

## اثر پری بیوتیکی و ویژگی‌های فراسودمند فیبر رژیمی استخراج شده از هسته کنار

مجتبی افزاه<sup>۱</sup>، مهنوش تدینی<sup>۲\*</sup>، حبیب عباسی<sup>۳</sup>، عبدالکریم شیخی<sup>۴</sup>

۱. گروه علوم و صنایع غذایی، واحد مسجد سلیمان، دانشگاه آزاد اسلامی مسجد سلیمان، ایران.

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

۳. گروه مهندسی شیمی، دانشگاه جندی شاپور دزفول، دزفول، ایران.

۴. گروه ایمنولوژی، دانشگاه علوم پزشکی دزفول، دزفول، ایران.

\*نویسنده مسئول: [m.t.tadayoni@gmail.com](mailto:m.t.tadayoni@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸

### چکیده

هدف از انجام این مطالعه استخراج فیبر رژیمی از هسته کنار به روش استخراج قلیایی-پراکسید هیدروژن و ارزیابی ویژگی‌های پری بیوتیکی و فراسودمند آن بود. برای این منظور، ابتدا هسته‌های کنار چربی‌زدایی شدند. سپس، فیبرهای رژیمی آن‌ها با استفاده از تیمار هیدروژن پراکسید قلیایی استخراج گردید. اثر پری بیوتیکی (در غلظت‌های ۱ و ۵ درصد) در محیط کشت بدون قند بر لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس به مدت ۷۲ ساعت، در دمای ۳۷ درجه سلسیوس و شرایط بی‌هوازی مورد بررسی قرار گرفت. سپس به منظور ارزیابی ویژگی‌های تکنولوژیک و فراسودمند فیبرهای رژیمی استخراج شده، آزمون‌های DPPH، ظرفیت اتصال با کلسترول، ظرفیت جذب گلوکز، ظرفیت اتصال با روغن و ظرفیت نگهداری آب اندازه‌گیری شد. فیبر رژیمی هسته کنار ظرفیت نگهداری آب، جذب روغن، جذب گلوکز و اتصال با کلسترول، به ترتیب برابر با ۰/۵۱ میلی‌لیتر بر گرم، ۲/۵۰ گرم بر گرم، ۳۱/۶۰ میلی‌مول بر لیتر و ۱۴/۵۲ میلی‌گرم داشت. نتایج حاصل از بررسی اثر پری بیوتیکی نشان داد که محیط کشت حاوی یک درصد فیبر رژیمی هسته کنار کمترین میزان کاهش pH را با ۵/۶۹ داشت ( $p < 0.05$ ). همچنین روند کاهش pH در ساعات مختلف مورد بررسی متغیر بود ( $p < 0.05$ ). نتایج مربوط به شمارش لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس نشان داد که محیط کشت حاوی یک درصد فیبر رژیمی کنار در ساعت ۴۸ با ۴/۷ Log CFU/ml بیشترین جمعیت را داشت. همچنین روند تکثیر باکتری نسبت به میزان غلظت آن و با گذشت زمان متغیر بود ( $p < 0.05$ ). با بررسی داده‌های به دست آمده مشخص شد که نمونه حاوی یک درصد فیبر رژیمی کنار بیشترین جمعیت را در ساعت ۴۸ داشت. علاوه بر این، با توجه به ویژگی‌های فراسودمند مناسب فیبر رژیمی هسته کنار، می‌توان از آن به عنوان منبع فیبر رژیمی در دسترس و ارزان در صنایع غذایی و دارویی استفاده نمود.

**کلید واژه‌ها:** فیبر رژیمی، هسته کنار، لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس، ویژگی‌های فراسودمند.

### مقدمه

فیبر رژیمی شامل باقیمانده‌های خوراکی سلول‌های گیاهی، پلی ساکاریدها، لیگنین و ترکیبات مرتبط با آن‌ها می‌شود که مقاوم به هضم توسط آنزیم‌های دستگاه گوارش انسان هستند. به صورت دقیق‌تر، ترکیبات فیبر رژیمی شامل سلولز، همی سلولز، لیگنین، صمغ‌ها، موسیلاژ، اولیگوساکاریدها، پکتین و ترکیبات مرتبط با آن‌ها (موم‌ها، کوتین و سوبرین) می‌شود (Dai and Chau, 2016). فیبر رژیمی نه تنها در روده کوچک، هیدرولیز، هضم و جذب نمی‌شود بلکه حداقل دارای یکی از این عملکردها نیز است: افزایش حجم توده مدفوع، تحریک تخمیر در کولون، کاهش میزان گلوکز خون پس از مصرف غذا (کاهش پاسخ‌های انسولین) و کاهش میزان کلسترول پیش از مصرف غذا (Elleuch et al., 2011). فیبر رژیمی می‌تواند در مواد غذایی ویژگی‌های کاربردی از جمله افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش ظرفیت نگهداری روغن، و تقویت ژل-ها و امولسیون‌ها نقش داشته باشد. در واقع فیبر رژیمی

فیبر رژیمی شامل باقیمانده‌های خوراکی سلول‌های گیاهی، پلی ساکاریدها، لیگنین و ترکیبات مرتبط با آن‌ها می‌شود که مقاوم به هضم توسط آنزیم‌های دستگاه گوارش انسان هستند. به صورت دقیق‌تر، ترکیبات فیبر رژیمی شامل سلولز، همی سلولز، لیگنین، صمغ‌ها، موسیلاژ، اولیگوساکاریدها، پکتین و ترکیبات مرتبط با آن‌ها (موم‌ها، کوتین و سوبرین) می‌شود (Dai and Chau, 2016). فیبر رژیمی نه تنها در روده کوچک، هیدرولیز، هضم و جذب

پری‌بیوتیک به عنوان یک جزء غذایی غیرقابل هضم تعریف می‌شود و از طریق تحریک رشد انتخابی و یا فعالیت یک یا تعداد محدودی از گونه‌های کلون آثار سودمندی برای میزبان ایجاد می‌کنند. پری‌بیوتیک‌ها می‌توانند توسط برخی از میکروارگانیسم‌های مفید مانند بیفیدوباکتریوم و لاکتوباسیلوس تخمیر شوند (Goderska et al., 2008). همچنین بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها می‌توانند در کاهش برخی از پاتوژن‌ها و نقص‌های فیزیولوژیک موثر باشند که شامل مقاومت در برابر عفونت، تقویت سیستم ایمنی، آثار ضد توموری، جلوگیری از اسهال، کاهش کلسترول، حفاظت در برابر بیماری‌های آلرژیک و کاهش عدم تحمل لاکتوز می‌شوند (Ho et al., 2017).

درختان کنار، گونه‌هایی از جنس *Ziziphus* بوده و به خانواده *Rhamnaceae* تعلق دارند. این جنس حدوداً صد گونه درختی و درختچه‌ای خزان‌دار یا همیشه سبز را شامل می‌شوند که در نواحی گرمسیری جهان گسترش دارند. میوه در بسیاری از گونه‌ها غنی از قند و ویتامین بوده و در نتیجه گونه‌های جنس *Ziziphus* در جهان به عنوان درخت میوه مهم معرفی شده‌اند. به علاوه گیاهان این جنس سیستم ریشه عمیق و گسترده‌ای را ایجاد می‌کنند که توانایی آن‌ها را در استفاده از منابع آبی عمیق تضمین می‌کند. در نتیجه قدرت تامین آب و مواد غذایی کافی برای دوره های خشک طولانی حفظ می‌شود (صبغ زاده و مرید، ۱۳۹۴). *Ziziphus Spinachristi* به عنوان یک منبع غذایی هزاران سال است که مورد استفاده قرار گرفته است. مدت طولانی است که در طب سنتی ایرانی سدر برای درمان برخی از بیماری‌ها از جمله اختلالات گوارشی، ضعف، درد کلیه، چاقی، مشکلات مرتبط با مجاری ادراری، دیابت، عفونت پوست، از دست رفتن اشتها، تب، برونشیت، آنمی و بی‌خوابی و فارتزیت استفاده شده است (Abdel-Aziz and Mohammed, 2016). لی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که میوه کنار چینی حاوی ۸۵/۶۳-۸۰/۸۶ درصد کربوهیدرات، ۷۷/۹۳-۵۷/۶۱ درصد قند احیا، ۰/۵۷-۲/۷۹

موجود در فراورده‌های غذایی (فراورده‌های پخت، فراورده‌های لبنی، مرباها، فراورده‌های گوشتی، سوپ‌ها) می‌تواند ویژگی‌های بافتی را اصلاح کند، از سینرزیس جلوگیری کند، امولسیون‌ها و ساختارهای پرچربی را پایدار سازد و مدت نگهداری را افزایش دهد (Elleuch et al., 2011). اثرات سلامتی بخش فیبر رژیمی به ویژگی‌های فیزیوکوشیمیایی و حلالیت آن‌ها بستگی دارد. علاوه بر این، ترکیبات موجود در رژیم غذایی، انواع میکروب‌های موجود در سیستم گوارشی و وضعیت هورمونی نیز بر فعالیت فیزیولوژیکی فیبر رژیمی موثر هستند. اثرات فیزیولوژیکی نسبت داده شده به مصرف فیبر رژیمی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: اثرات موضعی که در دستگاه گوارش انجام می‌شوند (برای مثال کاهش زمان دفع، جذب ترکیبات ریز مغذی) و اثرات سیستمیک که در بیرون روده بزرگ مشاهده می‌شوند (برای مثال آثار آن‌ها بر متابولیسم گلوکز و لیپید) (Verspreet et al., 2016). مکانیسم‌های اصلی فرض شده مسئول ایجاد اثرات سلامتی بخش فیبرهای رژیمی در دستگاه گوارش شامل متورم شدن، ویسکوزیته و تخمیر می‌شوند. فیبرهای رژیمی نامحلول اثرات متورم شدن را ایجاد می‌کنند که سبب افزایش حجم مدفوع، کاهش یبوست و بهبود عملکرد سیستم دفع می‌شوند. فیبرهای رژیمی محلول به راحتی تخمیر می‌شوند و ممکن است حجم مدفوع را از طریق افزایش رشد فلور میکروبی روده و محصولات جانبی آن‌ها مانند گاز و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر را افزایش دهند (Dai and Chau, 2016). علاوه بر این، با تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در اثر تخمیر فیبرهای رژیمی محلول توسط فلور میکروبی روده بزرگ، به سلامت سلولهای روده کمک می‌کنند. همچنین با عمل به عنوان یک سوستر برای میکروارگانیسم‌های سودمند، جمعیت آن‌ها را افزایش داده و در نتیجه سلامت میزبان را بهبود می‌دهند (Dai and Chau, 2016).

پری‌بیوتیک‌ها افزودنی‌های غذایی هستند که آثار سودمندی بر میزبان دارند و با تحریک رشد و فعالیت برخی از گونه‌های اصلی و مفید فلور میکروبی روده مرتبط هستند.

درصد فیبر محلول، ۷/۱۸-۵/۲۴ درصد فیبر نامحلول، ۴/۶-۷۵/۸۶ درصد پروتئین، ۱۷/۳۸-۲۲/۵۲ درصد رطوبت، ۰/۱-۳۷/۰۲ درصد لیپید و ۲/۲۶-۳/۰۱ درصد خاکستر است (Li et al., 2007). همچنین پاریک (۲۰۱۳) میزان فیبر (مجموع محلول و نامحلول) پنج گونه کنار هندی را بین شش تا نه درصد گزارش کرد (Pareek, 2013). عبدول عزیز (۲۰۱۶) گزارش کرد که در دانه کنار ۱۶/۵۷ درصد فیبر، ۲۹/۷۳ درصد چربی، ۱۴/۲۲ درصد پروتئین وجود دارد و در پالپ کنار ۱۰/۵۵ درصد قند محلول، ۴/۸۴ درصد فیبر وجود دارد (Abdoul-Aziz, 2016).

با توجه به وفور این منبع طبیعی در سطح منطقه خوزستان و عدم استفاده از آن و همچنین کمبود اطلاعات در مورد ویژگی‌های فراسودمند و اثر پری بیوتیکی فیبر رژیمی هسته کنار، هدف از این مطالعه استخراج فیبر رژیمی و بررسی خواص پری بیوتیکی و فراسودمند آن بود.

## روش کار

مواد مورد استفاده در این پژوهش شامل سدیم هیدروکسید، پراکسید اکسیژن، سدیم آزید، n-هگزان، تریپتون، منیزیم سولفات هفت آبه، سدیم بی‌کربنات، توئین ۸۰، L-سیستئین هیدروکلرید، گاز پک C (مرک، آلمان)؛ پپتون واتر، محیط کشت MRS آگار و MRS برات، عصاره مخمر (کیولب، کانادا)؛ بافر فسفات، دی پتاسیم فسفات، کلسیم کرید ۶ آبه، هائمین، رزاورین (سیگما-آلدریج، آمریکا)؛ ویتامین K (شرکت کاسپین، ایران) و نمک‌های صفاوی شماره ۳ (ترمو ساینتیفیک، آمریکا) بودند.

## استخراج فیبر

### چربی زدایی

در ابتدا هسته‌های کنار (خریداری شده از بازار محلی) را پس از خشک کردن در سایه، با آسیاب خورده شدند و جهت یکنواختی از الک با قطر یک میلی‌متر عبور داده شدند تا پودری یکدست و یکنواخت حاصل شود. سپس پودر به دست آمده را با نسبت یک به چهار با حلال n-هگزان به مدت دو ساعت با استفاده از شیکر با دور ۲۰۰ RPM چربی

زدایی شد و با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره دو صاف شد. پودر چربی زدایی شده به مدت چهار ساعت در آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد و مجدداً از الک ۰/۵ mm عبور داده شد و تا زمان آزمایش‌ها در پلاستیک و در فریزر با دمای ۲۰- درجه نگهداری شد (تقی زاده و همکاران، ۱۳۹۴).

استخراج فیبر رژیمی به روش قلیایی-هیدروژن پراکسید ابتدا به شش گرم از پودر هسته کنار چربی زدایی شده، میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم یک مولار اضافه شد. سپس سوسپانسیون حاصله در ارلن ریخته شده و با فویل آلومینیومی بسته شد. پس از آن، سوسپانسیون در دمای ۹۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۵ دقیقه در بن ماری حرارت داده شد و پس از اتمام واکنش، سوسپانسیون حاصله با شدت ۱۸۰۰ g به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. جهت حذف اجسام رنگی رسوب حاصله توسط سانتریفیوژ با ۱۸۰۰ شست‌وشو شده و صاف گردید. پس از آن، محلول پراکسید هیدروژن جهت رنگ‌بری با غلظت ۱۴ درصد به رسوبات اضافه شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه ورتکس انجام شد و به مدت ۱۰ دقیقه با ۱۸۰۰ g سانتریفیوژ شدند. فاز زیرین (رسوبات) جداسازی شده و به منظور حذف کامل پراکسید هیدروژن پنج مرتبه با آب مقطر با ۱۸۰۰ g شست‌وشو صورت گرفت و با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ نمونه‌ها فیلتر شدند. در نهایت رسوبات جداسازی شده در دمای ۴۰ درجه تا خشک شدن نهایی در آون قرار داده شدند (Inglett, 1998؛ رهبران و اعرابی، ۱۳۹۵).

## بررسی فعالیت پری بیوتیکی

### آماده‌سازی باکتری

در ابتدا به منظور فعال‌سازی باکتری لاکتوباسیلوس /سیدوفیلوس LA-5 (کریستین هانسن، دانمارک) تهیه شده از ذخیره میکروبی آزمایشگاه تحقیقات مرکزی دانشگاه علوم پزشکی دزفول، پودر لیوفیلیزه آن به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور شیکردار در دمای ۳۷ درجه سلسیوس در محیط کشت MRS برات تحت شرایط بی‌هوازی انکوبه شد. سپس سلول‌ها توسط سانتریفیوژ با ۴۵۰۰ rpm به مدت

در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه انکوبه شد و سپس جذب در ۵۱۷ nm اندازه‌گیری شد ( $A_S$ ). جذب کنترل شاهد ( $A_B$ ) با حجمی اتانول برابر جهت جایگزینی نمونه ارزیابی شد و جذب کنترل حلال ( $A_C$ ) با حجم برابری با اتانول برای جایگزینی محلول DPPH اندازه‌گیری شد. فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (Chu et al., 2019):

$$\text{نرخ مهارکنندگی DPPH (درصد)} = \left(1 - \frac{A_S - A_C}{A_B - A_C}\right) \times 100$$

ظرفیت جذب گلوکز

ظرفیت جذب گلوکز فیبر رژیمی هسته کنار بر اساس روش شرح داده شده توسط هو و ژائو (۲۰۱۸) با اندکی تغییرات تعیین شد (Hu and Zhao, 2018). در ابتدا ۰/۲۵ گرم از نمونه به ۲۵ میلی‌لیتر محلول گلوکز در غلظت‌های مختلف ۱۰ تا ۱۰۰ میلی‌مول بر لیتر اضافه شد. سپس مخلوط حاصله هم زده شد و در حمام آب گرم در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت شش ساعت نگهداری شد و پس از آن در ۳۰۰۰ g به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. غلظت گلوکز در مایع رویی در طول موج ۵۴۰ نانومتر به روش کالری متری تعیین شد. میزان گلوکز بر پایه معادله زیر محاسبه گردید:

$$\text{GAC (mmol g}^{-1}\text{)} = (g_1 - g_2) / w$$

که در آن  $g_1$  و  $g_2$  به ترتیب میزان گلوکز پیش و پس از جذب هستند و  $W$  وزن نمونه است.

ظرفیت جذب کلسترول

ظرفیت جذب کلسترول فیبر رژیمی هسته کنار با استفاده از سیستم مدل کلسترول زرده تخم‌مرغ بیان شده توسط هو و ژائو (۲۰۱۸) با اندکی تغییرات مورد ارزیابی قرار گرفت (Hu and Zhao, 2018). ۱۴ گرم زرده تخم‌مرغ تازه با آب مقطر با نسبت یک به نه رقیق شده و همگن شد. سپس ۲۵ میلی‌لیتر از مخلوط حاصله با یک گرم از نمونه در pH های دو و هفت مخلوط شد. نمونه شاهد بدون نمونه فیبر رژیمی تهیه گردید. تمامی نمونه‌های تهیه شده در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت دو ساعت شیک داده شدند. سپس، به

۱۰ دقیقه جداسازی شده و با محلول پپتون ۰/۱ درصد یا PBS چند بار شست‌وشو شدند. پس از آن، سلول‌های جداسازی شده را با استفاده از کدورت محلول استاندارد مک فارلند سه (برابر با  $10^6$  CFU/ml) مجدداً سوسپانسیون شدند (Goderska et al., 2008).

بررسی اثر فیبر رژیمی بر رشد لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس محیط کشت بدون قند در pH برابر با ۶/۸، در یک لیتر حاوی دو گرم پپتون، دو گرم عصاره مخمر، ۰/۱ گرم سدیم کلرید، ۰/۰۴ گرم  $K_2HPO_4$ ، ۰/۰۱ گرم  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ، ۰/۰۱ گرم  $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ ، دو گرم  $NaHCO_3$ ، دو میلی‌لیتر توئین ۸۰، ۰/۰۵ گرم هائمین، ۱۰ میلی‌لیتر ویتامین K، ۰/۵ گرم سیستئین HCl، چهار میلی‌لیتر محلول رزوزورین (۰/۲۵ گرم در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر) و ۰/۵ گرم نمک‌های صفاوی شماره سه بود (Parkar et al., 2017). شمارش جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس و تعیین pH

در ابتدا ۰/۱ و ۰/۵ گرم (غلظت‌های یک و پنج درصد) از فیبر رژیمی استخراج شده از هسته کنار چربی زدایی شده به نه میلی‌لیتر محیط کشت مایع بدون قند ساخته شده به ترتیب برابر با یک و پنج درصد وزنی-حجمی اضافه شد. پس از آن یک میلی‌لیتر از باکتری‌های فعال شده ( $10^6$  CFU/ml) به محیط‌های کشت بدون قند ساخته شده، اضافه شد و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس تحت شرایط بی‌هوازی انکوبه شد. نمونه بدون فیبر حاوی باکتری به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. در نهایت در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲، جمعیت باکتری‌ها روی محیط کشت MRS آگار به روش پورپلیت انجام گرفت و میزان pH توسط pH متر برای هر نمونه اندازه‌گیری شد (Goderska et al., 2008).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH فیبرهای رژیمی استخراج شده از هسته کنار ارزیابی شد. محلول DPPH در اتانول (۰/۲ mmol/L) به صورت تازه تهیه شد و با محلول نمونه (در غلظت‌های ۱۰۰ ppm، ۳۰۰ ppm و ۵۰۰ ppm)

مدت ۱۵ دقیقه با ۳۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شدند. جمع‌آوری شده و با نسبت یک به پنج رقیق شدند. ۰/۲ میلی‌لیتر از محلول رقیق‌شده مایع رویی با ۰/۸ میلی‌لیتر اسید استیک و ۰/۲ میلی‌لیتر اورتوفتال آلدهید در یک لوله آزمایش ۱۰ میلی‌لیتری ریخته شد. چهار میلی‌لیتر از مخلوط اسیدی (اسید استیک و اسیدسولفوریک با نسبت یک به یک حجمی-حجمی) به آن اضافه شد. پس از ۱۰ دقیقه جذب در ۵۵۰ نانومتر در برابر شاهد اندازه‌گیری شد. ظرفیت جذب کلسترول بر اساس معادله زیر محاسبه گردید:

$$CBC \text{ (mg/g)} = (M_1 - M_2) / M$$

که در آن  $M_1$  و  $M_2$  به ترتیب میزان کلسترول در نمونه‌ها بدون تخم‌مرغ (شاهد) و حاوی فیبر رژیمی هسته کنار بود و  $M$  وزن نمونه بود.

ظرفیت نگهداری آب

۳۰۰ میلی‌گرم از نمونه وزن شد و به مدت یک ساعت در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در دمای اتاق نگهداری شد. سپس به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۴۰۰۰ سانتریفیوژ شد. ماده باقیمانده پس از ۳۰ دقیقه در طول شب خشک شده و وزن شد و مقدار آب جذب شده به صورت ظرفیت نگهداری آب گزارش شد (Sangnark and Noomhorm, 2003).

ظرفیت جذب روغن

چهار گرم نمونه به ۲۰ میلی‌لیتر روغن ذرت در یک فالكون ۵۰ میلی‌لیتری اضافه شد. سپس محتویات لوله هر پنج دقیقه به مدت ۳۰ ثانیه هم زده شده و پس از گذشت ۳۰ دقیقه، لوله‌ها با سرعت ۱۶۰۰، به مدت ۲۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. در نهایت روغن دو فاز شده و روغن جذب شده اندازه‌گیری شد و عدد به دست آمده به عنوان FBC (قابلیت اتصال با چربی) گزارش شد (Luan and Azizah, 2000).

$$\text{ظرفیت اتصال چربی} = \frac{W_2 - W_1}{W_1}$$

نتایج

داده‌های بدست آمده نشان داد که بازده استخراج فیبر رژیمی هسته کنار به روش پراکسید هیدروژن قلیایی ۶۳/۹

درصد بود. در ساعت ۲۴، نمونه حاوی پنج درصد فیبر رژیمی کنار دارای pH ۶/۱۲ بود. پس از آن نمونه حاوی ۱ درصد فیبر رژیمی کنار با pH ۶/۰۱ بود که بین این دو نمونه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ( $p < 0.05$ ). نمونه شاهد، pH برابر با ۵/۶۴ داشت. در ساعت ۴۸، نمونه حاوی پنج درصد فیبر رژیمی کنار بالاترین میزان pH (۶/۲۵) را داشت. پس از آن نمونه شاهد ۵/۸۸ قرار داشت و برای نمونه حاوی یک درصد فیبر رژیمی کنار pH برابر با ۵/۶۹ به دست آمد. در ساعت ۷۲، نمونه حاوی پنج درصد فیبر رژیمی کنار با pH برابر با ۶/۵۴ بالاترین میزان محاسبه شده را داشت. پس از آن نمونه حاوی یک درصد فیبر رژیمی کنار با pH ۶/۳۸ اندازه‌گیری شد. سپس نمونه شاهد با pH ۶/۳۰ بود. نتایج نشان داد که میزان pH در نمونه‌های شاهد و پنج درصد فیبر رژیمی کنار در تمامی طول ۷۲ ساعت آزمایش روندی افزایشی داشت. در نمونه حاوی یک درصد فیبر رژیمی کنار میزان pH در ساعت ۴۸ نسبت به ساعت ۲۴ کاهش یافت و سپس در ساعت ۷۲ نسبت به ساعت ۴۸ مجدداً افزایش یافت.

نتایج این مطالعه نشان داد که در ساعت ۲۴ نمونه شاهد، بالاترین تعداد باکتری را داشت. پس از آن به ترتیب نمونه‌های یک درصد فیبر رژیمی کنار و پنج درصد فیبر رژیمی کنار قرار داشتند. در ساعت ۴۸، مشاهده شد که روندی کاهش در تعداد باکتری‌های شمارش شده در نمونه‌های شاهد، پنج درصد فیبر رژیمی کنار وجود داشت. همچنین، نمونه یک درصد فیبر رژیمی کنار روندی افزایشی داشت. با ارزیابی داده‌های ساعت ۷۲ این مطالعه مشخص گردید که تعداد باکتری‌ها در تمام نمونه‌های مورد بررسی نسبت به ساعت ۴۸ روندی کاهشی داشتند. نمونه حاوی یک درصد فیبر رژیمی کنار بالاترین تعداد باکتری را داشت. پس از آن، به ترتیب نمونه حاوی پنج درصد فیبر رژیمی کنار و شاهد قرار داشتند. همچنین بیشترین روند کاهشی متعلق به نمونه شاهد بود که به میزان  $\log 3$  کاهش داشت.

جدول ۱- تغییرات pH در محیط کشت بدون قند حاوی فیبر رژیمی کنار

pH				
زمان (ساعت)	۰	۲۴	۴۸	۷۲
شاهد	۶/۸	۵/۰±۶۴/۰۰۷ <sup>c</sup>	۵/۰±۸۸/۰۲۱ <sup>b</sup>	۶/۰±۳۰/۰۳۶ <sup>c</sup>
یک درصد فیبر رژیمی	۶/۸	۶/۰±۰۱/۰۰۳ <sup>b</sup>	۵/۰±۶۹/۰۲۱ <sup>c</sup>	۶/۰±۳۸/۰۲۹ <sup>b</sup>
پنج درصد فیبر رژیمی	۶/۸	۶/۰±۱۲/۰۰۳ <sup>a</sup>	۶/۰±۲۵/۰۱۷ <sup>a</sup>	۶/۰±۵۴/۰۱۰ <sup>a</sup>

حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنی دار در هر ستون است ( $P<0.05$ )

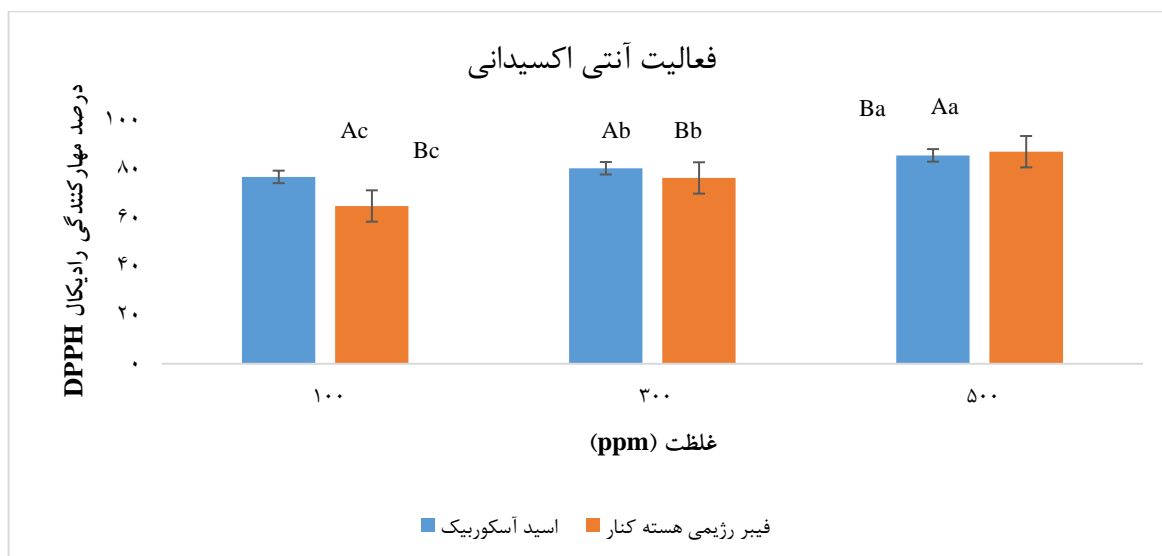
جدول ۲- شمارش لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس در محیط کشت بدون قند حاوی فیبر رژیمی کنار

شمارش میکروبی (Log CFU/ml)				
زمان (ساعت)	۰	۲۴	۴۸	۷۲
شاهد	۶	۴/۰±۵۱/۰۴۳ <sup>a</sup>	۳/۰±۰۱/۱۰۵ <sup>b</sup>	۰ <sup>c</sup>
یک درصد فیبر رژیمی	۶	۴/۰±۲۶/۰۸۶ <sup>a</sup>	۴/۰±۷/۰۲۰ <sup>a</sup>	۰±۲/۲۳ <sup>a</sup>
پنج درصد فیبر رژیمی	۶	۳/۰±۰۱/۰۹۰ <sup>b</sup>	۲/۰±۱۲/۱۷۳ <sup>c</sup>	۱/۰±۵۲/۱۱۱ <sup>b</sup>

حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنی دار در هر ستون است ( $P<0.05$ )

کنار با ۶۶/۳۱ درصد، نرخ مهارکنندگی DPPH کمتری نسبت به اسید آسکوربیک (۸۰/۱۹ درصد) داشتند ( $p<0.05$ ). در غلظت ۵۰۰ ppm، فیبر رژیمی هسته کنار با ۸۶/۹۷ درصد نرخ مهارکنندگی DPPH بالاتری نسبت به اسید آسکوربیک داشت ( $p<0.05$ ) نشان دهنده وابستگی میزان فعالیت مهارکنندگی به غلظت فیبر رژیمی هسته کنار است.

نتایج به دست آمده از بررسی آزمایش نرخ مهارکنندگی DPPH در شکل ۱ ارائه شده است. نشان داده شد که در غلظت ۱۰۰ ppm، نمونه کنترل (اسید آسکوربیک) بالاترین میزان نرخ مهارکنندگی DPPH (۷۶/۶۳ درصد) را داشت و فیبر رژیمی هسته کنار با ۴۴/۷۳ درصد، نرخ مهارکنندگی DPPH کمتری نسبت به اسید آسکوربیک داشت ( $p<0.05$ ). در غلظت ۳۰۰ ppm نیز فیبر رژیمی هسته



شکل ۱- فعالیت آنتی‌اکسیدانی فیبر رژیمی هسته کنار

۳). نتایج به دست آمده از آزمون‌های اندازه‌گیری ظرفیت جذب روغن و نگهداری آب در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود فیبر رژیمی هسته کنار ظرفیت نگهداری آبی برابر با ۲/۸۹ ml/g و ظرفیت جذب روغن برابر با ۰/۵۱۳۷ g/g داشت (جدول ۳)

داده‌های حاصله از این پژوهش نشان دادند که فیبر رژیمی هسته کنار، در pH دو و هفت ظرفیت جذب کلسترولی به ترتیب برابر با ۷/۸۰ mg/g و ۱۴/۵۲ mg/g داشت. همچنین ظرفیت اتصال با گلوکز فیبر رژیمی هسته کنار در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ به ترتیب برابر با ۲/۷۵، ۷/۳۱، ۱۶/۶۲ و ۳۱/۶۰ میلی‌مول بر گرم بود (جدول

جدول ۳- ویژگی‌های تکنولوژیک و فراسودمند فیبر رژیمی هسته کنار

منبع	ظرفیت نگهداری آب	ظرفیت اتصال با روغن	ظرفیت اتصال با گلوکز (mmol g <sup>-1</sup> )				کلیسترول جذب شده (mg/g)
			۱۰۰ mmol/L	۵۰ mmol/L	۲۰ mmol/L	۱۰ mmol/L	
فیبر رژیمی هسته کنار	۰/۰۷۲۲	۳±۵/۴۸	۶±۰/۲۰۱	۴۸±۰/۳۳۱	۶۰±۰/۳۲۰	۸±۰/۱۶۸	۱۴ <sup>a</sup>
	±۵۱/۰	۲/۰	۳/۸ <sup>d</sup>	۸/۹ <sup>c</sup>	۳۷ <sup>a</sup>	۷/۰ <sup>b</sup>	

حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنی‌دار است ( $p < 0.05$ )

#### بحث

در ساعت ۲۴، نمونه شاهد نسبت به سایر نمونه‌ها بیشترین تعداد باکتری را دارا بود. نمونه‌های حاوی فیبر رژیمی به علت حضور ترکیبات سمی یا مهارکننده احتمالی باقی‌مانده از استخراج پراکسید هیدروژن قلیایی در محیط کشت بدون قند، جمعیت باکتریایی کمتری داشتند. در نمونه شاهد و پنج درصد فیبر رژیمی کنار کاهش جمعیت از ساعت ۲۴ تا ۷۲ به صورت روند کاهشی مشاهده شد ( $p < 0.05$ ) که می‌تواند به علت پیچیدگی ساختار فیبر رژیمی و فقدان منابع کربنی ساده در محیط کشت مورد استفاده باشد (Tadayoni et al., 2015). نمونه حاوی یک درصد فیبر رژیمی کنار تعداد باکتری‌های شمارش شده در ساعت ۴۸، نسبت به ساعت ۲۴ روندی افزایشی داشت ولی مجدداً در ساعت ۷۲ کاهش یافت ( $p < 0.05$ ) که مطابق با نتایج گزارش شده در مطالعات قبلی بود (Goderska et al., 2008; Reyes-Reyes et al., 2019; Ho et al., 2017). میزان اثر پری بیوتیکی ترکیبات مختلف وابسته به ساختار

شیمیایی شامل ترکیبات تشکیل دهنده، نوع پیوندها، غلظت ترکیبات مورد مطالعه، محیط کشت مورد مطالعه و نوع گونه پروبیوتیکی مورد استفاده است (Tadayoni et al., 2015). کاهش جمعیت در ساعت ۷۲ در نمونه حاوی یک درصد فیبر رژیمی کنار می‌تواند نشان دهنده مصرف مواد مغذی موجود در محیط کشت توسط باکتری‌ها و افزایش نرخ مرگ سلولی نسبت به تکثیر باشد (Ho et al., 2017). با بررسی داده‌های به دست آمده از این مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که نمونه‌های حاوی یک درصد کنار بیشترین اثر را در تحریک رشد باکتری لاکتوباسیلوس/سیدوفیلوس داشت. البته استفاده از غلظت‌های مناسب آن و بهینه سازی ترکیبات محیط کشت برای بررسی رشد نیاز به مطالعات بیشتر دارد. بررسی روند رشد و مقایسه آن با مطالعات دیگر بستگی به نوع محیط مورد بررسی، گونه میکروبی مورد نظر و ساختار شیمیایی پری بیوتیک مورد نظر دارد. در این مطالعه محیط کاملاً بدون قند استفاده شده که با مطالعات دیگر متفاوت است.

رژیمی محلول و نامحلول پوسته کنجد، سبوس برنج و کنجد بالاتر بود (Bian et al., 2015). تیمار هیدروژن پراکسید قلیایی ساختارهای لیگنوسولوزی را تخریب می‌کند که منجر به آزادسازی یا در معرض قرارگیری برخی از اجزای پلی فنولی به دام افتاده درون ماتریکس یا متصل به آن می‌شود که به نوبه خود می‌تواند اثر آنتی‌اکسیدانی فیبر رژیمی را افزایش دهد (Meng et al., 2019).

نتایج این مطالعه نشان داد فیبر رژیمی هسته کنار قادر به جذب گلوکز است. بنابراین می‌تواند در کاهش گلوکز خون پس خوردن غذا نقش داشته باشد. میزان جذب گلوکز وابسته به غلظت فیبر رژیمی هسته کنار بود. به نحوی که در غلظت‌های بالاتر فیبر رژیمی هسته کنار گلوکز بیشتری جذب شد که مطابق با پژوهش انجام شده قبلی بود (Nsor-Atindana et al., 2012). همچنین فیبر رژیمی هسته کنار ظرفیت جذب گلوکز بیشتری نسبت به فیبر رژیمی نامحلول گوشت میوه (2/6 mmol/g) داشت (Hu and Zhao, 2018) اما ظرفیت جذب گلوکز آن نسبت به فیبر رژیمی نامحلول سبوس گندم اصلاح شده (40 mmol/g) (Meng et al., 2019) و فیبر رژیمی ورقه‌های بامبو اصلاح شده توسط اکستروژن و سلولاز (158 mmol/g) کمتر بود (Song et al., 2018).

داده‌های به دست آمده از این مطالعه آشکار کردند که با افزایش pH ظرفیت جذب کلسترول فیبر رژیمی هسته کنار افزایش می‌یابد که به نوبه خود نشان دهنده این موضوع است که ظرفیت جذب کلسترول فیبر رژیمی هسته کنار در روده نسبت به معده بیشتر است و فیبر رژیمی هسته کنار اثر سلامت بخشی بیشتری بر کاهش غلظت کلسترول در روده کوچک دارد. داده‌های به دست آمده در این مطالعه در راستای نتایج مطالعات قبلی بود (Nsor-Atindana et al., 2012). همچنین ظرفیت جذب کلسترول فیبر رژیمی هسته کنار بیشتر از ظرفیت جذب کلسترول فیبرهای رژیمی سبوس ارزن ایتالیایی (foxtail millet) و ورقه‌های بامبو بود (Wu et al., 2020; Zhu et al., 2018).

نتایج pH همانند نتایج به دست آمده از شمارش باکتری‌های لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس متغیر بود. همچنین بررسی منابع نشان دهنده وجود روندی متغیر در میزان pH گزارش شده بود. به نحوی که گادروسکا و همکاران (2008) و تدینی و همکاران (2015) روندی کاهشی و مداوم را گزارش کردند (Tadayoni et al., 2015; Goderska et al., 2008). Reyes (2019) روندی وابسته به دوز را گزارش کردند (Reyes et al., 2019)؛ و هو و همکاران (2017) روندی متغیر و حتی مثبت را برای pH گزارش کردند (Ho et al., 2017). روند تغییر pH به نوع نمونه، نوع محیط کشت بدون قند، ظرفیت بافری محیط کشت، زمان‌های مختلف نمونه‌برداری و اندازه‌گیری و نوع پروبیوتیک بستگی دارد (Tadayoni et al., 2015).

در غلظت‌های 100 ppm و 300 ppm، فیبر رژیمی هسته کنار ظرفیت مهارکنندگی کمتری نسبت به اسید آسکوربیک داشت که مطابق با مطالعه انجام شده قبلی بود (Alhakmani et al., 2014). علت این موضوع می‌تواند استخراج فیبر رژیمی به روش پراکسید هیدروژن قلیایی باشد (Meng et al., 2019). در این تیمار، آنیون‌های پراکسید هیدروژن قادر به واکنش با پراکسید هیدروژن هستند که منجر به تولید پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل در محیط قلیایی می‌شود. سپس، در غیاب سایر واکنش‌گرها، رادیکال‌های سوپر اکسید و هیدروکسیل یا یکدیگر ترکیب شده و آب و هیدروژن تولید می‌کنند. در این واکنش‌های پشت سر هم، رادیکال‌های آنیونی هیدروکسیل و سوپر اکسید در نرخ مولی 1:1 باقی می‌مانند. جرم مولی رادیکال‌های آزاد تولید شده در محلول واکنش ثابت باقی می‌ماند. بنابراین، به میزان برابری ظرفیت مهارکنندگی رادیکال‌ها را کاهش می‌دهد (Meng et al., 2019). با افزایش غلظت به 500 ppm، میزان DPPH فیبر رژیمی هسته کنار بیشتر از اسید آسکوربیک شد. همچنین درصد فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH فیبر رژیمی هسته کنار در این پژوهش از فعالیت آنتی‌اکسیدانی فیبر



افزایش ظرفیت نگهداری آب فیبر رژیمی استخراج شده توسط روش قلیایی-پراکسید هیدروژن را به تخریب لیگنین و تورم فیزیکی ناشی از تیمار قلیایی نسبت دادند (Sangnark and Noomhorm, 2003). با توجه به میزان بالای ظرفیت نگهداری آب در فیبرهای به دست آمده، می‌توان استفاده از آن‌ها را به عنوان اجزای فراسودمند در مواد غذایی به منظور جلوگیری از سینریزس فرآورده‌های فرموله شده پیشنهاد داد.

ظرفیت اتصال با روغن ویژگی تکنولوژیکی است که به ساختار پلی ساکاریدی های گیاهی مرتبط است و به ویژگی‌های سطحی مانند ضخامت، چگالی بار کلی و ماهیت آب‌گریزی ذرات فیبر بستگی دارد. ذراتی که دارای مساحت سطحی بالاتری هستند ظرفیت بیشتری در جذب و اتصال با ترکیبات دارای ماهیت روغنی دارند. ظرفیت اتصال با روغن با قابلیت جذب روغن و چربی در دستگاه گوارش و همچنین حفظ و دفع چربی در مدفوع مرتبط است (Mora et al., 2013). با اندازه‌گیری ظرفیت جذب روغن مشخص شد که فیبر رژیمی هسته کنار ظرفیت جذب روغن برابر با  $0.5137 \text{ g/g}$  داشت. میزان ظرفیت اتصال با روغن فیبر رژیمی هسته کنار کمتر از ظرفیت اتصال با روغن فیبر رژیمی باگاس استخراج شده توسط روش قلیایی-پراکسید هیدروژن با  $11/3 \text{ g/g}$  بود (Sangnark and Noomhorm, 2003). همچنین کمتر از میزان ظرفیت اتصال با روغن کنسانتره فیبر رژیمی هلو، کنسانتره فیبر رژیمی خرما، سبوس برنج چربی زدایی شده، باگاس نیشکر با قطر کمتر از  $0.3 \text{ mm}$ ، کنسانتره فیبرهای رژیمی انبه، فیبر رژیمی هویج و ضایعات مارچوبه به ترتیب برابر با  $1/27$ ،  $1/09$ ،  $9/75$ ،  $4/54$ ،  $11/3$ ،  $5/5$  و  $5/28-8/53$  گرم روغن بر هر گرم بود (Elleuch et al., 2011). از آنجا که فیبرهای رژیمی به دست آمده ظرفیت اتصال با روغن نسبتاً بالایی داشتند، می‌توان آن‌ها را به عنوان اجزای فراسودمند جهت استفاده در مواد غذایی پرچرب و امولسیون به منظور پایدارسازی آن‌ها به کار برد.

فیبر از شبکه‌های پلی ساکاریدی تشکیل شده است که به واسطه انواع مختلفی از پیوندها نظیر پیوندهای هیدروژنی، برهم‌کنش‌های الکترواستاتیک و دوقطبی، واندروالسی جهت ایجاد ماتریکس فیبر با یکدیگر مرتبط هستند. ویژگی‌های جذب آب (هیدراتاسیون) فیبر رژیمی هم به ویژگی‌های شیمیایی و هم به ساختار فیزیکی پلی ساکاریدها و سایر فاکتورهای محیطی از جمله دما، pH، قدرت یونی، ضریب دی‌الکتریک محلول اطراف و ماهیت یون‌ها بستگی دارد (Chiewchan, 2018). ظرفیت نگهداری آب توانایی یک ماده مرطوب در حفظ آب است زمانی که در معرض نیروی گریز از مرکز یا نیروی‌های فشاری قرار بگیرد. این ویژگی شامل مجموع آب متصل، آب آزاد و آبی است که به صورت فیزیکی در ساختار ماده به دام افتاده است، می‌شود. مورد آخر، بیشترین تأثیر را در بروز این ویژگی دارد (Vazquez-Ovando et al., 2009). مقادیر بالای ظرفیت نگهداری آب نشان دهنده ماهیت آب‌دوست ماده است (Mora et al., 2013). همچنین بیان شده است که سوبسترا در یک محیط واکنشی متشکل از محلول آبی پراکسید هیدروژن قلیایی قوی، بخشی از لیگنین موجود در دیواره‌های سلولی را محلول می‌سازد که منجر به تخریب ساختار سلولی و افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شود (Sangnark and Noomhorm, 2004). داده‌های به دست آمده از این پژوهش نشان داد که فیبر رژیمی هسته کنار ظرفیت نگهداری آبی برابر با  $2/89 \text{ mL/g}$  دارد که از ظرفیت نگهداری آب توسط فیبر رژیمی باگاس نیشکر به روش غوطه‌وری در سدیم هیدروکسید و به روش غوطه‌وری در هیدروژن پراکسید بیشتر بود (Gil-López et al., 2019). همچنین ظرفیت نگهداری آب آن بیشتر از ظرفیت نگهداری آب فیبر رژیمی به لوبیا سبز، پوست پزدار هلو سبز و قرمز (به ترتیب  $7/48$ ،  $7/03$  و  $9/84 \text{ ml/g}$ ) سیب، جو دوسر و گندم و فیبر پرتقال ( $8/39 \text{ ml/g}$ ) سویا ( $4/9$ ) بود (Valencia and Roman, 2006; Tamayo and Bermudez, 1998; Mongeau and Brassard, 1982). سانگنارک و نومهورم (۲۰۰۳) بیان کردند که علت

Compounds for Nutrition and Health. J of Nutr and Metabolism. 2867470. 1-13.

6- Alhakmani F. Khan S.A. and Ahmad A. 2014. Determination of total phenol, in-vitro antioxidant and anti-inflammatory activity of seeds and fruits of *Zizyphus spina-christi* grown in Oman. Asian Pac J of Trop Biomed. 4: S656-S660.

7- Bian J. Peng F. Peng X.P. Peng P. Xu F. and Sun R.C. 2013. Structural features and antioxidant activity of xylooligosaccharides enzymatically produced from sugarcane bagasse. Bioresour Technol. 127: 236-41.

8- Chiewchan N. 2018. Microstructure, constituents, and their relationship with quality and functionality of dietary fibers. p 193-216. In: Devahastin S. (ed.) Food microstructure and its relationship with quality and stability. Woodhead Publishing.

9- Chu J. Zhao H. Lu Z. Lu F. Bie X. and Zhang C. 2019. Improved physicochemical and functional properties of dietary fiber from millet bran fermented by *Bacillus natto*. Food Chem. 294: 79-86.

10- Dai F. Chau C. 2016. Classification and regulatory perspectives of dietary fiber. J of Food and Drug Anal. 25: 37-42.

11- Elleuch M. Bedigian D. Roiseux O. Besbes S. Blecker C. and Attia H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. Food Chem. 124(2): 411-421.

12- Gil-López D.L. Lois-Correa J.A. Sánchez-Pardo M.E. Domínguez-Crespo M.A. Torres-Huerta A.M. Rodríguez-Salazar A.E. and Orta-Guzmán V.N. 2019. Production of dietary fibers from sugarcane bagasse and sugarcane tops using microwave-assisted alkaline treatments. Ind Crops and Prod. 135, 159-169.

13- Goderska K. Nowak J. and Czarnecki Z. 2008. Comparison of growth of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium Bifidum* species in media supplemented with selected saccharides including prebiotics. Acta Sci Pol Technol Aliment. 7(2): 5-20.

## نتیجه گیری

در این مطالعه فیبر رژیمی کنار برای اولین بار به روش قلیایی-پراکسید هیدروژن استخراج شد و مورد بررسی قرار گرفت. بررسی ویژگی‌های پری بیوتیکی، آنتی اکسیدانی، فراسودمند و تکنولوژیک آن نشان داد که می‌توان از این فیبر رژیمی به عنوان اجزای فراسودمند، به منظور جلوگیری از سینرزیس، پایدارسازی امولسیون‌ها و فرآورده‌های پرچرب، اصلاح بافت و ویسکوزیته فرآورده‌های فرموله شده و فرآورده‌های غنی شده با فیبر استفاده کرد. البته برای کاربرد در محصولات غذایی انجام مطالعات دقیق تر به صورت درون تنی و تعیین ایمنی محصول پس از تایید مطالعات تاکسیکولوژیکی بسیار ضروری بنظر می‌رسد.

## منابع

۱- تقی زاده، مسعود، شکرالهی، فاطمه، کوچکی، آرش و حداد خداپرست، محمدحسین. (۱۳۹۴). بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی فیبر پوسته و مغز هسته خرما. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. دوره ۱۲. شماره ۴۸. صفحه ۱۶۰-۱۵۳.

۲- صباغ زاده، فرزاد و مرید، عبدالرحمن. (۱۳۹۴). مقایسه ژنوتیپ‌های برتر کنار گونه‌های *Zizyphus spinachristi* و *Zizyphus mauritiana* مستقر در باغ گیاه‌شناسی فدک دزفول با توجه به خصوصیات میوه و هسته. تولیدات گیاهی. دوره ۳۸. شماره ۳. صفحه ۱۱۳-۱۲۳.

۳- اعرابی، اعظم و رهبران، سارا. (۱۳۹۵). بهینه‌سازی شرایط استخراج قلیایی فیبر از سبوس برنج با روش سطح پاسخ. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. دوره ۱۲. شماره ۵. صفحه ۶۹۶-۷۰۵.

4- Abdel Aziz M. and Emtinan Musa Mohammed A. 2016. Characterization and Biological Activity Study of *Zizyphus Spina-Christi* Seed Oil, in college of Science. Sudan University of Science and Technology: Khartoum. p. 51.

5- Abdoul-Azize S. 2016. Potential Benefits of Jujube (*Zizyphus Lotus* L.) Bioactive

pectin hydrolysate, J Food and Drug Anal. 25: 550-58.

15- Hu H. and Zhao Q. 2018. Optimization extraction and functional properties of soluble dietary fiber from pineapple pomace obtained by shear homogenization-assisted extraction. RSC Adv. 8.72: 41117-41130.

16- Inglett G.E. 1998. Dietary fiber gels for calorie reduced foods and method for preparing the same. US patent. 5. 666,662.

17- Li J.W. Fan L.P. Ding S.D. and Ding X.L. 2007. Nutritional composition of five cultivars of chinese jujube. Food Chem. 103(2): 454-460.

18- Luan Y. and Azizah A. 2000. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. Food Chem. 68: 15-19.

19- Meng X. Liu F. Xiao Y. Cao J. Wang M. and Duan X. 2019. Alterations in physicochemical and functional properties of buckwheat straw insoluble dietary fiber by alkaline hydrogen peroxide treatment. Food Chem: X. 3. 100029.

20- Mongeau R. and Brassard M. 1982. Insoluble dietary fiber from breakfast cereals and brans bile salt and water holding capacity in relation to particle size. Cereal Chem. 59: 413-417.

21- Mora Y.N. Contreras J.C. Aguilar C.N. Meléndez P. De la Garza I. and Rodríguez R. 2013. Chemical composition and functional properties from different sources of dietary fiber. Amer J of Food and Nutr. 1(3): 27-33.

22- Nsor-Atindana J. Zhong F. and Mothibe K.J. 2012. In vitro hypoglycemic and cholesterol lowering effects of dietary fiber prepared from cocoa (*Theobroma cacao* L.) shells. Food and Funct. 3(10): 1044-1050.

23- Pareek S. 2013. Nutritional composition of jujube fruit. Emir J Food Agric. 25(6): 463-470.

24- Parkar S.G. Simmons L. Herath T.D. Phipps J.E. Trower T.M. Hedderley D.I. McGhie T.K. Blatchford P. Ansell J. Sutton K.H. and Ingram J.R. 2018. Evaluation of the prebiotic potential of five kiwifruit cultivars after simulated gastrointestinal digestion and fermentation with

14- Ho Y.Y. Lin C.M. and Wu M.C. 2017. Evaluation of the prebiotic effects of citrus human faecal bacteria. Intl J of Food Sci and Technol. 53(5): 1203-1210.

25- Reyes-Reyes M. Salazar-Montoya J.A. Rodríguez-Páez L.I. and Ramos-Ramírez E.G. 2019. In vitro fermentation of oligosaccharides obtained from enzymatic hydrolysis of *Opuntia streptacantha* mucilage, J Sci of Food and Agric. 99: 2883-91.

26- Sangnark A. and Noomhorm A. 2003. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse. Food Chem. 80(2): 221-229.

27- Sangnark A. and Noomhorm A. 2004. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. Food Rsrch Intel. 37(1): 66-74.

28- Song Y. Su W. and Mu Y.C. 2018. Modification of bamboo shoot dietary fiber by extrusion-cellulase technology and its properties. Int J Food Prop. 21(1): 1219-1232.

29- Tadayoni M. Sheikh-Zeinoddin M. and Soleimanian-Zad S. 2015. Isolation of bioactive polysaccharide from acorn and evaluation of its functional properties. Int J Biological Macromol.. 72: 179-184.

30- Tamayo Y. and Bermudez A. 1998. Los residuos vegetales de la industria de jugos de naranja como fuente de fibradietética. In: Lajolo, F. M.; Menezes, E. W. p 181-189, 286. (Eds.). Fibra dietética. Temas en Tecnología de Alimentos. Vol. 2. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, México D.F.

31- Valencia G.F. and Roman M. 2006. Caracterización fisicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria. VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. 13. 54-60.

32- Vazquez-Ovando A. Rosado-Rubio G. Chel-Guerrero L. and Betancur-Ancona D. 2009. Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). LWT- Food Sci and Technol. 42. 168-173.

33- Verspreet J. Damen B. Broekaert W.F. Verbeke K. Delcour J.A. and Courtin C.M.

2016. A Critical Look at Prebiotics Within the Dietary Fiber Concept. *Annu Rev of Food Sci and Technol.* 7(1): 167-19.

34- Wu W. Hu J. Gao H. Chen H. Fang X. Mu H. Han Y. and Liu R. 2020. The potential cholesterol-lowering and prebiotic effects of

bamboo shoot dietary fibers and their structural characteristics. *Food Chem.* 332: 127372.

35- Zhu Y. Chu J. Lu Z. Lv F. Bie X. Zhang C. and Zhao H. 2018. Physicochemical and functional properties of dietary fiber from foxtail millet (*Setaria italic*) bran. *J Cereal Sci.* 79: 456-461.

## Prebiotic effect and functional properties of dietary fiber extracted from *Ziziphus mauritiana* seeds by alkali-hydrogen peroxide method

Afrazeh M<sup>1</sup>, Tadayoni M<sup>2\*</sup>, Abbasi H<sup>3</sup>, Sheikhi A<sup>4</sup>

1. Department of Food Science and Technology, Masjed Soleyman Branch, Islamic Azad University, Masjed Soleyman, Iran.
2. Department of Food Science and Technology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
3. Department of Chemical Engineering, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran.
4. Department of Immunology, School of Medicine, Dezful University of Medical Sciences, Dezful, Iran.

\*Corresponding author: [m.t.tadayoni@gmail.com](mailto:m.t.tadayoni@gmail.com)

Received: February 6, 2021

Accepted: May 8, 2021

### Abstract

This study aimed to extract dietary fiber from the *Ziziphus mauritiana* seeds by the alkaline-hydrogen peroxide extraction method and evaluate its prebiotic and functional properties. For this purpose, *Z. mauritiana* seeds were first defatted. Then, their dietary fibers were extracted using alkaline hydrogen peroxide treatment. Prebiotic effect (at concentrations of 1 and 5%) in sugar-free culture medium on *Lactobacillus acidophilus* was studied (anaerobic conditions) at 37 °C for 72 hours. The technological and functional properties of the extracted dietary fibers, including DPPH test, cholesterol-binding capacity, glucose absorption capacity, oil binding capacity, and water holding capacity, were measured. *Z. mauritiana* seed dietary fiber had water holding capacity, oil binding capacity, glucose adsorption capacity, and cholesterol binding capacity equal to 0.51 ml/g, 2.50 g/g, 37.60 mmol/L 14.52 mg/g, respectively. The results of the prebiotic evaluation showed that the sample containing 1% *Z. mauritiana* seed dietary fiber had the lowest pH with pH 5.69 at 48 h ( $p < 0.05$ ). Also, the trend of pH decrease was variable during the test time ( $p < 0.05$ ). The results of *Lactobacillus acidophilus* count indicated that the culture containing 1% *Z. mauritiana* seed dietary fiber at 48th hour with 4.7 Log CFU/ml had the highest total count. Besides, the trend of bacterial multiplication was variable concerning its concentration and over time ( $p < 0.05$ ). Examination of the obtained data revealed that the samples containing 1% *Z. mauritiana* seed dietary fiber had the highest prebiotic effect on the growth of *L. acidophilus*. Besides, due to its beneficial properties, *Z. mauritiana* seed dietary fiber can be used as an available and inexpensive source of dietary fiber in the food and pharmaceutical industries.

**Keywords:** *Ziziphus mauritiana* seed, Dietary fiber, Functional properties, *Lactobacillus acidophilus*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited

Copyright © 2021 Shahrekord Branch, Islamic Azad University.