Archive of SID

12th July 2017
۲۱ تیرماه ۱۳۹۶
3rd. International Conference on
Agricultural Engineering and Natural Resources
سومین کنفرانس بین المللی
مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی

مروری بر اهمیت استخراج فیبر رژیمی اینولین از منابع گیاهی

[۱]جلال احسانی، [۱]محمد محسن زاده، [۲]مرتضی خمیری، [۳]عظیم قاسم نژاد

[۱] گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، jalal.ehsani@gmail.com , mohsenza@um.ac.ir
[۲] گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، mkomeiri@yahoo.com
[۳] گروه گیاهان دارویی، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، ghasemnzhad@gau.ac.ir

چکیده

اینولین یک پلیمر زیستی ذخیره‌ای متشکل از مولکولهای D- فروکتوز با پیوندهای (۱ ➔ ۲) β بوده که در انتها واجد یک مولکول D- گلوکز با پیوند (۲ ➔ ۱) α می باشد. پیکربندی اینولین و آرایش مونومرهای فروکتوز باعث می‌شود اینولین در دستگاه گوارش انسان غیر قابل هضم باشد و سطوح قند خون افزایش پیدا نکند. دلایل اصلی توجه به اینولین، انتشار یافته‌هایی است که نشان می‌دهد اینولین اثرات سودمندی برترکیب فلور روده، جذب مواد معدنی، ترکیب چربی خون و جلوگیری از سرطان روده‌ی بزرگ دارد. اینولین در دسته‌ی فیبرهای غذایی محلول در آب قرار گرفته و بدلیل خواص پری‌بیوتیک و بیفیدوژنیک به عنوان یک ماده‌ی فراسودمند بکار می‌رود. همچنین اینولین می‌تواند موجب بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی، بافتی و حسی غذاهای فراوری شده شود. اینولین در صنایع مختلف غذایی مانند لبنیات، نانوایی و قنادی کاربرد دارد. مقدار اینولین در گیاهان مختلف از ۱٪ در موز تا بیشتر از ۱۵٪ در ریشه‌ی کاسنی متغیراست. 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. افزایش کاربرد اینولین در صنایع غذایی و اثرات فراسودمند و تغذیه‌ای متعدد آن، سبب شده است تا منابع گیاهی جدید جهت جداسازی و تولید آن معرفی گردد. مطالعه حاضر به اثرات درمانی و سلامتی‌بخش، ویژگی‌های تکنولوژیکی و پری‌بیوتیکی و همچنین معرفی منابع گیاهی حاوی فیبر رژیمی اینولین می پردازد.

واژه‌های کلیدی : اثرات درمانی، اینولین، پری‌بیوتیک، چربی خون، فیبر رژیمی

۱- مقدمه

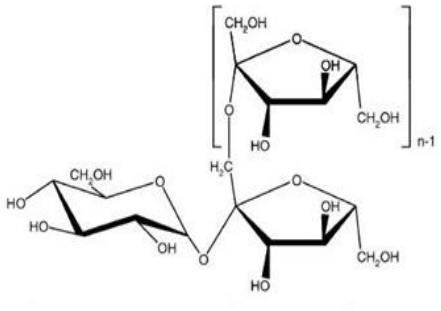
الیگوفروکتوزها فیبرهای غذایی محلول و قابل تخمیری هستند که متعلق به خانواده‌ی فروکتان بوده و اثرات سلامتی بخش مصرف این ترکیبات طبیعی، بویژه اینولین، که از منابع گیاهی مختلف حاصل می‌گردند، در سطح گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است (۱). کنگرفرنگی، کاسنی، پیاز و ریشه‌ی مارچوبه، از منابع اصلی اینولین به شمار می‌آیند. اینولین از نظر ساختار شیمیایی از واحدهای فروکتوز با پیوند β (۲←۱) و یک مولکول گلوکز در انتهای زنجیره‌ی فروکتوز با اتصال α (۴←۱) تشکیل شده است (۲،۳). 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 (۲،۳).

اینولین و فروکتوالیگوساکاریدها اگر در مقادیر کم به میزان $g.day^{-1}$ ۲۰-۵ به رژیم غذایی افزوده شوند منجر به تحریک *بیفیدوباکتریوم*-ها و *لاکتوباسیلوس*های دستگاه گوارش می‌شوند (۴). این باکتری‌ها به طور معمول در روده‌ی کودکان تغذیه شده با شیرمادر حضور دارند. اعتقاد بر این است که الیگوساکاریدهایی چون اینولین محرک رشد *بیفیدوباکتریوم*ها در روده هستند. از آنجا که *بیفیدوباکتریوم*ها 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 (۵).

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 (۳)، و آن از طریق بهبود هضم، افزایش تناوب دفع و حجم مدفوع به بهبود عملکرد روده کمک می‌نماید (۶)، همچنین مصرف اینولین سبب کاهش تری‌گلیسریدها و کاهش تولید چربی نیز می‌گردد (۶).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: ساختمان شیمیایی اینولین

۲- اثرات درمانی و سلامتی بخش اینولین

فروکتوالیگوساکاریدها موجب تحریک ترشح انسولین یا افزایش گلوکز خون نمی‌شوند، به این دلیل که آنها در معده به صورت یک ژل ویسکوز در می‌آیند که جذب گلوکز آزاد را کاهش می‌دهند و در نتیجه پس از مصرف، قند خون افزایش پیدا نمی‌کند و یک ترکیب مناسب برای کنترل قند خون افراد دیابتی محسوب می‌شوند (۷). این ترکیبات عموما 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 هیچ گونه تغییری توسط آنزیم‌های موجود در قسمت‌های فوقانی دستگاه گوارش، وارد کولون شده و در آنجا توسط بیفیدوباکتریوم‌ها تخمیر شده که نتیجه‌ی این تخمیر تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و افزایش توده‌ی باکتریایی روده می‌باشد (۸).

فروکتوالیگوساکاریدها نقش مهمی در بهبود اسهال دارند، مخصوصا وقتی اسهال با عفونت‌های روده‌ای مرتبط باشد. این مورد ممکن است به طور مستقیم مربوط به اثر بازدارندگی *بیفیدیوباکتریوم*‌ها 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 (۹).

همچنین، فروکتوالیگوساکاریدها جذب مواد معدنی همچون کلسیم، منیزیم و آهن را از روده تحریک می‌کنند. مثلا مصرف روزانه‌ی ۸ g 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 (۱۰).

مطالعه‌ای به مدت ۳۰ روز بر روی موش‌های تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۱۰٪ فروکتوالیگوساکاریدهای کوتاه زنجیر انجام شد که نتایج آن کاهش ۱۷٪ قند خون (گلایسمی) و کاهش ۲۶٪ انسولین غیرعادی خون (انسولینمی) را بعد از مصرف رژیم غذایی نشان داد (۱۱).

در پژوهشی دیگر مشاهده شد که مصرف الیگوفروکتوزها و به طور ویژه اینولین مشکل یبوست را در ۹ تا ۱۰ بیمار بهبود بخشیده است (۱۲).

مارکتی در پژوهشی گزارش کرد که اینولین پلیمری طبیعی است که توسط آنزیم‌های روده‌ای قابل هیدرولیز نمی‌باشد، که دلیل آن وجود پیوند β (۱ ← ۲) می‌باشد. بنابراین آن به عنوان یک فیبر رژیمی بدون کالری مطرح می‌شود، و می‌تواند به عنوان یک منبع کربوهیدراتی برای بیماران دیابتی استفاده شود (۱۳).

در پژوهشی دیگر اوهتا و همکاران گزارش کردند که مصرف اینولین موجب بهبود جذب کلسیم و منیزیم در موش‌های سالم شده است، هر چند که فقط جذب منیزیوم، 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 (۱۴).

لو و همکاران با بررسی موش‌های دیابتی دریافتند که رژیم غذایی حاوی ۲۰٪ الیگوفروکتوز به مدت ۲ ماه موجب کاهش قند خون (هیپوگلایسمی) شده است (۱۵).

کودری و همکاران با توجه به مطالعات انسانی صورت گرفته مشاهده کردند که اینولین جذب کلسیم را بهبود بخشید اما تاثیری در جذب منیزیوم، روی و آهن نداشت (۱۶).

تاپر و رابرفروید تاثیر اینولین و الیگوفروکتوز را بر سرطان پستان و رشد تومور بررسی کردند. در این مطالعه‌ی مقدماتی که بر روی موش‌های 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 (۱۷).

www.SID.ir

Archive of SID

اندرسون و همکاران 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 (۱۸).

نتایج پژوهش‌های کار و گوپتا نشان می‌دهد که مصرف اینولین در قیاس با منابع کربوهیدراتی دیگر مانند ساکارز، می‌تواند به طور معنی‌دار جمعیت باکتری‌های پاتوژن مانند باکتریوئیدها، فوزوباکتر و کلستریدیاها را کاهش و در مقابل موجب افزایش جمعیت میکروبی میکروارگانیزم‌های مفید مانند بیفیدوباکتریاها شود (۳).

رابرفروید و همکاران گزارش دادند که افزودن ۵ و ۱۰g اینولین در ۱۰۰g رژیم غذایی موش‌های نر، میزان جذب کلسیم و نیز محتوای مواد معدنی استخوان‌ها را به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش داد (۱۹).

لوبو و همکاران در پژوهشی نشان دادند که مصرف ۵۰ g الیگوفروکتوز به همراه ۷/۵ g کلسیم در ۱ Kg رژیم غذایی، در موش‌های در حال رشد سالم، جذب منیزیم را به شکل قابل توجهی افزایش داد (۲۰).

در پژوهشی که توسط گافار و همکاران انجام شد، تاثیر اینولین استخراج شده از غده‌ی کنگرفرنگی 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 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. ضمنا، سطوحHDL، بعد از تغذیه‌ی موش‌های دیابتی با اینولین (۱۰ و ۱۵٪) به طور معنی‌دار افزایش و سطوح LDL و VLDL کاهش یافت (۲۱).

پاساریلو و همکاران 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 (۲۲).

دهقان و همکاران در پژوهشی تاثیر مکمل یاری 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 g 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 (۲۳).

۳- ویژگی‌های تکنولوژیکی و پری‌بیوتیکی 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 درجه‌ی پلیمریزاسیون بالای ۱۰ در محیط‌های آبی به صورت میکروکریستال و یا تکه-های کوچک ژل حل می‌گردد (۲۴). 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 (۲۵).

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 فراورده-های 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، 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 پری‌بیوتیکی (فروکتان‌ها) در صنعت غذا منجر به جستجوی میکروارگانیزم‌ها و آنزیم‌های جدید برای تولید آنها شده است (۲۶).

اصطلاح پری‌بیوتیک، به کربوهیدرات‌هایی چون اینولین اطلاق می‌شود که رشد باکتری‌های مفید (پروبیوتیک‌ها) را به شکل انتخابی تحریک می‌کنند. برای توصیف فعالیت پری‌بیوتیکی اینولین، معمولا رشد *لاکتوباسیلوس*‌ها و *بیفیدوباکتریوم*‌ها بررسی می‌شود (۲۷). اینولین به سرعت توسط باکتری‌های روده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، هرچند درجه پلیمریزاسیون روی سرعت مصرف اینولین موثر است (۲۸).

www.SID.ir

Archive of SID

راوو و همکاران فعالیت پری‌بیوتیکی اینولین را براساس میزان رشد گونه‌های پروبیوتیک بر روی ۱ ٪ پری‌بیوتیک 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 *لاکتوباسیوس 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 سوبسترای مناسبی برای رشد *بیفیدوباکتریوم*ها در مقایسه با گلوکز است (۲۹).

موسکاتو و همکاران 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 فرموالاسیون سبب بهبود چسبندگی و حجم مخصوص نمونه‌های کیک شکلاتی در مقایسه با نمونه‌ی شاهد شد (۳۰).

کیپ و همکاران 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 (۳۱).

آراگون-آلگرو و همکاران 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 تاثیر 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 (۳۲).

دانکور و همکاران، اثر افزودن اینولین و نوعی فیبر رژیمی طبیعی حاصل از ذرت (Hi-mize) را بر بقای باکتری‌های *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *لاکتوباسیلوس کازئی* در ماست سین‌بیوتیک 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 (۳۳).

آکین و همکاران 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 (۳۴).

حسین و همکاران تأثیر افزودن کنگرفرنگی به عنوان منبعی از اینولین در تولید کیک کم کالری را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی 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 (۳۵).

طلوعی و همکاران 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 (۳۶).

ولپینی- راپونا و همکاران اثرات ناشی از افزودن اینولین و الیگوفروکتوز را در تولید کیک پرتقالی مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از قهوه‌ای تر 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 (۳۷).

دامن افشان و همکاران 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 (۳۸).

۴- استخراج اینولین از منابع گیاهی مختلف

تقریبا ۱۵٪ از گونه‌های گیاهی گلدار سوسنیان (Liliaceae)، نرگسیان (Amaryllidaceae)، گندمیان (Gramineae)، و آفتابگردان (Compositae)، فروکتان‌ها را در مقادیر قابل توجهی تولید می‌کنند (۳۹) و آنها را به عنوان یک اندوخته در حداقل یکی از اندام-

www.SID.ir

Archive of SID

هایشان در طی چرخه‌ی زندگی ذخیره می‌کنند (۳،۳۹). اینولین در ریشه‌ها و ریزوم‌های برخی از سبزی‌های مصرفی، میوه‌ها، حبوبات، تره‌فرنگی، پیاز، سیر، گندم، کاسنی وجود دارد (۴۰) و نیز توسط گونه‌های باکتریایی زیادی تولید می‌شود (۳۹).

با وجود محتوای بالای اینولین در بخش‌های هوایی بسیاری از گیاهان خانواده‌ی گندمیان (دانه‌ها)، اما فقط تعداد اندکی از این گونه‌های گیاهی مناسب برای کاربردهای غذایی هستند (۴۱). 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 (۳۹). در کاسنی، اینولین به عنوان یک کربوهیدارت ذخیره‌ای در ریشه‌ی اصلی عمودی تازه ذخیره می‌شود و میزان آن در حدود ۴۲٪ وزن خشک ریشه است (۳). کنگرفرنگی نیز به لحاظ درصد بالای اینولین نسبت به مقدار ماده‌ی خشک از مهمترین منابع تولید اینولین به شمار می‌آید (۴۲)، و به مانند کاسنی، اینولین سنتز شده را به عنوان یک کربوهیدرات اصلی در اندام‌های ذخیره‌ای، ذخیره می‌کند (۴۳).

در مقیاس تجاری، استخراج اینولین از کاسنی و سیب زمینی ترشی انجام می‌شود (۳) و معمولا شرایط استخراج اینولین که در برگیرنده‌ی سه متغیر دما، زمان و نسبت حلال به گیاه مورد نظر است برای رسیدن به بهترین نتیجه بهینه‌سازی می‌شود (۴۴).

لوپز- مولینا و همکاران اینولین را از برگچه‌های 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 کوکب بلندتر بود (۴۵).

لینگیون و همکاران 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 (۴۶).

میلانی و همکاران 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 (۴۷).

میلانی و همکاران 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 (۴۸).

حسینی نژاد و همکاران 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 (۴۹).

پورفرزاد و همکاران بهینه‌سازی 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 (۵۰).

تواری و همکاران گزارش دادند که دماهای بالا ($90^{o}C$)، 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(۴۴).

درجانی و همکاران 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 (۵۱).

احسانی و همکاران اینولین را از ریشه‌ی گیاه دارویی کنگرفرنگی با استفاده از روش سطح پاسخ استخراج کردند. نتایج این مطالعه نشان داد، بالاترین میزان راندمان استخراج اینولین به میزان ۸/۰۱٪، مربوط به دمای $95^{o}C$، زمان ۳۵/۶۷ min و نسبت آب به ریشه (۱:۹) با میزان مطلوبیت ۹۲٪ بود (۵۲).

۵- نتیجه گیری

غذاهای فراسودمند، حاوی ترکیباتی با فعالیت بیولوژیکی هستند که توانایی ارتقای سلامتی و کاهش خطر ابتلا به امراض را دارا می‌باشند. یکی از این ترکیبات سلامت‌بخش اینولین است که به عنوان یک ترکیب فیبری محلول در آب و با کالری کم، پتانسیل استفاده در تولید غذاهای کاهش دهنده‌ی چربی را دارد. اینولین به طور موفقیت آمیز به عنوان جایگزین چربی و قند به کار می‌رود و آن از طریق بهبود هضم، افزایش تناوب دفع و

www.SID.ir

Archive of SID

حجم مدفوع به بهبود عملکرد روده کمک می‌نماید، همچنین مصرف اینولین سبب کاهش تری‌گلیسریدها و کاهش تولید چربی نیز می‌گردد و نیز ترکیبی پری‌بیوتیک و بیفیدوژنیک می‌باشد. اینولین در صنایع غذایی موجب بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی، بافتی و حسی محصولات مختلف می‌شود. با توجه به ویژگی‌های ارزشمند تغذیه‌ای و تکنولوژیکی این ترکیب و نیز با هدف کاهش هزینه‌های واردات آن، معرفی منابع جدید گیاهی جهت استخراج و بهره‌برداری ضروری به نظر می‌رسد.

۶- سپاسگزاری

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

۷- مراجع

1. Gibson G, Angus F. LFRA ingredients handbook: prebiotics and probiotics. Leatherhead Food Research Association; 2000.
2. Niness KR. Inulin and oligofructose: what are they? The Journal of nutrition. 1999;129(7):1402S–1406s.
3. Kaur N, Gupta AK. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. Journal of biosciences. 2002;27(7):703–14.
4. Macfarlane S, Macfarlane GT, Cummings JH t. Review article: prebiotics in the gastrointestinal tract. Alimentary pharmacology & therapeutics. 2006;24(5):701–14.
5. Onell J. the lifelong benefits of inulin and oligofructose. Creal Foods World. 2008;53(2):65–8.
6. Roberfroid MB. Inulin-type fructans: functional food ingredients. The Journal of nutrition. 2007;137(11):2493S–2502S.
7. Qiang X, YongLie C, QianBing W. Health benefit application of functional oligosaccharides. Carbohydrate polymers. 2009;77(3):435–41.
8. Reid G. Probiotics and prebiotics–Progress and challenges. International Dairy Journal. 2008;18(10):969–75.
9. 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.
10. 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.
11. Oku T, Tokunaga T, Hosoya N. Nondigestibility of a new sweetener,“ Neosugar,” in the rat. The Journal of nutrition. 1984;114(9):1574–81.
12. 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.
13. Marchetti G. Chicory (Cichorium intybus) and Jerusalem artichoke (Helianthus tuberoses L.) as inulin sources. L Industria Saccarfera ltalinana. 1993;86(2):47–54.
14. Ohta A, Ohtuki M, Takizawa T, Inaba H, Adachi T, Kimura S. Effects of fructooligosaccharides on the absorption of magnesium and calcium by cecectomized rats. International journal for vitamin and nutrition research Internationale Zeitschrift fur Vitamin-und Ernahrungsforschung Journal international de vitaminologie et de nutrition. 1993;64(4):316–23.
15. 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.
16. Coudray C, Bellanger J, Castiglia-Delavaud C, Remesy C, Vermorel M, Rayssignuier 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.
17. Taper HS, Roberfroid M. Influence of inulin and oligofructose on breast cancer and tumor growth. The Journal of nutrition. 1999;129(7):1488S–1491s.
18. 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.
19. 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.
20. Lobo AR, Colli C, Filisetti TMCC. Fructooligosaccharides improve bone mass and biomechanical properties in rats. Nutrition research. 2006;26(8):413–20.

www.SID.ir

21. 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.
22. 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.
23. Dehghan P, Aliasgharzadeh AA, Asghari Jafar-abadi M, Pourghassem Gargari B. Effects of inulin supplementation on total antioxidant capacity, glutathione peroxidase, superoxidase dismutase and catalase activities of type 2 diabetes patients. URMIAMJ. 2014;24(12):977–86.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. Huebner J, Wehling RL, Hutkins RW. Functional activity of commercial prebiotics. International Dairy Journal. 2007;17(7):770–5.
28. 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.
29. Rao A V. Dose-response effects of inulin and oligofructose on intestinal bifidogenesis effects. The Journal of nutrition. 1999;129(7):1442S–1445s.
30. 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.
31. Kip P, Meyer D, Jellema RH. Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts. International Dairy Journal. 2006;16(9):1098–103.
32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. 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.
36. Toluee O, Mortazavi SA, Aelami M, Sadeghi MAR. Phsico-chemical, texture, and organoleptic properties of low fat mayonnaise containing inulin and pectin. Journal of Food Science and Technology. 2011;3(1):35–42.
37. 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.
38. 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.
39. Vijn I, Smeekens S. Fructan: more than a reserve carbohydrate? Plant physiology. 1999;120(2):351–60.
40. Roberfroid M. Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review comparing their physiological effects. Critical Reviews in Food Science & Nutrition. 1993;33(2):103–48.
41. Fuchs A. Current and potential food and non-food applications of fructans. Biochemical Society Transactions. 1991;19(3):555–60.
42. Franck A. Technological functionality of inulin and oligofructose. British Journal of Nutrition. 2002;87(S2):S287–91.
43. 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.
44. 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.
45. 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.
46. 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.
47. 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.

www.SID.ir

Archive of SID

48. 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.
49. 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.
50. 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.
51. Darjani P, Hosseini MN, Hadi S, Abdollahian-Noghabi M, Kadkhodaee 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.
52. Ehsani J, Mohsenzadeh M, Khomeiri M, Ghasem Nejad 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.

An overview on the importance of inulin dietary fiber extraction from plant sources

Jalal Ehsani[1], Mohammad Mohsenzadeh[1], Morteza Khomeiri[2], Azim Ghasemnejad[3]

1. Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, E-mail: jalal.ehsani@gmail.com , mohsenza@um.ac.ir
2. Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, E-mail: mkomeiri@yahoo.com
3. Department of Medicinal Plants, Faculty of Horticultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, E-mail: ghasemnzhad@gau.ac.ir

Abstract. Inulin is a natural storage biopolymer consisting of fructose units which are linked together by β (2→1) glycosidic bonds and typically have a terminal D-glucose. Because of configuration and arrangement of fructose monomers, inulin is not digested in the human alimentary system and does not increase blood sugar levels. The main reasons for attention to the inulin are publication of the results that show beneficial effects on the composition of the intestinal flora, mineral absorption and combination of blood fat and prevent colon cancer. Inulin belong to the water-soluble dietary fibers and due to prebiotic and bifidogenic properties be used as a functional ingredient. Also, inulin can improve the rheological, textural and sensory properties of foods that be processed. Inulin is used in various food industries such as dairy, bakery and confectionery. The amount of inulin is varied in the different plants from 1% in banana to more than 15% in chicory root. Inulin-type fructan mainly be found in kinds of dicotyledonous plants belong to the Asteraceae family include chicory, Jerusalem artichoke, artichoke, dandelion and Dahlia. Increasing the use of inulin in food industry and its multiple functional effects need the introduction of new plant sources for isolation and production of this important compound. The present study is introduced therapeutic and health-giving effects, technological and prebiotic properties as well as plant sources containing inulin dietary fiber.

Keywords: Blood fat, Dietary fiber, Inulin, Prebiotic, Therapeutic effects

www.SID.ir