

تعیین شرایط بهینه استخراج پلی ساکاریدهای محلول از اکارا

فاطمه آذری کیا^۱، سلیمان عباسی^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، پست الکترونیکی: sabbasifood@modares.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۸۷/۲/۱۵

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۱/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: پلی ساکاریدهای محلول سویا به عنوان یک ماده افزودنی با ارزش در صنعت غذا، به ویژه در پایدارسازی نوشیدنی‌های اسیدی شیر و امولسیون‌ها کاربرد گسترده‌ای دارد و ماده اولیه مورد نیاز برای تولید آن، یعنی اکارا (Okara)، از ضایعات کارخانجات تولید فراورده‌های سویاست؛ در این تحقیق، استخراج پلی ساکاریدهای محلول سویا با و بدون اعمال عملیات متوکسیل‌زدایی از اکارای خشک و با اعمال متوکسیل‌زدایی از اکارای مرطوب حاصل از استخراج شیر سویا بررسی شد.

مواد و روش‌ها: به منظور تعیین تاثیر شرایط بهینه متوکسیل‌زدایی بر استخراج، از روش آماری سطح پاسخ استفاده شد. متغیرهای به کار رفته عبارت بودند از دما (۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد) و نسبت آب به اکارا (۱:۶، ۱:۸ و ۱:۱۰). استخراج انواع مختلف پلی ساکاریدها در شرایط مختلف دمایی (۱۲۰ و ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد)، pH (۳ و ۴/۵) و مدت زمان حرارت‌دهی (۲ و ۳ ساعت) انجام شد. پس از خالص‌سازی، ترکیب شیمیایی و بازده استخراج آن‌ها تعیین شد.

یافته‌ها: با توجه به نتایج به دست آمده، متغیرهای مستقل به کار رفته (دما و نسبت آب به اکارا) بر میزان مواد جامد کل استخراجی به شکل معنی‌داری (به ترتیب $P < 0/0001$ و $P < 0/01$) تاثیر داشت و میان متغیرهای مستقل و میزان پاسخ، رابطه خطی برقرار بود. افزایش دما و کاهش pH موجب افزایش میزان مواد جامد کل استخراجی شد. pH از عوامل مهمی بود که در استخراج پلی ساکاریدهای محلول سویا با وزن مولکولی بالا تاثیر داشت. بهترین شرایط استخراج پلی ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی بالا چنین به دست آمد: بدون اعمال متوکسیل‌زدایی، pH=۴/۵ و دمای ۱۲۰°C به مدت ۲ ساعت و با اعمال متیل‌زدایی، pH=۴/۵ و دمای ۱۳۰°C به مدت ۳ ساعت (بازده استخراج به ترتیب $30/8 \pm 1/6$ و $22/4 \pm 1/4$ درصد).

نتیجه‌گیری: ضایعات حاصل از استخراج شیر سویا (اکارا) یک منبع طبیعی، ارزان قیمت و در دسترس برای استخراج فراورده‌هایی با ارزش افزوده بالا، یعنی انواع پلی ساکاریدهای محلول بود و خشک کردن اکارای مرطوب نیز هیچ‌گونه تاثیر منفی بر فرایند استخراج و میزان بازده استخراج پلی ساکاریدهای محلول نداشت.

واژگان کلیدی: اکارا، پلی ساکاریدهای محلول سویا، استخراج، روش سطح پاسخ، متوکسیل‌زدایی

• مقدمه

را بیش از ۲ تن در هکتار اعلام کرده و قرار است طبق برنامه چهار ساله این وزارتخانه سطح زیر کشت سویا به ۱۳۰ هزار هکتار افزایش یابد.

سویا عمدتاً در استان‌های گلستان، مازندران، لرستان و اردبیل کشت می‌شود. بخش عمده سویای تولید شده در کشور به کارخانجات روغن‌کشی تحویل می‌شود و میزان کم‌تری، صرف تولید شیر سویا می‌شود. لازم به ذکر است

دانه سویا یکی از عمده‌ترین دانه‌های روغنی است که در دنیا کشت می‌شود. تاریخچه کشت سویا به ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد بر می‌گردد. در آن زمان، سویا در شمال چین کشت می‌شد (۱). امروزه، تولید و واردات سویا در ایران رقم چشمگیری را به خود اختصاص داده است. به طوری که وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت آن را در سال ۱۳۸۶ بالغ بر ۸۶۵۰۰ هکتار و میانگین عملکرد این محصول

شناسایی کرده‌اند (۵). طبق گزارشات، SSPS از قند، پروتئین و نمک‌ها تشکیل شده است. قندهای عمده آن، گالاکتوز، آرابینوز، گالاکتورونیک اسید هستند و رامنوز، فوکوز، زایلوز و گلوکز در مقادیر اندک وجود دارند (۹، ۵). بخش پروتئینی SSPS نقش عمده‌ای در پایدارسازی و امولسیون‌کنندگی آن به عهده دارد. به این ترتیب که طی فرایند پایدارسازی، پروتئین، جذب سطحی ذرات می‌شود و مانند یک لنگر، واسطه‌ی چسبیدن بخش کربوهیدراتی SSPS به ذره می‌شود (۱۰، ۵). توانایی SSPS در پایدارسازی نوشیدنی‌های اسیدی شیر، بدون تغییر گرانی و پایدارسازی امولسیون‌ها توسط مکانیسم دافعه فضایی از نکات جالبی است که امروزه، توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. هم‌چنین، پایدارسازی کف، ممانعت از چسبندگی اسپاگتی و برنج در حین پخت و تولید فیلم خوراکی شفاف و محلول در آب از دیگر کاربردهای SSPS هستند (۱۱، ۵).

از سال ۱۹۶۱ تاکنون، تحقیقات متعددی به منظور استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول سویا و بررسی ویژگی‌ها و کاربردهای آن انجام شده است (۱۴-۶). پژوهشگران ژاپنی در سال ۲۰۰۴ سه نوع SSPS (H, M, L) را معرفی کردند که شرایط استخراج، وزن مولکولی، عملکرد و ترکیب شیمیایی آن‌ها متفاوت بود. SSPS-L کم‌ترین و SSPS-M بیش‌ترین وزن مولکولی را دارند (۱۱).

با توجه به این مطالب و ارزش اقتصادی تفاله‌های صنایع غذایی و کاهش میران ضایعات، سعی شد در پژوهش حاضر، ضمن یافتن شرایط بهینه متوکسیل‌زدایی اکارا، تاثیر آن بر میزان استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول سویا با استفاده از روش سطح پاسخ، بررسی شود و میزان کمی استخراج سه نوع پلی‌ساکارید محلول سویا (H, M, L) از اکارای حاصل از استخراج شیر سویا با و بدون متوکسیل‌زدایی، بازیافت انواع H و M (پلی‌ساکاریدهای محلول سویا با وزن مولکولی بالا) و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پودر نهایی تعیین شود.

• مواد و روش‌ها

اکارای مرطوب از شرکت سویاسان (با نام تجاری مکسوی) واقع در شهرک صنعتی هشتگرد در تابستان سال ۱۳۸۶ تهیه

از سویای اختصاص یافته برای استحصال روغن، به کنجاله تبدیل می‌شود و به مصرف خوراک دام و طیور می‌رسد (۲). ماهانه، بالغ بر ۱۵ تن شیر سویا در ایران تولید می‌شود که ضایعات حاصل از آن (اکارا) نیز عمدتاً به عنوان خوراک دام و طیور، مورد استفاده قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که به ازای هر کیلوگرم شیر سویا بیش از ۶۰۰ گرم اکارا تولید می‌شود (۳).

گیاه سویا دارای سه گونه است که گونه *Glycine max* بیش از بقیه کشت می‌شود. سه بخش عمده لوبیای سویا عبارتند از: پوست، لپه‌ها و جوانه که به ترتیب ۸، ۹۰ و ۲ درصد وزن دانه را تشکیل می‌دهند. ترکیبات عمده سویا پروتئین، روغن، کربوهیدرات و خاکستر است. ایزوفلاون‌ها ترکیبات دیگر موجود در سویا هستند که خواص مختلف تغذیه‌ای و درمانی دارند (۴، ۱).

اکارا به تفاله‌های نامحلولی گفته می‌شود که طی استخراج پروتئین سویا در فرایندهای تولید ایزوله پروتئین سویا، شیر سویا و توفو به دست می‌آید. یکی از محدودیت‌های استفاده از اکارا، رطوبت (حدود ۸۰٪) است که آن را مستعد فساد می‌کند. به همین دلیل، اکارا معمولاً به‌عنوان خوراک دام، مصرف می‌شود (۵). لازم به ذکر است که کربوهیدرات‌ها بخش قابل توجهی از ترکیب شیمیایی اکارا را تشکیل می‌دهند و تیمار قلیایی همراه با حرارت موجب متوکسیل‌زدایی (demethoxylation) گروه‌های کربوکسیل متیل استریفیه شده گالاکتورونیک اسید موجود در ترکیب اکارا می‌شود (۶).

پلی‌ساکاریدهای محلول سویا (soybean soluble polysaccharides) SSPS هستند که از لپه‌های دانه سویا تحت شرایط اسیدی و دمایی بالا استخراج می‌شوند (۷، ۵). محققان ژاپنی طی بررسی‌هایی موفق به استخراج SSPS از اکارای ایزوله‌ی پروتئین سویا شده‌اند (۸). این مواد، ساختاری مشابه پکتین دارند و در زمره پلی‌ساکاریدهای آنیونی به‌شمار می‌روند. توزیع وزن مولکولی با استفاده از HPLC نشان دهنده سه جزء با وزن‌های مولکولی ۵۰۰۰، ۲۵۰۰۰ و ۵۵۰۰۰۰ دالتون است. Nakamura و همکاران، قسمت اعظم ساختار شیمیایی پلی‌ساکاریدهای محلول سویا با وزن مولکولی ۵۵۰۰۰۰ را

به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شدند. عصاره حاصل توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شد. به منظور اطمینان از خروج کامل عصاره استخراجی به باقیمانده حاصل، هم حجم آن آب مقطر، افزوده شد. پس از مخلوط کردن، دوباره در ۸۰۰۰g و به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شد. این عصاره هم توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شد و بریکس آن توسط دستگاه رفاکتومتر (ATAGO DR-A1 مدل AD-13 ساخت ژاپن) اندازه گیری شد (۱۱، ۶).

روش محاسبه بازده استخراج از اکارای مرطوب: چون قسمت اعظم اکارای مرطوب را آب تشکیل می دهد، به منظور قابل مقایسه کردن بازده اکارای مرطوب با اکارای خشک، میزان ماده خشک اکارای مرطوب، برحسب ماده خشک اکارای خشک محاسبه شد. میانگین رطوبت اکارای مرطوب و اکارای خشک به ترتیب ۷۸٪ و ۴۲٪ در نظر گرفته شد. طبق محاسبات زیر، هر ۲۵۰ گرم اکارای مرطوب، معادل ۶۵/۵ گرم اکارای خشک بود. به عبارت دیگر، میزان اکارای مرطوب استفاده شده حدود ۲/۶ برابر میزان اکارای خشک مصرف شده بود. به همین دلیل، کلیه داده های مربوط به ماده خشک به دست آمده از استخراج انواع SSPS حاصل از اکارای مرطوب به عدد ۲/۶ تقسیم شد. برای محاسبه بازده استخراج، مقدار ماده خشک به دست آمده بر عدد ۶۵ تقسیم و در ۱۰۰ ضرب شد.

$$۱) ۷۸ - ۴۲ = ۷۳/۸$$

$$۲) ۱۰۰ - ۷۳/۸ = ۲۶/۲$$

$$۳) (۲۶/۲ \times ۲۵۰) \div ۱۰۰ = ۶۵/۵$$

$$۴) ۶۵/۵ \div ۲۵ = ۲/۶$$

آزمون های مربوط به اکارای خشک

آزمون های شیمیایی: برای اندازه گیری رطوبت، خاکستر، فیبر خام، چربی و پروتئین خام از روش های AOAC (۱۵) و برای تعیین مقدار کربوهیدرات محلول در آب از روش Deriaz استفاده شد (۱۶). برای این منظور، ابتدا کربوهیدرات های محلول توسط آب از بافت گیاهی استخراج شد (۱۷).

استخراج پلی ساکاریدهای محلول به منظور یافتن شرایط بهینه متوکسیل زدایی: مطابق جدول ۱ آب مقطر به نسبت های مختلفی به ۲۵ گرم از اکارای خشک اضافه شده

شد. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده (Analytical grade) در این پژوهش از شرکت Merck آلمان تهیه شد.

آزمون های مربوط به اکارای مرطوب

خشک کردن: برای افزایش مدت زمان نگهداری، اکارای مرطوب در گرمخانه EHRET (مدل TKL 4105 ساخت آلمان) در دمای $68 \pm 2^\circ C$ با پخش کردن به صورت تک لایه روی توری های فلزی، در مدت زمان 180 ± 15 دقیقه خشک شد. سپس توسط آسیای آزمایشگاهی (SANYO ساخت ژاپن) آسیاب شده و ذرات قابل عبور از الک با مش ۴۰ در بسته های نایلونی بسته بندی شد. بسته ها تا قبل از مصرف، در یخچال (دمای $5^\circ C$) نگهداری شدند. به منظور اندازه گیری درصد رطوبت اکارای مرطوب و خشک شده از روش AOAC استفاده شد (۱۵).

استخراج انواع SSPS با اعمال متوکسیل زدایی از اکارای

مرطوب: ابتدا شرایط بهینه متوکسیل زدایی تعیین شد. سپس سه نوع پلی ساکارید محلول سویا به این ترتیب استخراج شدند: حدود ۲۵۰ گرم اکارای مرطوب با ۶ برابر وزن خود، آب مخلوط شد و pH مخلوط توسط محلول هیدروکسید سدیم (۳ نرمال) به ۱۲ رسانده شد. برای تنظیم pH از pH متر (Metrohm مدل ۷۴۴ ساخت سوئیس) استفاده شد. سپس نمونه ها در بن ماری (Kottermann ساخت آلمان) به مدت یک ساعت تحت دمای $90^\circ C$ تیمار شدند. در مرحله بعد، نمونه ها توسط دستگاه سانتریفوژ (Kubota مدل ۶۹۰۰ ساخت ژاپن) در ۸۰۰۰g به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شدند و دو فاز از یکدیگر جدا شدند. به فاز جامد باقیمانده، آب مقطر، افزوده و هم زده شد (حجم آب مقطر به اندازه فاز جامد بود). برای استخراج انواع L و M، pH مخلوط با استفاده از اسید کلریدریک غلیظ (۳۷٪) به ترتیب به ۳ و ۴/۵ رسانده شد و سپس در اتوکلاو (۷۵ لیتری ریحان طب مدل F 2000 ساخت ایران) به مدت ۲ ساعت در دمای $121^\circ C$ قرار گرفت. در حالی که برای استخراج نوع H قبل از اتوکلاو کردن، pH به ۴/۵ رسانده شد و سپس نمونه ها در اتوکلاو (Astell مدل AMB 240 ساخت انگلستان) در دمای $130^\circ C$ به مدت ۳ ساعت قرار گرفتند. نمونه ها پس از خروج از اتوکلاو و رسیدن به دمای محیط، در ۸۰۰۰g

استفاده شده (۲۵ گرم) تقسیم و سپس در عدد ۱۰۰ ضرب شد.

آزمون‌های مربوط به عصاره استخراجی

خشک کردن عصاره: برای تعیین میزان ماده خشک حاصل از هر استخراج، پس از اندازه‌گیری حجم عصاره استخراجی و اندازه‌گیری بریکس آن، عصاره حاصل جهت تغلیظ به دستگاه تبخیرکننده چرخان، منتقل شد. عصاره جهت خشک کردن انجمادی با مایکروویو، درون کیسه‌های پلاستیکی در فریزر -18°C نگهداری شد. عصاره توسط دستگاه تبخیرکننده چرخان تحت خلأ (Heidolph مدل LR4001-Efficient) در دمای 55°C به مدت ۲ ساعت تغلیظ شد. عصاره تغلیظ شده، درون بالن پیرکس در فریزر (-18°C) منجمد و سپس توسط دستگاه مایکروویو تحت خلأ در شدت‌های ۵۰٪ و ۳۰٪ توان اسمی دستگاه خشک شد (۱۹، ۱۸). پس از خشک کردن، میزان ماده خشک استخراجی، توزین و به صورت مواد جامد کل گزارش شد.

روش خالص‌سازی پلی‌ساکاریدهای H و M: برای خالص‌سازی پلی‌ساکاریدهای H و M به عصاره‌های استخراجی از پلی‌ساکاریدهای L، M و H، حدود ۱ تا ۱/۵ برابر حجم آن‌ها اتانل ۹۹/۵٪ اضافه شد و به منظور تسریع عمل ترسیب، مدت ۱۰ دقیقه در 5000g سانتریفوژ شدند. فاز ترسیب شده به ترتیب با الکل ۸۰، ۹۰ و ۹۹/۵٪ و سپس استن شست‌وشو داده شد. به‌منظور تسریع در خروج رطوبت و کوتاه کردن زمان خشک شدن، پلی‌ساکاریدهای محلول با مقدار جزئی استن، مخلوط شده و در 8000g به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شد. سپس با استفاده از آن در دمای $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$ به مدت 15 ± 180 دقیقه خشک شد (۱۲، ۷).

آزمون‌های مربوط به پودر پلی‌ساکاریدهای محلول: برای اندازه‌گیری پروتئین و خاکستر پودر پلی‌ساکاریدهای H و M، طبق روش‌های AOAC عمل شد (۱۵). به‌منظور اندازه‌گیری قند کل از روش Dubois و همکاران استفاده شد (۲۰).

طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل آماری: با توجه به اهداف این تحقیق، از روش سطح پاسخ RSM و از طرح مرکب مرکزی CCD نوع طراحی مرکز وجه CCF با دو

و توسط محلول ۳ نرمال هیدروکسید سدیم، pH مخلوط به ۱۲ رسانده شد. سپس نمونه‌ها داخل بن‌ماری به مدت یک ساعت مطابق جدول ۱ تحت ترکیب دمایی قرار گرفتند. در مرحله بعد، نمونه‌ها توسط دستگاه سانتریفوژ در 5000g به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شدند. پس از جدا کردن دو فاز از یکدیگر، هم‌حجم فاز جامد به آن آب مقطر، اضافه شد و پس از هم‌زدن، pH مخلوط با کمک اسید کلریدریک غلیظ به ۵ رسانده شد. سپس برای استخراج همی سلولز، نمونه‌ها توسط اتوکلاو در دمای 121°C به مدت ۱ ساعت تیمار شدند. پس از خروج از اتوکلاو، دوباره نمونه‌ها توسط دستگاه سانتریفوژ در 5000g به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شدند و در آخرین مرحله، فاز مایع با کمک کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شد. سپس بریکس و حجم عصاره اندازه‌گیری شد (۶).

استخراج انواع SSPS با اعمال متوکسیل‌زدایی از اکارای خشک: استخراج انواع پلی‌ساکاریدهای محلول از اکارای خشک نیز مانند روش اشاره شده در استخراج از اکارای مرطوب با اعمال متوکسیل‌زدایی انجام شد. با این تفاوت که در این مرحله، از ۲۵ گرم اکارای خشک استفاده شد. در این روش نیز اکارای خشک با ۶ برابر وزنش آب، مخلوط شد و پس از رساندن pH به ۱۲، یک ساعت در دمای 90°C در حمام آب گرم حرارت داده شد. سپس در 8000g به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ و هم‌حجم فاز جامد به آن آب مقطر اضافه شد. سپس سه نوع SSPS مانند روش قبلی استخراج شدند.

استخراج انواع SSPS بدون متوکسیل‌زدایی: در این روش، مراحل افزودن سود، حرارت دادن در حمام آب گرم و سانتریفوژ کردن حذف شد. مقدار ۲۵ گرم اکارای خشک با ۱۵۰ ml آب مقطر مخلوط و ادامه روند مطابق روش قبلی انجام شد.

روش محاسبه بازده استخراج: به‌منظور محاسبه بازده استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول سویا و بازده استخراج پلی‌ساکاریدهای H و M میزان ماده خشک به‌دست آمده از استخراج یا مقدار پودر حاصل از خالص‌سازی پلی‌ساکاریدهای محلول H و M بر مقدار اکارای خشک

نمودارهای مربوط به روش سطح پاسخ از نرم‌افزار Sigma Plot 2000 استفاده شد.

• یافته‌ها

ترکیب شیمیایی اکارای شیر سویا: براساس آنالیزهایی که به منظور تعیین مقادیر ترکیبات موجود در اکارای مرطوب حاصل از شیر سویا صورت گرفت، رطوبت آن در حدود 78 ± 2 درصد به دست آمد. چون اکارا رطوبت بسیار زیادی دارد و مستعد فساد است، نخست اکارای مرطوب تهیه شده از کارخانه، توسط آون خشک شد و رطوبت آن به $4/2 \pm 0/2$ درصد رسانده شد. سپس، سایر ترکیبات موجود در اکارا اندازه‌گیری شد. مقادیر بر اساس وزن خشک در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، حاصل جمع ترکیبات ذکر شده، کم‌تر از ۱۰۰ است ($77/32 \pm 1/7$) احتمال داده می‌شود که $22/68 \pm 1/7$ درصد

از ترکیب شیمیایی اکارا مربوط به فیبر محلول باشد.

تأثیر دما و نسبت آب به اکارا بر میزان استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول سویا: با توجه به جدول ۳ با افزایش میزان مصرف آب، میزان مواد جامد کل عصاره، کاهش یافت و افزایش دما موجب افزایش میزان استخراج شد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیش‌ترین میزان مواد جامد کل در دمای 90°C و نسبت ۱:۶ آب به اکارا حاصل شد. با استفاده از روش آماری سطح پاسخ، معادله‌ی زیر به عنوان مدل رگرسیونی برای پیش‌بینی میزان مواد جامد کل به‌دست آمد که ارتباط تجربی بین میزان مواد جامد کل عصاره استخراجی و متغیرهای آزمایش به‌صورت کدگذاری شده را نشان می‌دهد.

$$Y = 3/8241 + 0/15X_1 - 0/4333X_2 + 0/2155X_1^2 + 0/0655X_2^2 + 0/05X_1X_2$$

متغیر مستقل برای مطالعه و تعیین ترکیب بهینه متغیرها استفاده شد. در این طراحی، X_1 (دما) و X_2 (نسبت آب به اکارا) متغیرهای مستقل بودند و متغیر وابسته مواد جامد کل استخراجی بود (جدول ۱).

جدول ۱- نمایش متغیرهای مستقل فرایند و مقادیر آن‌ها

سطوح	علائم		متغیرهای مستقل
	Coded	Uncoded	
+۱	۰	۱-	دما (درجه سانتی‌گراد)
۹۰	۷۵	۶۰	X_1
۱۰	۸	۶	X_2
			نسبت آب به اکارا (وزنی/وزنی)

تعداد نمونه‌های آزمایش مطابق جدول ۳ جمعاً ۱۳ مورد بود که در این میان ۵ آزمون مربوط به تکرار نقطه مرکزی بودند و همچنین نقاط برای تخمین خطای آزمایش استفاده شدند (۲۱). در کدگذاری متغیرها از رابطه زیر استفاده شد.

$$x_i = (X_i - \bar{X}_i) / dx_i$$

که X_i = مقدار بدون بعد متغیر مستقل فرایند، X_i مقدار واقعی متغیر مستقل فرایند، \bar{X}_i = مقدار واقعی متغیر مستقل در نقطه مرکزی و dx_i تغییر پله‌ای است. کدهای مشخص شده عبارتند از:

$$X_1 = (75 - \text{دما}) / 15 \quad \text{و} \quad X_2 = (8 - \text{نسبت آب به اکارا})$$

میانگین مواد جامد کل به‌دست آمده از ۲ مرتبه تکرار هر آزمایش به عنوان متغیر وابسته یا پاسخ (Y) و نتایج آزمون بر اساس معادله درجه دوم زیر تحلیل شد.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2$$

در این فرمول Y = پاسخ پیش‌بینی شده، β_0 = ضریب ثابت، β_1 و β_2 = اثرات خطی، β_{11} و β_{22} = اثر مربعات و β_{12} = اثر متقابل است (۱۸). به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، به دست آوردن ضرایب مدل و رسم

جدول ۲- میانگین ترکیبات عمده موجود در اکارای خشک حاصل از شیر سویا

نوع ترکیب	چربی	پروتئین	خاکستر	کربوهیدرات‌ها	کربوهیدرات‌ها
	فیبر خام	فیبر محلول	فیبر محلول		
درصد	$11/7 \pm 0/5$	$41/3 \pm 0/6$	$3/6 \pm 0/1$	$17/1 \pm 0/2$	$3/62 \pm 0/3$
					$22/68 \pm 1/7$

مطابق جدول ۴ میزان مواد جامد کل با تابع درجه اول نسبت آب به اکارا ($P < 0/0001$) و دما ($P < 0/01$) تعیین شد که تأثیر معناداری بر میزان مواد جامد کل عصاره داشت. به عبارت دیگر، با توجه به ضرایب به دست آمده، رابطه خطی و مستقیمی بین متغیرهای مستقل و مواد جامد کل برقرار بود: هر چه میزان متغیرهای مستقل، افزایش می‌یافت، میزان مواد جامد کل نیز افزایش می‌یافت. بررسی اثر مربعات نیز حاکی از آن بود که نسبت آب به اکارا به شکل تابع درجه دوم ($P < 0/01$) بر میزان مواد جامد کل اثر دارد. بنابراین، به نظر می‌رسد که از بین دو متغیر مستقل (دما و نسبت آب به اکارا) نسبت آب به اکارا در میزان پاسخ (مواد جامد کل) تأثیر بیشتری داشته باشد. نتایج نشان می‌دهد که اثر مربعات دما و اثر متقابل این دو متغیر مستقل بر میزان مواد جامد کل، معنادار نیست ($P > 0/05$).

جدول ۴- نمایش میزان معنادار بودن ضریب رگرسیون روی میزان مواد جامد کل استخراجی

ضریب	میزان ضریب	خطای استاندارد	t	P
β_0	۳/۸۲۴۱	۰/۰۳۹۱	۹۷/۸۹۵۳	<0/0001
β_1	۰/۱۵۰۰	۰/۰۳۸۴	۳/۹۰۵۵	۰/۰۰۵۹
β_2	-۰/۴۳۳۳	۰/۰۳۸۴	-۱۱/۲۸۲۷	<0/0001
β_{11}	۰/۲۱۵۵	۰/۰۴۷۰	۱/۰۶۳۰	۰/۳۲۳۱
β_{22}	۰/۰۶۵۵	۰/۰۵۶۶	۳/۸۰۷۲	۰/۰۰۶۷
β_{12}	۰/۰۵۰۰	۰/۰۵۶۶	۱/۱۵۷۴	۰/۲۸۵۱

در شکل ۱ تأثیر تغییر نسبت آب به اکارا و دمای استخراج بر میزان مواد جامد کل استخراجی توسط نمودار سطح پاسخ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، حداکثر مقدار مواد جامد کل در محدوده‌ی دمای 90°C و نسبت ۶ : ۱ (آب به اکارا) به دست آمد.

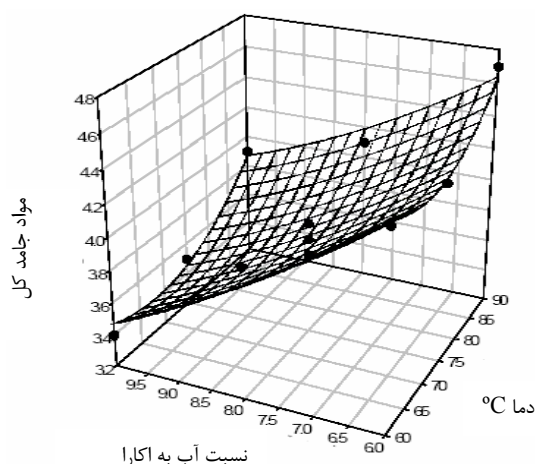
طبق جدول ۳ مقایسه مقادیر تجربی اندازه‌گیری شده (Y_0) با مقادیر پیش‌بینی شده (Y) تطابق این اعداد را نشان می‌دهند. این موضوع همبستگی بسیار خوب بین نتایج به دست آمده با روش تجربی و مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل با روش آماری را نشان می‌دهد. مطابق نتایج تجزیه‌ی واریانس (ANOVA) برای مواد جامد کل استخراج شده، مقدار P به دست آمده ($P < 0/0001$) نشان‌دهنده سطح بالای معنادار بودن دو متغیر مستقل به کار رفته بر میزان پاسخ حاصل (مواد جامد کل) است. مقدار عددی R و R^2 نیز حاکی از این موضوع است که مدل رگرسیون تا چه حد می‌تواند تعیین‌کننده انحراف داده‌ها باشد و هر چه R^2 به واحد نزدیک باشد، پاسخ به دست آمده از مدل تجربی، به اعداد واقعی نزدیک‌تر است (۲۲). بنابراین، با توجه به نزدیک بودن R^2 به ۱ ($R^2 = 0/95957$, $R = 0/97957$) می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که رابطه Y به خوبی توانسته است، ارتباط بین متغیرهای استخراج (دما و نسبت آب به اکارا) و مواد جامد کل عصاره استخراج شده را نشان دهد.

جدول ۳- نمایش طراحی آزمون‌ها براساس مدل طرح مرکب مرکزی با دو متغیر (دما و نسبت آب به اکارای خشک) به همراه نتایج (مواد جامد کل استخراجی) اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده

شماره آزمون	مقادیر متغیرها		نتایج آزمایش (Y_0)	نتایج پیش‌بینی شده (Y)
	X_1	X_2		
۱	-۱	۰	۴	۳/۹
۲	۰	-۱	۴/۳	۴/۳
۳	+۱	۰	۴/۱	۴/۲
۴	۰	۰	۳/۹	۳/۸
۵	۰	+۱	۳/۵	۳/۵
۶	۰	۰	۳/۸	۳/۸
۷	+۱	-۱	۴/۷	۴/۶
۸	۰	۰	۳/۹	۳/۸
۹	-۱	+۱	۳/۴	۳/۵
۱۰	+۱	+۱	۳/۹	۳/۹
۱۱	-۱	-۱	۴/۴	۴/۴
۱۲	۰	۰	۳/۸	۳/۸
۱۳	۰	۰	۳/۷	۳/۸

متوکسیل زدایی نشده بودند، بیشترین میزان مواد جامد کل و بازده استخراج به ترتیب نوع H، L و M به دست آمد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کمترین میزان بازده استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول در هر دو حالت (با و بدون متوکسیل زدایی) مربوط به نوع M بوده است.

متوکسیل زدایی موجب افزایش ماده خشک عصاره استخراجی در دو نوع L و M شد. این افزایش در نوع H جزئی بود. بیشترین ماده خشک کل استخراجی به نوع L متوکسیل زدایی شده تعلق داشت. میزان ماده خشک استخراجی پس از شست‌وشو حدود ۳۲-۱۷٪ ماده خشک استخراجی حاصل از عصاره اولیه بود (جدول ۵). این مقدار، چشمگیر به نظر می‌رسد و حاکی از آن است که شست‌وشوی انجام شده، توانسته موجب خارج شدن عصاره باقیمانده شود و بازده استخراج را افزایش دهد. ولی به علت مصرف آب زیاد و صرف هزینه و نیاز به تغلیظ کردن عصاره استخراجی، انجام این مرحله، چندان مقرون به صرفه نیست. همان‌گونه که در جدول ۵ دیده می‌شود، بیشترین بازده استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول سویا در مواردی که متوکسیل زدایی اعمال شده، به ترتیب مربوط به انواع H، L و M بوده است.



شکل ۱- نمایش نمودار سه بعدی سطح پاسخ مربوط به تاثیر تغییرات نسبت آب به اکارا (وزنی/وزنی) و دما (°C) بر میزان مواد جامد کل استخراج شده

تاثیر اعمال متوکسیل زدایی روی میزان مواد جامد کل عصاره استخراجی و بازده استخراج: جدول ۵ مقادیر ماده خشک عصاره استخراجی، ماده خشک استخراجی حاصل از شست‌وشو و کل ماده خشک استخراجی را نشان می‌دهد. مطابق داده‌های این جدول، در فرایند استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول از اکارای خشک با متوکسیل زدایی، میزان ماده خشک عصاره استخراجی و به دنبال آن، بازده استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول سویا در نوع L بیشترین و در نوع M کمترین مقدار بود. اما در عصاره‌هایی که

جدول ۵- مقایسه نتایج مربوط به تاثیر نوع اکارا (مرطوب و خشک) و انجام فرایند متوکسیل زدایی روی میزان ماده خشک استخراجی و بازده

استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول سویا

نوع اکارا		اکارای خشک			اکارای مرطوب			نوع پلی‌ساکارید	
بدون متوکسیل زدایی			با متوکسیل زدایی						
H	M	L	H	M	L	H	M	L	
۱۵/۱ ± ۰/۱۹	۱۱/۱ ± ۰/۳۳	۱۶/۴ ± ۰/۵۲	۶/۸ ± ۰/۲۴	۵/۷ ± ۰/۳۳	۶ ± ۰/۴۸	۶/۷ ± ۰/۱۸	۶/۴ ± ۰/۳۱	۸ ± ۰/۴۴	ماده خشک عصاره استخراجی (g)
۳/۶۵ ± ۰/۲۴	۵/۸۵ ± ۰/۲	۵/۷۶ ± ۰/۳۵	۱/۷ ± ۰/۱۸	۱ ± ۰/۱۶	۱/۹۲ ± ۰/۳۳	۲ ± ۰/۲۴	۱/۱ ± ۰/۱۱	۱/۶ ± ۰/۱۶	ماده خشک استخراجی پس از شست‌وشو (g)
۹/۴ ± ۰/۲۲	۸/۵ ± ۰/۲۷	۱۱/۱ ± ۰/۴۴	۴/۳ ± ۰/۲۱	۳/۴ ± ۰/۲۵	۴ ± ۰/۴	۴/۴ ± ۰/۲۱	۳/۸ ± ۰/۲۱	۴/۸ ± ۰/۳	کل ماده خشک استخراجی (g)
۲۸/۹ ± ۰/۷	۲۶/۲ ± ۰/۸	۳۴/۲ ± ۱/۳	۳۴ ± ۲/۱	۲۶/۸ ± ۲/۴	۳۱/۷ ± ۳/۲۶	۳۴/۸ ± ۲/۱	۳۰ ± ۲/۱	۳۸/۴ ± ۲/۴	بازده استخراج ماده خشک (%)
۱۲/۷۴ ± ۰/۳۷	۱۱/۸۳ ± ۰/۵۱	۶/۶۳ ± ۰/۸۵	۵/۸ ± ۰/۷	۷/۷ ± ۰/۴	۶/۴ ± ۱/۱	۵/۶ ± ۰/۲۶	۵/۲۱ ± ۰/۵۲	۴/۳۴ ± ۰/۶۲	وزن پودر کل پس از خالص‌سازی (g)
۱۹/۶ ± ۱/۴۸	۱۸/۲ ± ۲/۰۴	۱۰/۲ ± ۳/۴	۲۳/۲ ± ۲/۸	۳۰/۸ ± ۱/۶	۲۵/۶ ± ۴/۴	۲۲/۴ ± ۱/۰۴	۲۰/۸ ± ۲/۱۲	۱۷/۴ ± ۲/۴۴	بازده استخراج پودر پس از خالص‌سازی (%)

جدول ۶- ترکیب شیمیایی پودر پلی ساکاریدهای محلول سویای حاصل از اکارای خشک با و بدون متوکسیل زدایی

بدون متوکسیل زدایی			با متوکسیل زدایی			ترکیب شیمیایی
H	M	L	H	M	L	
۶۳/۴ ± ۰/۶۴	۶۲/۷ ± ۰/۷۸	۵۷/۸ ± ۱/۲۹	۶۸/۴۳ ± ۲/۳	۷۱/۴ ± ۱/۲	۷۳/۷ ± ۰/۸۲	قند کل (درصد)
۴/۳ ± ۰/۰۷	۴/۲ ± ۰/۱	۲/۲۶ ± ۰/۳۱	۸/۱۶ ± ۰/۱	۶/۷۴ ± ۰/۱۷	۲/۷۵ ± ۰/۲۳	خاکستر (درصد)
۳۲/۱ ± ۰/۶۷	۳۱/۷ ± ۱/۸	۳۷/۶ ± ۱/۲	۲۲/۸۲ ± ۰/۹۳	۲۰/۱ ± ۲/۳	۲۳/۴۵ ± ۱/۴	پروتئین (درصد)

ترکیب شیمیایی پودر پلی ساکاریدهای H و M: جدول ۶ مقادیر به قند کل، خاکستر و پروتئین موجود در پودر پلی ساکاریدهای محلول سویا را نشان می‌دهد. مقایسه قند کل سه نوع پودر پلی ساکارید استخراج شده (با متوکسیل زدایی) نشان دهنده یک سیر نزولی به ترتیب در انواع L، M و H بود. در حالی که در میزان قند کل پودرهای که متوکسیل زدایی روی آن‌ها انجام نشده بود، روند معکوسی مشاهده شد. نتایج نشان داد که در هر دو روش (استخراج با و بدون متوکسیل زدایی) کمترین و بیشترین میزان خاکستر در پودر پلی ساکاریدهای متوکسیل زدایی شده، نسبت به نوع متوکسیل زدایی نشده، بیش‌تر بود. در پودرهای حاصل از استخراج (با و بدون متوکسیل زدایی) بیشترین میزان پروتئین در نوع L و کمترین مقدار آن در نوع M مشاهده شد. در ضمن، مقدار پروتئین در پودرهای متوکسیل زدایی نشده، بیش‌تر بود.

• بحث

آنالیزهای انجام شده روی اکارا نشان داد که میزان پروتئین به‌نحو چشمگیری بیش از مقدار گزارش شده توسط Kronenberg و همکاران (۱۹۹۵) بود (۲۳). هم‌چنین، در مقایسه با اکارایی که Furuta و همکاران (۱۹۹۸) برای استخراج SSPS استفاده کرده بودند، میزان پروتئین و چربی، بسیار بیش‌تر و میزان کربوهیدرات، کم‌تر بود (۱۲). احتمالاً این عوامل می‌توانند در پایین بودن میزان استخراج نسبت به تحقیق مذکور مؤثر باشند. همان‌گونه که ذکر شد افزایش دما و کاهش میزان آب افزوده شده به اکارای خشک در مرحله متوکسیل زدایی، سبب افزایش میزان مواد جامد کل در عصاره استخراجی

تاثیر انجام عملیات خالص‌سازی روی میزان بازده استخراج پودر پلی ساکاریدهای محلول سویا: در پودرهایی که استخراج آن‌ها با متوکسیل زدایی همراه بود، بیشترین میزان پودر پلی ساکاریدهای با وزن مولکولی بالا و بازده استخراج، در نوع H و کمترین میزان آن‌ها در نوع L مشاهده شد (جدول ۵). به‌علاوه، میزان پودر پلی ساکاریدهای محلول نوع M و H تشابه زیادی داشتند. مقایسه میزان و بازده استخراج پودر پلی ساکاریدهای H و M در استخراج با و بدون متوکسیل زدایی نشان داد که مقدار پودر حاصل در حالت بدون متوکسیل زدایی، بیش‌تر است. هم‌چنین، در پودرهایی که متوکسیل زدایی قبل از استخراج، انجام نشده بود، بیشترین میزان پلی ساکاریدهای H و M و بازده استخراج در نوع M و کمترین آن‌ها در نوع H دیده شد. طبق بررسی حاضر، میانگین بازده استخراج پلی ساکاریدهای محلول حدود ۳۲/۶٪ برآورد شد.

تاثیر خشک کردن اکارا بر میزان استخراج پلی ساکاریدهای محلول سویا: میزان ماده خشک عصاره‌های استخراجی از اکارای مرطوب به ترتیب از نوع L، H به M کاهش یافت (جدول ۵) که در مقایسه با اکارای خشک متوکسیل زدایی شده، روند مشابهی را طی کرد. ولی مقایسه میزان ماده خشک عصاره‌های استخراجی، بازده استخراج پلی ساکاریدهای محلول سویا و پلی ساکاریدهای H و M در اکارای مرطوب و خشک (با متوکسیل زدایی) نشان داد که مقادیر ماده خشک و بازده استخراج در عصاره‌هایی که از اکارای خشک تهیه شده بودند، بیش‌تر بود.

شد. احتمالاً افزایش دما در این مرحله توانسته موجب شکستن پیوندها و سست شدن ساختار اکارا شود و همین موضوع در افزایش میزان استخراج، موثر بوده است. همچنین، افزایش میزان آب در مرحله متوکسیل زدایی باعث کاهش میزان استخراج شد. طبق قانون انتشار، هر چه اختلاف غلظت مواد بین دو سامانه، بیش تر باشد، انتشار مواد از سامانه غلیظ تر به سامانه با غلظت پایین تر، بیش تر خواهد بود. بنابراین، با افزایش میزان آب، اختلاف غلظت مواد محلول بین بافت اکارا و مایع اطراف آن نیز بیش تر شده و با افزایش میزان آب، مقدار مواد محلول بیش تری در اثر پدیده انتشار از بافت اکارا خارج و به فاز مایع منتقل شده است. از طرف دیگر، دور ریختن فاز مایع، پس از سانتریفوژ کردن در ادامه مرحله متوکسیل زدایی (که حاوی مقداری از مواد محلول در آب بوده) هم می تواند عامل موثری در کاهش میزان مواد جامد کل در عصاره نهایی باشد.

از آنجا که تفاوت روش استخراج انواع L و M مربوط به pH استخراج بود، می توان نتیجه گرفت که پس از متوکسیل زدایی، پایین بودن pH موجب افزایش بازده استخراج پلی ساکاریدهای محلول سویا شده است. دما و مدت زمان استخراج انواع H و M با یکدیگر متفاوت بود. به عبارت دیگر، در شرایط بدون متوکسیل زدایی افزایش دما و مدت زمان حرارت دهی موجب افزایش بازده استخراج پلی ساکاریدهای محلول سویا شد.

با توجه به یافته های بررسی حاضر، به نظر می رسد که شرایط مربوط به استخراج نوع L، فقط پلی ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی پایین را از ساختار اکارا خارج می کند و امکان استخراج برای پلی ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی متوسط و بالا، کم تر است. چون الکل سبب رسوب پلی ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی بالا می شود، طبیعی است که با افزودن آن نتوان مقدار قابل توجهی از پلی ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی بالا را استحصال کرد. همچنین، شرایط استخراج در انواع H و M

نیز مستعد استخراج شدن میزان زیادی از پلی ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی بالاست و نتیجه به دست آمده، دور از انتظار نبود (۱۲، ۱۰). پژوهش Furuta و همکاران (۱۹۹۸) نتایج بررسی حاضر را تأیید می کند (۱۲). احتمالاً طی روند متوکسیل زدایی pH قلیایی شرایط فرایند سبب می شود که پلی ساکاریدهای محلول سویا با وزن مولکولی بالا به مقدار کم تری استخراج شوند. از آنجا که روش استخراج به کار رفته در نوع H برای استخراج پلی ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی بالا مناسب است، دلیل پایین بودن میزان پودرها پس از خالص سازی را می توان این طور توجیه کرد که در استخراج بدون متوکسیل زدایی، پلی ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی بالا به مقدار بیش تر و با طول زنجیر بیش تری استخراج می شوند که در مورد نوع H نیز همین طور بوده و میزان اتانل مصرفی برای ترسیب پلی ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی بالا در این مورد، کافی نبوده است. بنابراین، در مواردی که متوکسیل زدایی انجام نشده بود، شرایط استخراج مربوط به نوع M حالت مطلوب تری برای دستیابی به حداکثر مقدار پودر پلی ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی بالاست. شاید به همین علت باشد که در پژوهش های گذشته برای استخراج پلی ساکاریدهای محلول سویا از شرایط دمایی و pH مشابه نوع M استفاده شده است (۷). Furuta و همکاران (۱۹۹۸) نیز گزارش کرده اند که بیش ترین مقدار استخراج پلی ساکاریدهای محلول سویا با وزن مولکولی بالا در دمای 120°C ، $\text{pH}=5$ و زمان $1/5$ و ۳ ساعت اتفاق می افتد که بی شباهت به روند استخراج نوع M نیست. میزان بازده استخراج پلی ساکاریدهای محلول سویا در این تحقیق حدود $12/7\%$ کم تر از بازده استخراج پلی ساکاریدهای محلول سویا از اکارای ایزوله پروتئین سویا بود (۸). دلیل این تفاوت را می توان به تفاوت بین ترکیبات اکارای شیر سویا و ایزوله پروتئین سویا نسبت داد.

و بدون متوکسیل زدایی) به ترتیب به انواع L، H و M اختصاص داشت و از این نظر، بین یافته‌های این پژوهش و مطالعه Nakamura و همکاران (۲۰۰۴) هم‌خوانی وجود دارد (۱۰).

با توجه به داده‌های پژوهش حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که اکارای حاصل از شیر سویا به‌عنوان ضایعات کارخانه‌های تولید فراورده‌های سویا منبع بسیار خوبی برای استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول سویا محسوب می‌شود و در ضمن، به کارگیری روش سطح پاسخ برای یافتن شرایط بهینه متوکسیل زدایی در بازده استخراج، روش موثری است.

بهترین شرایط استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی بالا با انجام متوکسیل زدایی، شرایط پلی‌ساکاریدهای نوع H و بدون متوکسیل زدایی، شرایط پلی‌ساکاریدهای نوع M بود. متوکسیل زدایی موجب افزایش ماده خشک عصاره و بازده استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول، کاهش بازده استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی بالا پس از خالص‌سازی، افزایش قند کل پودر حاصل از خالص‌سازی پلی‌ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی بالا و افزایش خاکستر آن شد. خشک کردن نیز موجب افزایش بازده استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول شد. احتمالاً طی سانتریفوژ کردن پس از متوکسیل زدایی، مقداری پروتئین، وارد فاز مایع شده و در نهایت، دور ریخته شده است. همین موضوع میزان پروتئین پودرهای متوکسیل زدایی شده را کاهش داده است.

سپاسگزاری

به این وسیله از مدیریت و کارشناسان محترم شرکت سویاسان برای در اختیار گذاشتن اکارای شیر سویا قدردانی می‌شود.

مطابق یافته‌های این بررسی، خشک کردن اکارا نه تنها موجب تغییر ماهیت اکارا نشد، بلکه به افزایش میزان استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول سویا نیز کمک کرد. طبق یافته‌های این بررسی در استخراج پلی‌ساکاریدها از اکارای مرطوب، میزان پودر پلی‌ساکاریدهای محلول با وزن مولکولی بالا و بازده استخراج آن‌ها در مقایسه با استخراج از اکارای خشک، کم‌تر بود.

یافته‌های بررسی حاضر نشان داد که انجام متوکسیل زدایی در میزان قند کل پودر پلی‌ساکاریدهای محلول سویا موثر بود و میزان قند کل را افزایش داده است. احتمالاً متوکسیل زدایی در شکسته شدن بیش‌تر قندهای مرکب و تولید قندهای ساده تأثیر داشته است که یک دلیل آن، مربوط به همان مواد اضافه شده (هیدروکسید سدیم) است که سبب افزایش خاکستر شده و دلیل دیگر به تغییر شرایط pH محیط و امکان ایجاد تغییر در ساختار اکارا مربوط می‌شود که در مرحله استخراج، مقدار خاکستر بیش‌تری از بافت اکارا خارج شده است.

همان‌گونه که در جدول ۶ دیده می‌شود، درصد قابل توجهی از ترکیب پودرهای پلی‌ساکاریدهای محلول سویا به قند کل و پروتئین مربوط است که مقایسه این داده‌ها با یافته‌های Nakamura و همکاران (۲۰۰۴) نشان می‌دهد، مقدار قند کل، کم‌تر و میزان پروتئین استخراج شده، بیش‌تر از مقدار گزارش شده توسط آن‌ها بوده است. احتمالاً دلیل این تفاوت، به بالا بودن میزان پروتئین اکارای مصرفی مربوط می‌شود (۱۰). طبق نتایج پژوهش حاضر، قندها قسمت اعظم وزن پودر پلی‌ساکاریدهای محلول سویا را به خود اختصاص می‌دهند که این نتیجه با گزارش Maeda (۲۰۰۰) مطابقت دارد. وی میزان خاکستر پودر پلی‌ساکاریدهای محلول سویا را ۸/۶ گزارش کرد که این میزان خاکستر با میزان خاکستر پودر پلی‌ساکاریدهای محلول نوع H متوکسیل زدایی شده مطابقت دارد (۵). بیش‌ترین میزان پروتئین استخراجی (با

• References

1. Ke Shun L. Soybeans: Chemistry, Technology and Utilization. New York: International Thomson Publishing; 1997.
2. Anon. Available at: <http://www.sanayenews.com>. Accessed: 10th June 2008.
3. Anon. Available at: <http://www.maxsoy.com>. Accessed: 10th June 2008.
4. Lo G. Nutritional and physical properties of dietary fiber from soybeans. *Cereal Foods World*, 1989; 34: 439- 443.
5. Maeda H. Soluble soybean polysaccharide. In: Phillips GO and Williams PA, (editors). *Handbook of hydrocolloids*. USA: CRC Press; 2000. pp 309-319.
6. Maeda H, Furuta H, Yoshida R, Takahashi T, Sato Y, Hisakawa M, Teranishi S. Water-soluble polysaccharide and a process for producing the same. US Patent Application 647558, 1998.
7. Nakamura A, Furuta H, Maeda H, Nagamatsu Y, Yoshimoto A. Analysis of structural components and molecular construction of soybean soluble polysaccharides by stepwise enzymatic degradation. *Biosci, Biotech, Biochem*, 2001; 65(10): 2249-2258.
8. Furuta H, Maeda H. Rheological properties of water-soluble soybean polysaccharides extracted under weak acidic conditions. *Food Hydrocoll*. 1999; 13(3): 267-274.
9. Nakamura A, Yoshida R, Maeda H, Corredig M. The stabilizing behaviour of soybean soluble polysaccharide and pectin in acidified milk beverages. *Intl Dairy J*, 2006; 16: 361-369.
10. Nakamura A, Takahashi T, Yoshida R, Maeda H, Corredig M. Emulsifying properties of soybean soluble polysaccharide. *Food Hydrocoll*, 2004; 18(5): 795-803.
11. Furuta H, Nakamura A, Ashida H, Asano H, Maeda H, Mori T. Properties of rice cooked with commercial water-soluble soybean polysaccharides extracted under weakly acidic conditions from soybean cotyledons. *Biosci, Biotech, Biochem*, 2003; 67(4): 677- 683.
12. Furuta H, Takahashi T, Tobe J, Kiwata R, Maeda H. Extraction of water-soluble soybean polysaccharides extracted under acidic conditions. *Biosci, Biotech, and Biochem*, 1998; 62(12): 2300-2305.
13. Kawamura S, Narasaki T. Study on carbohydrates of soybean: Component sugars of fractionated polysaccharides, especially identification of fucose in some hemicelluloses. *Agric Biolog Chem*, 1961; 25: 527-531.
14. Takahashi T, Tobe J. Oil-in-water emulsified composition. US Patent Application 0065564-A1, 2007.
15. William H. *Official Methods of Analysis of AOAC*. 17th ed. Washington DC: Association of Analytical Chemists, 2002.
16. Deriaz RE. Routine analysis of carbohydrates and lignin in herbage. *J Sci Food Agric*, 1961; 12: 152-159.
17. Thomas TA. An automated procedure for the determination of soluble carbohydrate in herbage. *J Sci of Food and Agric*, 1977; 28: 639-642.
۱۸. عباسی س، فرزانه مهر ح. بهینه‌سازی شرایط استخراج اینولین از کنگر با و بدون اعمال فراصوت به کمک روش سطح پاسخ. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان*. ۱۳۸۷. زیر چاپ.
19. Abbasi S, Azari S. Novel freeze drying of onion slices using microwaves. *Proceedings of 5th International Congress on Food Technology, Vol 1. Thessaloniki-Greece: Hellenic Association of Food Technologists, March 2007; 54-61.*
20. Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Calorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem*, 1956; 28: 350-356.
21. George E, Box P, Draper NR. *Empirical model-building and response surfaces*. New York: John Wiley; 1987.
22. Kronenberg HJ, Hang YD. Biochemical changes in Okara during metauza fermentation. *Nutr Reports Intl*, 1984; 30: 439- 443.
23. Lee WC, Yusof S, Hamid NSA, Baharin BS. Optimizing conditions for hot water extraction of banana juice using response surface methodology (RSM). *J Food Eng*, 2006; 75: 473- 479.

