

مقاله پژوهشی

بررسی قابلیت‌های تکنولوژیکی و خصوصیات زیست فعال پلی ساکارید ساقه تیفا

ریحانه سروریان^۱، امیر اقبال خواجه رحیمی^۲، مهرانوش تدینی^{۳*}، محمد حسین عزیزی^۴، محمد حجتی^۵

۱. دانشجوی دکتری، علوم و صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۴. استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۵. دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۵، تاریخ آخرین بازنگری: ۱۳۹۹/۰۷/۱۷، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۰)

چکیده

این تحقیق با هدف جداسازی پلی ساکارید ساقه تیفا و بررسی خصوصیات تکنولوژیک، فعالیت ضد اکسایشی و ضد باکتریایی آن انجام شد. در این راستا پلی ساکارید ساقه تیفا با استفاده از روش استخراج قلیایی- اولتراسونیک تحت شرایط نسبت آب به ماده خام ۲۵ mL/g، غلظت سدیم هیدروکسید ۱/۵ M و زمان ۴۰ min استخراج گردید. در این بررسی نتایج پراکندگی نور پویا نشان داد که متوسط اندازه ذرات و پتانسیل زتا به ترتیب ۲۸۲ nm و ۲۱/۵۲ mV- بود. بر اساس نتایج نسبت هاسنر و قابلیت جریان پلی ساکارید تیفا به ترتیب ۱/۱۶±۰/۰۲ و ۱۳/۹۹±۰/۰۱٪ بود. این ترکیب ظرفیت بالایی برای نگهداری آب (۹/۲۸±۰/۱۵٪)، جذب روغن (۴/۳۷±۰/۱۴٪)، فعالیت امولسیون (۱۰۰٪) و پایداری امولسیون (۹۶٪) نشان داد. همچنین نتایج بررسی فعالیت ضد اکسایشی بیانگر توانایی مطلوب پلی ساکارید تیفا ($IC_{50} = 0.47 \text{ mg/mL}$) برای مهار رادیکال‌های آزاد ABTS بود. نتایج بررسی فعالیت ضد باکتریایی به روش انتشار دیسک در آگار نشان داد که این ترکیب دارای تأثیر معنی داری بر مهار رشد باکتری‌های منتخب در این مطالعه نبود. با توجه به نتایج به دست آمده این پلی ساکارید می‌تواند به عنوان یک منبع طبیعی آنتی اکسیدان و ترکیبی مناسب برای استفاده‌های تکنولوژیکی معرفی گردد.

کلید واژه‌ها: پلی ساکارید، ساقه تیفا، قابلیت تکنولوژیکی.

۱. مقدمه

استخراج، افزایش عملکرد استخراج، کاهش میزان انرژی مصرفی و بهبود کیفیت پلی ساکاریدها در مقایسه با روش‌های استخراج سنتی است [۱۱، ۱۲].

در پژوهشی توسط همت یار و همکاران (۱۳۹۵) پلی ساکارید هسته و میوه از گیل ژاپنی استخراج گردید. فعالیت آنتی اکسیدانی این پلی ساکاریدها با روش مهار رادیکال هیدروکسیل و روش مهار رادیکال دی پی پی اچ بررسی گردید که فعالیت مهار نسبتاً قوی رادیکال‌ها را نشان داد [۱۳]. در تحقیقی دیگر فعالیت ضداکسایشی و پری‌بیوتیکی پلی ساکارید استخراج شده از گیاه بلوط مورد بررسی قرار گرفت و این پلی ساکارید توانایی خوبی در مهار رادیکال‌های دی پی پی اچ^۴ نشان داد و دارای پتانسیل پری‌بیوتیکی قابل توجهی بود. این پلی‌ساکارید همچنین قابلیت بالای برای جذب آب و چربی نشان داد [۷]. سروریان و همکاران (۲۰۲۰) اثر زمان استخراج، نسبت آب به ماده خام و غلظت سدیم هیدروکسید بر عملکرد استخراج پلی ساکارید ساقه تیفا به وسیله اولتراسونیک را مورد بررسی قرار دادند و با استفاده از روش سطح پاسخ و طراحی جعبه بنکن شرایط بهینه را با عملکرد ۱۲/۲۴٪ مشخص کردند. فعالیت ضد اکسایشی آن مورد بررسی قرار گرفت و این پلی ساکارید توانایی خوبی در مهار رادیکال‌های هیدروکسیل و دی پی پی اچ داشت [۸]. در پژوهشی توسط مزارعی و همکاران (۲۰۱۷) پلی ساکارید استخراج شده از برگ گیاه کبر فعالیت ضد میکروبی خوبی در برابر باکتری‌های *اشرشیا کلی*، *شیگلا دیسانتری*، *سالمونلا تیفی* و *استافیلوکوکوس اورئوس* نشان داد، این پلی ساکارید همچنین دارای فعالیت ضد اکسایشی قوی بود [۶]. در این تحقیق با توجه به عدم وجود اطلاعات و مستندات کافی در مورد پلی ساکارید حاصل از تیفا برخی از ویژگی‌های تکنولوژیک آن از جمله توانایی جذب آب و روغن، فعالیت امولسیون و پایداری امولسیون و ظرفیت متورم شدن آن مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین فعالیت ضد باکتریایی و ضد اکسایشی آن نیز بررسی شد.

خانواده لوئیان^۱ دارای یک جنس تیفا^۲ و حدود ۱۵ گونه است [۱]. تیفا دمینجنسیس^۳ یکی از مؤلفه‌های اصلی تالاب‌های آب شیرین و شور در سراسر جهان است [۲]. بر اساس مطالعات انجام شده گرده‌ی تیفا دارای خواص دارویی مانند درمان خونریزی بینی و رحم می‌باشد [۳]. بر اساس مطالعه انجام شده توسط راثو و همکاران، تیفا *آنگوستوفولیا* و تیفا *لاتیفولیا* دارای فعالیت‌های ضد باکتریایی هستند [۳]. نداف و همکاران در سال ۱۳۹۴ بیان کردند که گیاه تیفا دارای تأثیر مثبت بر مراحل ترمیم زخم در موش است [۴]. پلی ساکاریدها از رایج‌ترین ماکرومولکول‌هایی موجود در طبیعت هستند که از یک یا چند مونوساکارید مختلف با پیوندهای گلوکوزیدی تشکیل شده‌اند. آن‌ها به طور گسترده در گیاهان، جلبک‌ها، حیوانات و میکروارگانیسم‌هایی مانند قارچ‌ها و باکتری‌ها توزیع شده‌اند [۵]. در سال‌های اخیر، پلی ساکاریدهای گیاهی به دلیل خاصیت فیزیوشیمیایی و عملکرد بیولوژیکی از جمله فعالیت‌های آنتی اکسیدانی، ضد باکتریایی و پری‌بیوتیکی توجه زیادی را به خود اختصاص داده‌اند [۸-۶]. علاوه بر این، پلی ساکاریدها در محصولات غذایی کاربردهای ارزنده‌ای به دست آورده‌اند و می‌توانند به عنوان قوام دهنده، تثبیت کننده، امولسیون کننده و اصلاح کننده‌ی بافت در مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرند [۹]. عملکرد، ساختار شیمیایی و فعالیت‌های بیولوژیکی پلی ساکاریدهای جدا شده از مواد طبیعی به طور گسترده تحت تأثیر روش استخراج قرار دارد. استفاده از آب داغ یک روش استخراج سنتی برای جداسازی پلی ساکاریدها از مواد طبیعی است که دارای معایب قابل توجه از جمله زمان طولانی استخراج، درجه حرارت بالای استخراج، میزان استخراج کم، میزان مصرف زیاد حلال‌ها و آلودگی محیط زیست می‌باشد [۱۱، ۱۰]. بنابراین، طرح یک روش بهره‌وری با کارایی بالا برای استخراج پلی ساکاریدها از مواد طبیعی از اهمیت بالایی می‌تواند برخوردار باشد. استخراج به کمک اولتراسونیک دارای برخی مزایا از جمله کاهش زمان

1. Typhaceae
2. Typha
3. Typha domingensis

4. 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

(۱) $100 \times (\text{وزن پودر خشک} / \text{وزن پلی ساکارید}) = \text{بازده استخراج} / \%$

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. مواد

ساقه‌های تازه تیفا در اسفند ۹۷ از منطقه شاوور استان خوزستان جمع‌آوری گردید و تأیید نوع گونه آن در هرباریوم دانشگاه آزاد اهواز انجام شد. برای آماده سازی نمونه، ساقه‌های تیفا پس از جمع‌آوری و شستشو به مدت ۴۸ h در آن با دمای 45°C خشک شدند. سپس ساقه‌های خشک شده با استفاده از آسیاب خرد و توسط یک صفحه با شماره مش ۴۰ یک دست شدند. در نهایت مواد بسته‌بندی و تا زمان استفاده در دمای 4°C نگهداری شدند. اتانول ۹۶ از شرکت رازی تهیه گردید. معرف‌های شیمیایی نیز از شرکت مرک خریداری شدند.

۲.۲. استخراج پلی ساکارید

استخراج پلی ساکاریدها از ساقه تیفا مطابق روش سروریان و همکاران انجام شد [۸]. پودر حاصل از ساقه‌های تیفا به منظور غیرفعال کردن آنزیم‌های درون‌زا و از بین بردن برخی رنگدانه‌ها، الیگوساکاریدها و مونوساکاریدها، سه مرتبه با اتانول ۸۰٪ ($1:10 \text{ g/mL}$) با دمای 70°C به مدت ۲ h تیمار شد. پودر رنگبری شده به کمک سانتریفیوژ با سرعت rpm ۳۰۰۰ به مدت ۲۰ min از مخلوط الکلی جداسازی شد. باقیمانده در دمای 50°C به مدت ۲۴ h در آن خشک شد. ۱۰ g از پودر خشک شده در زمان ۴۰ min، نسبت آب به ماده خام ۲۵ mL/g و غلظت ۱/۵ M سدیم هیدروکسید با استفاده از حمام اولتراسونیک (مدل KQ-100DE، شرکت Kunshan، چین) در فرکانس ثابت ۵۰ کیلوهرتز، استخراج شد. دمای حمام اولتراسوند برای کلیه استخراج‌های قلیایی اولتراسونیک، $70 \pm 1^{\circ}\text{C}$ بود. در پایان استخراج، مخلوط سانتریفیوژ شد (۴۰۰۰ rpm، ۱۰ min)، ماده رویی با حجم ۴ برابر اتانول ۸۰٪ مخلوط گردید و محلول حاصل به منظور رسوب‌دهی برای مدت ۲۴ h در 4°C نگهداری شد. پس از سانتریفیوژ (۴۰۰۰ rpm، ۲۰ min)، رسوب با اتانول ۹۶٪ شسته شد و سپس برای به دست آوردن پلی ساکارید خام در دمای 50°C خشک شد [۸]. بازده استخراج پلی ساکارید به کمک رابطه زیر تعیین گردید:

۳.۲. اندازه ذرات و پتانسیل زتا

اندازه متوسط قطر ذرات و پتانسیل زتا مخلوط پلی ساکارید ساقه تیفا با استفاده از پراکندگی نور پویا^۱ در 633 nm و 25°C اندازه‌گیری شد [۱۴].

۴.۲. تعیین دانسیته توده و دانسیته توده متراکم

به منظور اندازه‌گیری دانسیته توده^۲ ۵ g نمونه به یک استوانه مدرج وارد و حجم آن ثبت گردید و بر اساس فرمول ۲ بر حسب $(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3})$ گزارش شد. دانسیته توده متراکم^۳ با فشردن سازه ۲ g نمونه در سرنگ و ثبت حجم پودر، طبق فرمول (۳) بر حسب $(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3})$ محاسبه شد [۱۵].

$$\rho \text{ Bulk} = \frac{\text{وزن نمونه}}{\text{حجم نمونه}} \quad (۲)$$

$$\rho \text{ Tapped} = \frac{\text{وزن نمونه}}{\text{حجم فشرده نمونه}} \quad (۳)$$

۵.۲. تعیین قابلیت جریان و پیوستگی

قابلیت جریان پلی ساکارید با استفاده از اندیس کار (فرمول ۴) و پیوستگی با استفاده از نسبت هاسنر (فرمول ۵) محاسبه شد [۱۵]:

$$\text{compressibility capacity} = \quad (۴)$$

$$\frac{\rho \text{ Tapped} - \rho \text{ Bulk}}{\rho \text{ Tapped}} \times 100$$

$$\text{Hausner's ratio} = \frac{\rho \text{ Tapped}}{\rho \text{ Bulk}} \quad (۵)$$

۶.۲. ظرفیت متورم شدن

ظرفیت متورم شدن (SC) پلی ساکارید استخراج شده با استفاده از روش ماتئوس و همکاران با تغییرات جزئی تعیین شد. ۰/۲ پلی ساکارید ساقه تیفا درون لوله فالدکون با mL ۱۰ آب حاوی سدیم آزید ۰/۰۲٪ مخلوط شد. پس از ۱۸ h،

1. SZ-100z Dynamic Light Scattering & Zeta potential analyzer
2. $\rho \text{ Bulk}$
3. $\rho \text{ Tapped}$

۱۰۰۰۰ g به مدت ۴ min مخلوط و سپس به مدت ۵ min با سرعت ۴۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شدند. EC با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$EC(\%) = \frac{\text{ارتفاع بخش امولسیون شده}}{\text{ارتفاع کل}} \times 100 \quad (۹)$$

به منظور بررسی پایداری امولسیون (ES) در برابر درجه حرارت بالا، امولسیون‌ها به مدت ۳۰ min در یک حمام آب در دمای ۸۰ °C قرار گرفتند، سپس به مدت ۵ min با سرعت ۴۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شدند. ES با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$ES(\%) = \frac{\text{ارتفاع نهایی بخش امولسیون شده}}{\text{ارتفاع کل}} \times 100 \quad (۱۰)$$

۱۰.۲. آزمون رادیکال ABTS

ظرفیت مهار رادیکال ABTS با استفاده از روش موتابلیفو و همکاران با تغییرات جزئی تعیین شد [۱۸]. به طور خلاصه، محلول رادیکال ABTS از اختلاط، محلول ABTS ۷ mM و پتاسیم پرسولفات ۲/۴۵ mM تهیه شد. در مرحله بعد این محلول با استفاده از اتانول رقیق شد تا جذب معادل ۰/۷۰ در ۷۳۴ nm ایجاد کند. سپس ۰/۳ mL از نمونه با غلظت‌های مختلف (۰/۹-۱/۹ mg/mL) با ۲/۷ mL محلول رادیکال ABTS مخلوط شد، مخلوط به مدت ۶ min در دمای اتاق و در تاریکی قرار گرفت، سپس میزان جذب در ۷۳۴ nm اندازه‌گیری شد. از آسکوربیک اسید به عنوان کنترل مثبت استفاده شد.

$$\%I = [(A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{blank}}] \times 100 \quad (۱۱)$$

در این رابطه، A_{blank} میزان جذب نوری شاهد، A_{sample} میزان جذب نوری غلظت‌های مختلف نمونه و %I بیانگر درصد بازدارندگی می‌باشد.

۱۱.۲. بررسی اثر ضد باکتریایی

در این پژوهش از سه باکتری گرم مثبت *استافیلوکوکوس اورئوس*^۱، *باسیلوس سرئوس*^۲ و *لیستریا اینوکوا*^۳ و سه باکتری

حجم (mL) اشغال شده ثبت شد و SC به عنوان حجم (mL) در g نمونه اصلی بیان شد [۱۶].

$$SC = (\text{وزن نمونه}) / (\text{حجم نمونه}) \quad (۶)$$

۷.۲. ظرفیت اتصال با آب (WHC)

ظرفیت اتصال آب پلی ساکارید ساقه تیفا و اینولین (پریبیوتیک تجاری) با استفاده از روش وانگ و همکاران با تغییرات جزئی تعیین و مقایسه شد. به طور خلاصه ۱ g از پلی ساکارید با ۳۰ mL آب مقطر درون لوله سانتریفیوژ مخلوط گردید. پس از ۱ h نگهداری در دمای اتاق، نمونه‌ها با سرعت ۳۰۰۰ rpm به مدت ۲۰ min سانتریفیوژ شد. پس از حذف فاز بالایی نمونه مرطوب شده وزن گردید و ظرفیت نگهداری آب از طریق رابطه زیر اندازه‌گیری شد [۱۷].

$$WHC (g/g) = \frac{\text{وزن آب جذب شده (g)}}{\text{وزن نمونه (g)}} \quad (۷)$$

۸.۲. ظرفیت اتصال با چربی (OHC)

ظرفیت اتصال چربی پلی ساکارید استخراج شده و اینولین (پریبیوتیک تجاری) با استفاده از روش وانگ و همکاران با تغییرات جزئی تعیین شد. یک گرم از نمونه پلی ساکارید درون لوله فالکون وزن گردید و سپس آب ۱۰ mL روغن آفتابگردان افزوده شد. محتویات لوله هر ۵ min به مدت ۳۰ s تکان داده شد و بعد از ۳۰ min نمونه‌ها با سرعت ۱۶۰۰ rpm به مدت ۲۵ min سانتریفیوژ شدند. در نهایت روغن دو فاز گردید و روغن جذب شده پس از حذف فاز بالایی از طریق رابطه زیر اندازه‌گیری شد [۱۷].

$$OHC (g/g) = \frac{\text{وزن روغن جذب شده (g)}}{\text{وزن نمونه (g)}} \quad (۸)$$

۹.۲. فعالیت امولسیونی و پایداری امولسیون

در این بخش، فعالیت امولسیونی (EC) و پایداری امولسیون (ES) پلی ساکارید بر اساس روش وانگ و همکاران با اندکی تغییر برآورد شد [۱۷]. برای این منظور امولسیون روغن در آب (O/W) با افزودن ۵ mL روغن آفتابگردان به ۵ mL محلول آبی پلی ساکارید با غلظت‌های مختلف (۱ و ۳٪) تولید شد. امولسیون‌های تولید شده توسط هموژنایزر در ×

1. ATCC 2592
2. PTCC 1154
3. ATCC 33090

زایلوز و فروکتوز بود [۸]. در این تحقیق بیشترین بازده استخراج (۱۲/۲۴٪) در زمان استخراج ۴۰ min، نسبت آب به مواد خام ۲۵ mL/g و غلظت ۱/۵ M سدیم هیدروکسید به دست آمد و دارای درجه خلوص بالای ۸۶٪ بود، به همین دلیل در این مطالعه نیز از شرایط بهینه تعیین شده در مطالعه قبلی به منظور استخراج استفاده شد.

۱.۳. اندازه ذرات و پتانسیل زتا

اندازه متوسط قطر ذرات و پتانسیل زتا مخلوط پلی ساکارید ساقه تیفا با استفاده از پراکندگی نور پویا اندازه‌گیری شد. پراکندگی نور پویا یک روش کارآمد برای ارزیابی پروفایل توزیع اندازه مولکولی، اندازه مولکول موجود در محلول و رفتار تجمع پلی ساکارید است [۱۹]. به منظور تعیین ساختار زنجیره‌ای، ترکیب و شاخص پراکندگی پلیمر از مقدار ρ استفاده می‌شود. بر اساس مطالعات قبلی، مقدار ρ کوچک‌تر از ۰/۷، ۱/۱-۱/۰، ۱/۸-۱/۵ و بیش از ۲، به ترتیب، نمایانگر کره کوچک، کره با شاخه‌های منشعب، یک زنجیره مارپیچ بدون قوانین و ساختاری خطی بسیار مستحکم است [۱۹]. همان‌طور که در شکل (۱ الف) و جدول (۱) نشان داده شده اندازه ذرات در این مطالعه ۲۸۲ nm و مقدار ρ ۰/۳۷۹ بود که نشان دهنده حالت کره کوچک است.

پتانسیل زتا به عنوان شاخص تعامل الکترواستاتیک در بین ذرات بیان شده است [۱۴]. پتانسیل زتا سیستم بر اساس نسبت پلی الکترولیت‌ها تعیین می‌گردد [۲۰]. پایداری سیستم‌های کلئیدی را می‌توان با برآورد خواص الکتروفورز ذرات کلئیدی مورد مطالعه قرار داد [۲۱]. بر اساس مطالعات انجام شده این شاخص می‌تواند برای تخمین پایداری محلول‌های پلی ساکاریدی و سامانه‌های حاوی هیدروکلئیدها، پلی ساکاریدها و پروتئین‌ها استفاده شود. به طور کلی، هنگامی که تمام ذرات دارای پتانسیل زتا بزرگ‌تر از ۳۰+ یا کوچکتر از ۳۰- باشند، یکدیگر را دفع می‌کنند و پراکندگی ذرات پایدار است [۲۱]. در واقع بالا بودن پتانسیل زتا به دلیل افزایش نیروی دافعه باعث افزایش پایداری سیستم می‌گردد. همان‌طور که در شکل (۱ ب) نشان داده

گرم منفی اشرفیا کلی^۱، سالمونلا تیفی^۲ و سودوموناس آئروژینوزا^۳ که به صورت لیوفیلیزه، از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شده بودند، استفاده گردید. برای فعال‌سازی، ابتدا همه باکتری‌ها در محیط کشت نوترینت آگار و در دمای ۳۷ °C به مدت ۲۴ h در آزمایشگاه میکروبیولوژی گروه صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، کشت داده شدند. برای بررسی خاصیت بازدارندگی رشد پلی ساکاریدهای ساقه تیفا، سوسپانسیون میکروبی مورد نظر با کدورت معادل نیم مک فارلند توسط سوآب بر روی پلیت‌های حاوی محیط‌های مولر هینتون آگار (مرک، آلمان) منتقل و دیسک‌های کاغذی با قطر ۶ mm حاوی ۳۰ μ L از پلی ساکاریدهای استخراج شده با غلظت‌های ۲۰۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰ و ۲۵۰ که با آب مقطر استریل تهیه شده بودند بر روی محیط کشت قرار داده شدند. سپس پتری‌دیش‌ها در دمای ۳۷ °C به مدت ۲۴ h گرمخانه گذاری گردیدند و قطر هاله بازدارندگی تشکیل شده در هریک از دیسک‌ها با خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شدند. در این تحقیق از آب مقطر به عنوان کنترل منفی و آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل (با غلظت ppm ۳۰) به عنوان کنترل مثبت، استفاده گردید [۶].

۱.۲. تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش تیمارها در سه تکرار انجام شد و نتایج به دست آمده با استفاده از روش آنالیز واریانس (ANOVA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS.11.1 انجام شد.

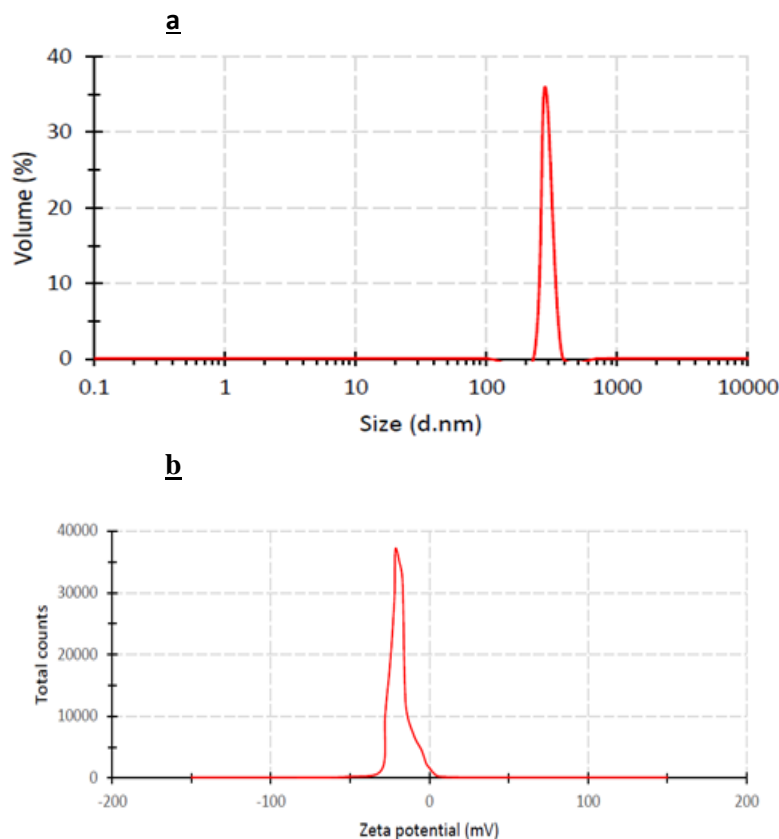
۳. نتایج و بحث

بر اساس مطالعه قبلی پلی ساکارید استخراج شده از ساقه تیفا دارای وزن مولکولی ۱۳۴۴۳۰۰ Da و حاوی مونوساکاریدهای گلوکز، مانوز، گالاکتوز، رامنوز، آرابینوز،

1. ATCC 25992
2. PTCC 1609
3. ATCC 27853

ساکارید استخراج شده از میوه سپستان دارای پتانسیل زتا ساکارید ۶۴/۹۶- بود. البته شایان ذکر است که این ویژگی تحت تأثیر برخی پارامترهای دیگر مانند pH، اندازه ذرات و حضور ماکرومولکول‌های دیگر می‌باشد که برای بررسی رفتار دقیق‌تر در سامانه‌های مختلف اثر پارامترهای مذکور می‌بایست مورد بررسی قرار گیرد [۲۳-۲۵].

شده در این مطالعه، میزان پتانسیل زتا برای این پلی ساکارید ۲۱/۵۲ mV- بود. بر اساس مطالعات قبلی، میزان پتانسیل زتا برای پلی ساکارید استخراج شده از سویا در pH حدود ۷، ۱۴- گزارش شده است، که در مقایسه با پلی ساکارید تیفا دارای بار منفی کمتر بود [۲۲]. همچنین در مطالعه انجام شده توسط حجتی و همکاران (۲۰۲۰) پلی



شکل (۱) پروفایل‌های DLS، توزیع اندازه ذرات (الف)، توزیع پتانسیل زتا (ب)
Fig1. DLS profiles, particle size distribution (a) and zeta potential distribution (b)

قابلیت جریان پودر یکی از ویژگی‌های تأثیرگذار بر شکل پذیری، قابلیت استفاده در فرمولاسیون‌های مختلف و کاربرد نهایی در محصولات غذایی و دارویی است و تحت تأثیر برخی از خصوصیات فیزیکی پودر از جمله اندازه ذره، شکل، ساختار سطحی، دانسیته ذره، دانسیته توده و میزان رطوبت قرار دارد [۲۶]. قابلیت جریان پودر به طور مستقیم به میزان دانسیته توده و توده متراکم وابسته است و با اندیس کار (CI) سنجیده می‌شود. بر اساس مطالعه کار (۱۹۶۵)، اندیس کار

۲.۳. تعیین دانسیته، قابلیت جریان و پیوستگی

چگونگی تراکم ماده در داخل جسم با استفاده از دانسیته نشان داده می‌شود. دانسیته نمونه‌های پودری تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله اندازه و شکل ذرات، رطوبت و تخلخل قرار دارد [۲۶]. در مطالعه حاضر میزان دانسیته توده و دانسیته توده متراکم به ترتیب $\frac{g}{cm^3}$ 0.54 ± 0.01 و $\frac{g}{cm^3}$ 0.63 ± 0.02 تعیین شدند.

نسبت هاسنر در پلی ساکارید جدا شده از میوه سیستان ۱/۱۴ گزارش شده است که نزدیک به مطالعه حاضر می‌باشد [۱۵].

۳.۳. ظرفیت متورم شدن

در این مطالعه ظرفیت متورم شدن پلی ساکارید استخراج شده $۱۲/۴۶ \pm ۰/۰۵$ mL/g اندازه‌گیری شد که در جدول (۱) قابل مشاهده است. بر اساس مطالعات انجام شده توسط مائوس و همکاران ظرفیت متورم شدن پلی ساکارید استخراج شده از غلاف نخود و غلاف لوبیا به ترتیب ۸/۹۶ و ۹/۹۶ بود [۲۹]. بر اساس مطالعه رشید و همکاران شاخص تورم بالا به دلیل مقاومت در برابر جریان با افزایش ویسکوزیته همراه است [۳۰].

۱۵٪، ۲۰-۱۵، ۴۵-۳۵ و > ۴۵ به ترتیب نشان دهنده قابلیت جریان بسیار خوب، خوب، بد و بسیار بد در نمونه‌های پودر می‌باشد [۲۷]. میزان اندیس کار در این مطالعه $۱۳/۹۹ \pm ۰/۰۱$ تعیین شد که نشان دهنده قابلیت جریان بسیار خوب است. در مطالعه انجام شده توسط پاوار و همکاران نیز میزان اندیس کار برای پلی ساکارید استخراج شده از میوه سیستان کمتر از ۱۵ و معادل ۱۲/۷۷ گزارش شده است [۱۵]. نسبت هاسنر برای سنجش پیوستگی پودر استفاده می‌شود. مقدار نسبت هاسنر کوچک‌تر از ۱/۲، ۱/۴-۱/۲ و بیش از ۱/۴، به ترتیب، بیان‌کننده پیوستگی کم، متوسط و زیاد می‌باشد [۲۸]. در این مطالعه نسبت هاسنر پودر $۱/۱۶ \pm ۰/۰۲$ به دست آمد که نشان دهنده پیوستگی کم می‌باشد. در مطالعه پاوار و همکاران میزان

جدول (۱) ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و تکنولوژیک پلی ساکارید ساقه تیفا

Table 1. Physicochemical and technological properties of *Typha* stem polysaccharide

282	اندازه متوسط قطر ذرات (nm) Particle size (nm)	
-21.52	پتانسیل زتا (mV) Zeta potential (mV)	
0.379	شاخص پراکندگی پلیمر Index of polydispersity	
0.54 ± 0.01	دانسیتته توده ($\frac{g}{cm^3}$) Bulk density ($\frac{g}{cm^3}$)	
0.63 ± 0.02	دانسیتته توده متراکم ($\frac{g}{cm^3}$) Tapped density ($\frac{g}{cm^3}$)	
13.99 ± 0.01	اندیس کار٪ Carr's index	
1.16 ± 0.02	نسبت هاسنر Hausner's ratio	
12.46 ± 0.05	ظرفیت متورم شدن (mL/g) Swelling capacity (mL/g)	
9.28 ± 0.15^a	پلی ساکارید ساقه تیفا <i>Typha</i> stem Polysaccharide	ظرفیت اتصال با آب Water holding capacity
1.59 ± 0.02^b	اینولین Inulin	
4.37 ± 0.14^a	پلی ساکارید ساقه تیفا <i>Typha</i> stem Polysaccharide	ظرفیت اتصال با چربی Oil holding capacity
1.63 ± 0.03^b	اینولین Inulin	

۴.۳. ظرفیت اتصال با آب

ظرفیت نگه داشتن آب، توانایی شبکه نمونه در جذب و حفظ آب را نشان می‌دهد. این ویژگی از نظر تکنولوژیکی و فیزیولوژیکی بسیار حائز اهمیت است [۳۱]. از لحاظ تکنولوژیکی ترکیباتی که دارای قابلیت بالا در جذب و حفظ آب هستند منجر به افزایش گرانشی، جلوگیری از پس دادن آب و پایداری بافت می‌شوند. مطالعات نشان می‌دهد که پلی ساکاریدهایی با WHC زیاد می‌توانند به عنوان تثبیت کننده، ژل کننده و اصلاح کننده بافت در بسیاری از محصولات غذایی مورد استفاده قرار گیرند [۳۱]. پلی ساکاریدهایی با WHC بالا همچنین، حجم مدفوع را افزایش داده و با کاهش میزان جذب چربی، قند و نمک می‌توانند خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی، دیابت و چاقی را کاهش دهند [۷]. خاصیت هیدراتاسیون پلی ساکاریدها به اندازه منافذ، ساختار شیمیایی پلی ساکاریدهای، ترکیبات، شرایط آزمایشگاهی (دما، pH، زمان) و منبع پلی ساکاریدها در ارتباط است [۳۲]. در این مطالعه ظرفیت نگه داشتن آب پلی ساکارید ساقه تیفا و اینولین (پریبیوتیک تجاری) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج در جدول (۱) ارائه شده است. بر اساس این نتایج میزان WHC از پلی ساکارید ساقه تیفا به طور قابل توجهی بالاتر از اینولین بود ($p < 0.05$). همچنین میزان WHC پلی ساکارید ساقه تیفا به طور قابل توجهی از پلی ساکارید های استخراج شده از بلوط (۴/۳۳)، رز رکسبوری (۰/۲۵) و کدو حلوايي (۷/۸۸) بالاتر بود [۱۷،۷،۳۳]. پلی ساکارید استخراج شده در این مطالعه به دلیل مقدار بالای WHC، می‌تواند به عنوان یک ترکیب مؤثر در جلوگیری از پس دادن آب و پایداری بافت معرفی شود. با توجه به مطالعات پیشین ظرفیت بالای اتصال با آب به حضور گروه‌های هیدروکسیل، اورونیک اسید و پروتئین‌های باقیمانده در ساختارهای پلی ساکاریدها نسبت داده می‌شود [۳۰،۳۴]. WHC همچنین تحت تأثیر اندازه منافذ، ویژگی‌های ساختاری، شرایط آزمایشگاهی و منبع پلی ساکارید قرار دارد [۳۲].

۵.۳. ظرفیت اتصال با چربی

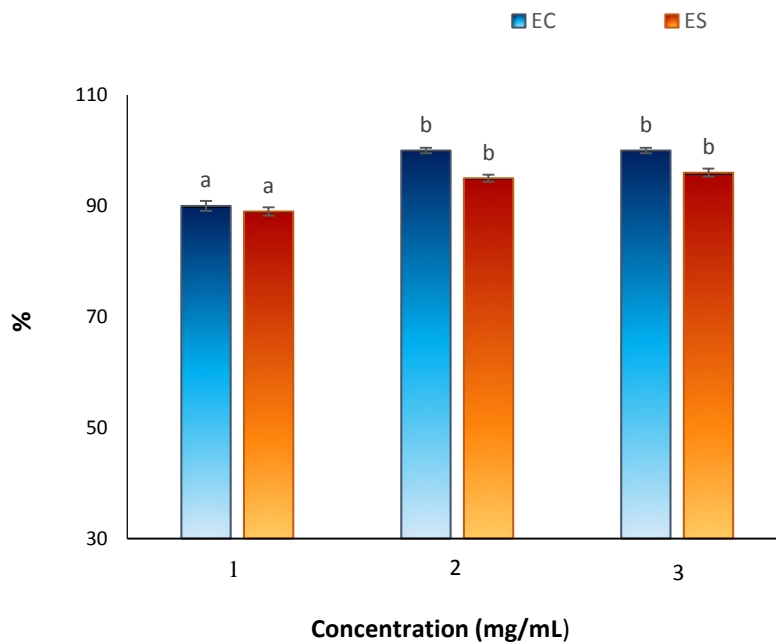
ظرفیت نگهداری روغن یکی از مهمترین ویژگی‌های کاربردی و فناوری پلی ساکاریدها است [۳۲]. مطالعات نشان می‌دهد که پلی ساکاریدها با OHC بالا می‌توانند به عنوان یک تثبیت کننده در محصولات غذایی پرچرب و امولسیون شناخته شوند [۷]. همچنین، آنها به عنوان نگهدارنده طعم و بهبود دهنده احساس دهانی نقش مهمی در فرمولاسیون مواد غذایی دارند. علاوه بر این، ترکیبات با ظرفیت نگهداری روغن بالا به لحاظ فیزیولوژیکی می‌توانند جذب لیپیدهای غذای خورده شده را در دستگاه گوارش کاهش داده و وزن بدن را کنترل کنند [۷]. همانطور که در جدول (۱) نشان داده شده است، مقدار OHC پلی ساکارید ساقه تیفا در مقایسه با اینولین به طور قابل توجهی بالاتر است ($p < 0.05$). میزان OHC پلی ساکارید ساقه تیفا همچنین به طور قابل توجهی از پلی ساکاریدهای استخراج شده از کدو حلوايي (۲/۵۵) و رز رکسبوری (۳/۲۹) بالاتر بود [۱۷،۳۳]. پژوهش‌های مختلف انجام شده نشان داده‌اند که ظرفیت اتصال با چربی با تعاملات بین گروه‌های عملکردی اجزا، pH، دما، تخلخل، اندازه ذرات، مقاومت یونی و منبع پلی ساکارید در ارتباط است [۳۱،۳۵]. سطح بالای اتصال با چربی به مولکول‌های غیر قطبی پلی ساکارید نسبت داده می‌شود که می‌توانند قطرات روغن را به دام اندازد. ظرفیت نگهداری روغن هیدروکلوئیدها بیشتر به ویژگی‌های شیمیایی و ساختاری هیدروکلوئید به عنوان مثال، نسبت و موقعیت گروه‌های آب‌گریز به آب دوست در ساختار هیدروکلوئیدی بستگی دارد [۳۰].

۶.۳. فعالیت امولسیون و پایداری امولسیون

امولسیون مخلوطی از دو مایع است که معمولاً غیرقابل امتزاج هستند. پلی ساکاریدهای فعال سطحی می‌توانند نقش مهمی در تهیه امولسیون‌ها داشته باشند. خاصیت امولسیون کننده پلی ساکاریدها می‌تواند به ویژگی‌های ساختاری آنها از جمله حضور گروه‌های متیل و استیل در زنجیره اصلی و حضور آربینوز و گالاکتوز در زنجیره‌های جانبی مربوط باشد [۳۶]. شکل (۲) فعالیت امولسیون (EC) و پایداری امولسیون

حدود ۰.۴۰٪، ۰.۶۸٪، ۰.۹۰٪ و ۰.۶۵٪ گزارش شده است که کمتر از فعالیت امولسیون پلی ساکارید ساقه تیفا (۰.۱۰۰٪) در همین غلظت می‌باشند [۱۷، ۳۶]. همان‌طور که نشان داده شده امولسیون‌های پلی ساکارید تیفا همچنین دارای پایداری امولسیونی خوبی هستند. بنابراین این پلی ساکارید پتانسیل بسیار خوبی برای استفاده به عنوان امولسیفایر در محصولات غذایی دارد. این نتیجه دارای مطابقت خوبی با نتایج حاصل از ظرفیت اتصال با آب بود.

(ES) پلی ساکارید ساقه تیفا را در غلظت‌های مختلف (۰.۳-۱٪ W/V) نشان می‌دهد. فعالیت امولسیونی با افزایش غلظت ساقه تیفا تا رسیدن به حداکثر مقدار خود افزایش یافته است. پیش از این نیز وانگ و همکاران گزارش کردند که کارایی پلی ساکاریدها به غلظت پلیمر در یک امولسیون بستگی دارد [۱۷] که مطابق با نتایج این مطالعه است. بر اساس مطالعات قبلی فعالیت امولسیون کننده پلی ساکارید استخراج شده از رز رکسبوری و پلی ساکارید های TFC، PC و MC استخراج شده از اپونتیا در غلظت ۰.۲٪ به ترتیب در



شکل (۲) فعالیت امولسیونی (EC) و پایداری امولسیون (ES)

Fig 2. Emulsion Capacity (EC) and Emulsion Stability (ES)

نمونه به طور معنی داری وابسته به غلظت بود که مطابق با نتایج مطالعات پیشین می‌باشد [۳۸]. فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه با افزایش غلظت، افزایش یافت و در غلظت ۰.۹ mg/mL به حداکثر میزان خود (۰.۹۰/۰.۸٪) رسید. همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود فعالیت آنتی‌اکسیدانی پلی ساکارید تیفا در غلظت‌های ۰.۷ - ۰.۱ mg/mL به طور معنی داری ($p < 0.05$) کمتر از فعالیت آنتی‌اکسیدانی آسکوربیک اسید بود ولی در غلظت ۰.۹ mg/mL اختلاف معنی داری با اسید آسکوربیک نشان نداد ($p > 0.05$). در این

۷.۳. آزمون رادیکال کاتیون ABTS

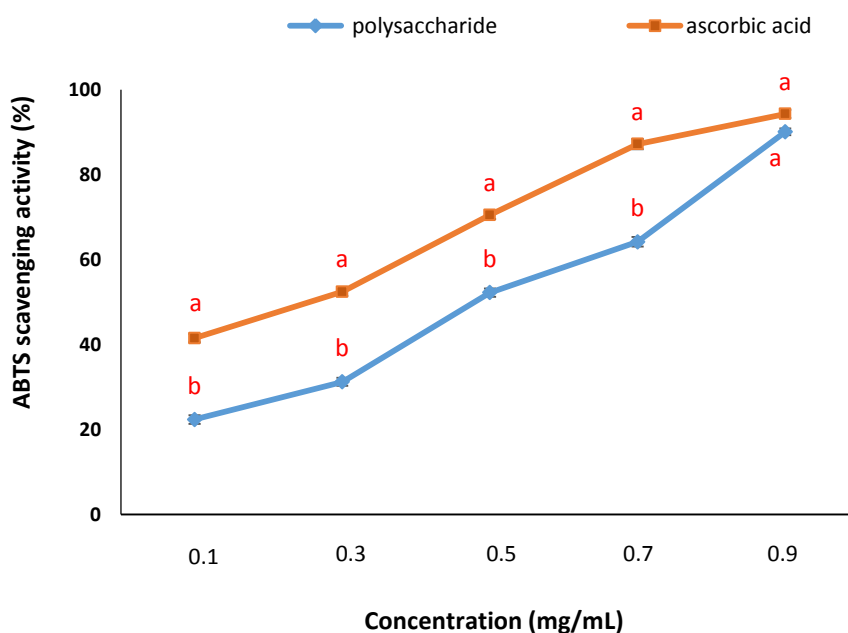
آزمون رادیکال کاتیون ABTS برای اندازه‌گیری ظرفیت‌های آنتی‌اکسیدانی مواد غذایی و محصولات طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۸]. فعالیت آنتی‌اکسیدانی پلی ساکاریدها تحت تأثیر عواملی از جمله ترکیب مونوساکارید، پیوند گلیکوزیدی، وزن مولکولی، ترکیب زنجیره و گروه‌های عملکردی قرار دارد [۳۷]. نتایج حاصل از فعالیت پلی ساکارید تیفا برای مهار رادیکال آزاد ABTS در شکل (۳) ارائه شده است. در این مطالعه فعالیت مهار رادیکال ABTS

ساکارید استخراج شده از برگ کبر فعالیت ضد میکروبی خوبی در برابر باکتری‌های *اشرشیا کلی*، *شیگلا دیسانتری*، *سالمونلا تیفی* و *استافیلوکوکوس اورئوس* نشان داد [۶]. با این حال، در مطالعه‌ای دیگر، گزارش شده است که پلی ساکارید استخراج شده از شاخه‌های خیزران می‌تواند از رشد *سالمونلا* حمایت کند [۴۰]. پلی ساکاریدهای استخراج شده از منابع طبیعی فعالیت ضد باکتریایی متفاوتی را نشان می‌دهند که تحت تأثیر تعدادی از عوامل، از جمله محتوای کربوهیدرات، ترکیب مونوساکاریدها، و ساختار پلی ساکارید قرار دارد [۴۱]. براساس مطالعه انجام شده توسط سروریان و همکاران پلی ساکارید ساقه تیفا دارای خاصیت پروبیوتیکی خوبی بود و میزان رشد باکتری پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس کزئی* را به میزان قابل توجهی تحریک کرد [۸]. در مطالعه حاضر همانطور که در جدول (۲) نشان داده شده است پلی ساکارید ساقه تیفا هیچ اثر مهاری بر روی باکتری‌های منتخب در این مطالعه نشان نداد.

مطالعه میزان IC_{50} پلی ساکارید تیفا معادل $0/47 \text{ mg/mL}$ برآورد شد. بر این اساس پلی ساکارید ساقه تیفا در مقایسه با پلی ساکارید استخراج شده از رابارب ($IC_{50} = 5 \text{ mg/mL}$) و پلی ساکارید جدا شده از ریشه گیشر ($0/67 \text{ mg/mL}$) قابلیت بالاتری در مهار رادیکال‌های آزاد ABTS نشان داد [۳۹،۳۸]. نتایج حاصل از مطالعه قبلی نیز نشان داد که پلی ساکارید ساقه تیفا دارای توانایی مطلوب برای مهار رادیکال‌های آزاد دی پی پی اچ و هیدروکسیل بود [۸]. بنابراین این پلی ساکارید می‌تواند به عنوان یک ترکیب طبیعی آنتی اکسیدان معرفی گردد.

۸.۳. فعالیت ضد باکتریایی

در این مطالعه، فعالیت ضد باکتریایی ساقه تیفا در برابر سه باکتری گرم منفی (*اشرشیا کلی*، *سالمونلا تیفی* و *سودوموناس آئروژینوزا*) و سه باکتری گرم مثبت (*استافیلوکوکوس اورئوس*، *باسیلوس سرئوس* و *لیستریا اینوکوا*) مورد بررسی قرار گرفت. براساس مطالعات قبلی، پلی



شکل (۳) فعالیت پلی ساکارید ساقه تیفا و آسکوربیک اسید در مهار رادیکال ABTS
 Fig 3. ABTS radical scavenging activity of ascorbic acid and *Typha* stem polysaccharide

جدول (۲) تأثیر غلظت‌های مختلف پلی ساکارید تیفا بر مهار باکتری‌های پاتوژن

Table 2. Effect of different concentrations of *Typha* polysaccharide on inhibition of pathogenic bacterial

کلرامفنیکل Chloramphenicol	غلظت پلی ساکارید ساقه تیفا (ppm)				نوع باکتری Bacterial species
	Concentration of <i>Typha</i> stem polysaccharide (ppm)				
	2000	1000	500	250	
1.6±0.1	-	-	-	-	استافیلوکوکوس اورئوس <i>S. aureus</i>
2.5±0.2	-	-	-	-	باسیلوس سرئوس <i>B. cereus</i>
2.1±0.1	-	-	-	-	لیستریا اینوکوا <i>L. innocua</i>
2.1±0.1	-	-	-	-	اشرشیا کلی <i>E. coli</i>
2.4±0.2	-	-	-	-	سالمونلا تیفی <i>S. typhi</i>
1.5±0.2	-	-	-	-	سودوموناس آئروژینوزا <i>P. aeruginosa</i>

۴. نتیجه گیری

فرمولاسیون‌های غذایی نشان می‌دهد. البته این موضوع مستلزم مطالعه بیشتر در فرمولاسیون‌های غذایی و بررسی برهم کنش پلی ساکارید استخراج شده با سایر ماکرو مولکول‌ها و اثر آن در شبکه پیچیده غذایی است. بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیب مورد مطالعه، فعالیت مطلوب پلی ساکارید استخراج شده برای رادیکال آزاد مورد مطالعه را نشان داد که این موضوع هم برای استفاده‌های تکنولوژیکی و هم به لحاظ تولید محصولات فراسودمند حائز اهمیت است. علیرغم دارا بودن قابلیت‌های تکنولوژیکی مطلوب، ترکیب مورد مطالعه فعالیت ضد باکتریایی علیه باکتری‌های مورد مطالعه نشان نداد.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد پلی ساکاریدهای استخراج شده از ساقه تیفا دارای بازده مناسبی بوده و این امر لزوم استفاده از روش‌های نوین، بهینه‌سازی متغیرهای مؤثر بر استخراج و تلفیق روش‌های استخراج اسیدی، قلیایی و نوین را برای بهبود کارایی استخراج و انجام مطالعات بیشتر در خصوص تجاری‌سازی و استخراج در مقیاس صنعتی را می‌طلبد. بررسی خصوصیات تکنولوژیکی پلی ساکارید استخراج شده از ساقه تیفا شامل فعالیت امولسیونی، پایداری امولسیون، ظرفیت اتصال با چربی، ظرفیت اتصال با آب و ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی پودر استخراج شده قابلیت‌های شاخص ترکیب مورد نظر را برای استفاده در

مراجع

- [1] El-Ameir, Y. A. (2013). Spatial distribution and nutritive value of two *Typha* species in Egypt. *Egypt J Bot.*, 53(1), 91–113.
[2] Akhtar, N., Hameed, M., & Ahmad, R. (2016). Structural and functional aspects of ionic relation in

- roots of *Typha domingensis* pers. ecotypes under salt stress. *Pak J Bot.*, 48(6), 2195–2203.
[3] Rao, M. R. K., Saranya, Y., Divya, D., & Linn, A. C. (2016). Preliminary Phytochemical Analysis of *Typha domingensis* Rhizome Aqueous Extracts. *Int.*

- J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 37(1), 30–32.
- [4] Naddaf, H., Esmailzadeh, S., Pourmehdi Borujeni, M., & Sabiza, S. (2016). Histopathologic evaluation of *Typha angustifolia* pollen extract on experimental full thickness wound healing in mice. *Iran Vet J.*, 54, 98–108. [In Persian].
- [5] Zhao, J. L., Zhang, M., & Zhou, H. L. (2019). Microwave-assisted extraction, purification, partial characterization, and bioactivity of polysaccharides from *Panax ginseng*. *Molecules.*, 24(8), 1605.
- [6] Mazarei, F., Jooyandeh, H., Noshad, M., & Hojjati, M. (2017). Polysaccharide of caper (*Capparis spinosa* L.) Leaf: Extraction optimization, antioxidant potential and antimicrobial activity. *Int. J. Biol. Macromol.*, 95, 224–231.
- [7] Tadayoni, M., Sheikh-Zeinoddin, M., & Soleimani-Zad, S. (2015). Isolation of bioactive polysaccharide from acorn and evaluation of its functional properties. *Int J Biol Macromol.*, 72, 179–184.
- [8] Sorourian, R., Khajehrahimi, A. E., Tadayoni, M., Azizi, M. H., & Hojjati, M. (2020). Ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from *Typha domingensis*: Structural characterization and functional properties. *Int J Biol Macromol.*, 160, 758–768.
- [9] Saravana, P. S., Cho, Y. J., Park, Y. B., Woo, H. C., & Chun, B. S. (2016). Structural, antioxidant, and emulsifying activities of fucoidan from *Saccharina japonica* using pressurized liquid extraction. *Carbohydr. Polym.*, 153, 518–525.
- [10] Han, Q. H., Liu, W., Li, H. Y., He, J. L., Guo, H., Lin, S., Zhao, L., Chen, H., Liu, Y. W., Wu, D. T., Li, S. Q., & Qin, W. (2019). Extraction optimization, physicochemical characteristics, and antioxidant activities of polysaccharides from kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.). *Molecules.*, 24(3), 461.
- [11] Cui, F. J., Qian, L. S., Sun, W. J., Zhang, J. S., Yang, Y., Li, N., Zhuang, H. N., & Wu, D. (2018). Ultrasound-Assisted Extraction of Polysaccharides from *Volvariella volvacea*: Process Optimization and Structural Characterization. *Molecules.*, 23(7), 1706.
- [12] Wang, L., Cheng, L., Liu, F., Li, T., Yu, Z., Xu, Y., & Yang, Y. (2018). Optimization of ultrasound-assisted extraction and structural characterization of the polysaccharide from pumpkin (*Cucurbita moschata*) seeds. *Molecules.*, 23(5), 1207.
- [14] Wei, Y., Cai, Z., Wu, M., Guo, Y., Tao, R., Li, R., Wang, P., Ma, A., & Zhang, H. (2020). Food Hydrocolloids Comparative studies on the stabilization of pea protein dispersions by using various polysaccharides. *foodhyd*, 98(July 2019), 105233.
- [15] Pawar, H. A., Gavasane, A. J., & Choudhary, P. D. (2018). Extraction of polysaccharide from fruits of *Cordia dichotoma* G. Forst using acid precipitation method and its physicochemical characterization. *Int. J. Biol. Macromol.*, 115, 871–875.
- [16] Tan, C.; Wei, H.; Zhao, X.; Xu, C.; & Peng, J. Effects of Dietary Fibers with High Water-Binding Capacity and Swelling Capacity on Gastrointestinal Functions, Food Intake and Body Weight in Male Rats. *Food Nutr. Res.* 61 (1).
- [17] Wang, L., Zhang, B., Xiao, J., Huang, Q., Li, C., & Fu, X. (2018). Physicochemical, functional, and biological properties of water-soluble polysaccharides from *Rosa roxburghii* Tratt fruit. *Food Chem.*, 249(January), 127–135
- [18] Mutaillifu, P., Bobakulov, K., Abuduwaili, A., Huojiaaihemaiti, H., Nuerxiati, R., Aisa, H. A., & Yili, A. (2020). Structural characterization and antioxidant activities of a water soluble polysaccharide isolated from *Glycyrrhiza glabra*. *Int. J. Biol. Macromol.*, 144, 751–759
- [19] Liu, W., Liu, Y., Zhu, R., Yu, J., Lu, W., Pan, C., Yao, W., & Gao, X. (2016). Structure characterization, chemical and enzymatic degradation, and chain conformation of an acidic polysaccharide from *Lycium barbarum* L. *Carbohydr. Polym.*, 147, 114–124.
- [20] Sarmento, B., Ribeiro, A., Veiga, F., & Ferreira, D. (2006). Development and characterization of new insulin containing polysaccharide nanoparticles. *Colloids Surfaces B Biointerfaces.*, 53(2), 193–202
- [21] Hosseini, S.M.H., Emam-Djomeh, Z., Razavi, S.H., Moosavi-Movahedi, A.A., Saboury, A.A., Mohammadifar, M.A., Farahnaky, A., Atri, M.S., & Van Der Meeren, P., (2013). Complex coacervation of β -lactoglobulin - κ -carrageenan aqueous mixtures as affected by polysaccharide sonication. *Food Chem.*, 141(1), 215–222.
- [22] Nakamura, A., Fujii, N., Tobe, J., Adachi, N., & Hirotsuka, M. (2012). Characterization and functional properties of soybean high-molecular-mass polysaccharide complex. *Food Hydrocoll.*, 29(1), 75–84.
- [23] Hojjati, M.; & Beirami-Serizkani, F.(2020). Structural Characterization, Antioxidant and Antibacterial Activities of a Novel Water Soluble Polysaccharide from *Cordia Myxa* Fruits. *J. Food Meas. Charact.* 1-9.
- [24] Akrami, M., Ghanbarzadeh, B., Purzafar, F., Mortazavi, A., Dinarvand, R., & Dehghannya J.(2016). Gum arabic-caseinate nanocomplexes bearing β -carotene (2): Studying of particle sizedistribution, zeta potential, morphology and encapsulation efficiency. *JRIFST.*,4(26), 763-778. [In Persian].
- [25] Khoshmanzar, M., Ghanbarzadeh, B., Hamishekar, H., Sowti, M., & Rezayi Mokarram

- R.(2012). Investigation of effective parameters on particle size, zeta potential and steady rheological properties of colloidal system based on carrageenan-caseinate nanoparticles. *JRIFST*,1(4), 252-272. [In Persian].
- [26] Jahromi, M., Niakousari, M., Sharifi, A., & Kalantari, M.(2015). Investigating the physical and chemical properties of grape and date juice powders and dried fig extract. *JIFT*,7(3), 85-94. [In Persian].
- [27] Carr, R. L. (1965). Evaluating flow properties of solids. *Chem. Eng.*, 18, 163–168.
- [28] Jinapong, N., Suphantharika, M., & Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *J. Food Eng.*, 84(2), 194–205.
- [29] Mateos-Aparicio, I., Redondo-Cuenca, A., & Villanueva-Su. M. J. (2010). Isolation and characterisation of cell wall polysaccharides from legume by-products: Okara (soymilk residue), pea pod and broad bean pod. *Food Chem.*, 122(1), 339–345.
- [30] Rashid, F., Hussain, S., & Ahmed, Z. (2018). Extraction purification and characterization of galactomannan from fenugreek for industrial utilization. *Carbohydr. Polym.*, 180, 88–95.
- [31] Yuan, Y., Xu, X., Jing, C., Zou, P., Zhang, C., & Li, Y. (2018). Microwave assisted hydrothermal extraction of polysaccharides from *Ulva prolifera*: Functional properties and bioactivities. *Carbohydr. Polym.*, 181(August 2017), 902–910.
- [32] Trabelsi, I., Ktari, N., Triki, M., Bkhairia, I., Ben Slima, S., Sassi Aydi, S., Aydi, S., Abdeslam, A., & Ben Salah, R. (2018). Physicochemical, technofunctional, and antioxidant properties of a novel bacterial exopolysaccharide in cooked beef sausage. *Int. J. Biol. Macromol.*, 111, 11–18.
- [33] Chaharlang, M., Eskandari, M., & Eskandari, F. (2018). Optimization of polysaccharide extraction from *Cucurbitamoschata* and evaluation of physicochemical properties. *JFST*,78, 263-274. [In Persian].
- [34] Ognyanov, M.; Georgiev, Y.; Petkova, N.; Ivanov, I.; Vasileva, I.; & Kratchanova, M. (2018). Isolation and Characterization of Pectic Polysaccharide Fraction from in Vitro Suspension Culture of *Fumaria Officinalis* L. *Int. J. Polym. Sci.* 17-30.
- [35] Akbari-Alavijeh, S.; Soleimani-Zad, S.; Sheikh-Zeinoddin, M.; & Hashmi, S.(2018) *Pistachio Hull Water-Soluble Polysaccharides as a Novel Prebiotic Agent*. *Int. J. Biol. Macromol.*, 107, 808–816.
- [36] Bayar, N., Kriaa, M., & Kammoun, R. (2016). Extraction and characterization of three polysaccharides extracted from *Opuntia ficus indica* cladodes. *Int. J. Biol. Macromol.*, 92, 441–450.
- [37] Zhong, Q., Wei, B., Wang, S., Ke, S., Chen, J., Zhang, H., & Wang, H. (2019). The antioxidant activity of polysaccharides derived from marine organisms: An overview. *Marine Drugs*, 17(12) 674.
- [38] Hajji, M., Hamdi, M., Sellimi, S., Ksouda, G., Laouer, H., Li, S., & Nasri, M. (2019). Structural characterization, antioxidant and antibacterial activities of a novel polysaccharide from *Periploca laevigata* root barks. *Carbohydr. Polym.*, 206, 380–388.
- [39] Yang, X., Wu, Y., Zhang, C., Fu, S., Zhang, J., & Fu, C. (2019). Extraction, structural characterization, and immunoregulatory effect of a polysaccharide fraction from *Radix Aconiti Lateralis Preparata* (Fuzi). *Int. J. Biol. Macromol.*,143, 314-324.
- [40] Azmi, A. F. M. N., Mustafa, S., Hashim, D. M., & Manap, Y. A. (2012). Prebiotic activity of polysaccharides extracted from *Gigantochloa Levis* (buluh beting) shoots. *Molecules*, 17(2), 1635–1651.
- [41] Jiang, L., Wang, W., Wen, P., Shen, M., Li, H., Ren, Y., Xiao, Y., Song, Q., Chen, Y., Yu, Q., & Xie, J. (2020). Two water-soluble polysaccharides from mung bean skin: Physicochemical characterization, antioxidant and antibacterial activities. *Food Hydrocoll.*,100, 105412.

Research Article

Investigation of technological capabilities and bioactive properties of *Typha* stem polysaccharide

Reihaneh Sorourian¹, Amir Eghbal Khajehrahimi², Mehrnoosh Tadayoni^{3*}, Mohammad Hossein Azizi⁴,
Mohammad Hojjati⁵

1. Ph.D student, Department of Food Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
4. Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
5. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran

Abstract

The aim of this study was to isolate polysaccharides from the *Typha* stem to evaluate its technological specifications and antibacterial and antioxidant activities. To isolate this polysaccharide, we used the alkaline- ultrasonic extraction method in this state; water to raw material ratio is 25 mL/g, sodium hydroxide concentration 1.5 M for 40 min. The dynamic light scattering results illustrated that the average particle size and zeta potential were 282 nm and -21.52 mV, respectively. Based on the results, the Hausner's ratio and Carr's Index were 1.16 ± 0.02 and $\%13.99 \pm 0.01$, respectively. This polysaccharide showed a high capacity for water holding (9.28 ± 0.15), oil holding (4.37 ± 0.14), Emulsifying (100%) and emulsion stability (96%). Also, the results of this study showed that the extracted polysaccharide has a high ability to scavenge free radicals ABTS ($IC_{50} = 0.47$ mg/mL). Examination of antibacterial activity by disk agar diffusion method showed that this compound did not have a significant effect, on inhibiting the growth of selected bacteria in this study. Therefore, this polysaccharide can be introduced as a natural source of antioxidant and an appropriate composition for technological uses.

Key words: Polysaccharides, *Typha* stem, Technological capability.

* Corresponding author: m.t.tadayoni@gmail.com