
Samaneh Ghasemi, Mehdi Behgar	
Investigation and Analysis of Drying Kinetics of Carrot Layers with Microwave Oven	127
Mani Ghanbari, Seyed Mehdi Sahraeian	
The Effect of Solvent Type, Time and Extraction Method on the Chemical Compositions and Antioxidant Activity of Eggplant Peel Extract	135
Shima Kaveh, Alireza Sadeghi Mahoonak, Khashayar Sarabandi	



License Holder: Technical and Vocational University
Director- in-Charge: Ebrahim Salehi Omran (Ph. D)
Editor-in- Chief: Nematollah Azizi (Ph. D)
Journal Internal Manager: Azarchehr Sehat (Ph. D)

Cover designer & implementation:

M. Moshtaghi - S. Danaseresht

Language Editors & Content designer:

L. Hashemi, A. Tahmasbi - F. Rasti, M.
Pouyandekia

Editorial Board:

Dr. Ebrahim Salehi Omran:

Professor of Mazandaran University and Technical and
Vocational University

Dr. Nematollah Azizi:

Professor of Kurdistan University

Dr. Mohsen Jahanshahi:

Professor of Babol Noshirvani University of Technology

Dr. Seyyed Ali Asghar Ghoreishi:

Professor of Babol Noshirvani University of Technology

Dr. Masoud Shafiee:

Professor of Amir Kabir University of Technology

Dr. Seyyed Heydar Mirfakhreddini:

Associate Professor of Yazd University and Technical and
Vocational University

Dr. Vida Taghvaei:

Associate Professor of Technical and Vocational University

Dr. Alireza Fathi:

Associate Professor of Technical and Vocational University

Dr. Akbar Jafari:

Associate Professor of Technical and Vocational University

Dear Reviewers of the articles in this issue:

Ardeshir Abdi, Rozbeh Asadi Khansari, Mahdijeh AsadiZeydAbadi, Sakineh Babaei, Vahid Bahrampour, Aliakbar Ebrahimi, Samaneh Ghasemi, Alireza KarimZadeh, Seyed Naser KhaleghiMiran, Habibollah KhademiEslam, Mina MahdaviYekta, Pantea Omrani, Javad Tavakoli, SaeedReza Yaghubi, Hasan ZiaeiTabari

In the Name of God

Karafan

Quarterly Research Journal of
Technical and Vocational University

Summer, 2020

Vol. 17, No. 2, Serial Number 48

Due to certificate No. 3/18/60837 from the scientific
dated 21/07/2013
publications review of Commission of the Ministry of Science,
Research and Technology this journal has been licensed to publish.

Address: Central Organization of Technical and Vocational University, No. 4,
Eastern Brazil St., Vanak Sq., Tehran, Iran

Postal Code: 1435761137

Tel: (+98-21) 42350416

Email: karafan@tvu.ac.ir
Website: <http://karafan.tvu.ac.ir>