

ارزیابی کارایی روش طیف‌نگار فروسرخ تبدیل فوریه در تشخیص مخمرهای مولد

شیرین‌کننده‌های کم‌کالری

غلامرضا قزلباش¹، ایرج نحوی²

1- نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری میکروبیولوژی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، پست الکترونیکی: gh.r.ghezelbash@gmail.com

2- استاد گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان

تاریخ دریافت: 91/9/15

تاریخ پذیرش: 92/12/21

چکیده

سابقه و هدف: جداسازی و نگهداری مخمرها با قابلیت استفاده در صنایعی نظیر غذا و دارو به روش‌های شناسایی دقیق و سریع نیاز دارد. سیستم‌های قدیمی شناسایی مخمرها دارای معایب زیادی است و روش‌های جدید ملکولی با وجود کارایی و قابلیت شناسایی وسیع مخمرها بسیار گران و غیر قابل کاربرد در آزمایش‌های روزانه هستند. هدف از این بررسی دستیابی به روشی ساده و سریع در جهت شناسایی مخمرها بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش هفت سویه‌ی مخمری شامل دو سویه استاندارد مولد شیرین‌کننده‌ی فاقد کالری، دو سویه‌ی استاندارد غیرمولد و سه سویه محیطی مولد به منظور مقایسه‌ی کارایی روش طیف‌نگار فروسرخ تبدیل فوریه و تکنیک ملکولی در شناسایی مخمرها بررسی شدند.

یافته‌ها: مخمرهای مشابه و غیرمشابه (از لحاظ جنس و گونه) به ترتیب طیف‌های مشابه و متفاوتی نشان دادند. ارزیابی کمی این سویه‌های مخمری با استفاده از تشابه طیف‌ها در نواحی پلی‌ساکاریدی، پروتئینی و اسیدهای چرب انجام شد.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که از طیف‌نگار فروسرخ تبدیل فوریه می‌توان به عنوان یک تکنیک سریع و مؤثر در شناسایی مخمرها استفاده کرد. مزایای این روش به عنوان یک روش جدید شناسایی مخمرها در سادگی آماده‌سازی نمونه‌ها، زمان کوتاه انجام آنالیز و اعتبار آن است.

واژگان کلیدی: FT-IR، شیرین‌کننده‌های کم‌کالری، RNA ریبوزومی، مخمرها

• مقدمه

طور الگوهای جذب و تخمیر منابع کربنی به طور کامل نمی‌تواند این نیازمندی را بر طرف کند؛ زیرا این روش‌ها زمان‌بر هستند. به علاوه، توانایی روش‌های مرسوم محدود است، زیرا برای تمایز گونه‌های از سایر گونه‌ها یک واکنش فیزیولوژیک منفرد مورد نیاز است که آن هم توسط یک شاخص قابل جهش (mutable) کنترل می‌شود (2).

طیف‌نگار فروسرخ تبدیل فوریه (Fourier-Transform Infrared) در آنالیزهای شیمیایی برای شناسایی مواد به کار می‌رود. طول موج فروسرخ از یک میکرون تا یک میلی‌متر است. عموماً عدد موج (wave number) یا ν به عنوان واحد فیزیکی طیف سنجی FT-IR به کار می‌رود. طیف‌های فروسرخ به

مخمرها در تولید محصولاتی مانند پروتئین‌های تک-یاخته، آنزیم‌ها و محصولات تخمیری کاربرد دارند. بعضی مخمرها نیز در فساد غذایی و ایجاد بیماری‌ها نقش بسیار مهمی دارند. بنابراین، وجود یک روش قابل اطمینان و سریع برای شناسایی مخمرها ارزشمند است. از آنجا که تا به حال زیست‌گاه‌های کمی مطالعه شده است، احتمالاً سویه‌ها و گونه‌های بسیاری از مخمرها در آینده کشف خواهند شد (1). کشف یک سویه‌ی مخمری جدید شامل شناسایی تعداد زیادی از ایزوله‌ها و مقایسه‌ی آن‌ها با سایر سویه‌هاست. بنابراین، یک روش شناسایی سریع، ساده و ارزان، مورد نیاز است. سیستم‌های تمایزی (conventional differentiation) مرسوم نظیر استفاده از ویژگی‌های مورفولوژیکی و همین

ساخت ژاپن)، ترموسایکلر Ependorph (آلمان)، ژل Syngene Gel Doc (آمریکا) و سانتریفوژ Ependorph (مدل 5415D، ساخت آلمان) استفاده شد.

سویه‌های مخمری: در این بررسی به منظور مقایسه بهتر الگوی FT-IR سویه‌های مخمری بر اساس درجه‌ی تشابه و تفاوت انتخاب شدند. یاروویا لیپولیتیکا سویه‌ی DSM70562، کندیدا مگنولیا سویه‌ی DSM70638 از کلکسیون میکروبی DSMZ آلمان، ساکارومایسس سرروزیه سویه‌ی PTCC5052 از کلکسیون میکروبی ایران و کندیدا گالی از کلکسیون میکروبی دانشگاه اصفهان تهیه شدند. سویه‌های مولد شیرین‌کننده با استفاده از محیط غربالگری (40v/w% گلوکز، 1% عصاره مخمر، pH=5) و نمونه‌های محیطی مانند عسل، گل‌های گیاهان، انواع مربا و آب میوه جدا شدند.

شناسایی مخمرها توسط تعیین توالی RNA

ریبوزومی: مخمرهای مولد شیرین‌کننده‌ی کم‌کالری جدا شده از طبیعت که به عنوان مخمرهای مجهول در این بررسی مورد استفاده قرار گرفتند، ابتدا توسط تعیین توالی قطعه‌ای از ژنوم ریبوزومی شناسایی شدند. پرایمرهای به کار رفته در این پژوهش از نوع فضا‌ساز نسخه‌برداری ITS (Internal Transcribed Spacer) بودند. به همین دلیل، طول قطعه در مخمرهای مختلف متفاوت بود. برای استخراج DNA مخمرها ابتدا مخمر مورد نظر در محیط مایع عصاره‌ی مخمر - پیتون - گلوکز YPD (Yeast Extract Peptone Glucose) کشت داده شد. سلول‌ها جداسازی و با استفاده از آب مقطر شسته شدند. سپس سلول‌ها با بافر لیزکننده، دانه‌های شیشه‌ای (425 تا 600 میکرون)، محلول فنل-کلروفرم-ایزوامیل‌الکل (1:24:25) مخلوط و طی مخلوط‌سازی (Vortex) شدید به مدت 3 تا 5 دقیقه شکسته شدند. بافر لیزکننده حاوی تریتون X-100، سدیم دودسیل سولفات SDS (Sodium Dodesil Sulphate)، کلرید سدیم، تریس-اسید کلریدریک و اتیلن‌دی‌آمین‌تترا استیک اسید (EDTA) بود. سپس به این محتویات بافر TE (Tris-EDTA buffer) اضافه شد و به منظور انحلال DNA در بافر TE عمل مخلوط‌سازی به آرامی انجام شد. بعد از سانتریفوژ با سرعت 10000 دور در دقیقه به مدت 10 دقیقه، به محلول فوقانی جدا شده به میزان دو برابر حجم آن ایزوپروپانول سرد اضافه شد. مخلوط فوق چند مرتبه به آرامی معکوس شد. حرکت

سه ناحیه‌ی نزدیک ($\nu: 12500-4000 \text{ cm}^{-1}$)، متوسط ($\nu: 200-4000 \text{ cm}^{-1}$) و دور ($\nu: 200-10 \text{ cm}^{-1}$) تقسیم می‌شوند. طیف‌سنجی FT-IR شامل مشاهده‌ی ارتعاش ملکول‌هاست که توسط اشعه فرورسرخ برانگیخته شدند. ملکول‌ها می‌توانند انرژی طیف تابانده شده را جذب و شروع به حرکت جنبشی یا چرخش دورانی کنند. مشخص شده است که یک طیف فرورسرخ معرف اثر انگشت خاص یک ماده‌ی شیمیایی است (3، 4).

Naumann و همکاران در سال 1985 توانستند با استفاده از روش FT-IR میکروارگانیسیم‌ها را شناسایی کنند (5). متداول است که در ابتدا باید یک کتابخانه‌ی FT-IR از سویه‌ها و گونه‌های شناخته شده ساخته شود و سپس طیف FT-IR یک ایزوله‌ی ناشناخته در همان شرایط، با طیف‌های موجود در کتابخانه مقایسه شود تا بتوان ویژگی‌ها را مشخص کرد. موفقیت این روش به دلیل غنی بودن کتابخانه‌ی FT-IR از سویه‌های مختلف مشابه یا غیرمشابه است (3). طیف‌سنجی FT-IR برای شناسایی بعضی از گونه‌های جنس لاکتوباسیلوس (6)، اکتینومایسس (7)، لیستریا (8)، استریتوکوکوس (9) و کلسترییدیوم (10) انجام شده است. نتایج این گزارش‌ها نشان دادند که با استفاده از این تکنیک می‌توان میکروارگانیسیم‌ها را در سطوح متفاوت رده‌بندی (taxonomy) و حتی در سطح سویه شناسایی کرد. تا به حال، گزارشات محدودی از شناسایی سلول‌های یوکاریوت مانند مخمرها توسط FT-IR ارائه شده است (11).

امروزه، شیرین‌کننده‌های کم‌کالری میکروبی به دلیل نداشتن اثرات جانبی، جایگزین شیرین‌کننده‌های شیمیایی شده‌اند. زایلیتول، سوربیتول و اریتریتول از این دسته از شیرین‌کننده‌ها هستند. اریتریتول یک پلی‌الکل چهارکربنه است که در مقایسه با دیگر پلی‌الکل‌ها کمترین انرژی را دارد و در تهیه‌ی محصولات کم‌کالری و دارویی به کار می‌رود. در این بررسی با استفاده از چندین سویه‌ی مخمری متفاوت و مقایسه‌ی طیف FT-IR آن‌ها کارایی این تکنیک در شناسایی مخمرها به طور کامل بررسی شد.

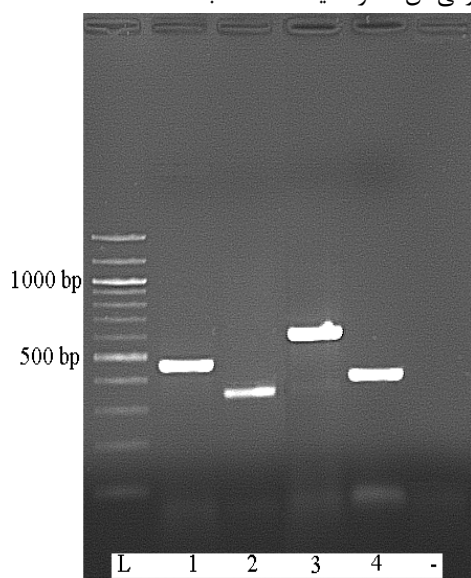
• مواد و روش‌ها

مواد: همه‌ی مواد شیمیایی، محیط‌های کشت، دانه‌های شیشه‌ای مخصوص لیز مخمر و حلال‌های به کار رفته در این پژوهش از شرکت مرک آلمان و سیگما آمریکا تهیه شدند. در این بررسی از دستگاه‌های FT-IR (مدل JASCO-6300،

(1200 تا 1500)، ناحیه W4 ناحیه‌ی پلی ساکاریدها (900 و 1200) و ناحیه‌ی W5 ناحیه‌ی اثر انگشت (Fingerprint region) (700 تا 900) بود. ناحیه‌ی اثر انگشت پیوندهایی دارد که مشخصه‌ی میکروارگانیزم‌ها در سطوح گونه است (16، 15). در این پژوهش، آزمون‌های FT-IR همه‌ی نمونه‌ها دو بار تکرار شدند. مقایسه‌ی تشابه و عدم تشابه طیف‌ها توسط نرم افزار SPSS16 تأیید شد.

• یافته‌ها

شناسایی مخمرها توسط تعیین توالی RNA ریبوزومی: قطعات به دست آمده از هر مخمر بعد از PCR روی ژل آگارز برده شد تا خالص بودن و اندازه‌ی نسبی آن‌ها مشخص شود. طول قطعات به دست آمده با پرایمرهای ITS1 و ITS2 در مخمرهای مختلف متفاوت و شامل "قسمتی از ITS2 - 5.8srRNA - ITS1 - 18srRNA و قسمتی از 28srRNA" است. شکل 1 ژل آگارز محصول PCR چند مخمر مطالعه شده در این بررسی را نشان می‌دهد که بعد از تعیین توالی و تطابق در سایت NCBI جنس و گونه آن‌ها مشخص شد. ایزوله‌ی شماره‌ی 7 یارویا لیپولیتیکا سویه‌ی ISF7، ایزوله‌ی شماره‌ی 57 کندیدا گونه‌ی ISF57 و ایزوله‌ی 143 آئروبازیدیوم پلوانس سویه‌ی ISF143 بودند که توالی آن‌ها در سایت NCBI ثبت شد.



شکل 1. تصویر ژل الکتروفورز محصولات PCR سویه‌های جدا شده L: Ladder (فرمتناز، 100 بازی)، - کنترل منفی (آب مقطر)، 1. کندیدا گونه‌ی ISF57، 2. یارویا لیپولیتیکا سویه‌ی ISF7، 3. آئروبازیدیوم پلوانس سویه‌ی ISF143، 4. کندیدا گالی

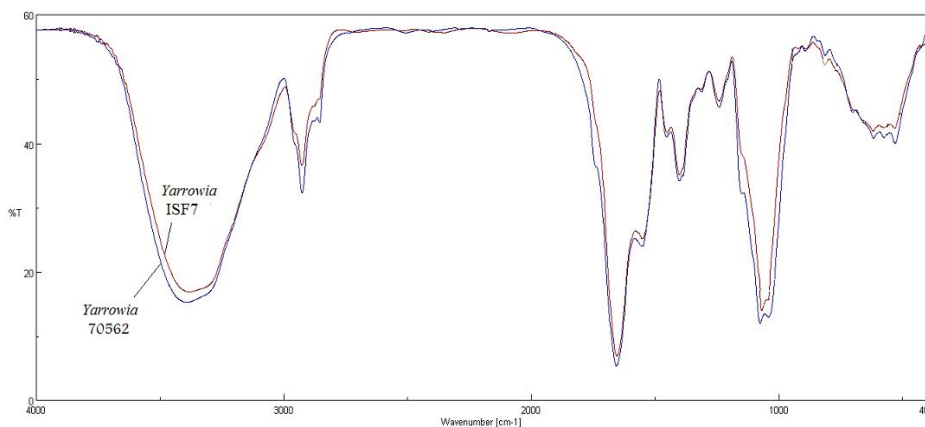
سریع یا ورتکس در این مرحله موجب قطعه‌قطعه شدن DNA می‌شود. بعد از سانتریفوژ، محلول فوقانی دور ریخته شد و بعد از تیخیر ایزوپروپانول در زیر هود به رسوب باقی مانده 100 میکرولیتر بافر TE اضافه شد و بعد از ورتکس آرام و میکروسانتریفوژ در دمای 20°C نگهداری شد تا برای PCR مورد استفاده قرار گیرد (12). PCR قطعه مورد نظر با استفاده از پرایمرهای ITS1 (5'TCCGTAGGTGAACCTGCGG3') به عنوان پرایمر رو به جلو و ITS4 (5'TCCTCCGCTTATTGATATGC3') به عنوان پرایمر برگشتی انجام شد (13). ابتدا درجه‌ی خلوص و اندازه‌ی نسبی محصول PCR به دست آمده روی ژل آگارز (1/5 درصد) تعیین شد و سپس توسط شرکت فز/پژوه تعیین توالی شد. توالی به دست آمده در سایت NCBI جستجو شد تا نام جنس و گونه مخمری مورد نظر مشخص شد. واکنش زنجیری پلیمرازی حاوی سه مرحله‌ی واسرشت اولیه (initial denaturation) (95°C ، 5 دقیقه)، دوره‌ی سی گانه (Cycle) که شامل 95°C به مدت 30 ثانیه، 55°C به مدت 30 ثانیه و 72°C به مدت 1 دقیقه و در نهایت بسط نهایی (final extension) (72°C ، 10 دقیقه) بود.

آماده‌سازی نمونه برای FT-IR: ابتدا یک کلنی از هر کدام از مخمرهای مورد مطالعه به صورت جداگانه روی محیط کشت عصاره مخمر - گلوکز - کلرامفنیکل (YGC) حاوی عصاره‌ی مخمر 5 g/l، گلوکز 20 g/l، کلرامفنیکل 0/1 g/l و آگار 15 g/l کشت داده شد. سپس کشت‌های فوق به مدت 24 ساعت در 30°C گرمخانه‌گذاری شدند. سپس یک لوپ کامل از این مخمرهای فعال شده به 100 میکرولیتر آب مقطر انتقال داده شد تا خشک شوند. برای این منظور محلول‌های مخمری به طور جداگانه روی لام‌های تمیز گسترش یافتند و به مدت 60 دقیقه در دمای 42°C قرار داده شدند. سلول‌های خشک شده از روی لام تراشیده شده و بعد از آماده سازی روی صفحات مخصوص، طیف‌های FT-IR آن‌ها مطالعه شد (14).

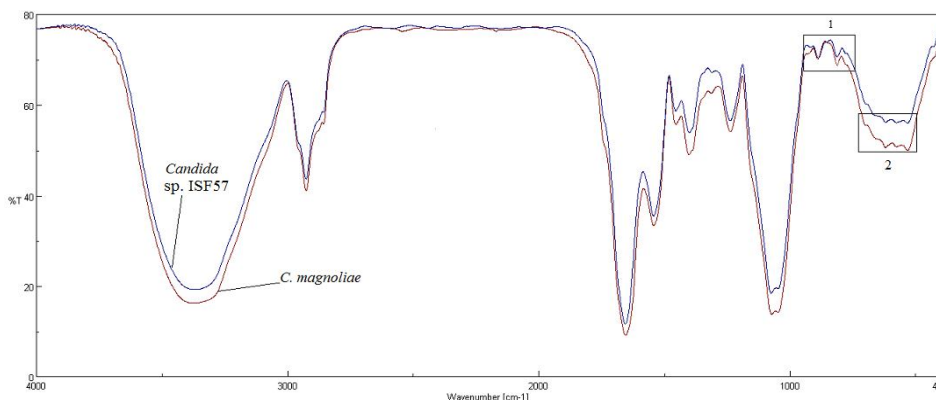
طیف‌سنجی FT-IR: همه‌ی طیف‌ها توسط دستگاه FT-IR در محدوده‌ی 4000 cm^{-1} به دست آمدند. اصولاً 5 پنجره‌ی طیفی اطلاعات اساسی دارند. در این میان ناحیه‌ی W1 ناحیه‌ی اسیدهای چرب (2800-3050)، ناحیه‌ی W2 ناحیه پروتئین‌ها و پیوندهای پپتیدی (1500 تا 1750)، ناحیه‌ی W3 ناحیه‌ی اسیدهای چرب، پروتئین‌ها و پلی ساکاریدها

بودند و به همین دلیل تشابه زیادی در نواحی ساختاری خود داشتند، ولی چون از دو گونه‌ی متفاوت هستند در نواحی نشان داده شده تفاوت داشتند. شکل 4 نیز تشابه طیف‌های FT-IR در دو مخمر *کندیدا گالی* و *کندیدا گونه‌ی ISF57* را نشان می‌دهد. شکل 5 مقایسه‌ی عدم تشابه طیف‌های FT-IR ساکارومایسس سرروزیه سویه‌ی PTCC5052 و *آئروبازی‌دیوم پلوانس سویه‌ی ISF143* را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، هر چه تفاوت فیلوژنی بیشتر باشد، تفاوت FT-IR یا به عبارتی تفاوت گروه‌های عاملی روی سطوح مخمرها بیشتر می‌شود. شکل 6 تفاوت مخمر *یاروویا لیپولیتیکا* از *کندیدا* را که دو جنس بسیار نزدیک به هم هستند، توسط تکنیک FT-IR نشان می‌دهد. تفاوت طول موج منحنی‌ها در نواحی 1، 2، 3، 4 و 6 نشان‌دهنده‌ی تفاوت الگوی FT-IR در این دو مخمر است. در ناحیه‌ی 5 نیز تنها مخمر *یاروویا* در طول موج 1146/47 دارای طیف است.

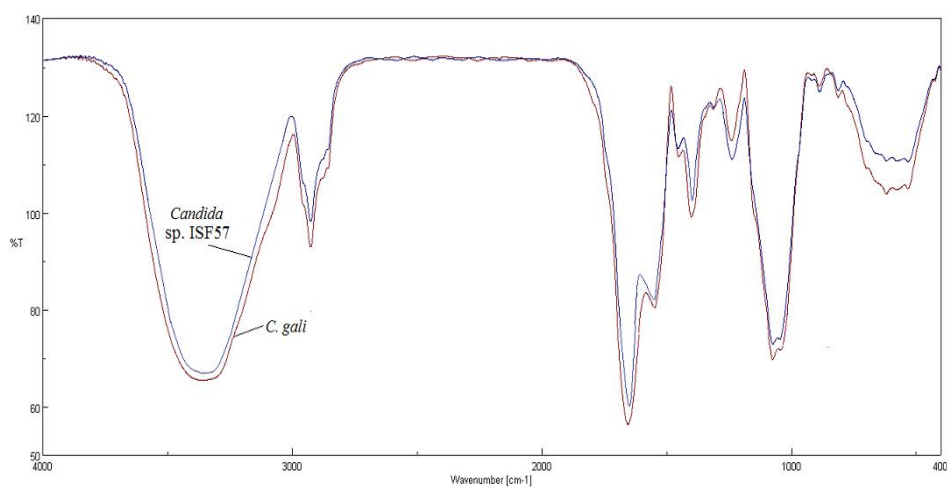
طیف‌سنجی FT-IR: طیف‌های توده‌های مختلف مخمری گرفته شد و سویه‌های استاندارد به عنوان مرجع و سویه‌های جدا شده از طبیعت به عنوان سویه‌های مجهول بررسی شدند. طیف‌های به دست آمده از سویه‌های مخمری مربوط به یک جنس و گونه‌ی مشابه کاملاً مشابه بودند و طیف‌های سویه‌های مخمری که در سطح جنس یا حتی گونه متفاوت بودند، بسته به درجه‌ی تفاوت الگوهای FT-IR متفاوتی از خود نشان دادند. نکته‌ی مهم در مقایسه‌ی الگوی FTIR دو مخمر، مقایسه‌ی طول موج طیف‌های آن‌هاست که تشابه و تفاوت این طول موج‌ها در شناسایی گونه و سویه اهمیت پیدا می‌کند. شکل 2 طیف‌های دو مخمر *یاروویا لیپولیتیکا* سویه‌ی DSM70562 و *یاروویا لیپولیتیکا* سویه‌ی ISF7 را نشان می‌دهد که از یک جنس و گونه بودند و به همین دلیل در تمام نواحی تشابه بالایی را نشان دادند. در شکل 3 طیف‌های FT-IR دو مخمر *کندیدا* گونه *ISF57* و *کندیدا مگنولیا* سویه DSM70638 مقایسه شده‌اند که از یک جنس



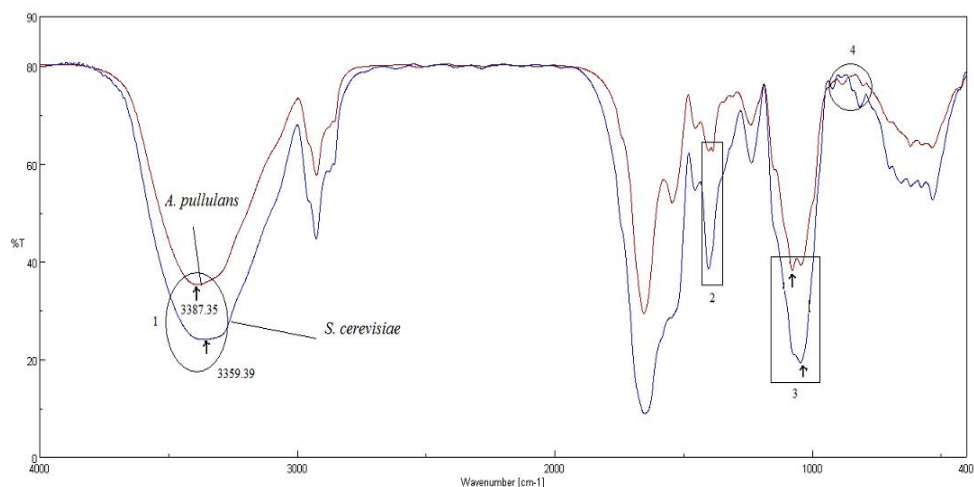
شکل 2. تشابه طیف‌های FT-IR در دو مخمر *یاروویا لیپولیتیکا* سویه‌ی DSM70562 و *یاروویا لیپولیتیکا* سویه‌ی ISF7



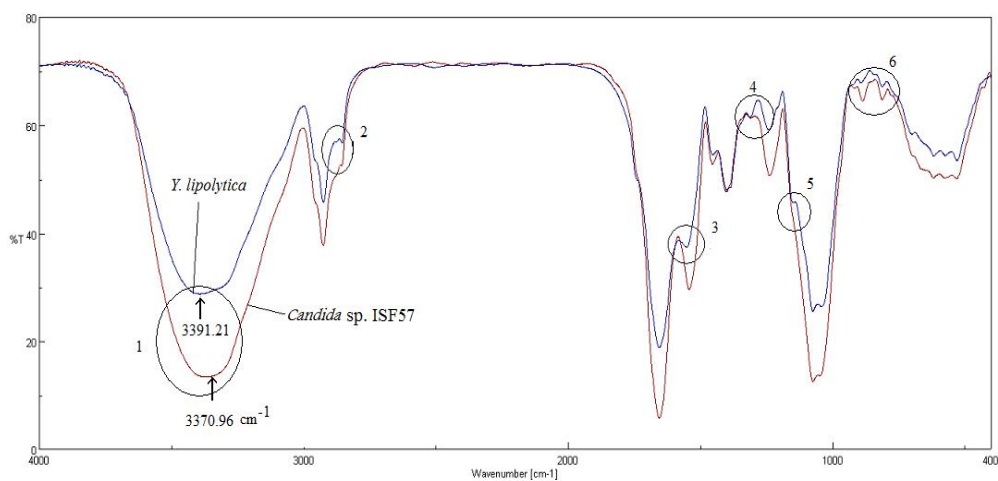
شکل 3. تشابه طیف‌های FT-IR در دو مخمر *کندیدا* گونه‌ی ISF57 و *کندیدا مگنولیا* سویه‌ی DSM70638



شکل 4. تشابه طیف‌های FT-IR در دو مخمر کاندیدا گونه‌ی ISF57 و کاندیدا گالی



شکل 5. عدم تشابه طیف‌های FT-IR در دو مخمر ساکارومایسس سروریزه سویه‌ی PTCC505 و آئروباژیدیوم پلولانس سویه‌ی ISF143



شکل 6. عدم تشابه طیف‌های FT-IR در دو مخمر یاروویا لیپولیتیکا سویه‌ی DSM70562 و کاندیدا گونه‌ی ISF57

• بحث

نمونه‌ها بسیار اهمیت پیدا می‌کند (22). تنها محدودیت این تکنیک در شناسایی مخمرها نیازمندی به یک کتابخانه‌ی وسیع از طیف‌های مرجع است که این خود نیازمند استفاده‌ی بیشتر از این تکنیک برای شناسایی مخمرهاست. تشکیل چنین بانک اطلاعاتی نیازمند به کار بردن شرایط کشت و رشد مشابه برای همه‌ی مخمرهای مورد مطالعه است. به عبارت دیگر، سن کشت، ترکیب محیط کشت، pH محیط و دما باید برای همه‌ی مخمرهای مطالعه شده یکسان باشد تا بتوان طیف‌های آن‌ها را مقایسه کرد.

مقدار بالای تطابق بین طیف‌های دو یا چند مخمر مشابه نشان می‌دهد که تکنیک FT-IR یک تکنیک ساده و مطمئن با تکرارپذیری خوب برای شناسایی مخمرهاست. این مطالعه اولین نمونه‌ی عملکردی کاربرد FT-IR در شناسای مخمرها در ایران بود. امید است که با افزایش مطالعات و انجام این تکنیک برای مخمرهای مختلف، بانکی از طیف‌های مخمرهای مختلف تشکیل شود که بتوان با استفاده از آن به شناسایی مخمرها مبادرت ورزید. به علاوه، جدا از آن می‌توان از این روش در مطالعاتی که تنوع سویه‌های جدا شده مطرح است، استفاده کرد و به کمک آن از شناسایی سویه‌های مشابه با تکنیک‌های ملکولی پرهیز کرد. به عبارت دیگر حداقل کاربرد این روش این است که می‌توان از آن به عنوان یک روش غربالگری سویه‌ها قبل از شناسایی با تکنیک ملکولی استفاده کرد تا هم در وقت و هم در هزینه صرفه جویی شود.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه اصفهان به دلیل حمایت از این تحقیق، آقای مهدی ربیعی به دلیل کمک در انجام کارهای آماری و همین‌طور از زحمات خانم هوشمند کارشناس آزمایشگاه FT-IR دانشگاه اصفهان تشکر و قدردانی می‌شود.

گزارش‌های فراوانی درباره‌ی درصد فراوانی مخمرهای شیرین‌کننده در طبیعت وجود دارد. برای مثال، تحقیقات Park و همکاران مبنی بر آن است که تنها 11 سویه از 1753 مخمر اسموفیل جدا شده از عسل و گرده‌های گیاهی می‌توانستند شیرین‌کننده‌ی اریتریول را تولید کنند به بیان دیگر فقط 0/6 درصد از مخمرهای اسموفیل قادر به تولید این شیرین‌کننده هستند. در این بررسی نیز از 460 ایزوله‌ی جدا شده تنها 3 مورد آن قادر به تولید این ترکیبات بودند که خود معرف نسبت 0/65 درصدی آن‌هاست (17). مطالعه‌ی تولید یا عدم تولید این شیرین‌کننده‌ها ابتدا توسط TLC و سپس توسط HPLC مورد مطالعه قرار گرفت (18). سویه‌های استاندارد کندیدا/ مگنولیا و یاروویا لیپولیتیکا در این بررسی نیز مولد این شیرین‌کننده‌ها بودند که ایزوله‌ی ISF7 در مقایسه با سویه‌های استاندارد سویه‌ی بهتری بود و سه برابر سویه استاندارد اریتریول تولید کرد. ساکارومایسس سروزیه سویه‌ی PTCC5052 و کندیدا/ گالی نیز برای مقایسه و بررسی شناسایی مخمرها توسط FT-IR مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

FT-IR یک تکنیک قوی برای تشخیص ترکیب شیمیایی ترکیبات بسیار پیچیده مانند میکروارگانیزم‌ها است (9-3). مطالعات انجام شده همگی مؤید آن است که از FT-IR می‌توان در شناسای مخمرها و قارچ‌های رشته‌ای استفاده کرد (5-3). شناسایی مخمرها توسط روش‌های مرسوم ریختی (phenotypic) سخت و در بعضی موارد غیرممکن است (20، 19). اما شناسایی مخمرها توسط تکنیک FT-IR روشی سریع، مؤثر و فاقد نیازمندی به عوامل واکنش‌گر است (21). به علاوه، این روش برای همه‌ی میکروارگانیزم‌ها قابل انجام است و به مقدار بسیار کمی توده‌ی سلولی نیاز دارد. طیف‌های FT-IR توسط عواملی مانند دمای رشد، روش کشت و حتی روش خشک کردن نمونه‌ی میکروارگانیزی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و بر همین اساس، روش آماده‌سازی

• References

- Jakobsen M, Narvhus J. Yeasts and their possible beneficial and negative effects on the quality of dairy products. *Int Dairy J* 1996; 6: 755-68.
- James SA, Cai J, Roberts IN, Collins MD. A phylogenetic analysis of the genus *Saccharomyces* based on 18S rRNA gene sequences: description of *Saccharomyces kunashirensis* sp. nov. and *Saccharomyces martiniae* sp. nov. *Int J Sys Evol Microbiol* 1997; 47: 453-60.
- Naumann A, Navarro-Gonzalez M, Peddireddi S, Kues U, Polle A. Fourier transform infrared

- microscopy and imaging: detection of fungi in wood. *Fungal Genet Biol* 2005; 42: 829-35.
4. Adt I, Toubas D, Pinon JM, Manfait M, Sockalingum GD. FTIR spectroscopy as a potential tool to analyse structural modifications during morphogenesis of *Candida albicans*. *Arch Microbiol* 2006; 185: 277-85.
 5. Naumann D. The ultra rapid differentiation and identification of pathogenic bacteria using FT-IR techniques. *SPIE Fourier Comput Infrared Spectrosc* 1985; 553: 268-9.
 6. Curk MC, Peladan F, Hubert JC. Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy for identifying *Lactobacillus* species. *FEMS Microbiol Lett* 1994; 123: 241-8.
 7. Haag H, Gremlich HG, Bergmann R, Sanglier JJ. Characterization and identification of actinomycetes by FT-IR spectroscopy. *J Microbiol Meth* 1996; 27: 157-63.
 8. Holt C, Hirst D, Sutherland A, MacDonald F. Discrimination of species in the genus *Listeria* by Fourier transform infrared spectroscopy and canonical variate analysis. *Appl Environ Microbiol* 1995; 61: 377-8.
 9. Goodacre R, Timmins EM, Rooney PJ, Rowland JJ, Kell D. Rapid identification of *Streptomyces* species using diffuse reflectance-absorbance Fourier-transform infrared spectroscopy and artificial neural networks. *FEMS Microbiol Lett* 1996; 140: 233-9.
 10. Franz M. Identifizierung von Clostridien mittels FT-IR-Spektroskopie. *Dtsch Milchwirtsch* 1994; 3: 130-32.
 11. Kummerle M, Scherer S, Seiler H. Rapid and reliable identification of food-borne yeasts by fourier-transform infrared spectroscopy. *Appl Environ Microbiol* 1998; 64: 2207-14.
 12. Hoffman CS. *Current protocols in molecular biology*. New York: John Wiley and Sons; 1997.
 13. Deak T, Chen J, Beuchat LR. Molecular characterization of *Yarrowia lipolytica* and *Candida zeylanoides* isolated from poultry. *Appl Environ Microbiol* 2000; 66: 4340-44.
 14. Praphailong W, Van Gestel M, Fleet GH, Heard GM. Evaluation of the biology system for identification of food and beverage yeasts. *Lett Appl Microbiol* 1997; 24: 455-59.
 15. Totok T, AD King JR. Comparative study on the identification of food-borne yeasts. *Appl Environ Microbiol* 1991; 57: 1207-12.
 16. Orsini F, Ami D, Villa AM, Sala G, Bellotti MG, Doglia SM. FT-IR microspectroscopy for microbiological studies. *J Microbiol Meth* 2000; 42: 17-27.
 17. Park, YC, Lee DY, Lee DH, Kim HJ, Ryu YW, et al. Proteomics and physiology of erythritol-producing strains. *Journal of Chromatography* 2005; 815: 251-60.
 18. Ghezlbash GR, Nahvi I, Rabbani M. Study of polyols production by *Yarrowia Lipolytica* in batch culture and optimization of growth condition for maximum production. *JJM* 2012; 5: 494-7.
 19. Timmins EM, Quain DE, Goodacre R. Differentiation of brewing yeast strains by pyrolysis mass spectrometry and Fourier transform infrared spectroscopy. 1998; *Yeast* 14: 885-93.
 20. Erukhimovitch V, Pavlov V, Talyshinsky M, Souprun Y, Huleihel M. FTIR microscopy as a method for identification of bacterial and fungal infections. *J Pharm Biomed Anal* 2005; 37: 1105-8.
 21. Burattini E, Cavagna M, Dell Anna R, Campeggi FM, Monti F, Rossi F. A FTIR microspectroscopy study of autolysis in cells of the wine yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Vib Spectrosc* 2008; 47: 139-47.
 22. Toubas D, Essendoubi M, Adt I, Pinon JM, Manfait M, Sockalingum GD. FTIR spectroscopy in medical mycology: applications to the differentiation and typing of *Candida*. *Anal Bioanal Chem* 2007; 387: 1729-7.

Assessing the efficiency of FT-IR for identification of low-calorie-sweetener-producing yeast strains

Ghezelbash GR^{1*}, Nahvi F²

1- *Corresponding author: Ph.D Student in Biology, Faculty of Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran
Email: gh.r.ghezelbash@gmail.com

2-Prof, Dept. of Biology, Faculty of Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Received 5 Dec, 2012

Accepted 11 Mar, 2013

Background and Objective: Isolation of yeasts and keeping them for use in the food and drug industries need rapid and precise methods. Traditional methods of identification of yeasts and fungi have many defects, and new molecular methods, despite their widespread application and high efficiency, are expensive and not appropriate for routine use. The aim of this study was to find a simple and rapid method for yeast identification.

Materials and Methods: Seven yeast strains, including two standard zero-caloric-sweetener-producing strains, two non-producing strains and three strains naturally producing non-caloric-sweeteners were examined in order to compare efficiency of FT-IR and molecular technique in yeast identification.

Results: This study showed that similar and dissimilar yeast species (as regards species and genera) have identical and different spectra, respectively. Quantitative evaluation of the yeast strains was performed using curve fittings of the polysaccharide, protein, and fatty acids regions.

Conclusion: Based on the findings, it can be concluded that FT-IR is a fast and effective method for identification of yeast strains. The advantages of this new method are simplicity of sample preparation, short analysis time, and high validity.

Keywords: FT-IR, Low-calorie sweetener, Ribosomal RNA, Yeasts