

مروری بر متداول‌ترین ترکیبات پری‌بیوتیک، با تأکید بر اینولین

جلال احسانی^{۱*}، محمد محسن زاده^{۲*}، مرتضی خمیری^۳، عظیم قاسم نژاد^۴، صدیقه ابراهیمی^۵

- ۱- مرکز تحقیقات سلامت فراورده های غذایی، دارویی و طبیعی، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران
- ۲- گروه بهداشت مواد غذایی و آبریان، دانشکده‌ی دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
- ۳- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده‌ی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ۴- گروه باغبانی، دانشکده‌ی تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ۵- گروه بیماری‌های داخلی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

مقاله مروری

چکیده

مقدمه

پری‌بیوتیک‌ها، مواد غیر قابل هضم در قسمت‌های فوقانی دستگاه گوارش هستند که به علت تحریک رشد و فعالیت دسته‌ای از باکتری‌های مفید موجود در کولون (پروبیوتیک‌ها) تأثیر مثبتی در بهبود سلامت میزبان دارند. فروکتوالیگوساکاریدهای با زنجیره‌ی کوتاه مانند فیبر β -گلوکان، نشاسته‌ی مقاوم، پکتین، اینولین و بسیاری از کربوهیدرات‌های غیرقابل هضم مثال‌هایی از ترکیبات پری‌بیوتیک می‌باشند. اینولین یک پلیمر زیستی ذخیره‌ای متشکل از مولکولهای D- فروکتوز با پیوندهای $(1 \rightarrow 2) \beta$ بوده که در انتها واجد یک مولکول D- گلوکز با پیوند $(1 \rightarrow 2) \alpha$ می‌باشد. پیکربندی اینولین و آرایش مونومرهای فروکتوز باعث می‌شود اینولین در دستگاه گوارش انسان غیر قابل هضم باشد و سطوح قند خون افزایش پیدا نکند. اینولین اثرات سودمندی بر ترکیب فلور روده، جذب مواد معدنی، ترکیب چربی خون و جلوگیری از سرطان روده‌ی بزرگ دارد. اینولین رشد میکروارگانیسم‌های مفید سلامت بخش را تحریک و در مقابل، باکتری‌های انتروپاتوژنیک را مهار می‌کند. میکروارگانیسم‌های مفید، اینولین را تخمیر کرده و ترکیبات اسیدی مانند اسیدهای چرب کوتاه زنجیر با قابلیت کاهش pH در روده‌ی بزرگ و مهار پاتوژن‌ها را تولید می‌کنند. مقدار اینولین در گیاهان مختلف از ۱٪ در موز تا بیشتر از ۱۵٪ در ریشه‌ی کاسنی متغیر است. اینولین نوع فروکتان به طور عمده در انواع گیاهان دو لپه‌ای متعلق به تیره‌ی آستراسه شامل کاسنی، سیب زمینی ترشی، کنگرفرنگی، قاصدک و گل کوکب یافت می‌شود. مطالعه حاضر به معرفی متداول‌ترین ترکیبات پری بیوتیک سلامت بخش و به طور ویژه اینولین می‌پردازد.

کلیدواژه‌ها

الیگوساکاریدها، اینولین، پری‌بیوتیک‌ها، فیبرها، غذاهای فراسودمند، کنگرفرنگی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۷

*نویسنده مسئول: محمد محسن زاده

دانشیار، گروه بهداشت مواد غذایی و آبریان، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تلفن: ۰۵۱۳۸۸۰۵۶۳۵

پست الکترونیک:

mohsenza@um.ac.ir



مقدمه

اصطلاح غذاهای فراسودمند برای اولین بار در دهه‌ی ۱۹۸۰ در ژاپن، برای محصولات غذایی غنی شده با ترکیبات خاص که دارای اثرات فیزیولوژیکی سودمند بودند، استفاده شد (۱-۳). ماده‌ی غذایی فراسودمند در بردارنده‌ی دست کم یک خاصیت سلامت بخش مشخص و به اثبات رسیده، افزون بر خواص تغذیه‌ای پایه می‌باشد. هر چند ارزش مواد غذایی فراسودمند، مربوط به خواص سلامتی بخش و به ویژه دارویی آنهاست، اما خواص حسی آنها نیز به دلیل تاثیر بر میل و رغبت مصرف کننده از اهمیت فراوانی برخوردار است و موجب جذابیت بیشتر آن خواهد شد (۴)، بیشترین پیشرفت‌ها در غذاهای فراسودمند با غنی سازی آنها بوسیله‌ی ویتامین‌ها و یا مواد معدنی مانند ویتامین C، ویتامین E، فولیک اسید، روی، آهن و کلسیم آغاز شد (۶).

سپس، تمرکز به سمت غذاهای غنی شده با ریزمغذی‌های گوناگون مانند اسید چرب امگا-۳، فیتواسترول و فیبرهای محلول به منظور ارتقای سلامتی و یا جلوگیری از بیماری‌هایی چون سرطان تغییر کرد (۶). اخیراً، تولیدکنندگان محصولات غذایی گام‌های گسترده‌تری را در جهت توسعه‌ی محصولات غذایی با مزایای بیشتر ارتقای سلامتی برداشته‌اند (۷).

غذاهای فراسودمند ممکن است موجب بهبود شرایط عمومی بدن (مانند پری بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها)، کاهش ریسک برخی بیماری‌ها (مانند محصولات کاهش دهنده‌ی کلسترول) و حتی می‌توانند در درمان برخی از بیماری‌ها استفاده شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تقاضا برای مصرف این نوع از محصولات وجود داشته و مطالعات جمعیت شناختی ثابت کرده است که اقدامات پزشکی برای جمعیت سالخورده در صورت عدم استفاده از چنین غذاهایی، نسبتاً پرهزینه‌تر خواهد شد (۸، ۹).

تلاش‌های زیادی برای استفاده از پری بیوتیک‌ها به عنوان ترکیبات غذایی فراسودمند و مفید به منظور بهبود جمعیت میکروبی روده و در نهایت افزایش سلامتی در میزبان، صورت گرفته است (۱۰). پری بیوتیک‌ها ترکیبات غیرقابل هضمی هستند که به طور انتخابی توسط برخی از باکتری‌ها تخمیر شده و تغییرات خاصی در ترکیب و فعالیت باکتری‌های گوارشی بوجود می‌آورند که فواید بسیاری بر سلامت میزبان به همراه دارد (۱۱). موادی که برای رشد باکتری‌های روده به عنوان سوسترا استفاده می‌شوند عموماً از طریق رژیم غذایی وارد می‌شوند و شامل آن دسته از غذاهایی هستند که در قسمت‌های فوقانی دستگاه گوارش جذب نمی‌شوند. این مواد غذایی شامل الیگوساکاریدهای غیر قابل هضم، فیبرهای رژیمی و پروتئین‌هایی هستند که به طور هضم نشده به کولون می‌رسند. بعضی از پپتیدها، پروتئین‌ها و برخی لیپیدهای ویژه هم می‌توانند به عنوان پری بیوتیک محسوب شوند با این حال کربوهیدرات‌های غیر قابل هضم پری بیوتیک‌های معتبرتری هستند (۱۲).

پری بیوتیک‌ها دارای اثرات سلامت بخش بسیاری نظیر حفظ میکروارگانیسم‌های روده و تحریک و کمک به عبور آنها از روده (۱۳)، جلوگیری از اسهال و یبوست (۱۴، ۱۵)، حذف مواد اضافی نظیر گلوکز و کلسترول و جذب مواد مورد نیاز (۱۶)، کمک به رشد بیفیدوباکتریوم‌ها (۱۷)، تحریک، تولید و جذب ویتامین‌های گروه B (۱۸)، تقویت سیستم ایمنی بدن (۱۹)، کمک به کنترل چاقی (۲۰)، کمک به کاهش خطر ابتلا به پوکی استخوان هستند (۲۱).

پری بیوتیک‌ها علاوه بر اثرات سلامت بخش، ویژگی‌های تکنولوژیکی مهمی هم دارند و می‌توانند در فرمولاسیون مواد غذایی، تاثیر مثبت قابل ملاحظه‌ای بر خصوصیات ارگانولپتیکی محصول داشته باشند. پری بیوتیک‌هایی که در صنعت غذا استفاده می‌شوند باید از



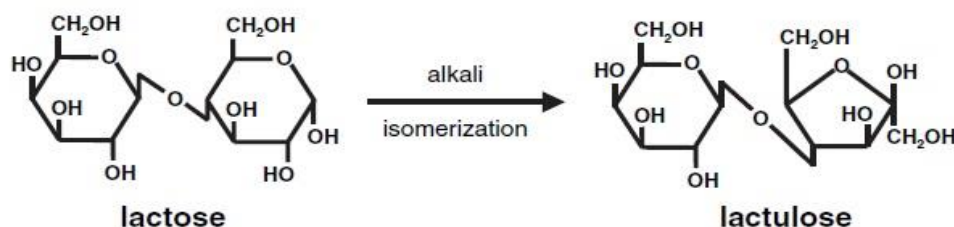
میکروارگانیزم‌های روده‌ای مانند بیفیدوباکتریوم‌ها قابل تخمیر است (۲۴). لاکتولوز یک دی‌ساکارید غیر قابل هضم است که از ایزومریزاسیون قلیایی لاکتوز حاصل می‌شود (۲۵). ترادا و همکاران (۱۹۹۲) گزارش دادند که مصرف ۳ گرم لاکتولوز در روز به مدت ۱۴ روز در افراد بالغ سالم، به طور معنی‌داری جمعیت بیفیدوباکتریوم‌های مدفوعی را افزایش داد، این در حالی است که کاهش جمعیت قابل توجهی در جمعیت کلستریدیوم پرفرنز،/استرپتوکوکوس‌ها، باکتریویدها و باکتری‌های خانواده‌ی انتروباکتریاسه مشاهده شد (۲۶).

هرناندز و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که پری بیوتیک-های گالاکتوالیگوساکارید و لاکتولوز جانشین‌های خوبی برای مونوساکاریدها در بهبود مقاومت سوش‌های لاکتوباسیلوس به شرایط گاستروانتریتی هستند (۲۷).

نظر شیمیایی مقاوم به تیمارهای فراوری مثل حرارت، pH کم و واکنش میلارد باشند (۱۲). امروزه رایج‌ترین پری بیوتیک‌ها در اروپا، ژاپن و استرالیا، فروکتوالیگوساکاریدها و اینولین می‌باشند و تحقیقات زیادی بر روی این ترکیبات در حال انجام است (۲۲). تحقیق حاضر به معرفی پری بیوتیک‌های رایج و سلامت‌بخش می‌پردازد، همچنین با توجه به کاربرد گسترده‌ی اینولین، اثرات درمانی و سلامت‌بخشی، ویژگی‌های تکنولوژیکی و پری بیوتیکی و منابع گیاهی دارای اینولین را بررسی کرده است.

لاکتولوز

لاکتولوز تاریخچه‌ی دارویی طولانی در درمان یبوست و آنسفالوپاتی کبدی دارد و در حال حاضر نیز برای رسیدن به چنین اهدافی هنوز تولید می‌شود (۲۳). بواسطه‌ی فرار از هیدرولیز آنزیم‌های گوارشی، لاکتولوز به سادگی توسط



شکل ۱- ساختمان شیمیایی لاکتولوز

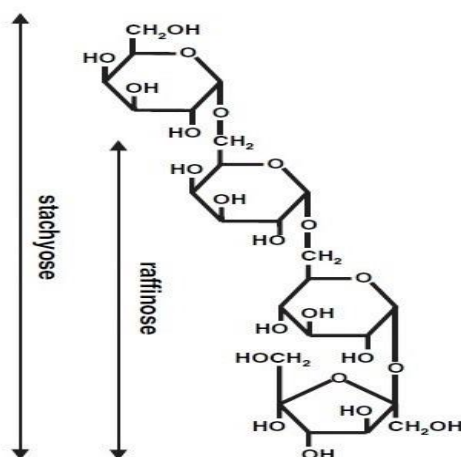
می‌شوند. در مرحله‌ی نخست، نشاسته با استفاده از آنزیم α -آمیلاز، آبکی (مایع) می‌شود. سپس، نشاسته‌ی آبکی شده در مرحله‌ی دوم واکنش، تحت تاثیر β -آمیلاز و α -گلوکوزیداز کاتالیز می‌شود. آنزیم β -آمیلاز، نشاسته‌ی آبکی را به مالتوز هیدرولیز می‌کند و در ادامه فعالیت ترانس گلوکوزیدازی آنزیم α -گلوکوزیداز ترکیب ایزومالتو-الیگوساکارید را تولید می‌کند. ترکیب ایزومالتو-الیگوساکارید تولید شده حاوی

ایزومالتو-الیگوساکارید

ایزومالتو-الیگوساکاریدها، یکی از الیگوساکاریدهای پری بیوتیکی هستند که به مقدار زیاد در صنعت غذا کاربرد دارند. حجم ایزومالتو-الیگوساکاریدهای تولید شده در ژاپن ۳ برابر فروکتوالیگوساکاریدها و یا گالاکتوالیگوساکاریدها برآورد شده است (۲۸). آنها از نشاسته و با استفاده از ترکیبی از آنزیم‌های تثبیت شده طی دو مرحله تولید

الیگوساکاریدهای سویا در مطالعات انسانی نیز به اثبات رسیده است (۳۳).

هارا و همکاران (۱۹۹۷) شرح دادند که مصرف ۱ تا ۲ گرم در روز الیگوساکاریدهای سویا به مدت ۲ هفته، بیفیدوباکتریومهای مدفوعی را به شکل قابل توجهی افزایش داده است (۳۵).

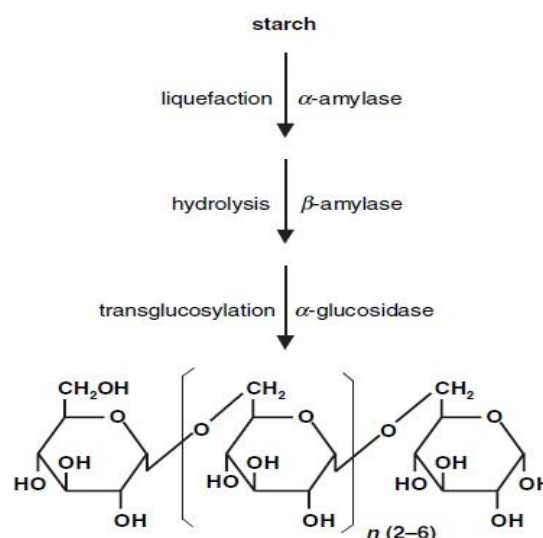


شکل ۳- ساختمان شیمیایی رافینوز و استاکیوز

زایلو- الیگوساکارید

زایلو-الیگوساکاریدها ترکیبات پری بیوتیکی هستند، که در حال حاضر در قیاس با مجموع الیگوساکاریدهای موجود در بازار، سهم کمی را به خود اختصاص داده‌اند (۲۸). مواد خام مورد نیاز برای سنتز زایلو-الیگوساکارید، پلی ساکارید زایلان است که به طور عمده از چوب ذرت استخراج می‌شود. زایلان بواسطه‌ی فعالیت کنترل شده‌ی آنزیم اندو-۱ و ۴- β زایلاناز به زایلو-الیگوساکارید هیدرولیز می‌شود. برای تولید محصولات الیگوساکاریدی با خلوص بالاتر، مونوساکارید زایلوز و کربوهیدرات‌های با جرم مولکولی بالا از الیگوساکاریدها با استفاده از اولترافیلتراسیون و فرایند اسمز معکوس حذف می‌شود (۳۶).

الیگوساکاریدهایی با پیوند (۶ $\rightarrow$ ۱) α گلوکز با درجه‌ی پلیمریزاسیون ۶-۲ و همچنین الیگوساکاریدهایی با ترکیب پیوندهای (۶ $\rightarrow$ ۱) α و (۴ $\rightarrow$ ۱) α مانند قند پانوز^۱ می‌باشد (۲۹). بر خلاف دیگر الیگوساکاریدهای پری بیوتیکی، هضم قابل توجه ایزومالتو-الیگوساکاریدها در طی انتقال روده‌ای اتفاق می‌افتد (۳۰). به هر حال، مقداری ایزومالتو-الیگوساکارید توسط میکروارگانیسم‌های روده‌ای قابل تخمیر است (۳۱). چن و همکاران (۲۰۰۱) در پژوهشی که بر روی ۷ سالمند انجام دادند، بیان کردند که مصرف ایزومالتو-الیگوساکارید دفع مدفوع را بهبود بخشد و توده‌ی سلولی را نیز افزایش می‌دهد (۳۲).



شکل ۲- تشکیل ایزومالتو-الیگوساکارید از نشاسته

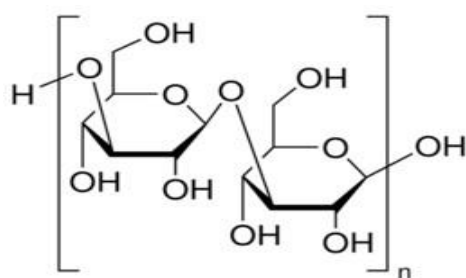
الیگوساکاریدهای سویا

الیگوساکاریدهای سویا، از تری ساکارید رافینوز و تتراساکارید استاکیوز تشکیل شده‌اند (۳۳). هم رافینوز و هم استاکیوز به هضم مقاوم هستند و در شرایط *in vitro* به آسانی توسط بیفیدوباکتریوم‌ها تخمیر می‌شوند (۳۴). اثرات بیفیدوژنیک

¹ Panose



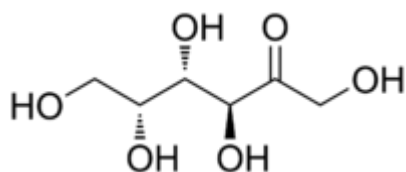
خطر ابتلا به سرطان معده و روده را کاهش دهد که این مقدار حداقل سطح پری بیوتیکی β -گلوکان را تشکیل می دهد (۳۹). در غلات، β -گلوکان و آرابینوکسیلان اجزای اصلی فیبرهای رژیمی را تشکیل می دهند که بوسیله ی باکتری ها در دستگاه گوارش انسان تخمیر می شوند (۴۰). تحقیقات پاتل و همکاران (۲۰۰۴) و میشیدا و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که عصاره و فیبر غلات می تواند تاثیر مثبتی بر افزایش مقاومت لاکتوباسیلوس به صفرا داشته باشد (۴۱، ۴۲).



شکل ۵- ساختمان شیمیایی β -گلوکان

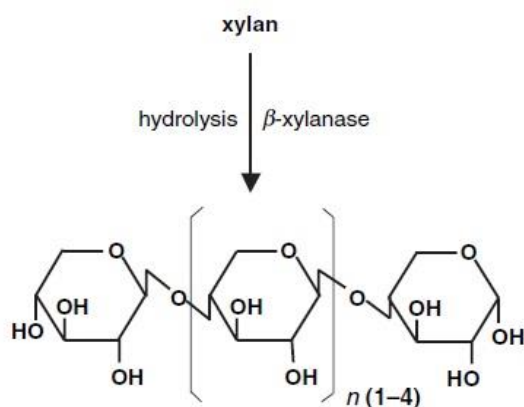
D-تاگاتوز

D-تاگاتوز ترکیب دیگری است که خاصیت پری بیوتیکی دارد و باعث خرابی دندان ها نمی شود. تقریباً $1/5 \text{ Kcal.gr}^{-1}$ انرژی تولید می کند و بیش از ۲۵٪ آن در قسمت فوقانی روده جذب نمی شود. D-تاگاتوز می تواند به عنوان عامل شیرین کننده ی کم کالری در محصولات مانند غلات، شکلات، آبنبات، آدامس، ماست، نوشیدنی ملایم، بیسکویت، نوشیدنی بر پایه ی لبنی و قنادی استفاده شود (۴۳، ۴۴).



شکل ۶- ساختمان شیمیایی تاگاتوز

به طور عمده محصولات فرایند، زایلو-الیگوساکاریدهای با پیوندهای خطی (۴) β (زایلوپیزوز، زایلوتریوز و زایلوترائوز) و برخی از الیگوساکاریدهای با واحدهای آرابینوز منشعب شده است (۳۳). اوکازاکی و همکاران (۱۹۹۰) ۹ فرد بالغ را به مدت ۳ هفته با زایلو-ولیگوساکارید تغذیه کردند که نتایج آنها افزایش معنی دار بیفیدوباکتریوم ها را نشان داد (۳۷).



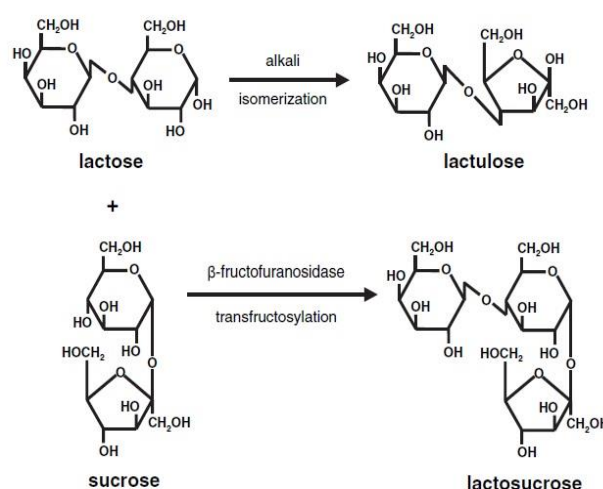
شکل ۴- ساختمان شیمیایی زایلو-الیگوساکاریدها

β -گلوکان

β -گلوکان هیدروکلونیدی است که از جو دوسر بدست می آید که علاوه بر خواص فراسودمند، توانایی تشکیل و حفظ ژل (مانند کربوکسی متیل سلولز) را دارا است. تحقیقات اخیر نشان داده که β -گلوکان حاصل از منابع مختلف، دارای اثرات تغذیه ای مفید است که به عنوان مثال می توان به تقویت سیستم ایمنی بدن، کاهش میزان کلسترول مضر خون، و اثر ضد سرطانی اشاره نمود (۳۸). این ترکیب علاوه بر داشتن اثرات تغذیه ای مفید، به دلیل بهبود خواص کیفی و رئولوژیکی مانند سختی و نیروی برشی، پتانسیل بالایی جهت استفاده در تولید فرآورده های غذایی دارد. مصرف ۳ گرم β -گلوکان روزانه میزان کلسترول خون را کاهش می دهد و علاوه بر آن می تواند به عنوان یک منبع غنی از فیبر عمل کرده و

لاکتوسوکروز

لاکتوسوکروز، تری ساکاریدی غیر قابل هضم است که از ترکیب لاکتوز و سوکروز با استفاده از فعالیت ترانس-فروکتوزیلاسیون^۱ آنزیم β -فروکتوفورانوزیداز ساخته می شود. در ژاپن، لاکتوسوکروز به طور عمده در صنعت آشامیدنی، شیرینی سازی، تهیه ی غذای حیوانات اهلی و به عنوان یک قند مصرفی استفاده می شود (۲۹). هارا و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که مصرف لاکتوسوکروز موجب کاهش کلسترید یوم های مدفوعی و باکتریوئیدها و کاهش پیوسته ی فعالیت های آنزیمی سمی و متابولیت ها می شود (۴۵).



شکل ۷- ساختمان شیمیایی لاکتوسوکروز

نشاسته ی مقاوم

همه ی انواع نشاسته ی مصرفی در رژیم غذایی در روده ی کوچک هیدرولیز و جذب نمی شود. برخی از انواع نشاسته به هیدرولیز آنزیمی نسبتاً مقاوم هستند و به کولون به شکل جذب نشده می رسند. این نشاسته ی مقاوم، منبعی مهم از کربوهیدرات های قابل تخمیر برای باکتری ها در کولون می باشد (۴۶). نشاسته ی مقاوم به طور کلی در چهار گروه دسته بندی می شود. نوع اول، از نظر فیزیکی، گرانول های نشاسته ای غیر قابل دسترس مانند غلات کامل و یا آنهایی که جزئی آسیب شده اند را شامل می شود. نوع دوم، گرانول های نشاسته ی طبیعی هستند که در سیب زمینی، موز و ذرت با آمیلوز بالا یافت می شوند. نشاسته ی رتروگراده شده ی شکل گرفته در طی فراوری نشاسته، نوع سوم را بوجود می آورد، این در حالی است که، نوع چهارم نشاسته هایی هستند که از نظر شیمیایی بواسطه ی تغییرات حاصل از اتصالات عرضی، استریفیکاسیون و اتریفیکاسیون اصلاح شده اند. درجه ای که انواع نشاسته ی مقاوم در روده ی کوچک هیدولیز نشده باقی می ماند و در دسترس تخمیر باکتریایی در کولون قرار می گیرند، به منبع و ساختار آن باز می گردد (۳۳). براساس مطالعات صورت گرفته بر روی مدل های حیوانی (موش)، توسط جاکوباش و همکاران (۱۹۹۹) و مورا و همکاران (۲۰۰۳)، حیوانات تغذیه شده با نشاسته ی مقاوم در مقایسه با نمونه ی کنترل، بهبود معنی داری را در ارتباط با کولیت اولسرا^۲ نشان دادند (۴۷، ۴۸).

^۱ Transfructosylation: The transfer of fructosyl groups within or between molecules

^۲ ulcerative colitis



جدول ۱- برخی از انواع ترکیبات پری بیوتیک و تاثیر آنها بر فلور روده (۴۹)

پری بیوتیک‌ها	تاثیر بر فلور روده
گالاکتوالیگوساکاریدها	در مقادیر ۱۰ تا ۲۰ گرم در روز می‌تواند سبب تحریک و ازدیاد لاکتوباسیلوس‌ها و نیز بیفیدوباکتریوم‌ها شود.
لاکتولوز	در مقادیر ۸ تا ۲۰ گرم در روز اثرات پری بیوتیکی خواهد داشت.
لاکتیتول	دارای خصوصیات احتمالی پری بیوتیکی خواهد بود.
زیلوآلیگوساکاریدها	دارای خصوصیات احتمالی پری بیوتیکی خواهد بود.
ایزومالتو-الیگوساکاریدها	در مقادیر مصرف ۱۰ تا ۲۰ گرم در روز دارای خصوصیات پری بیوتیکی و در مقادیر زیر ۱۰ گرم در روز اثرات بیفیدوژنیک بسیار کمی دارد.
الیگوساکاریدهای سویا (رافینوز و استاکیوز)	در مقادیر مصرف کم بین ۲ تا ۴ گرم در روز اثرات شبه پری بیوتیکی خواهد داشت.
لاکتوسوکروز	ممکن است خاصیت پری بیوتیکی داشته باشد.
نشاسته مقاوم	شواهد بیانگر تاثیر این ترکیب بر باکتری‌های بیفیدوباکتریوم و لاکتوباسیلوس خواهد بود.
فیبرهای غلات	در بین فیبرهای غلات آرابینوگزیلان‌ها به طور انتخابی توسط برخی از بیفیدوباکتریوم‌ها مورد تخمیر قرار می‌گیرند.

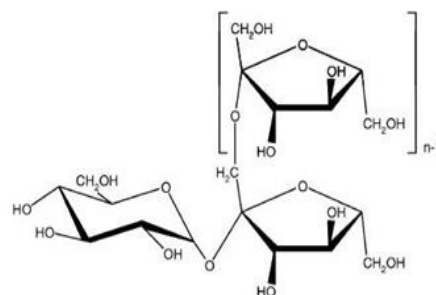
اینولین

الیگوفروکتوزها فیبرهای غذایی محلول و قابل تخمیری هستند که متعلق به خانواده‌ی فروکتان بوده و اثرات سلامتی بخش مصرف این ترکیبات طبیعی، بویژه اینولین، که از منابع گیاهی مختلف حاصل می‌گردند، در سطح گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است (۵۰). کنگرفرننگی (۵۳-۵۱)، کاسنی، پیاز (۵۴) و ریشه‌ی مارچوبه، از منابع اصلی اینولین به شمار می‌آیند. اینولین از نظر ساختار شیمیایی از واحدهای فروکتوز با پیوند β (۱→۲) و یک مولکول گلوکز در انتهای زنجیره‌ی فروکتوز با اتصال α (۱→۴) تشکیل شده است. تحقیقات نشان داده است که اینولین و الیگوفروکتوز بر قند سرم تأثیری ندارند و باعث تحریک ترشح انسولین نمی‌شوند و تری‌گلیسرید سرم و کبد و سطح کلسترول خون را کاهش می‌دهند. اینولین جذب کلسیم و منیزیم را در انسان افزایش می‌دهد (۱۶، ۵۵).

اینولین و فروکتوالیگوساکاریدها اگر در مقادیر کم به میزان $5-20 \text{ g.day}^{-1}$ به رژیم غذایی افزوده شوند منجر به تحریک بیفیدوباکتریوم‌ها و لاکتوباسیلوس‌های دستگاه گوارش می‌شوند (۵۶). این باکتری‌ها به طور معمول در روده‌ی کودکان تغذیه شده با شیرمادر حضور دارند. اعتقاد بر این است که الیگوساکاریدهایی چون اینولین محرک رشد بیفیدوباکتریوم‌ها در روده هستند و از آنجا که بیفیدوباکتریوم‌ها نقش مهمی در ایمنی روده و حفاظت در برابر پاتوژن‌ها دارند، کودکان تغذیه شده با شیر مادر که حاوی ترکیبات محرک رشد این باکتری‌هاست در مقایسه با کودکان دیگر سالم‌تر هستند (۵۷). اینولین به طور موفقیت آمیز به عنوان جایگزین چربی و قند با مزایای مختلفی چون میزان کالری کمتر، غنی‌سازی با فیبرهای غذایی و ویژگی‌های تغذیه‌ای به کار می‌رود (۱۶)، و از طریق بهبود هضم، افزایش تناوب دفع و حجم مدفوع به بهبود عملکرد روده کمک می‌نماید (۵۸)، همچنین مصرف اینولین



سبب کاهش تری گلیسریدها و کاهش تولید چربی نیز می-گردد (۵۸).



شکل ۸- ساختمان شیمیایی اینولین

اثرات درمانی و سلامتی بخش اینولین

الف) اثر اینولین بر قند خون و چربی

فروکتوالیگوساکاریدها موجب تحریک ترشح انسولین یا افزایش گلوکز خون نمی‌شوند، چرا که آنها در معده به صورت یک ژل ویسکوز در آمده و جذب گلوکز آزاد را کاهش می‌دهند، در نتیجه پس از مصرف، قند خون افزایش پیدا نمی‌کند لذا یک ترکیب مناسب برای کنترل قند خون افراد دیابتی محسوب می‌شوند (۵۹)

این ترکیبات عموماً بدون طعم تا کمی شیرین هستند (تقریباً ۱۰٪ شیرینی ساکارز) و از آنها می‌توان به عنوان جایگزین شکر و روغن استفاده نمود و از این جهت که ۷۵٪ شکر و ۳۳/۳٪ روغن انرژی دارد، می‌توان آنها را در غذاهای رژیمی به کار برد. فروکتوالیگوساکاریدها و اینولین بدون هیچ‌گونه تغییری توسط آنزیم‌های موجود در قسمت‌های فوقانی دستگاه گوارش، وارد کولون شده و در آنجا توسط بیفیدوباکتریوم‌ها تخمیر می‌شود که نتیجه‌ی این تخمیر، تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و افزایش توده‌ی باکتریایی روده می‌باشد (۶۰). اکو و همکاران (۱۹۸۴) در تحقیقی گزارش کردند که موش‌های تغذیه شده با رژیم‌های

غذایی حاوی ۱۰٪ فروکتوالیگوساکاریدهای کوتاه زنجیر برای مدت ۳۰ روز با کاهش ۱۷٪ قند خون بعد از غذا و افزایش ۲۶٪ انسولین خون مواجه شده‌اند (۶۱). مارکتی (۱۹۹۳) در پژوهشی گزارش کرد که اینولین پلیمری طبیعی است که توسط آنزیم‌های روده‌ای قابل هیدرولیز نمی‌باشد، که دلیل آن وجود پیوند (۱ → ۲) β می‌باشد، بنابراین به عنوان یک فیبر رژیمی بدون کالری مطرح می‌شود و می‌تواند به عنوان یک منبع کربوهیدراتی برای بیماران دیابتی استفاده شود (۶۲).

لو و همکاران (۱۹۹۶) با بررسی موش‌های دیابتی دریافتند که رژیم غذایی حاوی ۲۰٪ الیگوفروکتوز به مدت ۲ ماه موجب کاهش قند خون (هیپوگلیسمی) شده است (۶۳). یاماشیتا و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که مصرف ۸ گرم فروکتوالیگوساکارید در روز برای یک دوره‌ی ۱۴ روزه در افراد دیابتی، منجر به کاهش گلوکز خون ناشتا شده است (۶۴). دهقان و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی تأثیر مکمل‌یاری اینولین بر ظرفیت آنتی اکسیدانی تام، فعالیت آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز در بیماران دیابتی نوع ۲ را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف روزانه ۱۰ گرم اینولین به مدت ۸ هفته سبب کاهش معنی‌دار گلوکز خون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله و افزایش معنی‌دار ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شد (۷۶). در پژوهشی که توسط گافار و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد، تأثیر اینولین استخراج شده از غده‌ی کنگر فرنگی اورشلیم بر سطوح گلوکز و چربی خون در موش‌های دیابتی مورد بررسی قرار گرفت؛ نتایج این پژوهش، کاهش گلوکز را بعد از یک هفته مصرف اینولین تا پایان دوره‌ی آزمایش نشان داد؛ همچنین سطوح بالای اینولین (۱۵٪) منجر به کاهش بیشتر سطح قند خون در قیاس با مقادیر پایین‌تر اینولین به طور



کلسترول خون، متابولیسم چربی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۶۸).

ب) اثر اینولین بر جذب مواد معدنی

فروکتوالیگوساکاریدها جذب مواد معدنی همچون کلسیم، منیزیم و آهن را از روده تحریک می‌کنند. مثلاً مصرف روزانه ۸ گرم اینولین به همراه منابع و غذاهای حاوی کلسیم میزان جذب را تا حدود ۳۳٪ افزایش می‌دهد. مصرف رژیم‌های غذایی حاوی اینولین در بلند مدت سبب افزایش تراکم استخوان‌ها و در نتیجه کاهش ریسک پوکی استخوان می‌شود (۶۹). در پژوهشی اوها و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که مصرف اینولین موجب بهبود جذب کلسیم و منیزیم در موش‌های سالم شده است، هر چند که فقط جذب منیزیم، در موش‌های بدون روده‌ی کور افزایش داشته است. این موضوع بیان می‌دارد که اثر تخمیر در روده‌ی کور به طور ویژه برای جذب کلسیم مهم بوده است (۷۰). کادری و همکاران (۱۹۹۷) با توجه به مطالعات انسانی صورت گرفته مشاهده کردند که اینولین جذب کلسیم را بهبود بخشید اما تاثیری در جذب منیزیم، روی و آهن نداشت (۷۱). رابرفرود و همکاران (۲۰۰۲) گزارش دادند که افزودن ۵ و ۱۰ گرم اینولین در ۱۰۰ گرم رژیم غذایی موش‌های نر، میزان جذب کلسیم و نیز محتوای مواد معدنی استخوان‌ها را به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش داد (۷۲). لوبو و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی نشان دادند که مصرف ۵۰ گرم الیگوفروکتوز به همراه ۷/۵ گرم کلسیم در ۱ kg رژیم غذایی، در موش‌های در حال رشد سالم، جذب منیزیم را به شکل قابل توجهی افزایش داد (۷۳).

ج) اثر اینولین بر یبوست

یبوست یک بیماری مزمن چند فاکتوری است که اغلب در افراد مسن اتفاق می‌افتد.

ویژه در پایان دوره‌ی آزمایش شد. همچنین سطوح ۱۰ و ۱۵٪ اینولین استفاده شده در رژیم غذایی موش‌های دیابتی، به طور معنی‌دار کلسترول کل، تری گلیسیرید و چربی کل را در قیاس با موش‌های دیابتی تغذیه شده با رژیم غذایی کنترل کاهش داد. ضمناً، سطوح HDL، بعد از تغذیه‌ی موش‌های دیابتی با اینولین (۱۰ و ۱۵٪) به طور معنی‌دار افزایش و سطوح LDL و VLDL کاهش یافت (۶۵).

گرگری و همکاران (۲۰۱۳) اثر مکمل پری بیوتیک اینولین غنی شده با الیگو فروکتوز بر سطح لیپیدهای سرم و التهاب در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که مکمل اینولین غنی شده با الیگوفروکتوز با بهبود سطح لیپیدهای سرم و التهاب، به مدیریت دیابت نوع ۲ و عوارض ناشی از آن کمک می‌نماید (۶۶). اکو و همکاران (۱۹۸۴) نشان دادند که گنجاندن اینولین در رژیم غذایی موش‌های تغذیه شده با چربی اشباع به طور قابل توجهی میزان تری گلیسیرید خون و کبد را کاهش داد (۶۱). ویلیامز و جکسون (۲۰۰۲) اثر مکمل اینولین و فروکتوالیگوساکاریدها را بر روی چربی خون ۱۰ انسان بررسی کردند. در ۳ انسان اینولین و فروکتوالیگوساکارید تاثیری بر سطوح کلسترول خون یا تری آسید گلیسرول نداشتند. در ۳ فرد دیگر کاهش قابل توجهی در تری آسید گلیسرول مشاهده شد، این در حالی بود که در ۴ فرد باقی مانده کاهش متوسطی در کلسترول LDL مشاهده شد (۶۷). وجود اینولین در رژیم غذایی افراد با سطح کلسترول خون بالا ممکن است موجب بهبود پروفایل چربی خون شود. اینولین و الیگوفروکتوز با تغییر متابولیسم چربی خون در حیوانات آزمایشگاهی مختلف اثر سیستمیک اعمال می‌کنند. بررسی حیوانات آزمایشگاهی نشان داد که اینولین با کاهش تری گلیسیرید خون و کاهش اندک



دلایل زیادی چون کهولت سن، داروها، مصرف کم مایعات، فقدان محصولات غذایی حاوی فیبر در رژیم غذایی روزانه، فعالیت بدنی کم و کاهش تحرک روده، در ایجاد یبوست دخیل هستند. مطالعات انسانی مختلف نشان می‌دهد که تخمیر کربوهیدرات‌ها موجب افزایش تحرک روده‌ای شده و بنابراین تجویز الیگوفروکتوز و اینولین در رژیم غذایی می‌تواند یبوست و ناراحتی‌های شکمی را بهبود دهد و دفعات مدفوع را افزایش دهد (۷۴، ۷۵). هیداکا و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کردند که مصرف الیگوفروکتوز موجب کاهش درد ناشی از یبوست و خوردن اینولین موجب بهبود یبوست در ۹ تا ۱۰ بیمار شده است (۷۶). درد شکمی (به طور عمده نفخ شکمی) بندرت در تعداد کمی از بیماران گزارش شد. همچنین افزایش قابل ملاحظه دفعات دفع در افراد سالم با مصرف اینولین با درجه پلیمریزاسیون بیش از ۲۵ در رژیم غذایی روزانه گزارش شده است (۷۷).

د) سایر اثرات درمانی اینولین

پاساریلو و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی تاثیر روی و اینولین را در درمان اسهال در کودکان ۳ تا ۳۶ ماهه بررسی کردند. نتایج آزمایشات آنها نشان داد که روی و اینولین دوره‌ی اسهال بیماران را بواسطه‌ی تحریک جذب آب و الکترولیت‌ها در سرتاسر موکوس روده محدود کردند و نیز موجب مهار پاتوژن‌ها شدند (۷۸). فروکتوالیگوساکاریدها نقش مهمی در بهبود اسهال دارند، مخصوصاً وقتی اسهال با عفونت‌های روده‌ای مرتبط باشد. این مورد ممکن است به طور مستقیم مربوط به اثر بازدارندگی بیفیدوباکتریوم‌ها بر روی باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی باشد. در واقع فروکتوالیگوساکاریدهای فراسودمند جذب آب و الکترولیت‌ها را در روده‌ی کوچک بهبود می‌دهند و در نتیجه موجب کاهش اسهال می‌شوند (۷۹). تاپر و رابرفروید (۱۹۹۹) تاثیر اینولین و الیگوفروکتوز را بر سرطان پستان و رشد تومور

بررسی کردند. در این مطالعه‌ی مقدماتی که بر روی موش-های ماده صورت گرفت، ۱۵٪ الیگوفروکتوز به رژیم غذایی پایه‌ی آنها اضافه گردید و در نهایت نتایج این بررسی کاهش تولید تومورهای پستان را نشان داد (۸۰). اندرسون و همکاران (۲۰۰۱) با انجام مطالعات *in vivo* بر روی حیوانات، مشاهده کردند که مکمل‌های غذایی حاوی اینولین، pH روده‌ی کور را بواسطه‌ی تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (محصول نهایی تخمیر روده‌ای اینولین) کاهش، اندازه‌ی روده‌ی کور را بواسطه‌ی تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، افزایش و همچنین ضخامت دیواره‌ی روده‌ی کوچک و روده‌ی کور را افزایش می‌دهند، که در نهایت منجر به افزایش جریان خون می‌شود (۸۱). نتایج پژوهش‌های کار و گوپتا (۲۰۰۲) نشان می‌دهد که مصرف اینولین در قیاس با منابع کربوهیدراتی دیگر مانند ساکارز، می‌تواند به طور معنی‌دار جمعیت باکتری‌های پاتوژن مانند باکتریوئیدها، فوزوباکتر و کلسترییدیها را کاهش و در مقابل موجب افزایش جمعیت میکروبی میکروارگانیزم‌های مفید مانند بیفیدوباکتریوم‌ها شود (۱۶).

ویژگی‌های تکنولوژیکی و پری بیوتیکی اینولین

خواص تکنولوژیکی منحصر به فرد اینولین و فروکتوالیگوساکاریدها سبب شده تا این ماده از نظر متخصصین صنایع غذایی مورد توجه قرار گیرد. نتایج پژوهش‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که اینولین با درجه-ی پلیمریزاسیون بالای ۱۰ در محیط‌های آبی به صورت میکروکریستال و یا تکه‌های کوچک ژل حل می‌شود (۸۲). این میکروکریستال‌ها در دهان احساس دهانی چرب ایجاد می‌کنند. از این خاصیت در تولید ماست بدون چرب، شکلات، بستنی و سوسیس‌های تخمیری کم چرب استفاده شده است و نتایج بدست آمده حکایت از عدم تغییر در خواص ارگانولپتیکی محصولات تولید شده دارد. علاوه بر این



بکار بردن فروکتوالیگوساکاریدها در تولید نان به عنوان جایگزین چربی سبب افزایش پوکی، عدم تغییر در حجم، بالابردن میزان جذب آب در خمیر و به تعویق انداختن بیاتی شده است (۸۳).

از سوی دیگر، استفاده از اینولین در تهیه‌ی نوشیدنی‌ها، آبمیوه‌ها و شکلات‌ها سبب ایجاد بافت و احساس دهانی شبیه نمونه‌های تولید شده با شکر می‌شود. به طور کلی ارزیابی‌های حسی انجام گرفته بر روی تأثیر استفاده از اینولین و فروکتوالیگوساکاریدها بر خواص ارگانولپتیکی فراورده‌های غذایی و نوشیدنی‌های حاوی این ترکیبات، حکایت از افزایش پذیرش مصرف کننده و بهبود این ویژگی‌ها دارد که از جمله می‌توان به بهبود خواص رئولوژیکی ماست (۵۱، ۸۴)، جلوگیری از بزرگ شدن کریستال‌های یخ در بستنی و محصولات منجمد و بهبود احساس دهانی نوشیدنی‌ها اشاره نمود. نتایج بررسی‌های پژوهشگران بر روی فروکتان حکایت از افزایش ارزش تغذیه‌ای و بهبود خواص تکنولوژیکی در محصولات غذایی دارد، از این رو فروکتان‌ها می‌توانند در آینده به عنوان مواد اولیه‌ی فراسودمند در تولید انواع مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرند. افزایش استفاده از الیگوساکاریدهای پری بیوتیکی (فروکتان‌ها) در صنعت غذا منجر به جستجوی میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌های جدید برای تولید آنها شده است (۸۵).

اصطلاح پری بیوتیک، به کربوهیدرات‌هایی چون اینولین اطلاق می‌شود که رشد باکتری‌های مفید (پروبیوتیک‌ها) را به شکل انتخابی تحریک می‌کنند. برای توصیف فعالیت پری بیوتیکی اینولین، معمولاً رشد لاکتوباسیلوس‌ها و بیفیدوباکتریوم‌ها بررسی می‌شود (۸۶). اینولین به سرعت توسط باکتری‌های روده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، هرچند درجه پلیمریزاسیون روی سرعت مصرف اینولین

موثر است (۸۷). رائو و همکاران (۱۹۹۹) فعالیت پری بیوتیکی اینولین را براساس میزان رشد گونه‌های پروبیوتیک بر روی ۱٪ پری بیوتیک در قیاس با ۱٪ گلوکز تحت همان شرایط بعد از گذشت ۲۴ ساعت بررسی کردند. نتایج این بررسی بر این موضوع دلالت داشت که بالاترین میزان رشد لاکتوباسیلوس پاراکازئی بر روی اینولین بوده است که به طور معنی‌داری بالاتر از رشد بر روی گلوکز بود و کمترین میزان رشد، مربوط به رشد بیفیدوباکتریوم بر روی گالاکتوالیگوساکارید بود. در همین زمینه نشان داده شد که اینولین سوپسترای مناسبی برای رشد بیفیدوباکتریوم‌ها در مقایسه با گلوکز است (۸۸).

موسکاتو و همکاران (۲۰۰۶) در یک بررسی مشاهده کردند که ویژگی‌های کیفی کیک شکلاتی با خاصیت عملگرایی در اثر افزودن اینولین بهبود پیدا کرد. در این تحقیق افزودن ۶٪ اینولین به فرمولاسیون سبب بهبود چسبندگی و حجم مخصوص نمونه‌های کیک شکلاتی در مقایسه با نمونه‌ی شاهد شد (۸۹). کیپ و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند که افزودن اینولین با طول زنجیر متفاوت در سطوح ۱/۵، ۳ و ۴٪ در ماست کم چرب سبب افزایش ویسکوزیته‌ی ظاهری می‌شود که این افزایش بیشتر زمانی است که اینولین بلند زنجیر استفاده می‌شود. مهمترین اثر افزودن اینولین به ماست کم چرب بر صفات بافتی می‌باشد که سبب ایجاد حالت خامه‌ای شدن می‌شود، نمونه‌های با ۳٪ اینولین بلند زنجیر بیشترین ضخامت، تردی، چسبندگی و احساس دهانی خامه‌ای را داشتند (۹۰). آراگون-آلگرو و همکاران (۲۰۰۷) در یک مطالعه افزودن اینولین به دسر شکلاتی حاوی لاکتوباسیلوس پاراکازئی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمایشات نشان داد که پروبیوتیک‌ها در طی ۲۸ روز در نمونه زنده باقی ماندند و اینولین در ماندگاری آنها تأثیر منفی نداشت. رشد کپک و مخمر که می‌تواند دوره‌ی



نگهداری محصول را کوتاه کند، در طی دوره‌ی نگهداری در نمونه‌ی حاوی اینولین کمتر از نمونه‌ی بدون اینولین بود (۹۱). دانکور و همکاران (۲۰۰۷) اثر افزودن اینولین و نوعی فیبر رژیمی طبیعی حاصل از ذرت (Hi-mize) را بر بقای باکتری‌های لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس و لاکتوباسیلوس کازئی در ماست سین بیوتیک به مدت ۲۸ روز بررسی کردند. نتایج حاصل نشان داد که ماندگاری پروبیوتیک‌ها در حضور اینولین بهتر بوده است. در صورتیکه در حضور فیبر رژیمی طبیعی حاصل از ذرت یک سیکل لگاریتمی کاهش در تعداد باکتری‌ها مشاهده گردید. اینولین در مقایسه با فیبر رژیمی طبیعی حاصل از ذرت در مقادیر کمتر باعث تحریک رشد پروبیوتیک‌ها شده است. افزودن اینولین همچنین باعث افزایش ویسکوزیته به طور معنی‌دار شده است (۹۲). آکین و همکاران (۲۰۰۷) تاثیر افزودن اینولین را به مخلوط بستنی پروبیوتیک ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که تعداد باکتری‌ها در نمونه‌های کنترل یک سیکل لگاریتمی کمتر از نمونه‌های دارای اینولین بود که موید این مطلب است که حضور اینولین باعث تحریک رشد لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس و بیفیدوباکتریوم/لاکتیس شده است (۹۳). حسین و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر افزودن کنگرفرنگی به عنوان منبعی از اینولین در تولید کیک کم کالری را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش، ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی نمونه‌های کیک حاوی ۲۵٪ جایگزینی کنگرفرنگی به جای چربی، در مقایسه با نمونه‌ی شاهد بهبود یافت. نتایج ارزیابی حسی نیز بیانگر آن بود که طعم، بافت و ظاهر نمونه‌های با ۲۵٪ جایگزین چربی در مقایسه با نمونه‌ی شاهد از میانگین امتیازی بالاتری برخوردار بوده است (۹۴). طلوعی و همکاران (۲۰۱۱) ویژگی‌های بافتی و حسی سس مایونز کم چرب تهیه شده با اینولین و پکتین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد

افزودن اینولین و پکتین میزان سفتی و ویسکوزیته را افزایش داد و نیز از نظر ویژگی‌های حسی بیشترین مقبولیت مربوط به نمونه‌ی حاوی ۲۵٪ پکتین و نمونه‌ی حاوی ترکیب اینولین و پکتین به میزان ۵۰٪ بود (۹۵). ولپینی-راپینا و همکاران (۲۰۱۲) اثرات ناشی از افزودن اینولین و الیگوفروکتوز را در تولید کیک پرتقالی مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از قهوه‌ای‌تر شدن پوسته‌ی کیک به دلیل انجام واکنش میلارد توسط اینولین در مقایسه با نمونه‌ی شاهد بود. ارزیابی حسی انجام شده بر روی نمونه‌ها نشان دهنده‌ی آن بود که، مقبولیت کیک‌های شاهد و نمونه‌های حاوی جایگزین یکسان بوده است (۹۶).

دامن افشان و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی تاثیر جایگزین کردن چربی با اینولین را در کیک روغنی بررسی کردند. نتایج بررسی ویژگی‌های حسی کیک نشان داد که جایگزین کردن اینولین به جای روغن به میزان ۲۰٪، بیشترین امتیاز طعم و مقبولیت کلی را به خود اختصاص داده است (۹۷).

احسانی و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی اثرات افزودن عصاره‌ی برگ گیاه کنگرفرنگی (به عنوان یکی از منابع دارای اینولین) بر ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی و میکروبی ماست پروبیوتیک را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که افزودن عصاره‌ی کنگرفرنگی به ماست پروبیوتیک میزان آب‌اندازی ماست را کاهش و نیز محتوای ترکیبات فنلی و خاصیت آنتی اکسیدانی آن را افزایش داده است. همچنین افزودن عصاره‌ی گیاه موجب افزایش قابلیت زیستی باکتری‌های پروبیوتیک شده است (۹۸). احسانی و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی دیگر، ویژگی‌های بیوشیمیایی ماست پروبیوتیک حاوی اینولین استخراج شده از ریشه‌ی گیاه کنگرفرنگی را در پایان مرحله‌ی تخمیر مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی اینولین دارای افزایش اسیدیت‌ی سریعتر، زمان



انکوباسیون کوتاهتر و اسیدیته‌ی قابل تیر نهایی بیشتر در مقایسه با نمونه‌ی کنترل بودند (۸۴).

استخراج اینولین از منابع گیاهی مختلف

تقریباً ۱۵٪ از گونه‌های گیاهی گلدار (سوسنیان *Liliaceae*)، نرگسیان (*Amaryllidaceae*)، گندمیان (*Gramineae*) و آفتابگردان (*Compositae*) فروکتان‌ها را در مقادیر قابل توجهی تولید می‌کنند (۹۹) و آنها را به عنوان یک اندوخته در حداقل یکی از اندام‌هایشان در طی چرخه‌ی زندگی ذخیره می‌کنند (۱۶، ۹۹). اینولین در ریشه‌ها و ریزوم‌های برخی از سبزی‌های مصرفی، میوه‌ها، حبوبات، کنگرفرنگی (۵۳-۵۱)، تره‌فرنگی، پیاز (۵۴)، سیر، گندم و کاسنی وجود دارد (۷۴) و نیز توسط گونه‌های باکتریایی زیادی تولید می‌شود (۹۹). با وجود محتوای بالای اینولین در بخش‌های هوایی بسیاری از گیاهان خانواده‌ی گندمیان (دانه‌ها)، فقط تعداد اندکی از این گونه‌های گیاهی مناسب برای کاربردهای غذایی هستند (۱۰۰، ۱۰۱). این مساله ممکن است به علت حضور برخی از ترکیبات مداخله کننده در این گیاهان باشد که مانع از استخراج و خالص‌سازی راحت اینولین می‌شوند. محتوای اینولین از مقادیر کم (در موز حدود ۰/۵٪ وزن خشک میوه) تا مقادیر زیاد (در پیاز خام خشک شده، حدود ۱۸٪/۳ وزن خشک میوه و در سیر خشک شده، حدود ۲۸٪/۲ وزن خشک میوه) در گیاهان مختلف متفاوت است (۹۹). در کاسنی، اینولین به عنوان یک کربوهیدرات ذخیره‌ای در ریشه‌ی اصلی عمودی تازه ذخیره می‌شود و میزان آن در حدود ۴۲٪ وزن خشک ریشه است (۱۶). کنگرفرنگی نیز به لحاظ درصد بالای اینولین نسبت به مقدار ماده‌ی خشک از مهمترین منابع تولید اینولین به شمار می‌آید (۲۲، ۵۳، ۸۴)، و به مانند کاسنی، اینولین سنتز شده را به عنوان یک کربوهیدرات اصلی در اندام‌های ذخیره‌ای، ذخیره می‌کند (۱۰۲).

در مقیاس تجاری، استخراج اینولین از کاسنی و سیب زمینی ترشی انجام می‌شود (۱۶) و معمولاً شرایط استخراج اینولین که در برگ‌برنده‌ی سه متغیر دما، زمان و نسبت حلال به گیاه مورد نظر است برای رسیدن به بهترین نتیجه بهینه‌سازی می‌شود (۱۰۳). لوپز-مولینا و همکاران (۲۰۰۵) اینولین را از برگ‌های کنگرفرنگی با استفاده از روش استخراج آبی استخراج کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که درجه‌ی پلیمریزاسیون اینولین استخراج شده حدود ۴۶ بود که نسبت به اینولین استخراج شده از گیاهانی چون کاسنی، سیب زمینی ترشی و گل کوب بلندتر بود (۱۰۴). لینگیون و همکاران (۲۰۰۷) استخراج اینولین را از غده‌ی سیب زمینی ترشی بررسی کردند و گزارش دادند که دما و نسبت آب به غده‌ی سیب زمینی ترشی بیشترین تاثیر را بر راندمان اینولین استخراجی داشته است (۱۰۵). میلانی و همکاران (۲۰۱۰) کارآیی امواج فراصوت را در استخراج اینولین از غده‌ی سیب زمینی ترشی و بهینه‌یابی شرایط استخراج را به روش سطح پاسخ بررسی کردند، نتایج این پژوهش نشان داد که زمان تاثیر بیشتری بر راندمان استخراج اینولین داشته است (۱۰۶). میلانی و همکاران (۲۰۱۱) در مورد استخراج اینولین از گیاه شنگ (*Tragopogon pratensis* L) بیان کردند که دو فاکتور دما و زمان تاثیر بیشتری بر راندمان استخراج اینولین از ریشه‌ی گیاه داشته است (۱۰۷).

حسینی نژاد و همکاران (۲۰۱۳) اینولین را از گیاه کاسنی یک ساله بومی و کاسنی با منشأ خارجی استخراج کرده و با نمونه‌ی اینولین تجاری و اینولین حاصل از غده‌ی سیب زمینی ترشی مقایسه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین درصد اینولین استخراجی مربوط به سیب زمینی ترشی با ۸۱/۷۷٪ و سپس کاسنی دو ساله با ۷۹/۰۲٪ بود. اینولین استخراجی از کاسنی دو ساله در مقایسه با سایر



نمونه‌های اینولین از درجه پلیمریزاسیون بالاتری (۴۱/۹) برخوردار بود (۱۰۸). پورفرزاد و همکاران (۲۰۱۵) بهینه-سازی شرایط استخراج آبی فروکتان از غده سریش با استفاده از طرح باکس بنکن را مورد مطالعه قرار دادند که با بررسی جدول آنالیز واریانس مشخص شد که دمای استخراج در مقایسه با سایر پارامترهای استخراج، تاثیر بیشتری بر راندمان استخراج فروکتان داشته است (۱۰۹). تواری و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند که دماهای بالا (90°C)، نسبت آب به ریشه‌ی بالا (۱:۴۰) و زمان‌های کوتاه (۳۰ min) موجب می‌شود که بالاترین میزان راندمان استخراج اینولین از ریشه‌ی کاسنی حاصل شود (۱۰۳). درجانی و همکاران (۲۰۱۵) عملکرد فروکتان‌های ارقام خارجی و توده‌های بومی کاسنی را مقایسه کرده و بهینه‌سازی روش استخراج را بررسی کردند، نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش دما راندمان استخراج فروکتان افزایش پیدا کرده است. همچنین تأثیر نسبت آب به ماده‌ی جامد در افزایش راندمان استخراج نسبت به زمان بیشتر بود (۱۱۰). احسانی و همکاران (۲۰۱۶) اینولین را از ریشه‌ی گیاه دارویی کنگر فرنگی با استفاده از روش سطح پاسخ استخراج کردند. نتایج این مطالعه نشان داد، بالاترین میزان راندمان استخراج اینولین به میزان $0.1/8$ ، مربوط به دمای 95°C ، زمان $67/35$ min و نسبت آب به ریشه (۱:۹) با میزان مطلوبیت 92% بود (۵۳).

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه و در عصر مدرن گرایش به تولید و مصرف مواد غذایی فراسودمند در سرتاسر جهان، افزایش چشمگیری پیدا کرده است به این دلیل که مصرف کنندگان در انتخاب رژیم غذایی‌شان، با آگاهی زیاد غذاهای کم کالری با ویژگی‌های حداکثری سلامت بخشی را مطالبه می‌کنند. مواد غذایی فراسودمند، حاوی ترکیباتی با فعالیت بیولوژیکی هستند که

قادرند سلامت مصرف کننده را ارتقا و خطر ابتلا به امراض را کاهش دهند. همچنین این گروه از مواد غذایی ممکن است موجب بهبود شرایط عمومی بدن، کاهش ریسک برخی بیماری‌ها و حتی درمان برخی از بیماری‌ها شوند. در این بین، پری بیوتیک‌ها ترکیبات غیرقابل هضم فراسودمندی هستند که به طور انتخابی توسط برخی از باکتری‌ها تخمیر شده و تغییرات خاصی در ترکیب و فعالیت باکتری‌های گوارشی بوجود می‌آورند که فواید بسیاری بر سلامت میزبان دارند. این مواد به عنوان سوپسترا برای رشد باکتری‌های روده‌ای استفاده می‌شوند و عموماً از طریق رژیم غذایی وارد می‌شوند و شامل آن دسته از غذاهایی هستند که در قسمت‌های فوقانی دستگاه گوارش جذب نمی‌شوند، مانند الیگوساکاریدهای غیر قابل هضم، فیبرهای رژیمی و پروتئین‌هایی که به طور هضم نشده به کولون می‌رسند. بعضی از پپتیدها، پروتئین‌ها و برخی لیپیدهای ویژه هم می‌توانند به عنوان پری بیوتیک محسوب شوند اما کربوهیدرات‌های غیر قابل هضم، پری بیوتیک‌های معتبرتری هستند. پری بیوتیک‌ها علاوه بر اثرات سودمند فراوان بر ترکیب فلور روده، جذب مواد معدنی، ترکیب چربی خون و جلوگیری از سرطان روده‌ی بزرگ، می‌توانند در فرمولاسیون مواد غذایی به کار روند و تاثیر مثبت و قابل ملاحظه‌ای بر خصوصیات ارگانولپتیکی محصول داشته باشند. اینولین به عنوان شاخص‌ترین ترکیب فیبری پری-بیوتیک، محلول در آب با میزان کالری کم است و مصرف این ترکیب فراسودمند سبب کاهش سطوح تری‌گلیسرید و چربی نیز می‌گردد و به عنوان جایگزینی موفق برای چربی و قند به حساب می‌آید. همچنین از طریق بهبود هضم، افزایش تناوب دفع و حجم مدفوع به بهبود عملکرد روده کمک می‌نماید. اینولین ترکیبی پری بیوتیک و بیفیدوژنیک می‌باشد. بدین معنی که رشد باکتری‌های مفید



دارد، از این رو فروکتان‌ها می‌توانند در آینده‌ای نزدیک به عنوان مواد اولیه‌ی فراسودمند در تولید انواع مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به ویژگی‌های ارزشمند درمانی، تغذیه‌ای و تکنولوژیکی مطرح شده در مورد اینولین و با هدف کاهش هزینه‌های واردات آن، معرفی منابع گیاهی جدید با خاصیت پری بیوتیکی (به طور ویژه اینولین) جهت استخراج و بهره‌برداری ضروری به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل مطالعات انجام شده به منظور اجرای رساله‌ی دکتری تخصصی (Ph.D) آقای جلال احسانی بوده که بدینوسیله از دانشگاه فردوسی مشهد به خاطر تصویب این طرح با کد ۳۶۷۲۵ قدردانی می‌شود.

(پروبیوتیک‌ها) را به شکل انتخابی تحریک می‌کند. که برای توصیف فعالیت پری بیوتیکی آن، معمولاً رشد لاکتوباسیلوس‌ها و بیفیدوباکتریوم‌ها بررسی می‌شود. اینولین در صنایع غذایی موجب بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی، بافتی و حسی محصولات مختلف می‌شود. به طور مثال استفاده از اینولین در تهیه‌ی نوشیدنی‌ها، آبمیوه‌ها و شکلات‌ها سبب ایجاد بافت و احساس دهانی شبیه نمونه‌های تولید شده با شکر می‌شود. همچنین بهبود خواص رئولوژیکی ماست، جلوگیری از بزرگ شدن کریستال‌های یخ در بستنی و محصولات منجمد و بهبود احساس دهانی نوشیدنی‌ها از جمله خواص مفید این ترکیب می‌باشد. نتایج بررسی‌های پژوهشگران بر روی فروکتان‌ها حکایت از افزایش ارزش تغذیه‌ای و بهبود خواص تکنولوژیکی در محصولات غذایی

References

1. Hardy G. Nutraceuticals and functional foods: introduction and meaning. *Nutrition*. 2000;16(7):688–9.
2. Kwak N-S, Jukes DJ. Functional foods. Part 1: the development of a regulatory concept. *Food Control*. 2001;12(2):99–107.
3. Stanton C, Ross RP, Fitzgerald GF, Van Sinderen D. Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. *Current opinion in biotechnology*. 2005;16(2):198–203.
4. Head RJ, Record IR, King RA. Functional foods: approaches to definition and substantiation. *Nutrition reviews*. 1996;54(11):17.
5. Sanders ME. Overview of functional foods: emphasis on probiotic bacteria. *International Dairy Journal*. 1998;8(5–6):341–7.
6. Sloan AE. The top ten functional food trends. *Food Technology*. 2000;54(4):33–62.
7. Sloan AE. The top 10 functional food trends 2004. *Food Technology*. 2004;58(4):28–51.
8. Menrad K. Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering*. 2003;56(2):181–8.
9. Mark-Herbert C. Innovation of a new product category—functional foods. *Technovation*. 2004;24(9):713–9.
10. Aryana KJ, Plauche S, Rao RM, McGrew P, Shah NP. Fat Free Plain Yogurt Manufactured with Inulins of Various Chain Lengths and *Lactobacillus acidophilus*. *Journal of Food Science*. 2007;72(3):M79–84.
11. Gibson GR, Probert HM, Van Loo J, Rastall RA, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutrition research reviews*. 2004;17(02):259–75.
12. Wang Y. Prebiotics: Present and future in food science and technology. *Food Research International*. 2009;42(1):8–12.
13. Arabbi PR. Alimentos funcionais-aspectos gerais. *Nutrire Rev Soc Bras Aliment Nutr*. 2001;87–102.
14. Ouwehand AC, Derrien M, de Vos W, Tiihonen K, Rautonen N. Prebiotics and other microbial substrates for gut functionality. *Current opinion in biotechnology*. 2005;16(2):212–7.



15. Bosscher D, Van Loo J, Franck A. Inulin and oligofructose as prebiotics in the prevention of intestinal infections and diseases. *Nutrition Research Reviews*. 2006;19(2):216–26.
16. Kaur N, Gupta AK. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *Journal of biosciences*. 2002;27(7):703–14.
17. Losada MA, Ollerros T. Towards a healthier diet for the colon: the influence of fructooligosaccharides and lactobacilli on intestinal health. *Nutrition research*. 2002;22(1–2):71–84.
18. Wang X, Gibson GR. Effects of the in vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. *Journal of Applied Bacteriology*. 1993;75(4):373–80.
19. Silva LP da, Nörnberg JL. Prebiotics in nonruminants nutrition. *Ciência Rural*. 2003;33(5):983–90.
20. Manning ST, Gibson GR. Prebiotics. *Best Practice and Research Clinical Gastroenterology*. 2004;18(2):287–98.
21. Bamforth CW. Nutritional aspects of beer—a review. *Nutrition research*. 2002;22(1–2):227–37.
22. Franck A. Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*. 2002;87(S2):S287–91.
23. Schumann C. Medical, nutritional and technological properties of lactulose. An update. *European Journal of Nutrition*. 2002;41(1):i17–25.
24. Petuely F. Bifidusflora bei flaschenkindern durch bifidogene substanzen (Bifidusfaktor). *European Journal of Pediatrics*. 1957;79(2):174–9.
25. Harju M. Lactulose as a substrate for beta-galactosidases. I. Materials and methods. *Milchwissenschaft (Germany, FR)*. 1986;41:281–2.
26. Terada A, Hara H, Kataoka M, Mitsuoka T. Effect of lactulose on the composition and metabolic activity of the human faecal flora. *Microbial Ecology in Health and Disease*. 1992;5(1):43–50.
27. Hernandez-Hernandez O, Muthaiyan A, Moreno FJ, Montilla A, Sanz ML, Ricke SC. Effect of prebiotic carbohydrates on the growth and tolerance of *Lactobacillus*. *Food microbiology*. 2012;30(2):355–61.
28. Nakakuki T. Present status and future of functional oligosaccharide development in Japan. *Pure and Applied Chemistry*. 2002;74(7):1245–51.
29. Playne MJ, Crittenden RG. Prebiotics from lactose, sucrose, starch, and plant polysaccharides. *Bioprocesses and biotechnology for functional foods and nutraceuticals*. 2004;99–134.
30. Oku T, Nakamura S. Comparison of digestibility and breath hydrogen gas excretion of fructo-oligosaccharide, galactosyl-sucrose, and isomalto-oligosaccharide in healthy human subjects. *European journal of clinical nutrition*. 2003;57(9):1150–6.
31. Kohmoto T, Tsuji K, Kaneko T, Shiota M, Fukui F, Takaku H, et al. Metabolism of 13C-isomaltoligosaccharides in healthy men. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*. 1992;56(6):937–40.
32. Chen H-L, Lu Y-H, Lin J-J, Ko L-Y. Effects of isomalto-oligosaccharides on bowel functions and indicators of nutritional status in constipated elderly men. *Journal of the American College of Nutrition*. 2001;20(1):44–9.
33. Crittenden R. Emerging prebiotic carbohydrates. *Prebiotics Development & Application* Gibson, GR & Rastall, RA (Eds) John Wiley & Sons, Ltd Chichester England. 2006;111–33.
34. Hayakawa K, Mizutani J, Wada K, Masai T, Yoshihara I, Mitsuoka T. Effects of soybean oligosaccharides on human faecal flora. *Microbial Ecology in Health and Disease*. 2009;3:293–303.
35. Hara T, Ikeda N, Hatsumi K, Watabe J, Iino H, Mitsuoka T. Effects of small amount ingestion of soybean oligosaccharides on bowel habits and fecal flora of volunteers. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*. 1997;55(2):79–84.
36. Crittenden RG, Playne M. Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. *Trends in food science & technology*. 1996;7(11):353–61.
37. Okazaki M, Fujikawa S, Matsumoto N. Effect of xylooligosaccharide on the growth of bifidobacteria. *Bifidobacteria and Microflora*. 1990;9(2):77–86.
38. Thondre PS, Ryan L, Henry CJK. Barley β -glucan extracts as rich sources of polyphenols and antioxidants. *Food Chemistry*. 2011;126(1):72–7.
39. Burkus Z, Temelli F. Rheological properties of barley β -glucan. *Carbohydrate polymers*. 2005;59(4):459–65.
40. Fleming SE, Marthinsen D, Kuhnlein H. Colonic function and fermentation in men consuming high fiber diets. *The Journal of nutrition*. 1983;113(12):2535–44.



41. Michida H, Tamalampudi S, Pandiella SS, Webb C, Fukuda H, Kondo A. Effect of cereal extracts and cereal fiber on viability of *Lactobacillus plantarum* under gastrointestinal tract conditions. *Biochemical engineering journal*. 2006;28(1):73–8.
42. Patel HM, Pandiella SS, Wang RH, Webb C. Influence of malt, wheat, and barley extracts on the bile tolerance of selected strains of lactobacilli. *Food microbiology*. 2004;21(1):83–9.
43. Lee A, Storey DM. Comparative Gastrointestinal Tolerance of Sucrose, Lactitol, and Tagatose in Chocolate. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1999;29(2):S78–82.
44. Kroger M, Meister K, Kava R. Low-calorie sweeteners and other sugar substitutes: a review of the safety issues. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2006;5(2):35–47.
45. Hara H, Li S-T, Sasaki M, Maruyama T, Terada A, Ogata Y, et al. Effective dose of lactosucrose on fecal flora and fecal metabolites of humans. *Bifidobacteria and Microflora*. 1994;13(2):8–63.
46. Cummings JH, Macfarlane GT. Collaborative JPEN-Clinical Nutrition Scientific Publications Role of intestinal bacteria in nutrient metabolism. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 1997;21(6):357–65.
47. Jacobasch G, Schmiedl D, Kruschewski M, Schmehl K. Dietary resistant starch and chronic inflammatory bowel diseases. *International journal of colorectal disease*. 1999;14(4–5):201–11.
48. Moreau NM, Martin LJ, Toquet CS, Labois CL, Nguyen PG, Siliart BS, et al. Restoration of the integrity of rat caeco-colonic mucosa by resistant starch, but not by fructo-oligosaccharides, in dextran sulfate sodium-induced experimental colitis. *British Journal of Nutrition*. 2003;90(01):75–85.
49. Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of nutrition*. 1995;125(6):1401–12.
50. Gibson G, Angus F. *LFRA ingredients handbook: prebiotics and probiotics*. Leatherhead Food Research Association; 2000.
51. Ehsani J, Mohsenzadeh M, Khomeiri M, Ghasemnezhad A. Optimization of inulin extraction from Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Green globe cultivar and its addition effect on viability of probiotic bacteria in yogurt (Dissertation for the degree of Ph.D). Ferdowsi university of mashhad; 2017.
52. Ehsani J, Mohsenzadeh M. Extraction process of inulin from artichoke (*Cynara scolymus* L.) plant root (patent). Iran; 95685, 2018. p. 25.
53. Ehsani J, Mohsenzadeh M, Khomeiri M, Ghasem Nezhad A. Optimization of inulin extraction from *Cynara scolymus* L. root using response surface methodology (RSM). *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*. 2016;4(2):10–22.
54. Saeedi A, Hosseini Ghaboos H, Ehsani J. Optimization of inulin extraction from onion (Dissertation for the degree of MS.c). Azad university of Azad shahr; 2017.
55. Niness KR. Inulin and oligofructose: what are they? *The Journal of nutrition*. 1999;129(7):1402S–1406s.
56. Macfarlane S, Macfarlane GT, Cummings JH t. Review article: prebiotics in the gastrointestinal tract. *Alimentary pharmacology & therapeutics*. 2006;24(5):701–14.
57. Onell J. the lifelong benefits of inulin and oligofructose. *Cereal Foods World*. 2008;53(2):65–8.
58. Roberfroid MB. Inulin-type fructans: functional food ingredients. *The Journal of nutrition*. 2007;137(11):2493S–2502S.
59. Qiang X, YongLie C, QianBing W. Health benefit application of functional oligosaccharides. *Carbohydrate polymers*. 2009;77(3):435–41.
60. Reid G. Probiotics and prebiotics—Progress and challenges. *International Dairy Journal*. 2008;18(10):969–75.
61. Oku T, Tokunaga T, Hosoya N. Nondigestibility of a new sweetener, "Neosugar," in the rat. *The Journal of nutrition*. 1984;114(9):1574–81.
62. Marchetti G. Chicory (*Cichorium intybus*) and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as inulin sources. *L. Industria Saccarfera Italiana*. 1993;86(2):47–54.
63. Luo J, Rizkalla SW, Alamowitch C, Boussairi A, Blayo A, Barry J-L, et al. Chronic consumption of short-chain fructooligosaccharides by healthy subjects decreased basal hepatic glucose production but had no effect on insulin-stimulated glucose metabolism. *The American journal of clinical nutrition*. 1996;63(6):939–45.
64. Yaeshima T, Takahashi S, Matsumoto N, ISHIBASHI N, Hayasawa H, Iino H. Effect of Yogurt Containing *Bifidobacterium longum* BB536 on the Intestinal Environment, Fecal Characteristics and Defecation Frequency. *Bioscience and Microflora*. 1997;16(2):73–7.



65. Gaafar AM, Boudy EA, El-Gazar HH. Extraction conditions of Inulin from Jerusalem Artichoke tubers and its effects on Blood glucose and Lipid Profile in diabetic rats. *Journal of American Science*. 2010;6(5):36–43.
66. Pourghassem Gargari B, Dehghan P, Mirtaheri E, Faghfour Z, Karimi P. Effects of Oligofructose-Enriched Inulin Prebiotic Supplementation on the Lipid Profile and Inflammation in Patients with Type 2 Patients: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Arak University of Medical Sciences*. 2013;16(8):10–20.
67. Williams CM, Jackson KG. Inulin and oligofructose: effects on lipid metabolism from human studies. *British Journal of Nutrition*. 2002;87(S2):S261–4.
68. Delzenne NM, Daubioul C, Neyrinck A, Lasa M, Taper HS. Inulin and oligofructose modulate lipid metabolism in animals: review of biochemical events and future prospects. *British Journal of Nutrition*. 2002;87(S2):S255–9.
69. Wolf BW, Firkins JL, Zhang X. Varying dietary concentrations of fructooligosaccharides affect apparent absorption and balance of minerals in growing rats. *Nutrition research*. 1998;18(10):1791–806.
70. Ohta A, Ohtuki M, Takizawa T, Inaba H, Adachi T, Kimura S. Effects of fructooligosaccharides on the absorption of magnesium and calcium by cecetomized rats. *International journal for vitamin and nutrition research Internationale Zeitschrift fur Vitamin-und Ernährungsforschung Journal international de vitaminologie et de nutrition*. 1993;64(4):316–23.
71. Coudray C, Bellanger J, Castiglia-Delavaud C, Remesy C, Vermorel M, Rayssiguier Y. Effect of soluble or partly soluble dietary fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. *European journal of clinical nutrition*. 1997;51(6):375–80.
72. Roberfroid MB, Cumps J, Devogelaer J-P. Dietary chicory inulin increases whole-body bone mineral density in growing male rats. *The Journal of nutrition*. 2002;132(12):3599–602.
73. Lobo AR, Colli C, Filisetti TMCC. Fructooligosaccharides improve bone mass and biomechanical properties in rats. *Nutrition research*. 2006;26(8):413–20.
74. Roberfroid M. Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review comparing their physiological effects. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*. 1993;33(2):103–48.
75. Kleessen B, Sykura B, Zunft H-J, Blaut M. Effects of inulin and lactose on fecal microflora, microbial activity, and bowel habit in elderly constipated persons. *The American journal of clinical nutrition*. 1997;65(5):1397–402.
76. Hidaka H, Tashiro Y, Eida T. Proliferation of bifidobacteria by oligosaccharides and their useful effect on human health. *Bifidobacteria and Microflora*. 1991;10(1):65–79.
77. Den Hond E, Geyens B, Ghos Y. Effect of high performance chicory inulin on constipation. *Nutrition Research*. 2000;20(5):731–6.
78. Passariello A, Terrin G, De Marco G, Cecere G, Ruotolo S, Marino A, et al. Efficacy of a new hypotonic oral rehydration solution containing zinc and prebiotics in the treatment of childhood acute diarrhea: a randomized controlled trial. *The Journal of pediatrics*. 2011;158(2):288–92.
79. Maki KC, Dicklin MR, Cyrowski M, Umporowicz DM, Nagata Y, Moon G, et al. Improved calcium absorption from a newly formulated beverage compared with a calcium carbonate tablet. *Nutrition research*. 2002;22(10):1163–76.
80. Taper HS, Roberfroid M. Influence of inulin and oligofructose on breast cancer and tumor growth. *The Journal of nutrition*. 1999;129(7):1488S–1491S.
81. Andersson H, Asp N-G, Bruce Å, Roos S, Wadström T, Wold AE. Health effects of probiotics and prebiotics A literature review on human studies. *Food & Nutrition Research*. 2001;45:58–75.
82. Hennelly PJ, Dunne PG, O'sullivan M, O'riordan ED. Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. *Journal of Food Engineering*. 2006;75(3):388–95.
83. O'brien CM, Mueller A, Scannell AGM, Arendt EK. Evaluation of the effects of fat replacers on the quality of wheat bread. *Journal of Food Engineering*. 2003;56(2):265–7.
84. Ehsani J, Mohsenzadeh M, Khomeiri M, Ghasemnezhad A. Chemical Characteristics, and Effect of Inulin Extracted from Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Root on Biochemical Properties of Synbiotic Yogurt at the End of Fermentation. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE)*. 2018;37(2):219–30.
85. Renuka B, Kulkarni SG, Vijayanand P, Prapulla SG. Fructooligosaccharide fortification of selected fruit juice beverages: Effect on the quality characteristics. *LWT-Food Science and Technology*. 2009;42(5):1031–3.
86. Huebner J, Wehling RL, Hutkins RW. Functional activity of commercial prebiotics. *International Dairy Journal*. 2007;17(7):770–5.



87. Angelov A, Gotcheva V, Kuncheva R, Hristozova T. Development of a new oat-based probiotic drink. *International journal of food microbiology*. 2006;112(1):75–80.
88. Rao A V. Dose-response effects of inulin and oligofructose on intestinal bifidogenesis effects. *The Journal of nutrition*. 1999;129(7):1442S-1445s.
89. Moscatto JA, Borsato D, Bona E, Oliveira AS, Oliveira Hauly MC. The optimization of the formulation for a chocolate cake containing inulin and yacon meal. *International journal of food science & technology*. 2006;41(2):181–8.
90. Kip P, Meyer D, Jellema RH. Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts. *International Dairy Journal*. 2006;16(9):1098–103.
91. Aragon-Alegro LC, Alegro JHA, Cardarelli HR, Chiu MC, Saad SMI. Potentially probiotic and synbiotic chocolate mousse. *LWT-Food Science and Technology*. 2007;40(4):669–75.
92. Donkor ON, Nilmini SLI, Stolic P, Vasiljevic T, Shah NP. Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage. *International Dairy Journal*. 2007;17(6):657–65.
93. Akın MB, Akın MS, Kırmacı Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. *Food Chemistry*. 2007;104(1):93–9.
94. Hussein EA, El-Beltagy AE, Gaafar AM. Production and quality Evaluation of low calorie cake. *American journal of food technology*. 2011;6(9):827–34.
95. Toluee O, Mortazavi SA, Aelami M, Sadeghi MAR. Physico-chemical, texture, and organoleptic properties of low fat mayonnaise containing inulin and pectin. *Journal of Food Science and Technology*. 2011;3(1):35–42.
96. Volpini-Rapina LF, Sokei FR, Conti-Silva AC. Sensory profile and preference mapping of orange cakes with addition of prebiotics inulin and oligofructose. *LWT-Food Science and Technology*. 2012;48(1):37–42.
97. Damanafshan P., Salehifar M., Ghiassi tarzi B. BH. Effect of inulin on the qualitative characteristics of cake. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 2012;12(46):41–8.
98. Ehsani J, Mortazavian AM, Khomeiri M, Nejad AG. Effects of artichoke (*Cynara scolymus* L.) extract addition on microbiological and physico-chemical properties of probiotic yogurt. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2015;4(6):536–41.
99. Vijn I, Smeekens S. Fructan: more than a reserve carbohydrate? *Plant physiology*. 1999;120(2):351–60.
100. Fuchs A. Current and potential food and non-food applications of fructans. *Biochemical Society Transactions*. 1991;19(3):555–60.
101. Ehsani J, Mohsenzadeh M, Khomeiri M, Ghasemnejad A. An overview on the importance of inulin dietary fiber extraction from plants sources. In: *International Conference on agricultural engineering and natural resources*. 2017. p. 1–8.
102. Lattanzio V, Kroon PA, Linsalata V, Cardinali A. Globe artichoke: a functional food and source of nutraceutical ingredients. *Journal of Functional Foods*. 2009;1(2):131–44.
103. Tewari S, Ramalakshmi K, Methre L, Rao LJM. Microwave-Assisted extraction of inulin from chicory roots using response surface methodology. *Journal of Nutrition & Food Sciences*. 2015;5(1):1–7.
104. López-Molina D, Navarro-Martínez MD, Rojas-Melgarejo F, Hiner ANP, Chazarra S, Rodríguez-López JN. Molecular properties and prebiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Phytochemistry*. 2005;66(12):1476–84.
105. Lingyun W, Jianhua W, Xiaodong Z, Da T, Yalin Y, Chenggang C, et al. Studies on the extracting technical conditions of inulin from Jerusalem artichoke tubers. *Journal of Food Engineering*. 2007;79(3):1087–93.
106. Milani E, Poorazarang H, Kadkhodaii R, Vakilian H, Vatan khah S. Evaluation of Ultrasonic Application for Inulin Extraction from *Helianthus Tuberosus* & Optimization of Extraction Conditions Using Response Surface Methodology (RSM). *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 2010;6(2):113–20.
107. Milani E, Goli Movahhed G, Hosseini F. Application of Response Surface Methodology for Optimization of Inulin Extraction from Salsify Plant. *Journal of Food Research*. 2011;21(1):35–44.
108. Hosseini Nezhad M, Nahardani M, Elhami Rad A. Characterization of Inulin Extract from Iranian Native Chicory in Compare to Some other Sources. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 2013;1(1):39–46.
109. Pourfarzad A, Habibi Najafi M, Haddad Khodaparast M, Hassanzadeh Khayyat M. Characterization of fructan extracted from *Eremurus spectabilis* tubers: a comparative study on different technical conditions. *Journal of food science and technology*. 2015;52(5):2657–67.



110. Darjani P, Hosseini MN, Hadi S, Abdollahian-Noghabi M, Kadkhodae R, Balandari A, et al. Comparison of fructan yield of foreign cultivars and indigenous landrace of chicory and optimizing its extraction by response surface method (RSM). *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 2015;4(4):343–54.



A review of the most common prebiotic combinations, with an emphasis on inulin

Jalal Ehsani^{1,2}, Mohammad Mohsenzadeh^{*2}, Morteza Khomeiri³, Azim Ghasemnezhad⁴, Sedigheh Ebrahimi⁵

1- Food, Drug, Natural Products Health Research Centre, Golestan University of Medical Science, Gorgan, Iran

2- Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Technology, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

4- Department of Horticulture, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

5- Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Golestan University of Medical Science, Gorgan, Iran

Review Article

Received: 7 Apr 2020

Accepted: 28 Sep 2020

***Corresponding Author:**

Mohammad Mohsenzadeh
Associate professor,
Department of Food Hygiene
and Aquaculture
Ferdowsi University of
Mashhad, Mashhad, Iran
TEL: +98(51)38805635
Email:
mohsenza@um.ac.ir

A B S T R A C T

Introduction

Prebiotics are indigestible substances in the upper gastrointestinal tract that have a positive effect on the health host improvement due to the stimulation of growth and activity of a group of beneficial bacteria in the colon (probiotics). Short-chain fructooligosaccharides such as β -glucan fibre, resistant starch, pectin, inulin and many indigestible carbohydrates are examples of prebiotic compounds. Inulin is a storage biological polymer composed of D-fructose molecules with β (1 $\rightarrow$ 2) bonds, which at the end has a D-glucose molecule with α (2 $\rightarrow$ 1) bond. Inulin configuration and arrangement of fructose monomers causes inulin to be indigestible in the human gastrointestinal tract and Inulin doesn't increase blood sugar levels. Also, inulin has beneficial effects on the composition of the intestinal flora, minerals absorption, the combination of blood lipids and the prevention of colon cancer. Inulin stimulates the growth of health beneficial microorganisms while inhibiting enteropathogenic bacteria. The beneficial microorganisms ferment inulin and produce acids including short-chain fatty acids that lower the pH in the colon and inhibit pathogens. The amount of inulin in different plants varies from 1% in bananas to more than 15% in chicory root. Fructan-type inulin is found mainly in a variety of dicotyledonous plants belonging to the genus Astrales, including chicory, Jerusalem artichoke, artichoke, dandelions and dahlia. The present study introduces the most common of salutary prebiotic combinations, especially inulin.

Keywords

Oligosaccharides, Inulin, Prebiotics, Fibres, Functional foods, Artichoke

► Please cite this article as: Ehsani J, Mohsenzadeh M, Khomeiri M, Ghasemnezhad A, Ebrahimi S. A review of the most common prebiotic combinations, with an emphasis on inulin. J Neyshabur Univ Med Sci. 2020;8(4):1-21