

## بهینه‌سازی استخراج سلولز از خمیر چغندر قند Optimization of cellulose extraction from sugar beet pulp

بابک بابائی<sup>۱\*</sup>، محمد عبداللهیان نوقابی<sup>۲</sup>، حمید نوشاد<sup>۱</sup> و سعید واحدی<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۴

ب. بابائی، م. عبداللهیان نوقابی، ح. نوشاد و س. واحدی. ۱۳۹۰. بهینه‌سازی استخراج سلولز از خمیر چغندر قند. مجله چغندر قند ۲۷(۲): ۲۱۰-۱۹۷

### چکیده

سلولز یکی از مواد اولیه مورد نیاز صنایع می‌باشد که به‌طور وسیع در تهیه رنگ‌ها، کاغذ، نساجی، کشاورزی، محصولات آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد. تفاله و مازاد خمیر چغندر قند در مرحله عیارسنجی یکی از منابع سلولز به‌شمار می‌آید. این طرح با هدف بررسی امکان تولید سلولز از تفاله یا مازاد خمیر چغندر قند در مرحله عیارسنجی به‌صورت آزمایش فاکتوریل (۳×۳×۲) بر پایه طرح کورت‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. به این منظور ابتدا مازاد خمیر چغندر قند نمونه‌های عیارسنجی شده جمع‌آوری، شسته، خشک و آسیاب شد. سپس نمونه آسیاب شده توسط اسید کلریدریک ۶/۰+ نرمال در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت هیدرولیز و با آب در دمای ۷۰+ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت مخلوط گردید تا پکتین و ترکیبات پکتینی موجود به‌صورت محلول از مخلوط جدا شدند. باقی‌مانده تفاله در این مرحله را پس از شستشو و خشک کردن به نسبت یک گرم تفاله و ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول سود در سه سطح با غلظت ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد (w/v)، در سه مدت زمان تأثیر سود شامل هشت، ۱۰ و ۱۲ ساعت و دمای تأثیر سود در دو سطح ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد تیمار گردیدند تا پلی‌ساکاریدهای محلول در محیط قلیایی از سلولز جدا شوند. صفات اندازه‌گیری شده در این تحقیق شامل خلوص نسبی، ویسکوزیته و جرم ملکولی سلولز استخراجی بودند. نتایج نشان داد اثر غلظت سود و مدت هم‌زدن و اثر متقابل این دو عامل بر صفت خلوص نسبی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. به‌علاوه مشخص گردید که بین تیمارهای مورد بررسی سلولز استخراج شده توسط تیمار سود و غلظت پنج درصد در مدت هم‌زدن ۱۲ ساعت و دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری از شرایط کیفی بهتری برخوردار است به‌طوری که میانگین صفات خلوص نسبی ۹۵/۲ درصد، ویسکوزیته ۱۵/۹ میلی‌پاسکال در ثانیه و جرم ملکولی ۲۵۵۰۰۰ گرم بر مول به‌دست آمد که از سایر تیمارهای مورد بررسی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. بنابراین با این روش می‌توان سلولزی با خلوص نسبی ۹۵/۲ درصد از تفاله چغندر قند به‌دست آورد.

واژه‌های کلیدی: استخراج، تفاله چغندر قند، خلوص نسبی، سلولز، مازاد خمیر عیارسنجی، ویسکوزیته

## مقدمه

رفراکتومتر تفریقی و نشان گر نور لیزر با زاویه کم دارد (Hirrin et al. 1996; Kennedy et al. 1995; Pang and Rudin 1992; Sun et al. 2001).

تفاله چغندر قند یکی از محصولات فرعی کارخانه های قند است حدود چهار الی پنج درصد وزن تر ریشه چغندر قند را تفاله تشکیل می دهد (VanderPoel et al. 1998). مقدار سلولز تفاله چغندر قند بین ۲۲ تا ۳۰ درصد متغیر می باشد (Coughlan et al. 1985). تفاله خشک چغندر قند دارای ۱/۱ چربی، ۸/۹۲ پروتئین، ۳/۷۲ خاکستر و ۸۶/۲۶ درصد پلی ساکاریدها است (Togrul and Arsalan 2003, Finkenstadt and Willet 2007). پلی ساکاریدهای موجود در تفاله چغندر قند شامل سلولز، همی سلولز و مواد پکتیک می باشند (Poor sead and Sajadi 1985). پکتین و ترکیبات پکتینی به روش اسیدی قابل استخراج هستند (Fishman et al. 2008). همی سلولز محلول در محیط قلیایی بوده و با کمترین مقدار پکتین به روش قلیایی استخراج می شود (Sun and Hughes 1999) بخش سلولزی در آب و در محلول های یک درصد اسیدی و قلیایی غیر قابل حل است ولی در محلول سود ۱۰ درصد و محلول شوایتزر (محلول سولفات مس آمونیاکی) حل می شود (Kamide 2005). همی سلولز علاوه بر حلالیت در محلول های یک درصد اسیدی به کمک حرارت در آب داغ نیز حل می شود (Poor sead and Sajadi 1985).

سلولز پلیمری است طبیعی با وزن ملکولی بالا، متشکل از زنجیره های D – گلوکز که با پیوندهای بتا ۱-۴ گلوکوزیدی به هم متصل شده اند (Krik and Othmer 1967). این پلیمر در اسکلت یا ساختار محافظ گیاهان دیده می شود و فراوان ترین ماده آلی بر روی کره زمین می باشد (Lynd et al. 2002). سلولز دارای ویژگی های متنوعی است که از جمله آن ها می توان به کشش بالا، قابلیت جذب آب بدون نشان دادن رطوبت و جذب گرما اشاره کرد. این ویژگی ها موجب شده تا از سلولز در ساخت رنگ، پارچه، کاغذ به طور مستقیم و به صورت مشتقات آن در پزشکی (سلولز استات فتالات)، صنایع نظامی (نیترو سلولز)، تولید سلفون، نوشابه های انرژی زا، قند مصنوعی، الکل و غیره استفاده نمایند (Alexandridis 2009). درصد سلولز در محصولات کشاورزی متفاوت است به طوری که سلولز در سبزیجات ۳۳، کتان ۹۰ و در چوب ۵۰ درصد است (Alexandridis 2009). به طور معمول سلولز از خمیر چوب، الیاف کوتاه و چسبیده پنبه، تفاله سویا، ساقه نیشکر، تفاله چغندر قند و ... به دست می آید. به دلایل اقتصادی کاربردهای سلولز استخراج شده از منابع مختلف یکسان نیست به طور مثال در تهیه کاغذ از سلولز چوب استفاده می شود (Franz and Blaschek 1990). سلولز استخراج شده از تفاله چغندر قند کاربردهای فراوانی در کروماتوگرافی غربال ملکولی، ژل کروماتوگرافی،

## مواد و روش‌ها

این تحقیق جهت استخراج سلولز از خمیر چغندر قند به صورت آزمایش فاکتوریل (۳×۳×۲) بر پایه طرح کرت‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. غلظت‌های سود در سه سطح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد (Kamide 2005)، مدت زمان تأثیر سود بر تفاله در سه سطح ۸، ۱۰ و ۱۲ ساعت و دمای تأثیر سود بر تفاله در دو سطح ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد بود (Togrul and Arsalan 2003). در این تحقیق ابتدا پکتین موجود در تفاله خشک حاصل از خمیر چغندر قند به روش پیش هیدرولیز اسیدی جدا شد (Ferdinand and Babaei and Hosseinkhah 2006; Steven 1991; Dinand et al. 1999). سپس پلی‌ساکاریدهای محلول در محیط قلیایی جدا شدند تا سلولز بدست آید. به این منظور ابتدا مازاد خمیر چغندر قند در مرحله عیارسنجی که دارای بافت نرم و هموژن هستند، جمع‌آوری گردید. برای حذف قندها، مواد معدنی و آلی موجود در آن، چهار بار و هر بار با ۱۰ برابر وزن خمیر، آب داغ (درجه حرارت ۸۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد) به خمیر اضافه و به مدت سه دقیقه مخلوط شدند (Sheikholaslami 1997). با شستشوی خمیر و حذف مواد محلول در آب، تفاله به دست آمد. تفاله به مدت ۱۶ ساعت در ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد خشک (Lescure 1998) و با مش ۵۰ آسیاب شد (Togrul and Arsalan 2003). برای تعیین کیفیت تفاله به دست آمده در این مرحله صفات پروتئین (۶/۲۵ ×

تاکنون روش‌های متعددی جهت استخراج سلولز از تفاله چغندر قند به کار گرفته شده است که از جمله می‌توان به استخراج سلولز توسط سود سوزآور بعد از استخراج پکتین اشاره کرد (Togrul and Arsalan 2003; Fishman et al. 2008).

طیف اشعه X، کربن NMR و طیف مادون قرمز روش‌های مناسب برای تعیین ساختمان سلولز است (Zugenmaier 2008). از بین روش‌های مذکور براساس امکانات موجود طیف مادون قرمز برای شناسایی گروه‌های عاملی سلولز استخراج شده استفاده شد (Togrul and Arsalan 2003).

آمار منتشره توسط انجمن صنفی کارخانجات قند و شکر کشور نشان می‌دهد که مقدار تفاله تولیدی در کارخانه‌های قند کشور در سال ۱۳۸۸ حدود ۱۳۱۲۶۶ تن به ازای چهار میلیون تن چغندر قند مصرفی گزارش شده است (Unknown 2009). تفاله چغندر قند عموماً جهت خوراک دام مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ashraf 2009). از طرفی طبق آمار مرکز تجارت جهانی در سال ۲۰۰۹ میزان واردات مواد سلولزی برای کشور ایران حدود ۲/۲ میلیون دلار گزارش شده است (Unknown 2009). بنابراین در این تحقیق با توجه به قیمت مناسب و فراهم بودن تفاله در کارخانه‌های قند امکان استفاده از تفاله چغندر قند به عنوان منبع مناسبی جهت استخراج سلولز مورد بررسی قرار گرفت.

۷/۵ درصد با زمان هم‌زدن در سه سطح ۸، ۱۰ و ۱۲ ساعت و دمای هم‌زدن در دو سطح ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد، مخلوط شدند (Togrul and Arsalan 2003). انتخاب تیمارهای سود با توجه به حلالیت سلولز در محلول ۱۰ درصد سود انتخاب شد و در مدت زمان هم‌زدن سود با تفاله برای جلوگیری از اکسایش به مخلوط سولفیت سدیم اضافه شد تا غلظت آن در مخلوط یک درصد شود (Dinand et al. 1999b). پس از انجام عملیات هم‌زدن آن بخش از تفاله که در محلول سود حل نشد سلولز استخراجی نام گرفت و بخش حل شده پلی‌ساکاریدهای محلول بودند (Fishman et al. 2009). سلولز استخراجی پس از جداسازی شستشو، و در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۶ ساعت خشک و توزین شد (Lescure 1998). صفات اندازه‌گیری شده در این مرحله شامل طیف مادون قرمز، ویسکوزیته و جرم ملکولی سلولز استخراجی بود (Togrul and Arsalan 2003). برای تعیین خلوص نسبی سلولز استخراجی، سطح زیر نمودار طیف مادون قرمز تمامی نمونه‌های سلولز استخراجی با طیف مادون قرمز سلولز خالص شرکت مرک آلمان با شماره ۳۲۳۰ توسط نرم‌افزار دستگاه (Fourier transform infrared FTIR spectroscopy) مقایسه گردید. برای اندازه‌گیری

نیتروژن کل) به روش کج‌لدال (Kjeldhal Method)، چربی توسط دی‌اتیل‌اتر به‌روش گراویمتری و خاکستر با سوزاندن نمونه در ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌روش گراویمتری در سه تکرار اندازه‌گیری و بر حسب درصد گزارش شدند (Hossieni 1990 ; Faithfull 2002). تعیین کل پلی‌ساکاریدهای تفاله با جمع کردن مقدار پروتئین، چربی و خاکستر و کم کردن از ۱۰۰ به‌دست آمد (Togrul and Arsalan 2003, Finkenstadt and Willet 2007).

برای جداسازی پکتین از تفاله، یک قسمت تفاله خشک شده را با ۲/۵ قسمت اسید کلریدریک ۰/۶ نرمال مخلوط و به‌مدت ۴۸ ساعت در درجه حرارت ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا تفاله هیدرولیز شود و برای غیرفعال کردن آنزیم پکتیناز ۱۰ برابر وزن تفاله هیدرولیز شده آب به آن اضافه و به مدت یک ساعت در درجه حرارت ۸۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد هم زده شد و مخلوط حاصله صاف گردید (Ferdinand and Steven 1991). محلول زیر صافی حاوی پکتین و تفاله باقی‌مانده حاوی سلولز و پلی‌ساکاریدهای محلول در محیط قلیایی بود که در دمای ۱۰۳ درجه سلسیوس به مدت ۱۶ ساعت خشک گردید (Lescure 1998). در این مرحله تفاله باقی‌مانده به نسبت یک گرم تفاله ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول سود در سه سطح ۲/۵، ۵ و

بررسی نتایج تجزیه واریانس در جدول ۱ نشان می‌دهد که اثر غلظت سود بر سلولز، سلولز محاسبه شده، ویسکوزیته محلول سلولز و جرم ملکولی سلولز در سطح یک درصد و بر صفت خلوص نسبی در سطح پنج درصد معنی‌دار است. اثر مدت همزدن بر صفات ویسکوزیته و جرم ملکولی سلولز در سطح یک درصد و بر صفت خلوص نسبی در سطح پنج درصد و اثر دمای همزدن بر صفات سلولز، سلولز محاسبه شده، ویسکوزیته محلول سلولز و جرم ملکولی سلولز در سطح یک درصد معنی‌دار بود. تأثیر متقابل دو تیمار غلظت سود و مدت همزدن بر صفات ویسکوزیته محلول سلولز و جرم ملکولی سلولز در سطح یک درصد و بر صفت خلوص نسبی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل دو تیمار مدت و دمای همزدن بر صفات سلولز، سلولز محاسبه شده و دانسیته محلول سلولز در سطح یک درصد و اثر متقابل دو تیمار غلظت سود و دمای همزدن بر صفت سلولز و سلولز محاسبه شده در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل سه تیمار غلظت سود، مدت و دمای همزدن بر صفات سلولز، سلولز محاسبه شده نسبت به شاهد، ویسکوزیته محلول سلولز و جرم ملکولی سلولز در سطح پنج درصد معنی‌دار بود.

صفت ویسکوزیته از سلولز استخراجی محلول ۲/۵ گرم بر لیتر تهیه شد (Kamide 2005) و توسط ویسکومتر بروکفیلد (Brokfeild) با اسپیندل شماره ۲ در دمای ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت گردش اسپیندل در محلول ۱۱۰ دور در دقیقه ویسکومتری شد. تعیین جرم ملکولی سلولز از رابطه  $\eta_i = 2.313 \times 10^{-6} (M_w,ave) 0.7665$  استفاده شد. به طوری که  $\eta_i$  ویسکوزیته کاهش یافته و  $M_{w,ave}$  متوسط جرم ملکولی سلولز بود (Togrul and Arsalan 2003).

## نتایج

تجزیه تفاله خشک حاصل از خمیر چغندرقد قبل از اعمال تیمارها نشان داد که مقدار چربی ۰/۷۳، پروتئین ۹/۰۸، خاکستر ۵/۳۱ و پلی‌ساکاریدها ۸۴/۸۸ درصد بود. مقایسه این نتایج با نتایج اعلام شده توسط توگرل و ارسلان (2003) نشان می‌دهد که میانگین درصد خاکستر تفاله چغندرقد مورد آزمایش ۱/۵۹ درصد بیشتر و درصد پلی‌ساکاریدهای موجود آن ۱/۳۸ درصد کمتر است (Togrul and Arsalan 2003). این نتایج با نتایج ارائه شده توسط فینکنشتات و ویلت نیز مطابقت دارد (Finkenstadt and willet 2007).

جدول ۱ تجزیه واریانس اثر تیمارهای غلظت سود، مدت و دمای هم زدن بر برخی از صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		سلولز	سلولز محاسبه شده نسبت به شاهد	ویسکوزیته محلول سلولز	جرم ملکولی سلولز
غلظت سود	۲	۱۷۷ **	۶۳ **	۰/۱۷ **	۱/۴۲ **
مدت همزدن	۲	۱/۶ ns	۱/۳ ns	۰/۲۱ **	۱/۶۸ **
دمای همزدن	۱	۸۰ **	۶۱ **	۰/۱۸ **	۱/۴۸ **
غلظت سود × مدت همزدن	۴	۱/۵۶ ns	۱/۸ ns	۰/۰۹ **	۷/۶ **
مدت × دمای همزدن	۲	۵/۹۱ **	۶/۱ *	۰/۰۴ ns	۰/۳۲ ns
غلظت سود × دمای همزدن	۲	۱۰/۰۴ **	۹/۷۰ **	۰/۰۲ ns	۰/۱۵ ns
غلظت سود × مدت × دمای همزدن	۴	۲/۵۵ *	۴/۱۱ *	۰/۰۷ *	۵/۵ *
میانگین مربعات خطا	۳۶	۰/۷۸	۱/۱۶	۰/۰۱۸	۰/۱۶
درصد ضریب تغییرات (CV)		۳/۶	۲/۵۲	۰/۸	۱۹/۹۱

ns ، \* ، \*\* ، به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

اثر مدت هم‌زدن نیز نشان از افزایش معنی‌دار خلوص نسبی سلولز از هشت به ۱۰ ساعت بود ولی بین دو مدت هم‌زدن ۱۰ و ۱۲ ساعت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین با توجه به نتایج، مناسبترین خلوص نسبی سلولز با اطمینان معنی‌دار آماری مربوط به تیمار سود با غلظت پنج درصد و مدت هم‌زدن ۱۰ و ۱۲ ساعت است.

بررسی میانگین اثر متقابل دو عامل غلظت سود و مدت هم‌زدن در جدول ۲ نشان داد که افزایش غلظت سود از ۲/۵ به پنج درصد موجب افزایش معنی‌دار خلوص نسبی است به طوری که بیشترین مقدار خلوص نسبی به‌طور معنی‌داری مربوط به تیمار سود پنج درصد است ولی این افزایش برای غلظت ۷/۵ درصد معنی‌دار نبود.

جدول ۲ گروه‌بندی میانگین‌های اثر متقابل دو عامل غلظت سود و مدت هم‌زدن بر صفت خلوص نسبی

میانگین	مدت هم‌زدن (ساعت)			غلظت سود (درصد)
	۱۲	۱۰	۸	
۰/۹۳۴ b	۰/۹۳۲ dc	۰/۹۳۷ bdc	۰/۹۳۲ dc	۲/۵
۰/۹۴۳ a	۰/۹۵۲ a	۰/۹۴۸ ab	۰/۹۲۷ d	۵
۰/۹۴۱ ab	۰/۹۴۴ abc	۰/۹۳۸ a-d	۰/۹۳۹ a-d	۷/۵
	۰/۹۴۳ a	۰/۹۴۱ a	۰/۹۳۳ b	میانگین

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون و ردیف بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

بررسی میانگین اثر متقابل سه عامل غلظت، مدت هم‌زدن و دما در جدول ۳ برای صفات سلولز استخراجی و سلولز محاسبه شده نشان داد که با افزایش غلظت سود از ۲/۵ به ۵ و ۷/۵ درصد برای هر سه زمان ۸، ۱۰ و ۱۲ ساعت و دو دمای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد موجب کاهش سلولز استخراجی و سلولز محاسبه شده بود. به طوری که بیشترین مقدار سلولز استخراجی با ۲۹/۹۸ درصد مربوط به تیمار ۲/۵ درصد سود با هشت ساعت هم‌زدن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار با ۲۰/۹۳ درصد مربوط به تیمار ۷/۵ درصد سود با ۱۲ ساعت هم‌زدن در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد بود. در خصوص صفات ویسکوزیته و جرم ملکولی افزایش غلظت سود از ۲/۵ تا ۵ درصد موجب افزایش این دو صفت بود ولی افزایش سود برای غلظت ۷/۵ درصد موجب کاهش معنی‌دار صفات ویسکوزیته و جرم ملکولی نبود.

بررسی اثر تیمار مدت هم‌زدن محلول‌های سود و تفاله نشان داد که برای یک غلظت سود و در یک دما با افزایش مدت هم‌زدن از ۸ به ۱۰ و ۱۲ ساعت مقدار صفات سلولز و سلولز محاسبه شده کاهش معنی‌دار نشان

نداد. در خصوص صفات ویسکوزیته و جرم ملکولی افزایش مدت هم‌زدن برای تیمار سود با غلظت ۲/۵ درصد برای هر دو دمای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد موجب افزایش معنی‌دار بود ولی برای سود با غلظت پنج درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. افزایش غلظت سود تا ۷/۵ درصد موجب کاهش معنی‌دار دو صفت ویسکوزیته و جرم ملکولی بود.

بررسی دمای استخراج سلولز نشان داد که افزایش دمای هم‌زدن از ۲۵ به ۴۵ درجه سانتی‌گراد برای سه غلظت ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد سود برای هشت ساعت هم‌زدن موجب کاهش معنی‌دار مقدار سلولز استخراجی و سلولز محاسبه شده بود و این روند با افزایش مدت هم‌زدن تا ۱۰ ساعت برای دو غلظت ۲/۵ و پنج درصد سود ادامه داشت ولی برای ۱۲ ساعت هم‌زدن برای هر سه غلظت سود ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد افزایش دما موجب کاهش معنی‌دار صفات سلولز استخراجی و سلولز محاسبه شده نبود. در خصوص صفات ویسکوزیته و جرم ملکولی افزایش دما برای یک غلظت سود و سه زمان هم‌زدن اختلاف معنی‌داری نشان نداد.

جدول ۳ گروه‌بندی میانگین‌های اثر متقابل سه عامل غلظت، مدت هم‌زدن و دما بر برخی از صفات اندازه‌گیری شده

جرم ملکولی (گرم بر مول)	صفات			تیمارها		
	ویسکوزیته محلول سلولز در سود ۱۰ درصد (میلی پاسکال ثانیه)	سلولز محاسبه شده نسبت به شاهد (درصد)	سلولز (درصد)	دما (ساتی‌گراد)	مدت هم‌زدن (ساعت)	غلظت سود (درصد)
۱۴۰۷۰۷ b	۱۵/۵ b	۳۴/۲۲ a	۲۹/۹۸a	۲۵	۸	۲/۵
۱۴۰۷۰۷ b	۱۵/۵b	۳۴/۱۰ a	۲۹/۰۵ab	۲۵	۱۰	۲/۵
۲۵۵۰۳۵ a	۱۵/۹a	۳۴/۱۰ a	۲۸/۴۴bc	۲۵	۱۲	۲/۵
۱۴۰۷۰۷ b	۱۵/۵b	۳۱/۹۲ bc	۲۶/۴۲de	۴۵	۸	۲/۵
۲۵۵۰۳۵ a	۱۵/۹a	۲۹/۸۳ def	۲۴/۴fg	۴۵	۱۰	۲/۵
۲۵۵۰۳۵ a	۱۵/۹a	۳۱/۰۵ cd	۲۵/۳۰ef	۴۵	۱۲	۲/۵
۱۷۸۸۱۶ ab	۱۵/۶ab	۳۳/۲۸ ab	۲۷/۳۵cd	۲۵	۸	۵
۲۵۵۰۳۵ a	۱۵/۹a	۳۱/۲۷ cd	۲۵/۵۷ef	۲۵	۱۰	۵
۱۷۸۸۱۶ ab	۱۵/۶ab	۳۰/۶۶ cde	۲۴/۴۰fg	۲۵	۱۲	۵
۲۵۵۰۳۵ a	۱۵/۹a	۲۸/۲۹ fg	۲۲/۲۰hi	۴۵	۸	۵
۲۵۵۰۳۵ a	۱۵/۹a	۲۸/۲۷ fg	۲۳/۰۷hg	۴۵	۱۰	۵
۲۵۵۰۳۵ a	۱۵/۹a	۳۰/۴۸ cde	۲۳/۹۶fg	۴۵	۱۲	۵
۱۴۰۷۰۷ b	۱۵/۵b	۲۹/۴۳ def	۲۱/۸hi	۲۵	۸	۷/۵
۱۷۸۸۱۶ bc	۱۵/۶ab	۲۸/۸۲ efg	۲۱/۲۱ij	۲۵	۱۰	۷/۵
۱۷۸۸۱۶ ab	۱۵/۶ab	۲۸/۸۸ efg	۲۱/۲۵ij	۲۵	۱۲	۷/۵
۱۴۰۷۰۷ b	۱۵/۵b	۲۷/۰۶ g	۱۹/۷۶.j	۴۵	۸	۷/۵
۲۵۵۰۳۵ a	۱۵/۹a	۲۹/۲۹ def	۲۱/۱۰ij	۴۵	۱۰	۷/۵
۱۴۰۷۰۷ b	۱۵/۵b	۲۹/۳۹ def	۲۰/۹۳ij	۴۵	۱۲	۷/۵

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

## بحث

(1999). از طرفی انتخاب غلظت مناسب سود باید

به گونه‌ای باشد تا کمترین مقدار سلولز در

محلول سود حل شود زیرا محلول سود ۱۰

درصد توانایی انحلال ۹۰ درصد سلولز را دارد

(Kamide 2005). اختلاف دو ستون سلولز

به‌دست آمده و سلولز محاسبه شده نسبت به شاهد

همان‌طوری که نتایج نشان داد افزایش

غلظت سود از ۲/۵ به ۵ و ۷/۵ درصد موجب کاهش

درصد سلولز به‌دست آمده بود. این نتیجه احتمالاً

می‌تواند تحت تأثیر انحلال پلی‌ساکاریدهای محلول

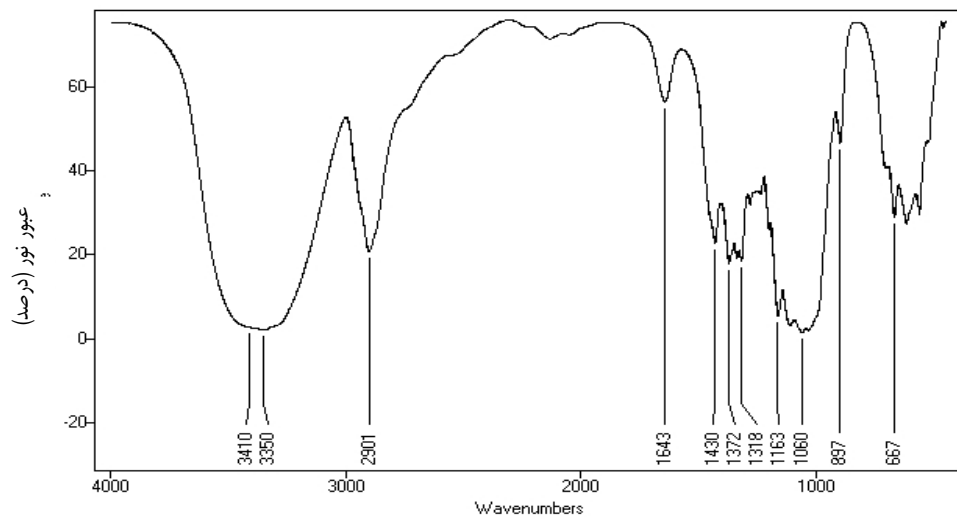
در محیط قلیایی باشد (Sun and Hughes



در خصوص انتخاب بهترین مدت همزدن توجه به صفت خلوص نسبی در جدول ۲ نشان داد که ۱۰ و ۱۲ ساعت همزدن به‌طور معنی‌دار بیشتر از هشت ساعت همزدن است. از طرفی بررسی صفات ویسکوزیته و جرم ملکولی نشان از اختلاف معنی‌دار این صفات برای ۱۰ و ۱۲ نسبت به هشت ساعت همزدن بود. بنابراین بین تیمارهای مورد بررسی ۱۰ و ۱۲ ساعت همزدن بهتر می‌باشند.

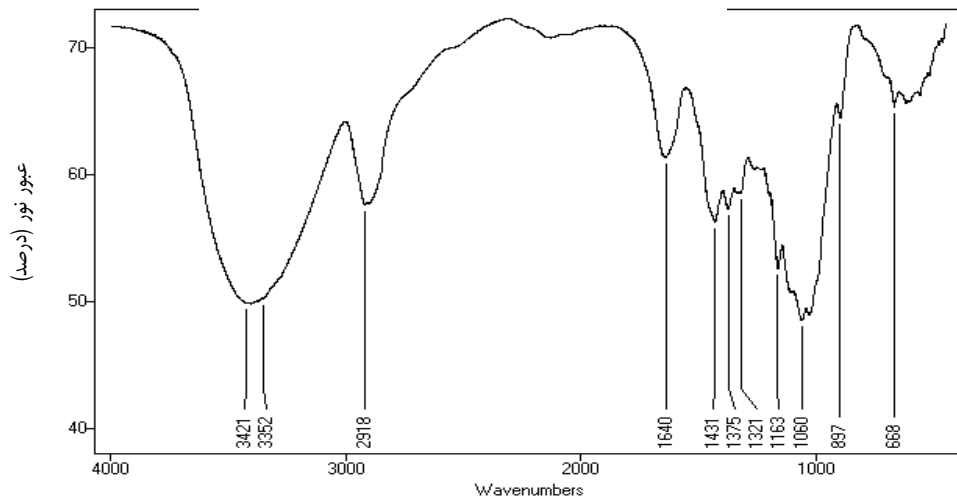
همان‌طوری که نتایج جدول ۳ نشان داد با افزایش دما مقدار سلولز استخراجی به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد. این بدان معنی است که کاهش وزن سلولز استخراجی احتمالاً ناشی از انحلال پلی‌ساکاریدهای محلول در محیط قلیایی باشد (Sun and Hughes 1999). افزایش معنی‌دار صفات ویسکوزیته و جرم ملکولی برای دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد احتمالاً می‌تواند ناشی از انحلال بهتر پلی‌ساکاریدهای محلول تفاله چغندرقد باشد. به‌طوری که برای دمای ۴۵ درجه سلسیوس و غلظت سود پنج درصد مقدار ویسکوزیته ۱۵/۹ میلی‌پاسکال در ثانیه و جرم ملکولی حدود ۲۵۵۰۰۰ گرم بر مول به‌دست آمد.

در جدول ۵ برای سود با غلظت ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد به ترتیب ۵، ۶ و ۸ درصد به‌دست آمد که افزایش عددی این اختلاف احتمالاً می‌تواند ناشی از انحلال بخشی از سلولز در محلول سود باشد. از سوی دیگر همان‌طوری که اشاره شد اعمال تیمارهای سود پس از جداسازی پکتین از تفاله چغندرقد با هدف جداسازی پلی‌ساکاریدهای محلول در محیط قلیایی یا به عبارتی افزایش خلوص نسبی سلولز استخراجی است. افزایش غلظت سود از ۲/۵ به ۵ درصد به‌طور معنی‌دار موجب افزایش خلوص نسبی سلولز استخراجی بود ولی افزایش غلظت سود از ۵ به ۷/۵ درصد موجب افزایش معنی‌دار خلوص نسبی سلولز استخراجی نبود (جدول ۲). بررسی صفات ویسکوزیته و جرم ملکولی نیز نشان داد که مقدار این دو صفت برای تیمار سود با غلظت پنج درصد به‌طور معنی‌داری بیشتر از سود با غلظت ۷/۵ درصد است (جدول ۳) و این نتیجه احتمالاً می‌تواند ناشی از انحلال بخشی از سلولز استخراجی در محلول سود ۷/۵ درصد باشد. بنابراین محلول سود ۵ درصد قابل توصیه است.



طول موج (یک بر سانتیمتر)

الف - سلولز خالص



طول موج (یک بر سانتیمتر)

ب - سلولز حاصل از تیمار پنج درصد سود، ۱۲ ساعت اختلاط و ۴۵ درجه سلسیوس

شکل ۱ طیف مادون قرمز الف - سلولز خالص و ب - سلولز حاصل از تیمار پنج درصد سود، ۱۲ ساعت اختلاط

و ۴۵ درجه سانتی‌گراد

مقایسه سطح زیر نمودار دو طیف الف و ب در شکل ۱ تطابق ۹۵/۲ درصد را نشان داد و این نتایج با نتایج به دست آمده (شکل ۱) توسط توگرل و ارسلان مطابقت داشت (Togrul and Arsalan, 2003).

در جمع‌بندی با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق و راندمان ۹۵/۲ درصدی سلولز استخراجی نسبت به سلولز خالص بین تیمارهای مورد بررسی تیمار سود با غلظت پنج درصد با مدت هم‌زدن ۱۲ ساعت و دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد برای تولید سلولز بهتر بود و احتمالاً می‌توان سلولزی با خلوص نسبی ۹۵/۲ درصد از تفاله چغندرقدند به دست آورد.

توجه به طیف مادون قرمز الف و ب در شکل ۱ که مربوط به سلولز خالص و سلولز حاصل از تفاله چغندرقدند نشان می‌دهد که پیک حدود ۶۷۰ ( $\text{Cm}^{-1}$ ) نشان‌دهنده عامل OH است و پیک حدود ۹۰۰ ( $\text{Cm}^{-1}$ ) برای هر دو شکل الف و ب نشان‌دهنده پیوند گلیکوزیدی است. پیک ۱۰۶۰ ( $\text{Cm}^{-1}$ ) نشان‌دهنده پیوند C-OH، پیک ۱۱۶۳ ( $\text{Cm}^{-1}$ ) نشان‌دهنده پیوند C-O و C-O-C، پیک ۱۳۷۵ ( $\text{Cm}^{-1}$ ) نشان‌دهنده پیوند C-H، پیک ۱۴۳۰ ( $\text{Cm}^{-1}$ ) نشان‌دهنده پیوند  $\text{CH}_2$ ، پیک ۱۶۴۰ ( $\text{Cm}^{-1}$ ) نشان‌دهنده پیوند O- کششی و پیک ۳۳۰۰-۳۵۰۰ ( $\text{Cm}^{-1}$ ) نشان‌دهنده پیوند OH کششی است. به علاوه

## References:

## منابع مورد استفاده:

Alexandridis P. Cellulose by Kisar Bittar CE 435. 2009;

[http:// www.coursehero.com/file/2196424/Bloom](http://www.coursehero.com/file/2196424/Bloom).

Ashraf A. The proposed package of supporting revolution of sugar industry in Iran. Iran Center for Research and Education in Sugar Industry. 2009, No: 225. (In Persian)

Babei B, Hosseinkhah R. Extraction Pectin of Sugar Beet Pulp. Research Report, Agricultural Engineering Research and Sugar Beet Seed Institute; 2006. No: 503. (In Persian, abstract in English).

Couglan MP, Mehra RK, Considine, PJ, O' Rorke A, Puls J. Scarification of agricultural residues by combined cellulolytic and pectinolytic enzyme systems. Biotechnology bioengineering symposium; 1985; 15: 447-458.

- Dinand E, Chanzi H, Vignon MR. Suspension of cellulose micro fibrils from sugar beet pulp. *Food Hydrocolloids*; 1999 a; 13: 275–283.
- Dinand E, Chanzi H, Vignon MR, Maureaux A, Vincent I. Microfibrillated cellulose and method for preparing a microfibrillated cellulose. Patent 1999b; US 5964983.
- Faithfull NT. *Methods in agricultural chemical analysis: A practical handbook*. Printed and bound in the UK by Biddles Ltd, Guildford and King's Lynn. 2002; pp 289.
- Ferdinand LG, Steven NC. Process for production pectin with high to medium methoxyl content from beet pulp. Patent 1991; US 5071970.
- Finkenstadt VL, Willett JL. Evaluation of Poly (lactic acid) and Sugar Beet Pulp Green. *J Polym Environ*. 2007; 15: 1-6.
- Fishman ML, Chau HK, Cooke PH, Hotchkiss AT. Global structure of microwave-assisted flash-extracted sugar beet pectin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008; 56: 1471–1478.
- Fishman ML, Chau, HK, Cooke PH, Yadav MP, Hotchkiss AT. Physico- chemical characterization of alkaline soluble polysaccharides from sugar beet pulp. *Food Hydrocolloids*. 2009; 23: 1554-1562.
- Franz G, Blaschek W. Cellulose, in *methods in plant biochemistry*. Academic Press HarcourtBrace Janovich, London. Carbohydrates. 1990; Vol. 2, 291-322.
- Hirrin M, desbrieres J, Rinaudo M. Physical properties of methylcellulose in relation with the conditions for cellulose modification. *Carbohydrate Polymers*. 1996; 31: 243-252.
- Hossieni Z. Usually method in analyzing food. Shiraz university, 1990 Chapter 2, 142 papers. (in persian)

- Kennedy JF, Rivera ZS, Lioyd LL, Warner FP, Silva MPC. Determination of the molecular weight distribution hydroxyethylcellulose by gel permeation chromatography. Carbohydrate polymers, 1995; 26: 31-34.
- Kamide K. Cellulose and cellulose derivatives. Hardbound, 2005; 652 pages.
- Krik, RE, Othmer DF. Cellulose. Encyclopedia of Chemical Technology 1967; (4) 593-683.
- Lescure JP. Beet Sugar Processing. The International Commission for Uniform Methods of sugar Analysis (ICUMSA) 1998; 157-159.
- Lynd RL, Weimer PJ, Vanzyl WH, Pretorius IS. Microbial cellulose utilization. Fundamentals and biotechnology. Microbiol Mol Biol Rev. 2002; 66: 506 577.
- Pang S, Rudin A. Use of continuous viscometer and light scattering detector in characterization of polyolefin's: comparisons of data for individual and combined detectors. Journal of Applied Polymer Science, 1992; 46: 763-773.
- Poor sead B, Sajadi A. Technology of sugar production from sugar beet. Iranian Syndicate of sugar industry, 1985; 530 papers. (in Persian)
- Sheikholaslami R. Laboratory methods and quality control in food processing. Mersa Ltd, 1997; 342 papers. (in Persian)
- Sun RC, Hughes S. Fractional isolation and physico-chemical characterization of alkali-soluble polysaccharides from sugar beet pulp. Carbohydrate Polymers. 1999; 38: 273–281.
- Sun RC, Fang JM, Tomkinson J, Geng ZC, Liu JC. Fractional isolation, physicochemical characterization of homogeneous esterification of hemicelluloses from fast growing poplar wood. Carbohydrate Polymers, 2001; 44: 29-39.
- Togrul H, Aesalan N. Flow properties of sugar beet pulp cellulose and intrinsic viscosity–molecular weight relationship. Carbohydrate Polymers. 2003; 54: 63–71.
- Unknown. Sugar beet production. Iranian Syndicate of sugar industry 2009. (in persian)

<http://www.isfs.ir>.

Unknown. Pulps of other fibrous cellulosic material. International center trade 2009

<http://www.intracen.org>.

Vander Poel PW, Schiweck H, Schwartz T. Sugar Technology Beet and Cane Sugar Manufacture.

Verlag Dr. Albert Bartens KG 1998, 1125 PP.

Zugenmaier P. History of cellulose research. In Timell TE and Wimmer R. (Eds).Crystalline

Cellulose and Derivatives: Characterization and Structures. Springer Verlag Berlin

Heidelberg. 2008; 7-46.