

بررسی و امکان سنجی تولید اینولین از گیاه چیگوری در صنعت قند

ندا مزینی^{۱*}، احسان اله اژدری^۲، مهدی حشمت پژوه^۳، حسن صاحب علم^۴

۱- دکترای تخصصی شیمی، کارخانه قند تربت حیدریه (nedanj44@yahoo.com)

۲- دکترای مدیریت استراتژیک، کارخانه قند تربت حیدریه (D.EAZH@yahoo.com)

۳- کارشناس ارشد کشاورزی، کارخانه قند تربت حیدریه (Heshmatpajhooh.m66@gmail.com)

۴- کارشناس کشاورزی، کارخانه قند تربت حیدریه (Sahebalamhassan@yahoo.com)

چکیده

مصرف کنندگان در جهان امروزی، نیازمند مواد غذایی هستند که دارای مقادیر کمی چربی و شکر باشد و موجب ارتقای سلامتی آنها شده و از لحاظ طعم و تغذیه، ارزش بالایی داشته باشد. با توجه به بالا بودن ارزش تغذیه ای و خواص تکنولوژیکی اینولین، این ماده توانسته به طور موفقیت آمیزی جایگزین قند با مزایایی نظیر کالری کم تر، غنی سازی با فیبر غذایی و دیگر ویژگی های تغذیه ای باشد. اینولین را میتوان جزء فیبرهای غذایی محلول در آب طبقه بندی نمود. اما خواص پری بیوتیکی این ماده باعث شده از آن به عنوان یک ماده فراویژه نام برده شود، زیرا می تواند فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بدن را تغییر داده و موجب بهبود وضعیت سلامتی و کاهش بسیاری از بیماری ها گردد. اینولین کاربرد بسیار وسیع در صنایع غذایی و دارویی داشته و بر اساس درجه پلاریزاسیون مورد استفاده قرار میگیرد. میتوان گفت به ازای مصرف هر گرم اینولین حدود ۱/۵ کیلو کالری انرژی تولید می شود که این میزان فقط ۳۸ درصد انرژی یک مولکول قند شش کربنی هضم شده است. این مقاله به بررسی کشت چغندر و فرایند استخراج اینولین در صنعت میپردازد.

واژه های کلیدی: اینولین، چیگوری، فروکتان، کاسنی ریشه ای، درجه پلاریزاسیون

۱- مقدمه

با استناد به تحقیقات صورت گرفته، دلیل اصلی توجه به غذاهای کم کالری در جوامع امروزی، میل افراد به کاهش انرژی دریافتی به منظور جلوگیری از اختلال در متابولیسم کربوهیدرات ها و کاهش چربی می باشد. در جوامع امروزی، که سلامتی افراد در آن مطرح می باشد، بیماری های قلبی و عروقی، سرطان، کلسترول بالا، اضافه وزن، پوکی استخوان و دیابت از مسائل مورد بحث می باشند. اکثر کارشناسان تغذیه بر این باورند که شکر از نظر ارزش تغذیه ای قابل قیاس با بسیاری از غذاهای دیگر نمی باشد. در بسیاری کشورها جایگزین های آن مثل اینولین که شیرینی معادل ۳۰ درصد شیرینی ساکارز است استفاده می شود. [۱-۲]

اینولین با درجه پلیمریزاسیون بالای ۱۰ می تواند در تولید فرآورده های گوشتی، شیر و نانوائی به عنوان جایگزین چربی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین این ترکیبات با درجه پلیمریزاسیون کم تر از ۱۰ به علت دارا بودن مزه شیرین، پایین بودن شاخص گلیسمیک و اثر پوشاندگی، به عنوان پس طعم شیرین کننده های کم کالری مثل آسپارتام در تولید انواع نوشابه و فرآورده های کم کالری می تواند استفاده شود. [۳-۵]

با توجه به مقدار اینولین موجود در اعضای خانواده چیگوری (۱ تا ۲۰ درصد) و بررسی شرایط اقلیمی ایران و مساعد بودن شرایط جوی در برخی مناطق، کشت این گیاه مطلوب می باشد. بنابراین برای تولید صنعتی اینولین با عملکرد ریشه و اینولین بالا، ترویج و کشت واریته های زراعی نیاز است. ریشه های این گیاه فروکتان ها را به صورت ماده ذخیره ای در خود نگه

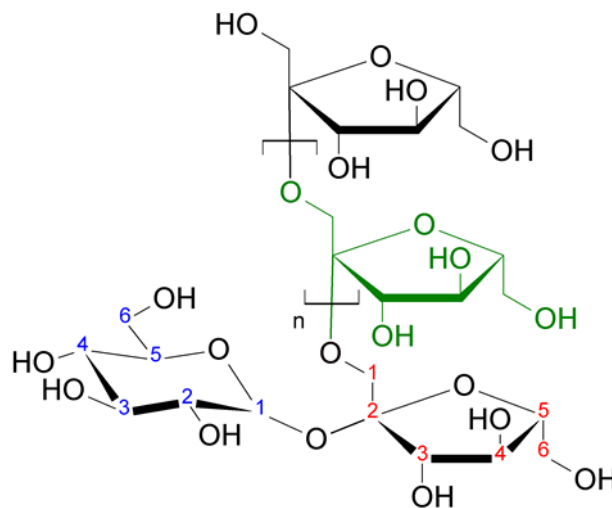
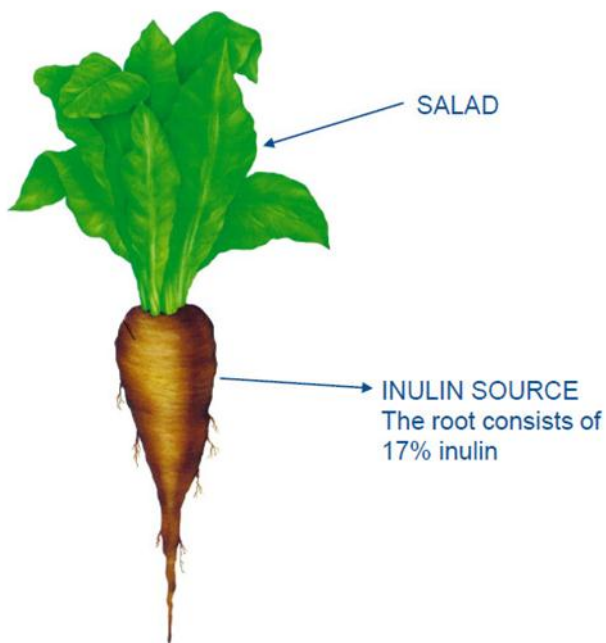
می‌دارند، که شامل ۷۰ تا ۸۰ درصد وزن خشک ریشه را تشکیل می‌دهد. اگر هیچ نوع ضایعاتی در طی فرآیند استخراج و تصفیه ایجاد نگردد، میزان تولید ریشه حدوداً ۱۱ تا ۱۶ تن در هکتار برآورد می‌گردد، که منجر به تولید ۸ تا ۱۲ تن در هکتار اینولین می‌شود. [۶-۸] میتوان به شکل ۱ رجوع کرد.



شکل ۱: نمایی از گیاه چیگوری

اینولین یک ترکیب کلیدی در صنایع غذایی است که در تولید محصولات مختلف به عنوان فیبر رژیمی، جایگزین چربی و یا جایگزین قند و به منظور افزایش خواص حسی و تغذیه‌ای استفاده می‌شود. این ترکیب فراسودمند با داشتن ویژگی‌های پری بیوتیک تقویت کننده فلور مفید میکروبی دستگاه گوارش انسان، دام و طیور بوده و بدین سبب از ارزش تغذیه‌ای بالایی برخوردار است.

اینولین و فروکتوالیگوساکاریدها به طور طبیعی در بسیاری از منابع گیاهی از جمله سیر، پیاز، مارچوبه، گندم، کنگر فرنگی، کاسنی و غیره وجود دارند. کنگر فرنگی و چیگوری، از جمله گیاهانی هستند که در حال حاضر، در صنعت برای استخراج اینولین استفاده می‌شوند. [۹-۱۰] در بین منابع عمده اینولین، گیاه کاسنی به دلیل دارا بودن درصد بالای اینولین نسبت به ماده خشک و مشابه بودن روش‌های کاشت، داشت، برداشت، استخراج و تخلیص آن با چغندر قند مهمترین منبع تولید اینولین تجاری در بسیاری کشورهای جهان به‌شمار می‌روند. در حال حاضر نیاز واحدهای صنایع غذایی به اینولین به میزان بالغ بر ۲۰۰ تن در سال از طریق واردات این فراورده از کشورهای بلژیک، لوکزامبورگ، چین تامین می‌گردد. در صورت صنعتی شدن کشت این گیاه و بهره‌گیری از واحدهای تولید قند می‌توان به تولید صنعتی اینولین در داخل کشور با ارزش افزوده بالا دست یافت. در واقع اینولین به پلیمرهای فروکتوز که با درجه پلیمریزاسیون ۲ تا ۶۰ که توسط پیوندهای فروکتوزیل (۱-۲)β به هم متصل شده‌اند اطلاق می‌گردد. اینولین در طبیعت به صورت کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای در گیاهان و پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی و در برخی میکروارگانیسم‌ها یافت شده و می‌تواند به عنوان جایگزین شکر و چربی به علت داشتن کالری پایین، در مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد. [۱۱-۱۲] میتوان به شکل ۲ رجوع کرد.



شکل ۲: ساختار گیاه چیگوری و پیوندهای فروکتوزیل (پلیمرهای فروکتوز)

۲- ساختار اینولین

۱-۲- اینولین زنجیر بلند

درجه پلیمریزاسیون آن ۲ تا ۶۰ می باشد، میزان شیرینی آن صفر و مقاومت حرارتی بسیار بالا در آن باعث شده که مناسب برای استفاده در انواع فرآورده‌های لبنی، محصولات قنادی و پختی، انواع نوشیدنی‌ها، سس‌ها و مشتقات گوشتی باشد.

۲-۲- اینولین زنجیر کوتاه

پلیمریزاسیون بین ۲ تا ۷ درجه میباشد، میزان حلالیت بسیار بالای آن و مقدار شیرینی ۳۰ درصد شکر باعث شده که مناسب برای استفاده در انواع غذاهای کودک، دسرهای لبنی، محصولات قنادی و نانوائی باشد.

۳- زراعت چیگوری

چیگوری^۱ متعلق به خانواده کاسنی^۲ زیر تیره زبانه گلی‌ها^۳ و طایفه کاهو^۴ می‌باشد. [۱۳] و گیاه کاسنی به خانواده آستراسه جنس *Cichorium* تعلق دارد. این جنس دارای دو گونه زراعی شامل *intybus* و *endivia* است. در گونه *intybus* دو تیپ زراعی *var.foliosum* و *var.sativum* وجود دارد که تیپ اول برای مصارف سالادی و تیپ دوم برای مصارف صنعتی مثل استخراج اینولین کشت و کار می‌شود. اینولین در اکثر گیاهان خانواده آستراسه و پوآسه وجود دارد ولی منبع اصلی استخراج آن بصورت صنعتی کاسنی ریشه‌ای است. [۱۴]

-
- 1- *Cichorium intybus* L
 - 2- Compositae
 - 3- Liguliflora
 - 4- Lactuceae



این گیاه علفی و دارای ساقه‌ای است که در حالت وحشی ارتفاعش به ۰/۵ تا ۱/۵ متر می‌رسد ولی اگر پرورش یابد از دو متر نیز تجاوز می‌نماید. چیکوری بومی نواحی مدیترانه، آسیای میانه و شمال آفریقا است. اکوتیپ‌های چیکوری، پراکندگی وسیع در نواحی مختلف ایران دارد به طوری که در دامنه‌های کم ارتفاع البرز، مسیر قزوین به رشت، اطراف رودبار، اطراف تهران، کرج، آذربایجان و نواحی دیگر مثل گیلان، فارس، بلوچستان، آبدان و نواحی کوهستانی خراسان و بسیاری از مناطق دیگر ایران وجود دارد. [۱۵]

در بررسی صورت گرفته تعداد بوته در واحد سطح اثرات قابل توجهی بر روی فضایی که در هوا و خاک اشغال می‌کند، دارد. [۱۶] تراکم بوته در ارتباط با میزان تولید محصول و به عنوان یک عامل تحت کنترل حائز اهمیت بوده و از اصول اولیه زراعت هر محصول مشخص نمودن تراکم مناسب آن است، تراکم‌های مختلف کشت بر عملکرد تعدادی از صفات کمی و کیفی از جمله قطر ریشه در چیکوری موثر بوده است. مقدار درصد اینولین که به حالت محلول در شیره سلولی اعضای گیاه وجود دارد تدریجاً در پاییز زیاد می‌گردد در حالی که مقدار آن در بهار، به حداقل می‌رسد. طبق بررسی صورت گرفته مشخص گردید که تاخیر در برداشت سبب افزایش مقدار اینولین کل در ریشه، علیرغم کاهش درصد آن می‌شود. [۱۷]

در برداشت دیر نسبت به برداشت زود هنگام، عملکرد ریشه حدود ۱۸ درصد افزایش و فروکتوز کل حدود ۱۴ درصد کاهش یافت. کل فروکتوز تولید شده از ۵/۷ تن در هکتار در برداشت زود تا ۵/۹ تن در هکتار در برداشت دیر متغیر بود. همچنین برخی خصوصیات تکنولوژیکی ریشه از جمله مقدار گلوکز از ۳۴ درصد به ۴۴ درصد و ساکارز از ۰/۹ درصد به ۰/۷ درصد در بین سه تاریخ برداشت (۱۵ و ۳۰ شهریور و ۱۴ مهر) متفاوت بود. [۱۸-۱۹]

با توجه به پتانسیل ایران از لحاظ تولید صنعتی کاسنی به عنوان مهمترین منبع استخراج اینولین و امکان درآمدزایی برای کشاورزان و صنعتگران با توسعه کشت و کار این گیاه، استخراج اینولین و تامین نیاز صنایع تولید محصولات غذایی، تحقیق در این خصوص ضرورت می‌یابد و لذا توجه صاحبان صنایع کشت و صنعت چغندر قند به بومی‌سازی تولید این محصول در داخل کشور با بهره‌گیری از ظرفیت‌های خالی واحدهای تولید قند می‌تواند منجر به سودآوری چندین برابر شکر در راستای سیاست‌های اقتصاد مقاومتی گردد.

۳-۱- تولید بذر بومی کاسنی ریشه ای (صنعتی)

برای کشت هر هکتار کاسنی ریشه‌ای به صورت مکانیزه با استفاده از بذر کار پنوماتیک ۴ تا ۵ کیلوگرم بذر مورد نیاز است و در صورتی که کشت با استفاده از بذر پاش یا دستی باشد میزان بذر مصرفی تا ۱۰ کیلوگرم افزایش خواهد یافت. با جمع‌آوری ارقام زراعی کاسنی صنعتی رایج در اروپا و مقایسه عملکرد ریشه و درصد اینولین آن‌ها با مجموعه ژنوتیپ‌های بومی کاسنی ایران مشخص گردید که ژنوتیپ‌های مستعدی در بین توده‌های بومی وجود ندارد و همچنین بیشترین عملکرد تر ریشه در متر مربع در شرایط آب و هوایی کرج برای سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ارکیس (۴/۴۵) کیلوگرم، تیلدا (۳/۵۶) کیلوگرم، شپنز (۳/۳۴) کیلوگرم و هرا (۲/۹۶) کیلوگرم بود.

کمترین وزن ریشه و درصد اینولین مربوط به ژنوتیپ‌های بومی کاسنی با توجه به بولتینگ آنها بود و متوسط درصد اینولین به وزن تر ریشه در ژنوتیپ‌های شپنز، هرا، ارکیس و تیلدا به ترتیب معادل ۲۶/۵، ۱۴/۳، ۱۳/۵ و ۱۱/۷۷ بدست آمد. میتوان به شکل ۳ رجوع کرد.



شکل ۳: برخی ژنوتیپ های تیره کاسنی. از چپ به راست: ژنوتیپ وحشی ایران (Frizi)، ژنوتیپ Witloof، کاسنی ریشه ای (Hera)، اندیوفری (curly endive (Tres fine maraichere))، واریته بومی ایران، ژنوتیپ ایرانی *pumilum*

۳-۲ کاشت، داشت و برداشت کاسنی ریشه ای (صنعتی)

کاسنی ریشه ای (صنعتی)^۱ گیاهی ۲ ساله است که در سال اول رشد رویشی به صورت روزت دارد و در سال دوم تولید ساقه گل دهنده، گل و بذر می نماید. کشت این گیاه همانند چغندر قند برای تولید حداکثر ریشه به صورت یک ساله انجام می شود. به دلیل رشد اولیه بطئی گیاه کاسنی، علف های هرز فرصت رشد و مستقر شدن کافی را دارا می باشند. برای کنترل علف های هرز مزارع کاسنی کاربرد تلفیقی از علف کش های بنفلورالین به میزان ۱/۶ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت، ۰/۵ کیلوگرم در هکتار پروپیزامید (سس اوت)، ۰/۸ کیلوگرم در هکتار آسولام و ۱ کیلوگرم در هکتار کاربامید قبل از سبز شدن بهترین کارایی را دارا هستند. با این وجود کنترل مکانیکی علف های هرز مزارع کاسنی همانند مزارع چغندر قند از گزینه های دیگر کنترل علف های هرز هستند.

این گیاه به نماتد *Meloidogyne hapla* آلوده می شود ولی خوشبختانه میزبان نماتد سیست چغندر قند *Heterodera schachtii* نیست. از سوی دیگر چغندر قند میزبان نماتد *Meloidogyne hapla* نمی باشد، بنابراین این دو محصول می توانند در تناوب با یکدیگر قرار گیرند.

بهترین تاریخ کشت پس از اتمام سرماهای دیررس بهاره می باشد. از طرفی دیگر کشت نشائی این محصول نیز می تواند انجام شود. تراکم مناسب کشت کاسنی ریشه ای ۸ بوته در متر مربع به فواصل ۰/۵ در ۰/۲۵ متر گزارش شده است، به عبارت دیگر ۸۰ تا ۱۰۰ هزار بوته در هکتار مطلوب می باشد. کمبود آب و افزایش دما می تواند رشد و عملکرد کاسنی را دچار نقصان کند.

تاریخ برداشت یکی از کلیدی ترین فاکتورهای موثر بر عملکرد ریشه، عملکرد فروکتان و طول زنجیره فروکتان (اینولین) است. در آزمایشی دو ساله در منطقه مردن کانادا کشت دوساله بهاره ارقام ویتلوف و کافی لوکسر در ۲۵ اردیبهشت نشان داد که درصد قند احیاء آن ها بین ۱۸/۱ الی ۲۰ درصد وزن تر بوده و عملکرد ریشه بین ۲۰/۱ الی ۳۵/۶۸ تن در هکتار بوده است. همچنین برداشت دیرتر آن تا اواسط آذرماه منجر به افزایش همزمان عملکرد ریشه و درصد قند احیاء گردید.

1- *C.intybus var.sativum*



یکی دیگر از نکات مهم در تولید موفق کاسنی صنعتی جدا از اعمال تاریخ برداشت مناسب، انبارداری صحیح ریشه‌ها تا قبل از استخراج اینولین است. بهترین تاریخ برداشت زمانی است که بیشترین عملکرد قابل استخراج اینولین درهکتار بدست آید. در طی فصل رشد ساکارز از برگ‌ها به ریشه‌ها منتقل شده و فروکتوز شکسته شده و فروکتوز برای ساخت اینولین مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا نسبت فروکتوز آزاد به گلوکز آزاد می‌تواند به عنوان شاخصی برای تعیین زمان برداشت استفاده شود. محتوی فروکتوز آزاد و ساکارز با برداشت دیرتر افزایش یافته ولی محتوای گلوکز آزاد و اینولین کاهش می‌یابد. از نسبت‌های مهم دیگر برای تعیین تاریخ برداشت نسبت کربوهیدرات محلول در اتانول به کربوهیدرات محلول در آب و نسبت وزن برگ به وزن غده هستند.

انبار سرد ریشه‌های کاسنی منجر به تخریب اینولین و سایر الیگوساکاریدهای با درجه پلیمریزاسیون بالا می‌گردد و طی ۶ هفته انبارداری سرد ریشه‌های آن‌ها از اینولین تخلیه می‌شود. لذا مشابه فرایند چغندر قند، بایستی فاصله زمانی برداشت ریشه تا استخراج اینولین حداقل باشد تا بتوان اینولین با کیفیت بالا تولید کرد. برای استخراج اینولین از گیاه روش‌های مختلفی عنوان گردیده است که از آن جمله می‌توان به استخراج با آب گرم، ترسیب با حلال‌های مختلف مانند اتانول، پروپانول، استون، استونیتریل و استخراج آبی با اعمال فراصوت اشاره نمود.

۴- روش استخراج اینولین

ریشه‌های تازه پس از شست و شو با آب سرد و خشک شدن کامل در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. از ریشه‌های تازه مقدار ۱۰۰ گرم در یک مخلوط کن، خرد کرده و سپس سوسپانسیون حاصل به مدت یک ساعت در دمای ۹۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. پس از صاف کردن عصاره حاصل، pH سوسپانسیون عصاره برای حذف ذرات و مواد کلوئیدی مانند پکتین، پروتئین و مواد دیواره سلولی، با استفاده از محلول هیدروکسید کلسیم ۵ درصد (مرک) از ۶ به ۷ الی ۹ رسانده شد. عصاره به مدت نیم ساعت در دمای ۵۰ تا ۶۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و رسوب حاصل با استفاده از کاغذ صافی جدا گردید. در مرحله بعد ریشه‌های خشک شده در آون و در آفتاب، به صورت دستی و جداگانه در یک هاون آزمایشگاهی پودر و از یک الک آزمایشگاهی با مش شماره ۵۰ میکرومتر عبور داده شدند، تا پودری با اندازه‌ای یکنواخت حاصل شود. در مرحله بعد با اضافه کردن آب به پودر چیکوری، در pH های ۶، ۷ و ۹ به مقدار پنج واحد حجمی، و قرار دادن در حمام آب در دمای ۹۰ تا ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه ترکیبات محلول وارد فاز آبی شدند. سپس محلول بدست آمده توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ و قیف بوختر تحت خلاء عبور داده شد، تا مواد نامحلول در آب جدا شوند. استخراج سه مرتبه بطور جداگانه برای هر تیمار تکرار شد [۶]

۴-۱- خالص سازی اینولین

به منظور خالص سازی اینولین، از درصد‌های مختلف اتانول (۲۰، ۴۰ و ۶۰) درصد در درجه حرارت‌های مختلف (دمای ۱۵-، ۵ و ۲۵ درجه سلسیوس) استفاده شد. مواد رسوب داده شده با محلول اتانول ۹۶ درصد به نسبت ۸ به ۱ شستشو و به مدت دو روز در دمای ۴۵ درجه سلسیوس نگهداری شد. تا الکل آن کاملاً جدا گردیده و خشک شود.

۴-۲- تعیین مقدار اینولین

برای اندازه‌گیری مقدار اینولین موجود در نمونه‌ها، میزان قند احیاء از میزان قند کل به دست آمده کسر گردید. بازده استخراج اینولین نیز از طریق فرمول زیر محاسبه شد [۶].

$$(1) \quad 100 \times (\text{مقدار پودر چیکوری} / \text{حجم عصاره استخراجی} \times \text{مقدار اینولین}) = \text{بازده استخراج اینولین}$$

۴-۳- تعیین مقدار قند کل

به منظور اندازه‌گیری قند کل موجود در نمونه‌ها از روش فنول سولفوریک می‌توان استفاده کرد. به این ترتیب که ابتدا به ۱ میلی‌لیتر نمونه رقیق شده ۱ میلی‌لیتر فنول ۵ درصد افزوده شود. سپس ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد به نمونه‌ها اضافه گردد و بعد از ۲۰ دقیقه، جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۹۰ اندازه‌گیری شود. از فروکتوز می‌توان به عنوان محلول استاندارد استفاده کرد و بعد از رسم منحنی استاندارد میزان قند کل موجود در نمونه تعیین می‌گردد [۲۰-۲۱].

۴-۴- تاثیر PH در ترسیب اینولین

افزایش اندکی pH به سمت قلیایی اثری بر ترسیب اینولین ندارد. اما با کاهش pH به سمت ۶، رسوب (بازیابی) اینولین تا ۳۵ درصد کاهش می‌یابد. طبق بررسی‌های صورت گرفته و مقایسه میانگین میزان ترسیب اینولین تحت تاثیر pH نشان داد، که رسوب اینولین در pH های ۷ و ۹، اختلاف معناداری را به لحاظ آماری نشان نمی‌دهد ($p > 0.05$). در حالی که میزان ترسیب اینولین در این pH ها با pH برابر ۶، اختلاف آماری معناداری دارد ($p < 0.05$). می‌توان به جدول ۱ رجوع کرد.

جدول ۱: اثر pH بر جداسازی اینولین در ۱۰۰ گرم ریشه خشک شده در آفتاب

pH=۹	pH=۷	pH=۶	مقدار اینولین (بر حسب گرم)
32 ± 0.15^a	$33/4 \pm 0.17^a$	$21/6 \pm 0.17^b$	

جدول بر اساس میانگین \pm انحراف معیار استاندارد تنظیم شده است. حروف غیر یکسان در هر سطر نشان دهنده اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

علت افزایش بازیافت اینولین در pH های بالاتر آب احتمالاً به دلیل نفوذ بیشتر آب و افزایش پدیده اسمز می‌باشد، که قابلیت حل شدن اینولین افزایش یافته و در نتیجه میزان اینولین بیشتری خارج می‌گردد. در مطالعه میلانی و همکاران (۱۳۸۹) جهت بررسی اثر pH بر راندمان استخراج اینولین، اندازه‌گیری راندمان در pH ۸ و ۹ پیگیری شد. نتایج حاکی از عدم تاثیر این فاکتور بر راندمان می‌باشد. در بررسی نتایج لینگیون و همکاران (۲۰۰۷) نیز بیانگر عدم معنی داری فاکتور pH بر راندمان استخراج بود. [۲۲-۲۳]

۴-۵- اثر دما بر میزان فروکتان، قند احیاء و اینولین

اثر دما بر میزان فروکتان، قند احیاء و اینولین در دماهای متفاوت بررسی شده است. بر طبق بررسی‌ها و آزمایشات صورت گرفته وزن خشک اینولین، فروکتان و قند احیاء در هر یک از دماها متغیر است. میزان ترسیب اینولین با افزایش دمای استخراج از ۱۵- درجه سلسیوس تا ۲۵ درجه سلسیوس، اختلاف آماری معناداری نشان می‌دهد ($p < 0.05$). همچنین با توجه به نتایج بدست آمده، میزان فروکتان استخراج شده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بالاترین مقدار بود، که این امر نشان دهنده این است که افزایش دما می‌تواند در بازده استخراج فروکتان تاثیرگذار باشد، هر چند این تاثیر به لحاظ آماری معنادار است ($p < 0.05$). همچنین افزایش دما سبب کاهش معناداری به لحاظ آماری در میزان قند احیاء گردید ($p < 0.05$). گزارش نمودند، که اینولین در دمای ۲۵ درجه سلسیوس تقریباً در آب نامحلول است، اما حلالیت آن بطور معناداری با افزایش دما بیشتر می‌شود. می‌توان به جدول ۲ رجوع کرد.

به دلیل حلالیت کم اینولین در دماهای پایین، محلول اینولین در دماهای یخچالی یا فریزر دو فاز می‌شود. در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند، که کاهش دما از ۹۵ درجه سلسیوس تا ۴ درجه سلسیوس باعث می‌شود، قسمتی از محلول اینولین ترسیب یا کریستاله شده، و به روش فیلتراسیون قابل جداسازی است. در نتایج تحقیقات گزارش شده است افزایش دما



تا ۷۷/۵ درجه سلسیوس راندمان استخراج اینولین را افزایش داده و پس از آن بازده استخراج کاهش می‌یابد. افزایش بازده با افزایش دما احتمالاً به دلیل بهبود انتقال جرم در نتیجه افزایش حلالیت اینولین و کاهش ویسکوزیته حلال است. و روند کاهش راندمان پس از دمای ۷۷/۵ درجه سلسیوس می‌تواند در اثر افزایش دپلمریزاسیون اینولین به قندهای آزاد در اثر افزایش دما باشد.

جدول ۲: تاثیر دما بر ترسیب اینولین

نوع	۲۵ درجه سلسیوس	۵ درجه سلسیوس	۱۵- درجه سلسیوس
اینولین (گرم)	۲۲±۰/۵ ^a	۲۱/۷±۰/۵ ^b	۲۱/۶±۰/۴ ^b
فروکتان (گرم)	۴۹/۵±۰/۶ ^a	۴۵/۹±۰/۶ ^b	۴۶/۲±۰/۸ ^b
قند احیاء (گرم)	۳/۸±۰/۲ ^b	۴/۷±۰/۳ ^a	۴/۸±۰/۱ ^a

جدول بر اساس میانگین \pm انحراف معیار استاندارد تنظیم شده است. حروف غیر یکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

خشک نمودن ریشه‌های چیکوری در آفتاب و آون، مقادیر اینولین و فروکتوالیگوساکاریدی متفاوتی را به لحاظ آماری در آنها سبب می‌شود. بر اساس نتایج آزمایشات میزان اینولین در ریشه‌های چیکوری خشک شده در آفتاب بالاترین مقدار بود که به لحاظ آماری تفاوت معنی دار با میزان اینولین استخراج شده در آون در سطح ۵ درصد داشتند ($p < 0.05$). همچنین ریشه‌های چیکوری خشک شده در آون حاوی مقادیر بالاتری فروکتوالیگوساکارید بودند که اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد با ریشه خشک شده در آفتاب داشتند ($p < 0.05$). میتوان به جدول ۳ رجوع کرد.

جدول ۳: مقادیر اینولین و فروکتوالیگوساکارید ریشه‌های خشک شده در آفتاب و آون

نوع ریشه	اینولین	فروکتوالیگوساکارید
ریشه خشک شده در آون (گرم)	۱۸/۱±۱/۲ ^b	۵۶/۱±۱/۶ ^a
ریشه خشک شده در آفتاب (گرم)	۳۵/۵±۰/۴ ^a	۳۶/۱±۰/۸ ^b

جدول بر اساس میانگین \pm انحراف معیار استاندارد تنظیم شده است. حروف غیر یکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

۴-۶- اثر غلظت اتانول بر میزان فروکتان ، قند احیاء و اینولین

از غلظت‌های اتانول ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد برای ترسیب اینولین استفاده شد. بر اساس نتایج آزمایشات، غلظت اتانول ۴۰ درصد بالاترین میزان ترسیب اینولین (۲۰/۵) گرم را سبب شد، به طوری که میزان ترسیب اینولین در ۴۰ درصد اتانول با غلظت‌های اتانولی ۲۰ درصد و ۶۰ درصد تفاوت آماری معناداری را نشان داد ($p < 0.05$). کاهش یا افزایش غلظت در مقدار اینولین ترسیب شده اهمیت بسزایی دارد. طبق آزمایشات صورت گرفته مشخص گردید که غلظت اتانول ۲۰ درصد کمترین

میزان استخراج قند احیاء، و غلظت ۴۰ و ۶۰ درصدی اتانول بالاترین مقدار قند احیاء را سبب می‌شود. میتوان به جدول ۴ رجوع کرد.

جدول ۴. اثر غلظت اتانول بر میزان فروکتان، قند احیاء و اینولین در ۱۰۰ گرم ریشه خشک شده در آفتاب

اتانول ۶۰ درصد	اتانول ۴۰ درصد	اتانول ۲۰ درصد	
$12/1 \pm 1/4^b$	$20/5 \pm 1/1^a$	$15/8 \pm 1/2^b$	اینولین (بر گرم)
$88/3 \pm 0/7^b$	$96 \pm 1/1^a$	$91/85 \pm 0/8^a$	فروکتان
$5/3 \pm 0/2^a$	$3/7 \pm 0/1^b$	$3/4 \pm 0/2^b$	قند احیاء

جدول بر اساس میانگین \pm انحراف معیار استاندارد تنظیم شده است. حروف غیر یکسان در هر سطر نشان دهنده اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

۵- روش استخراج اینولین در صنعت

۵-۱- شستشو و خلال نمودن چیگوری

در ابتدا گیاه چیگوری برای شستشو به جریان آب منتقل می‌شود، پس از شستشو تکه تکه و خلال می‌گردد.

۵-۲- دیفیوزیون یا شربت گیری

خلال‌ها وارد مرحله شربت گیری، عصاره گیری و یا دیفیوزیون می‌شوند. عمل استخراج از خلال چیگوری در دستگاه دیفیوزیون یا دیفیوزر و با استفاده از خاصیت انتشار و فشار اسمزی که مربوط به اختلاف غلظت در داخل و خارج از سلول‌های گیاهی است صورت می‌گیرد. برای خروج بهتر مواد قندی از خلال، از حرارت و بهم‌زدن نیز کمک گرفته می‌شود. معمولاً در دیفیوزر آبگرم (با حرارت ۷۰-۸۰ درجه سانتی گراد) و خلال در دو جهت مخالف هم به مدت ۶۰-۹۰ دقیقه حرکت کرده و مواد قندی به تدریج از خلال استخراج می‌شود. در نهایت از یک طرف دستگاه، شربت (خام) و از طرف دیگر تفاله خارج می‌شود. به شربتی که از دیفیوزیون خارج می‌شود شربت خام گفته می‌شود. تفاله تر خروجی از دیفیوزر تحت فشار قرار گرفته و مقدار زیادی از آب آن که محتوی مواد قندی است جدا شده و مجدداً به دیفیوزر بازگشت داده می‌شود. تفاله حاصل بنام تفاله تر پرس شده خوانده می‌شود که می‌تواند مستقیماً به فروش رفته و به مصرف خوراک دام برسد و یا اینکه به قسمت تفاله خشک کنی منتقل شده و در آنجا به تفاله خشک تبدیل شود. میتوان به شکل ۴ رجوع کرد.



شکل ۴: فرآیند شربت‌گیری (دیفیوزیون)

۵-۳- تصفیه شربت

در این مرحله مشابه آنچه در چغندر قند رخ می‌دهد، تصفیه آب کاسنی به وسیله آهک زدن صورت می‌گیرد. افزودن شیر آهک به شربت خام معمولاً در دو مرحله انجام می‌شود. مرحله اول آهک زدن مقدماتی یا پرشولاژ و در مرحله بعدی آهک زدن اصلی یا شولاژ صورت می‌گیرد.

علت اینکه آهک در دو مرحله به شربت خام اضافه می‌شود این است که در شربت خام یک سری از مواد پروتئینی، پکتین و فسفات‌ها وجود دارد و در جهت رسوب دادن این مواد به محیط قلیائی و pH اپتیمم نیاز است. لازم به ذکر است تا یک حد مجاز می‌توان آهک را اضافه کرد و در صورتی که بیشتر از آن حد مجاز آهک اضافه شود، به جای اینکه مواد فوق رسوب دهند موجب لزج شدن آن‌ها و به دنبال آن ایجاد مشکل می‌کند. در نتیجه در یک مرحله مقداری آهک استفاده می‌شود تا این مواد فوکسله شود و در مرحله‌ی بعد جهت از بین بردن عوامل رنگ و آمیدها از آهک بیشتری استفاده می‌شود. بقیه آهک لازم بصورت شیر آهک به شربت خام زده می‌شود. آهک با ناخالصی‌های موجود در شربت خام واکنش داده و ایجاد ترکیبات کلسیم می‌کند. اغلب این ترکیبات آماده رسوب کردن و جداسازی از شربت هستند.

۵-۴- سولفیتاسیون و رنگبری شربت

در برخی کارخانه‌ها برای کاهش رنگ شربت از رنگبری با ذغال فعال نیز استفاده می‌شود.

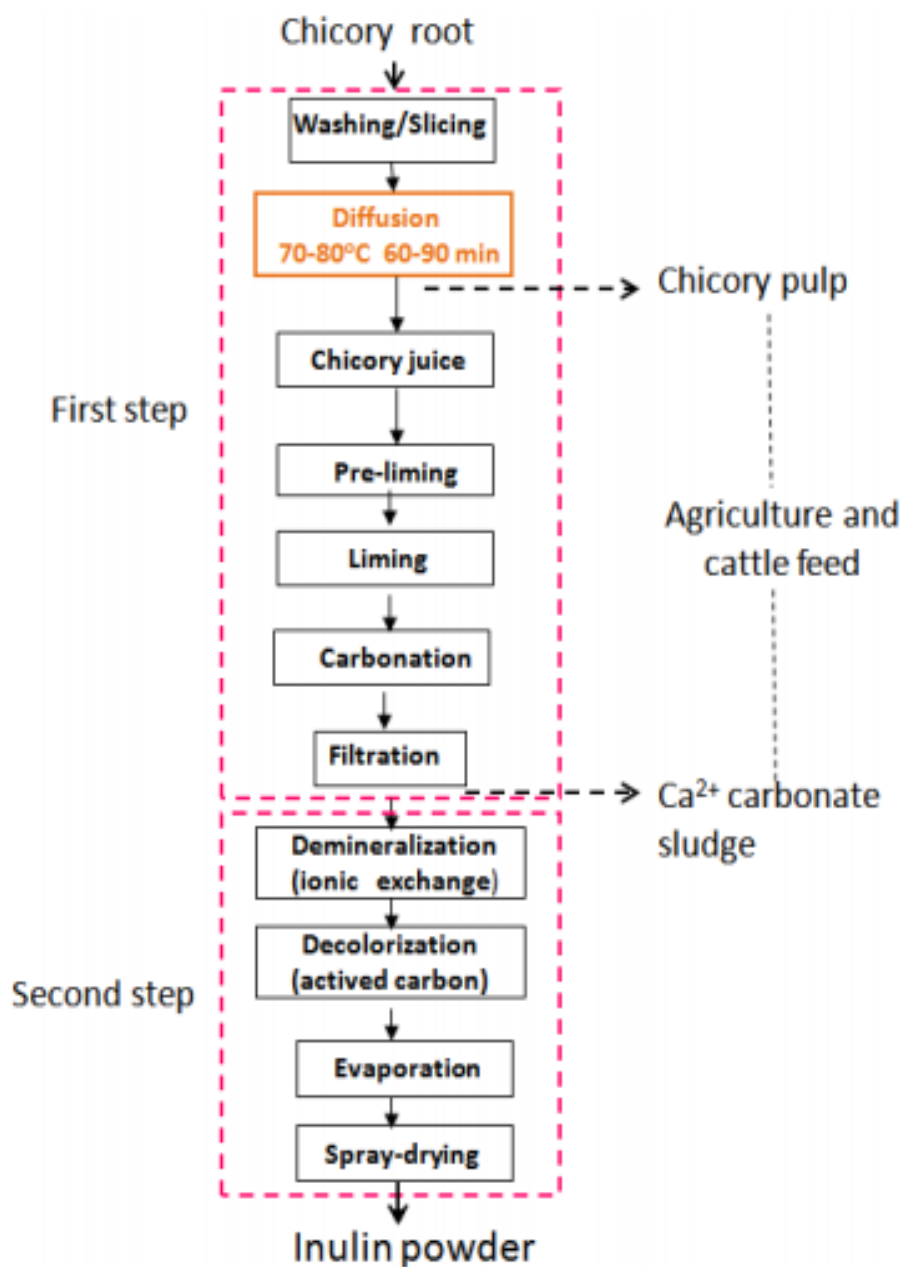
۵-۵- تغلیظ شربت یا اوپراسیون

شربت رقیق غلظت کمی دارد و درصد مواد جامد ۱۲-۱۳ درصد است. لذا باید آن را غلیظ کرد. اینکار در دستگاه‌های تغلیظ کننده و اوپراتور با استفاده از بخار انجام می‌شود. به منظور کاهش هیدرولیز قند و تغییر رنگ شربت تحت تاثیر حرارت بالا و همچنین برای صرفه جویی در مصرف انرژی عمل تغلیظ شربت در سیستم‌های تغلیظ چند مرحله‌ای و تحت خلاء در دمای پایین تری انجام می‌شود. در نهایت بریکس شربت غلیظ حدود ۶۰ درصد می‌شود.

۵-۶- خشک کردن

مرحله آخر خشک کردن می‌باشد.

فرآیند استخراج اینولین مشابه چغندر و یا دشوارتر از چغندر قند می‌باشد. میتوان به شکل ۵ رجوع کرد.



شکل ۵: فرایند استخراج اینولین از گیاه چیگوری

۶- نتیجه گیری.

اینولین می‌تواند به عنوان جایگزین کامل یا بخشی از چربی، در محصولاتی که حاوی آب هستند استفاده شود و باعث ایجاد نوعی بافت مطلوب و بسیار مشابه چربی با همان احساس دهانی و فاقد هرگونه پس طعم می‌شود. فیبرهای محلول اینولین و الیگوفروکتوز می‌توانند سیستم هضم و دستگاه گوارش را بهبود دهند. اینولین به طور معمول برای چربی خون بالا، همچنین برای کاهش وزن، بیبوست، اسهال و دیابت استفاده می‌شود. کربوهیدرات‌های ریشه کاسنی قابلیت استحصال کمتری نسبت به ارقام مدرن چغندر قند و دیگر گونه‌های گیاهی می‌باشند. با توجه به این که خشک شدن ریشه‌های چیگوری به روش‌های مختلف، مقادیر کربوهیدراتی متفاوتی را سبب می‌شود و خشک کردن ریشه‌ها در آن کم‌ترین میزان فروکتان را دارا

می‌باشد، بنابراین از خشک کردن ریشه‌های چیکوری در آفتاب بیشترین میزان فروکتان و کم‌ترین میزان فروکتوز حاصل می‌شود. همچنین با توجه به اینکه وزن خشک اینولین، فروکتان و قند احیاء در دماهای مختلف متفاوت است، کاهش دما از ۲۵ درجه سلسیوس به ۱۵- درجه سلسیوس سبب افزایش رسوب اینولین نمی‌شود. بالاترین میزان استخراج اینولین در دمای ۲۵ درجه سلسیوس حاصل می‌گردد که میزان آن در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، ۲۲ گرم و مقدار اینولین در دمای ۵ و ۱۵- درجه سلسیوس به ترتیب ۲۱/۷ و ۲۱/۶ گرم بود. با توجه به اینکه افزایش pH از ۷ تا ۹ اثری بر رسوب اینولین ندارد، اما کاهش pH به سمت ۶ رسوب اینولین را تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهد. همچنین بهترین غلظت جهت ترسیب اینولین، اتانول با غلظت ۴۰ درصد می‌باشد.

مراجع

- [1]. Franck A. Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*; 87(2): 287-291,2002.
- [2]. HosseiniNezhad M. Investigation of prebiotic effects of inulin extracted from Iranian medicinal plants and its functional products. 3rd International Conference on Functional Foods and Nutraceuticals; 2013.
- [3]. Roberfroid M, Dietary fiber, inulin, and oligofructose, a review comparing their physiological effects. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*; 33(2):103-148,2003.
- [4]. Shoorideh H, Balandari A, Peyghambari S.A, Omidi M, and Naghavi M.R. Investigation on Morphology and root yield of chicory (*C. intybus*) landraces for inulin production. 2nd National Congress of medicinal Plants. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*; 12 (2): 457, 2013.
- [5]. Kamali S, HosseiniNezhad M, and Elahi M. Promoting effect of inulin on the survival of two probiotic *Lactobacillus* strains at low pH condition. *National Congress on Medicinal Plants*; 2012.
- [6]. Frouzanmehr H, Abbasi S. Optimization of inulin extraction from *Helianthus tuberosus* with or without ultrasonic technique by using Response surface methodology. 17 th Conference of Food Science; 11(3):310 – 311,2007.
- [7]. HosseiniNezhad M, Kamali S, And Nahardani M. Prebiotic compounds from medicinal plants, extraction, characterization and inhibition on pathogenic bacteria. *National Congress on Medicinal Plants*; 2012.
- [8]. Kamali S, HosseiniNezhad M and Elahi M. Effect of inulin extracted from chicory and jerusalem artichoke on the survival of *Lactobacillus casei* and *Lb. rhamnosus* under acidic conditions. 1st Biotechnology World Congress. February; 2012.
- [9]. Paseephol T, Sherkat F. Probiotic stability of yoghurts containing Jerusalem artichoke inulins during refrigerated storage. *Journal of Functional Foods*; 1(3): 311-318,2009.
- [10]. HosseiniNezhad M, Nahardani M. Extraction of Inulin from two medicinal plants and study on the growth promoting effects on a selection of probiotic bacteria. 1st Internationalcongress of food Technology; 2010.
- [11]. HosseiniNezhad M, Nahardani M. Extraction of Inulin from two medicinal plants and study on the growth promoting effects on a selection of probiotic bacteria. 1st Internationalcongress of food Technology; 2010.
- [۱۲]. شوریده، ه. امید، م. نقوی، م. معروفی، ا. حسینی نژاد، م. همدیدی، م. مسیری بیوسنتز اینولین در گیاهان، مجله مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی، ۱۳۹۲.
- [13]. Mazaheri D, Pooryousef M, Ghanadha M, Bankesaz A. Effect of sowing pattern and plant density on physiological index on grass yield and two zea inbreedline. *Development Magazine*; 15(4): 71- 77,2002.
- [۱۴]. شوریده، ه. امید، م. رضان قوی، م. معروفی، ا. بالندری، ا. ارزیابی خصوصیات ریخت شناسی و عملکرد ریشه ژنوتیپ های بومی کاسنی، دوفصلنامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۳۹۳.

[15]. Zargari A. Medicinal Plant. Tehran University Publication. Fifth edition; 5(2): 890 -894,1993.

[۱۶]. نهاردانی، م.حسینی نژاد، م.الهامی راد، ا.ح.پورفلاح، ز.استخراج اینولین از گیاه دارویی کاسنی و بررسی اثر آن بر رشد *Lactobacillus rhamnosus*، مجله ی علمی - پژوهشی علوم و فناوری غذایی. ۱۳۹۲.

[۱۷]. حسینی نژاد، م. نهاردانی، م. الهامی راد، ا.ح.ارزیابی و مقایسه کیفی اینولین استخراجی از کاسنی بومی ایران با اینولین حاصل از سایر منابع، نشریه پژوهش و فناوری در علوم و صنایع غذایی، ۱۳۹۱.

[18].Mozafarian V. *Cichorium intybus* L- Plant Taxonomy. (2th)Amirkabir Pub: 488-495,2005.

[19]. Sepehri A, Aminidahaghi M. Effect of harvest date on yield and yield components in chicory. Seconded of papers in herbs conferences in Shahed University. 2004.

[20]. Southgate, D. Determination of food carbohydrates. 2nd ed. New York: Elsevier Science Publishers Ltd: 232 ,2001.

[۲۱]. توکلی، س. رمضان، ی. عبداللهیان، م. بررسی شرایط استخراج اینولین از ریشه گیاه چیگوری ، نشریه نوآوری در علوم و صنایع غذایی ۱۳۹۵.

[22]. Paseephol T, Small D, Sherkat F. Process optimisation for fractionating Jerusalem artichoke fructans with ethanol *Cichorium*. Food Chemistry; 104(1):73-80,2007.

[23]. Toneli J.T.C.L, Park K.J, Ramalho J.R.P, Murr F.E.X, Fabbro, I.M.D. Rheological characterization of chicory root (*Cichorium intybus* L.) inulin solution. Brazilian Journal of Chemical Engineering; 25(3):461-471,2008.