تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی – ملکولی
دوره پنجم، شماره هفدهم، زمستان ۱۳۹۳

Research Article
مقاله تحقیقی

مقایسه تأثیر سن کشت بر فعالیت ضد باکتریایی فنازین ۱-کربوکسیلیک اسید استخراج شده از سویه سودوموناس آئروجینوزا MUT 3 بر علیه باکتری‌های خورنده فولاد

ابوذر نیکزاد[۱]، علی بهرامی[۲]، سید یونس صالحی[۱]، داریوش عربیان[۲]، محمد داوود غفاری[۳]، محمد رضا معصومیان[۴]

۱. کارشناس ارشد، گروه مهندسی شیمی، پژوهشکده علوم و فناوری‌های زیستی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
۲. استادیار، گروه مهندسی شیمی، پژوهشکده علوم و فناوری‌های زیستی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
۳. دانشجو دکتری، گروه میکروبیولوژی، دانشکده علوم، دانشگاه شاهد، تهران
۴. محقق، گروه مهندسی شیمی، پژوهشکده علوم و فناوری‌های زیستی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران

چکیده

سابقه و هدف: از مخرب‌ترین نوع خوردگی، خوردگی زیستی می‌باشد که حدود ۴۰-۲۰ درصد خسارات ناشی از خوردگی را در پی دارد. از روش‌های مقابله با خوردگی زیستی تولید محصولات متابولیکی از باکتری‌ها که خود نقش ضد باکتریایی دارند و مانع از رشد و تکثیر باکتری‌های خورنده و خزه ها و جلبک‌های دریایی در سطوح فلزات می‌شوند می‌توان نام برد.

مواد و روش‌ها: با توجه به اهمیت موضوع در این پژوهش یک ترکیب زیستی ضد باکتری تولید شد که اثر کشندگی آن روی باکتری‌های خورنده فولاد که از تأسیسات دریایی جداسازی شده بود مورد بررسی قرار گرفت. پس از شناسایی مشخص شد که ترکیب زیستی تولید شده فنازین ۱- کربوکسیلیک اسید می‌باشد. تولید آنتی باکتریال فنازین ۱-کربوکسیلیک اسید (PCA) از باکتری *سودوموناس آئروجینوزا MUT۳* در هفت روز به‌صورت ناپیوسته بررسی شد.

یافته‌ها: آنچه آزمایشات نشان داد بیشترین میزان تولید وزنی عصاره ضد میکروبی مربوط به روز ششم با تولیدی برابر ۰/۳۱۳ g/l بود اما با تست فعالیت آنتی‌باکتریال مشاهده شد هاله عدم رشد و منطقه بازدارندگی در روز چهارم نسبت به روزهای دیگر بزرگتر بوده و آنالیزکروماتوگرافی مایع با فشار بالا (HPLC) نشان دهنده خلوص بیشتر PCA در این روز می‌باشد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان اثرضد باکتریایی آنتی باکتریال تولیدی را پس از چهار روز کشت بیشتر از روزهای دیگر قلمداد کرد و درپژوهش‌های آینده بر روی فرمولاسیون این ماده زیستی در رنگ‌های دریایی به‌کار برد.

کلمات کلیدی: خوردگی زیستی، آنتی‌باکتریال فنازین، هاله عدم رشد، کروماتوگرافی، کشت ناپیوسته

مقدمه

به ازبین رفتن یا نابودی یک فلز بوسیله فرایندهای خوردگی که به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم نتیجه فعالیت موجودات جاندار است خوردگی زیستی می گویند (۱۰و۱). طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها در طبیعت وجود دارند که می‌توانند در فرایندهای خوردگی مؤثر باشند، آن‌ها دارای ساختار سلولی پروکاریوت[۱] (مانند باکتری *تیوباسیلوس*[۲]) و یا دارای ساختار

*نویسنده مسئول: دکتر علی بهرامی
پست الکترونیکی: a_bahrami@mut.ac.ir
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۱۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۰۶

[1] Prokaryotic
[2] Thiobacillus

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-01-02]
[DOR: 20.1001.1.22285458.1393.5.17.7.1]

سلولی یوکاریوت[1](مانند قارچهایی چون *هورموکونیس رزینا*[2]) می‌باشند (۸). میکروب‌ها می‌توانند به‌طور فعال درفرایندهای خوردگی شرکت کنند و روی ترمودینامیک و سرعت‌های واکنش‌های الکتروشیمیایی درآند، کاتد یا هر دو اثر بگذارند (۱۸)، هم‌چنین می‌توانند حد واسط فلز- محلول و پتانسیل اکسایش کاهش زیر لایه را از طریق گروهی از مکانیسم‌های بهم وابسته حاکم تغییر دهند (۱۶و۱۴).

از روش‌های مقابله با خوردگی زیستی تولید محصولات متابولیکی از باکتری‌ها که خود نقش ضد باکتریایی[3] دارند و مانع از رشد و تکثیر باکتری‌های خورنده و خزه‌ها و جلبک‌های دریایی در سطوح فلزات می‌شوند می‌توان نام برد (۲). آنتی باکتریال‌ها متابولیت‌های ثانویه درون سلولی می‌باشند که در فاز سکون[4] رشد سلولی تولید می‌شوند وبا استخراج و تغلیظ از سویه مورد نظر و خالص‌سازی و ترکیب با پوشش‌های ضد خوردگی کارکرد وسیعی پیدا می‌کنند (۴).

از جمله آنتی باکتریال‌های مؤثر در خوردگی زیستی نوع فنازین (Phenazine) می‌باشد که با فرمول شیمیایی $C_{12}H_8N_2$ یک ترکیب شیمیایی با شکل ظاهری پودری زرد و قهوه‌ای رنگ می‌باشد که از گونه باکتریایی سودوموناس آئروجینوزا [5] که باکتری است که از خاک و آب و غالب نمونه‌های کلینیکی جدا می‌شود استخراج می‌شود (۲۰).

از آنجا که در پژوهش‌های گذشته در دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تولید فنازین وتأثیر آن بر ممانعت از خوردگی در فلزاتی چون فولاد و آلومینیوم به اثبات رسیده (۱۷) در این مطالعه سعی شد تا با بررسی تولید و تغلیظ ماده ضد باکتریایی تولید شده توسط سویه Pseudomonas aeruginosa MUT3 و مقایسه عملکرد ضد خورندگی این ماده در هفت روز کشت متوالی به زمان بهینه کشت دست یافت و با مقایسه قطر هاله عدم رشد و آنالیز HPLC هر کدام از نمونه‌ها به مؤثرترین زمان کشت تولید عصاره ضد باکتری بر علیه باکتری‌های خورنده نائل شد.

مواد و روش تحقیق

میکروارگانیسم و آماده‌سازی مایه تلقیح و محیط کشت

میکروارگانیسم مورد استفاده در این پژوهش از نوع *سودوموناس آئروجینوزا* می‌باشد که از چشمه‌های آب گرم محلات توسط پژوهشکده علوم و فن‌آوری‌های زیستی دانشگاه صنعتی مالک اشتر جداسازی شد و شناسایی این سویه باکتریایی در مرکز جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران به دو روش مولکولی و بیوشیمیایی انجام شد. این سویه وحشی در شرایط ۲۰٪ گلیسرول و دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شود.

نمونه پس از خروج از محیط ذخیره کشت بر روی محیط LB آگار[6] به مدت ۲۴ ساعت کشت داده شد. سپس ، یک کلنی از روی پلیت مورد نظر به یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری که محتوی ۱۰۰ میلی‌لیتر محیط کشت LB براث[7] بود، منتقل شد. کشت به مدت ۱۴ ساعت و با دورهمزن ۱۲۰rpm و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه شیکر انکوباتور[8] هم زده شد.

محیط کشت مورد نظر، محیط کشت تولید آنتی‌باکتریال با ترکیبات جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱: ترکیبات محیط کشت تولید آن‌ی باکتریال

ترکیب	غلظت(gr/lit)
Yeast Extract	۳
Peptone	۳
Meat Extract	۵
Glucose	۳
K_2HPO_4	۱/۵
KH_2PO_4	۱/۵
NaCl	۵

محیط کشت معرفی شده در جدول ۱ درون هفت ارلن مایر ۱ لیتری جهت بررسی بهترین سن کشت آنتی‌باکتریال به میزان ۵۰۰ میلی‌لیتر به حجم رسانده شد و در شرایط ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۵ دقیقه سترون شد(۱۵). لازم به ذکر است که گلوکز به صورت جداگانه و به‌وسیله آب مقطر به حجم رسانده شده و بعد از سترون سازی به سایر مواد محیط کشت

[1] Eukaryotic
[2] Hormoconis resinae
[3] Antibacterial
[4] Stationary
[5] Pseudomonas aeruginosa
[6] LB Agar
[7] LB Broth
[8] Shaker incubator

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-01-02]
[DOR: 20.1001.1.22285458.1393.5.17.7.1]

افزوده شد. سپس با سرد شدن محیط‌های کشت تا دمای اتاق مایه تلقیح به میزان ۵٪ حجمی به محیط کشت افزوده شد(۹). بعد از افزودن مایه تلقیح به محیط کشت، نمونه‌ها در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و دور ۱۶۰rpm هم‌زده شد.

منحنی رشد سویه

با افزودن مایه تلقیح حاوی سویه *سودوموناس آئروجینوزا MUT3* مورد نظر به محیط کشت مایع و قراردادن محیط دردستگاه شیکر انکوباتور جهت همزدن با دور ۱۲۰rpm، در ساعات مختلف مقداری از محیط را جدا کرده و با دستگاه اسپکتروفوتومتر میزان کدورت آن در طول موج ۶۰۰ نانومتر خوانده شد. با تکرار این فرایند تا زمانی‌که کدورت کاهش یافت منحنی شامل نسبت کدورت به زمان رسم شد.

استخراج آنتی باکتریال

در فرایند استخراج و تغلیظ، ابتدا نمونه محیط کشت مورد نظر جهت جداسازی توده سلولی در دمای۴ درجه سانتی‌گراد ودور ۱۲۰۰۰rpm به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ قرار داده شد (۱۲). توده سلولی در این مرحله جدا شده و با اسیدی-کردن محیط تا pH=۲ ناخالصی‌ها در محیط کشت حل شد و با سانتریفیوژ مجدد با شرایط ذکر شده در حالت قبل، مایع رویی جهت استخراج ماده ضدباکتری با حلال اتیل استات با نسبت ۱:۱ در دکانتور ۱ لیتری به مدت ۳۰ ثانیه به خوبی هم زده شد تا دو فاز آبی و آلی از هم تفکیک شوند و جهت جداسازی فاز آلی و آبی به مدت ۴ ساعت در دکانتور نگه داشته شد سپس فاز آلی جداسازی شده در داخل دستگاه تقطیر کننده قرار گرفت. فاز آلی تقطیر شده در دستگاه، برای جداسازی کامل ماده ضدباکتری تغلیظ شد.

آنالیز کروماتوگرافی

به منظور انجام کروماتوگرافی مایع فشار بالا (HPLC) از ستون C_{18} با طول ۱۵۰ میلی متر و قطر داخلی ۴/۵ میلی متر و قطر خارجی ۶ میلی‌متر استفاده شدکه این ستون به وسیله پرکن-های اکتا دسیل سیلیکا با قطر متوسط ۵ میکرومتر پر شده است. تمامی آزمایشات آنالیز HPLC در سرعت تزریق ۱ میلی-متر بر دقیقه و در طول موج ۲۵۰ نانومتر انجام گرفت.

آزمون باکتری‌های خورنده

سویه‌های خورنده‌ی در این آزمون شامل سه سویه خورنده هوازی MUT.20، MUT.33 و MUT.39 (۱۴) و سه سویه‌ی باکتری خورنده احیاءکننده گوگرد (SRB) بی هوازی SRB.1, SRB.2 و SRB.3 از مؤسسه تحقیقات صنعت نفت ایران (RIPI-Tehran Iran) می‌باشند. محیط کشت باکتری‌های خورنده هوازی محیط LB آگار و بی-هوازی‌ها محیط پیشنهادی مؤسسه تحقیقاتی صنعت نفت می‌باشد که در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲ - محیط کشت باکتری‌های خورنده

ترکیبات محیط کشت باکتری هوازی	مقدار (گرم بر لیتر)
KH_2PO_4	۰/۵
Na_2SO_4	۱
NH_4Cl	۱
$MgSo_4.7H_2O$	۲
$Cacl_2.6H_2O$	۱
Sodium lactate	۳/۵
Yeast extract	۱
$FeSo_4.\ 7H_2O$	۰/۵
Ascorbate	۰/۱
Thioglycolate	۰/۱
Agar	۱۵
pH۷/۶	

در این پژوهش از انواع میکروارگانیسم‌های خورنده، از قبیل باکتری‌های هوازی و بی‌هوازی خورنده در محیط آب دریا استفاده شد.

باکتری‌های خورنده این آزمون شامل انواع هوازی و بی هوازی (SRB) بوده که در مطالعات گذشته جدا شده است.

فعالیت آنتی‌باکتریال

دراین روش به منظور بررسی قدرت ضد خوردگی ماده ضد باکتری تولیدی در روزهای مختلف، روش نفوذ دیسکی انجام شد.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-01-02]

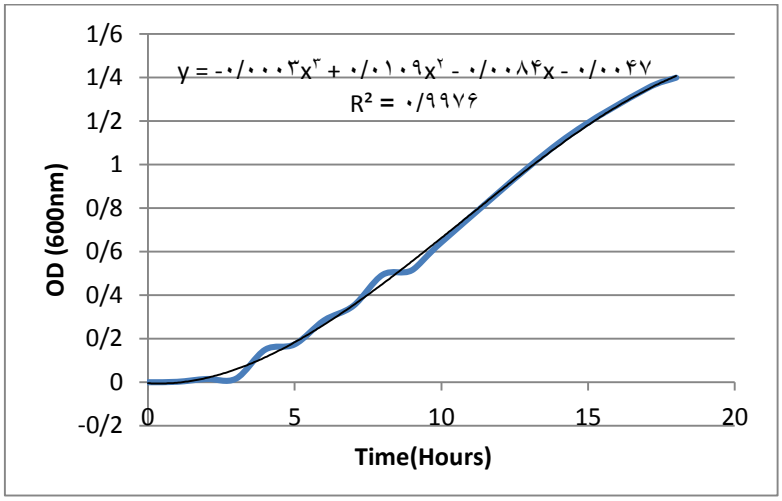
[DOR: 20.1001.1.22285458.1393.5.17.7.1]

باکتری خورنده فولاد دریایی به عنوان نمونه در سطح پلیت به کمک پیپت پاستور به طور کامل کشت شد، سپس از روش نفوذ دیسکی استفاده شد، به این صورت که دیسک های آغشته به آنتی باکتریال در روزهای مختلف از روز اول تا هفتم بر روی پلیت محتوی باکتری خورنده قرار گرفت. پلیت‌ها به مدت ۲۴ ساعت و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد گرماگذاری شدند تا تأثیر فعالیت آنتی باکتریال با ایجاد هاله عدم رشد باکتری خورنده مشخص شود.

رسم منحنی رشد

با توجه به این مسئله که ماده ضد باکتری به عنوان متابولیت ثانویه در انتهای فاز لگاریتمی تولید می‌شود، از لحظه ابتدای تلقیح باکتری تا ۱۸ ساعت پس از کشت، میزان کدورت ورشد باکتری درمحیط با رسم منحنی رشد طبق آنچه در شکل ۱ مشاهده می‌شود به‌دست آمد. بر اساس این منحنی انتهای فاز لگاریتمی این سویه تقریباً ۱۶ ساعت پس از کشت می‌توان اطلاق کرد.

یافته ها



شکل ۱: منحنی رشد سویه *سودوموناس آئروجینوزا MUT3*

مقادیر آنتی‌باکتریال تولیدی

بعد از تغلیظ و خشک‌کردن فاز آلی جداشده در دستگاه تقطیر کننده، میزان وزن خشک آنتی باکتریال تولیدی با دقت ۰/۰۰۱ محاسبه شد. جدول ۳ وزن خشک نمونه ها در طی ۷ روز کشت، به صورت ناپیوسته[1] را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود بیشترین میزان تولید مربوط به روز ششم بعد از کشت می‌باشد

جدول۳: میزان تولید آنتی باکتریال بعد از هفت روز کشت

روز کشت	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم
میزان تولید عصاره ضدمیکروبی (gr/l)	۰/۱۹۷	۰/۲۱۳	۰/۲۳۹	۰/۲۶۷	۰/۲۹۳	۰/۳۱۳	۰/۳۱۳

[1] Batch

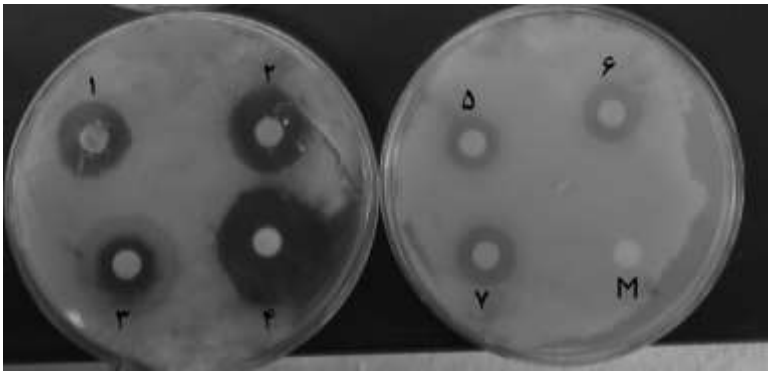
[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1393.5.17.7.1]

فعالیت آنتی‌باکتریال

دراین روش به منظور بررسی قدرت ضد خوردگی ماده ضد باکتری تولیدی در روزهای مختلف، روش نفوذ دیسکی انجام شد.

همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود بزرگترین هاله عدم رشد مربوط به دیسک آنتی‌باکتریال روز چهارم می‌باشد که نشان-دهنده بیشترین فعالیت ماده ضدباکتری تولید شده در این روز می‌باشد.



شکل ۲: تشکیل هاله عدم رشد باکتری خورنده توسط آنتی‌باکتریال در طی هفت روز کشت
۱) روز اول بعد ازکشت ۲) روز دوم ۳) روز سوم ۴) روز چهارم ۵) روز پنجم ۶) روز ششم ۷) روز هفتم M) متانول

در شکل ۲ حرف M تأثیر متانول بر باکتری خورنده را نشان می‌دهد که به عنوان شاهد استفاده شد و همان‌طور که مشخص است هیچ خاصیت ضد باکتریایی علیه باکتری خورنده ایجاد نمی‌کند و این نشان از تأثیر خالص آنتی_باکتریال تولیدی بر باکتری خورنده است.

پس از انجام آزمایش فعالیت ماده ضد باکتری، جهت ارزیابی آماری بهترین عملکرد در جلوگیری از رشد باکتری خورنده، براساس آنچه جدول۴ نشان می‌دهد قطر هاله ایجاد شده مربوط به هر کدام از روزهای کشت به دقت اندازه‌گیری شد.

جدول ۴- اندازه قطر هاله عدم رشد در روزهای مختلف کشت ماده ضد باکتری

زمان کشت	روز اول	روز دوم	روز سوم	روز چهارم	روز پنجم	روز ششم	روز هفتم
قطر هاله	۱۷ cm	۱۹ cm	۱۴ cm	۲۶ cm	۱۳ cm	۱۵ cm	۱۴ cm

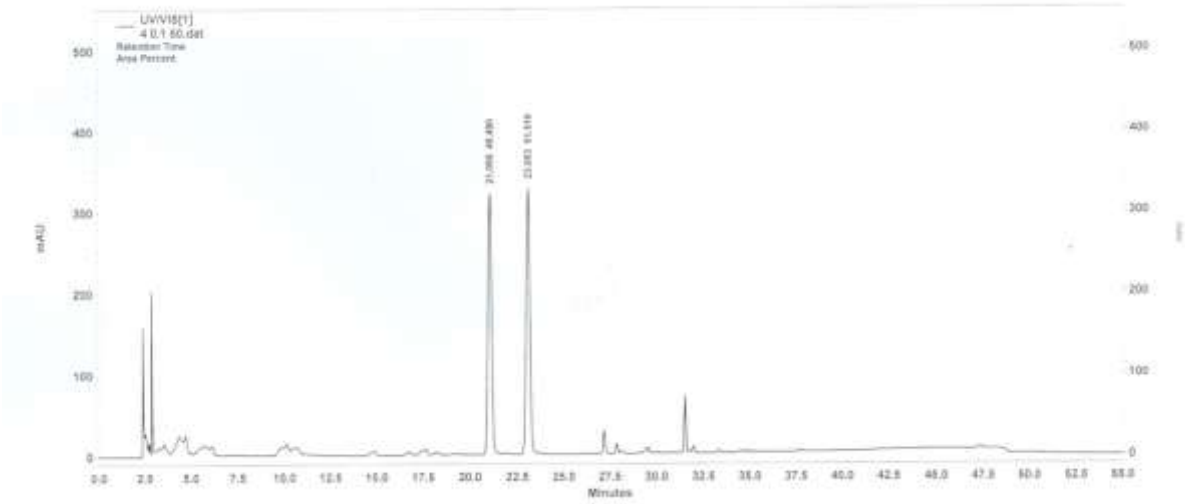
آنچه مشخص است قطر هاله در روز چهارم بسیار بیشتر از روزهای دیگر است و این نشان از فعالیت ضد خوردگی بالا در این شرایط می‌باشد.

آنالیز کروماتوگرافی

پیک‌های مربوط به آنالیز HPLC آنتی‌باکتریال فنازین تقریباً در زمان ماند ۲۱ و ۲۳ دقیقه ایجاد می‌شود (۷). با رقیق سازی نمونه‌ها با متانول، جهت آنالیز آماده شدند، در این روش هدف، تشخیص جداسازی و اندازه گیری مواد تشکیل دهنده یک نمونه مورد آزمایش می‌باشد که هر جز می‌تواند بر اساس نوع ترکیب در زمان ماند خاصی پیک‌هایی را ایجاد کند.

همان‌طور که گفته شد روز چهارم بعد از کشت از لحاظ فعالیت ضد باکتریایی بهینه‌ترین حالت را دارد پس لزوم تشخیص خلوص آنتی‌باکتریال تولیدی احساس شد در نتیجه آنالیز کروماتوگرافی انجام گرفت و طبق آنچه در شکل ۳ مشاهده می‌شود پیک‌های مطلوب در زمان ماند حدود ۲۱ و ۲۳ دقیقه دیده شد اما وجود پیک‌های کوچک در زمان‌های ابتدایی نشان از تشکیل اسیدهای چرب بودند که جداسازی ناحیه ابری در فاز آلی هنگام استخراج آنتی‌باکتریال می تواند ناخالصی‌ها را از بین ببرد.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-01-02]
[DOR: 20.1001.1.22285458.1393.5.17.7.1]



شکل ۳: آنالیز محصولات متابولیت ثانویه سویه پس از خالص سازی در روز چهارم

بحث

آنتی‌باکتریال تولیدی از سویه بومی سودوموناس آئروجینوزا MUT3 با استفاده از محیط پایه گزارش شده در این مقاله، در زمان‌های کشت متفاوت، میزان تولید متفاوت و قطر هاله عدم رشد مختلفی از خود نشان می‌دهد.

در تحقیق حاضر تولید ماده ضد باکتری در دوره‌های زمانی یک تا هفت روز گرماگذاری بررسی شد، با توجه به آزمایش‌های انجام گرفته، بیشترین میزان تولید به میزان ۰/۳۱۳ g/l مربوط به روز ششم می‌باشد اما با توجه به تست نفوذ دیسکی، فعالیت آنتی‌باکتریال در روز چهارم بیشتر از دیگر نمونه ها بود و خاصیت بازدارندگی بیشتری دارد.

مطالعه هوآنگ وهمکارانش نشان می‌دهد تولید آنتی‌باکتریال فنازین ۱-کربوکسیلیک اسید وابسته به رشد نیست و به عنوان متابولیت ثانویه معرفی می‌شود(۱۳). در این تحقیق نیز نتایج به‌دست آمده از حداکثر میزان تولید، نشان دهنده تولید فنازین در انتهای فاز لگاریتمی و در فاز سکون می‌باشد وبه عنوان متابولیت ثانویه اثبات می‌گردد. نتایج بررسی جین جیانگ سو و همکارانش بیانگر تولید PCA از سویه‌های وحشی سودوموناس در محیط پایه پس از ۶۰ ساعت کشت به میزان حداکثر ۰/۱۵g/l می‌باشد(۱۱). در حالی‌که در این مطالعه سویه وحشی و بومی پس از کشت در مدت زمان مشابه به میزان ۱،۵ برابر افزایش تولید آنتی‌باکتریال نسبت به گزارش سو وهمکارانش نشان می‌دهد، که با توجه به مطالعات جی و همکارانش بر روی سویه‌های جهش یافته از همین گونه که منجر به افزایش تولید چشمگیر فنازین شده است (۵)، لزوم انجام مطالعات آینده بر سویه‌های مهندسی ژنتیک شده احساس می‌شود. در این مقاله قطر هاله عدم رشد در روزهای مختلف کشت بر باکتری‌های خورنده SRB مقایسه شد که ماده ضد باکتری تولیدی در تمامی زمان‌های کشت دارای هاله بازدارندگی بوده و بزرگترین هاله مربوط به فنازین تولیدی بعد از ۴ روز کشت گزارش شده، در این مورد نیز در مقایسه با مطالعات مشابه قطر هاله ایجاد شده قابل توجه است (۱۵و۶و۳). پیک‌های مربوط به آنالیز HPLC در مطالعه کاویتا و همکارانش در زمان ماند ۲۱ و ۲۳ دقیقه ایجاد می‌شود (۷) که مطابق آنچه در شکل ۳ این مقاله مشخص است دو پیک نسبتاً بزرگ در این محدوده بیانگر بیشترین میزان تولید فنازین در روز چهارم پس از کشت می‌باشد.

تأثیرمثبت آنتی باکتریال تولیدی بر باکتری‌های خورنده جدا شده از منابع دریایی می‌تواند زمینه استفاده این مواد درپوشش-های ضدخوردگی جهت تأسیسات دریایی را در برداشته باشدکه بهینه‌سازی و بررسی فرمولاسیون آنتی‌باکتریال در رنگ‌های دریایی در برنامه آتی این پژوهشکده قرار دارد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش بر اساس زمان‌های کشت متفاوت میزان وزنی تولید آنتی‌باکتریال مختلفی در برداشت. با توجه به آزمایشات انجام گرفته، بیشترین میزان تولید مربوط به روز ششم پس از کشت می‌باشد اما از آنجا که ناخالصی ها و وجود ترکیبات نامطلوب در وزن خشک تولیدی عامل ضد باکتریایی ندارد، آنالیز کروماتوگرافی و روش نفوذ دیسکی نشان‌دهنده بیشترین فعالیت ضد میکروبی در روز چهارم پس از کشت است. این نتایج در بهبود روش‌های آتی در زمینه بهینه‌سازی محیط

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-01-02]
[DOR: 20.1001.1.22285458.1393.5.17.7.1]

کشت و فرمولاسیون این ماده زیستی در رنگ‌های دریایی مؤثر است.

آزمایشگاه بیوشیمی و بیوفیزیک و تجهیزات و امکانات لازم در راستای این پژوهش قدردانی و تشکر فراوان به‌عمل می‌آید.

سپاسگزاری

از کلیه همکاران و مسئولین پژوهشکده علوم و فناوری‌های زیستی دانشگاه صنعتی مالک اشتر جهت در اختیار قرار دادن

منابع

۱. غفاری م د . (۱۳۹۱)، بررسی خوردگی فولاد کربنی گرید E در حضور باکتری‌های جداشده از چاه نفت ومناطق شور، پروژه نخبگی، پژوهشکده فناوری زیستی ، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران.

2. Brenda J. L, Jason S.L, Microbiologically Influenced Corrosion .John Wiley & Sons, Inc, Dol:,(2009),10.1002/0471238961.
3. "Dorlands Medical Dictionary:antibacterial". Archived from the original on 2010-Retrieved 2010-10-29.
4. Ge, Y.H., Huang, X.Q., Wang, S.L., Zhang, X.H., Xu, Y.Q. Phenazine-1- carboxylic acid is negatively regulated and pyoluteorin positively regulated by gacA in Pseudomonas sp. M18. FEMS Microbiol.(2004). Lett. 237, 41–47.
5. Ghafari M.D, Bahrami A, Rasooli I, Arabian D, Ghafari F,Bacterial exopolymeric inhibition of carbon steel corrosion,International Biodeterioration and Biodegradation (2013) ,80-29-33.
6. Huang, J.F., Xu, Y.Q., Zhang, H., Li, Y.Q., Huang, X.Q., Ren, B., Zhang, X.H., Temperature-dependent expression of phzM with its regulatory genes lasI and ptsP in rhizosphere isolated Pseudomonas sp. strain M18. Appl. Environ. Microbiol. (2009). 75, 6568–6580.
7. Iverson W. P,Biological corrosion in Advance in corrosion Science and Technology.Plenum Press, New York, (1972), 2:1-42.
8. J.L. Brenda, S.L.Jason, Microbiologically Influenced Corrosion, John Wiley & Sons, Inc, (2009), DOI: 10.1002/0471238961.
9. Jayaraman A, Hallock P J, Carson R M, Lee C C,. Mansfeld F, Wood T K, Inhibiting sulfate-reducing bacteria in biofilms on steel with antimicrobial peptides generated in situ. Applied Microbiology and Biotechnology, (1999), 53(2): 267-275.
10. Jin-Jiang Su, Quan Zhou, Hong-Yan Zhang, Ya-Qian Li, Xian-Qing Huang, Yu- Quan Xu. Medium optimization for phenazine-1-carboxylic acid production by a gacA qscR double mutant ofPseudomonas sp. M18 using response surface methodology. Bioresource Technology 101 (2010) 4089–4095.
11. Kavitha K, Mathiyazhagan S, Sendhilvel V, Nakkeeran S, Chandrasekar G, W. G Fernando, Broad spectrum action of phenazine against active and dormant structures of fungal pathogens and root knot nematode. Archives of Phytopathology and Plant Protection. Vol. 38, No. 1, (2005), Pp. 69 – 76.
12. Krieg N.R, Bergey J.G, Manual of Systematic Bacteriology. Williams & Wilkins. 428 East Preston Street,Baltimore, (1984) MD 21202,USA.
13. Madhava Charyulu E, Sekaran G, Suseela Rajakumar G & Arumugam Gnanamani, Antimicrobial activity of secondary metabolite from marine isolate, Pseudomonas sp.against Gram positive and negative bacteria including MRSA. India Journal of Experimental Biology, (2009), Vol.47 pp.964-968.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1393.5.17.7.1]

14. Makarand R Rane, Prashant D Sarode, Bhushan L Chaudhari, Sudhir B Chincholkar Detection, isolation and identification of phenazine-1-carboxylic acid produced by biocontrol strains of pseudomonas aeruginosa. Journal of scientific & industrial research vol.66 2007, pp.627-631.
15. Rongjun Zuo, Biofilms: Strategies for metal Corrosion inhibition employing microorganisms. Appl microbial Biotechnol, (2007),76: 1245 – 1253.
16. Saha S, Thavasi R and Jayalakshmi S, Phenazine Pigments from Pseudomonas aeruginosa and Their Application as Antibacterial Agent and Food Colourants . Research Journal of Microbiology, (2008), 3: 122-128.
17. Saosoong K, Wongphathanakul W, Chanokporn Poasiri, Chalerm Ruangviriyachai, Isolation and Analysis of Antibacterial Substance Produced from P. aeruginosa . (2009), TISTR 781. KKU Sci. J.37(2) 163-172 .
18. Schweitzer A, Philip A, Fundamental of corrosion mechanisms causes and preventative methods. CRC Press,(2010).
19. Shi X, Avci R, Lewandowski Z,Comparative study in chemistry of microbialogy and electrochemistry initiated pits of type 316L stainless steel. Corros.SCi vol 45(11),(2003),pp.2577-95.
20. Videla H.A, Manual of Biocorrosion, LLewis Publishers CRC Press, USA,(1996), pp. 273.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1393.5.17.7.1]