

Determination of sugar beet sucrose content using an infrared-spectrometer-equipped polarimeter compared to the conventional polarimetric method

Babak Babaee^{1*}

(Received: 10 August. 2025 ; Accepted: 27 Sep. 2025)

How to cite this article:

Babaee B. Determination of sugar beet sucrose content using an infrared-spectrometer-equipped polarimeter compared to the conventional polarimetric method. Journal of Sugar Beet. 2024; (41)1. 167-174. (In Persian with English abstract). DOI: 10.22092/jsb.2025.369456.1389.

Extended Abstract

Introduction

The sugar content of sugar beet in the sugar industry is commonly measured by polarimetric method. The advantages of this method include its speed and, when the sample purity is high, its acceptable accuracy and repeatability. However, one limitation of the polarimetric method is the requirement for sample transparency to allow the passage of polarized light. To clarify the sample solution, compounds such as lead acetate or aluminum sulfate are used, with lead acetate being particularly problematic due to its environmental toxicity. Recently, a polarimeter equipped with an infrared source and an auto-filtration extraction device has been introduced to the market, aiming to eliminate the need for the toxic lead acetate clarifying compound. This study aimed to compare the results of analyzing sugar beet brei samples grown under different climatic conditions in the beet-growing regions of the country with those of beets stored in factory silos, using two methods: polarimetry with visible light and polarimetry with near-infrared (NIR) light.

Materials and methods

Frozen beet brei samples from various sugar beet research trials and the Jovein Sugar Factory were analyzed. These included 29 samples from Miandoab, 29 from Isfahan, 27 from Kerman, 28 from Shiraz, and 45 from Jovein Sugar Factory, totaling 158 samples. Each sample was analyzed using both the conventional

and Autofilt methods. Each sample consisted of 200 grams of sugar beet brei, prepared from 40 to 50 sugar beet roots that were washed, had their crowns and aerial parts removed, then pulped, homogenized, and frozen at -20°C. Prior to analysis, the samples were thawed at 25°C and re-homogenized. One portion of each sample was analyzed using the conventional method, and the other using the Autofilt system with a polarimeter equipped with an infrared spectrometer. For the conventional method, juice extraction was performed via cold digestion by mixing 26 grams of brei with 177 mL of 0.01 mol/L alkaline lead acetate solution. In the Autofilt method, juice extraction was carried out using a pressurized filtration system at 5 bar (0.5 MPa) by mixing 26 grams of brei with 177 ml of distilled water and diatomaceous earth. The standard extraction and filtration system used was the Venma model, equipped with Dr. Kernschen's automatic Saccharomat device. The Autofilt system and Saccharomat with infrared light by Schmidt and Haensch were used for the alternative method. Sucrose content (pol) for each region and for the combined dataset was statistically compared using a paired t-test.

Result

The results showed that the average sugar content measured in some regions showed statistically significant differences between the two methods. However, for the total sample set, there was no significant difference between the mean values obtained by the conventional method (17.06%) and the Autofilt method (16.68%) ($P < 0.094$). A linear regression

1. Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

*Corresponding author: babak_babaee@yahoo.com

analysis was conducted to evaluate the relationship between the two methods. The resulting equation was: $y = 0.963x + 1.0043$, with a coefficient of determination of $R^2 = 0.98$, where y represents the sucrose content measured by the conventional polarimetric method, and x represents the content measured by the Autofilt method. Given the advantages of the Autofilt method, it is recommended to implement this system alongside the conventional method, especially for high-throughput analysis of fresh beet pulp samples. Adoption in at least one sugar factory is suggested to validate performance under industrial conditions, enabling broader national application with increased confidence.

Conclusion

The results of this study showed that while there were statistically significant differences between the two methods in some regions, the overall mean sugar content measured by the conventional and Autofilt methods did not differ significantly. A strong correlation between the two methods ($R^2 = 0.98$) confirms the reliability of the Autofilt system. Given its environmental and operational advantages, particularly the elimination of toxic clarifying agents, the Autofilt method is

recommended as a complementary tool to the conventional approach, especially for high-throughput analysis of fresh beet pulp. Pilot implementation in at least one sugar factory is suggested to validate its performance under industrial conditions and support broader adoption.

Keywords: Aluminum sulfate, Autofilt, Cold digestion, Lead acetate.

References

- Pan L, Lu R, Zhu Q, McGrath J M and Tu K. Measurement of moisture, soluble solids, sucrose content and mechanical properties in sugar beet using portable visible and near-infrared spectroscopy. *Postharvest biology and technology*, 2015; 102: 42-50. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.02.005>
- Roggo Y, Duponchel L, Huvenne J-P. Quality evaluation of sugar beet (*Beta vulgaris*) by near-infrared spectroscopy. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2004; 52 (5): 1055-1061. Doi: <https://doi.org/10.1021/jf0347214>.
- Kunz M, Martin D, Puke H. Precision of beet analyses in germany explained for polarization. *Zuckerindustrie*, 2002; 127 (1), 13-21.



SBSI



انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

تعیین عیار چغندر قند با پلاریمتر مجهز به طیف سنج مادون قرمز در مقایسه با روش مرسوم

پلاریمتری[†]

بابک بابائی*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۷/۵

نوع مقاله: کوتاه

DOI: 10.22092/jsb.2025.369456.1389

ب. بابایی ۱۴۰۴. تعیین عیار چغندر قند با پلاریمتر مجهز به طیف سنج مادون قرمز در مقایسه با روش مرسوم پلاریمتری. چغندر قند ۴۱(۱): ۱۶۷-۱۷۴

چکیده

اندازه‌گیری ساکارز چغندر قند (عیار) در صنعت قند به روش پلاریمتری انجام می‌گیرد. دستگاه پلاریمتر مجهز به نور مادون قرمز و دستگاه عصاره‌گیر اتوفیل (Autofilt) با هدف افزایش سرعت فرآیند و حذف استفاده از ترکیب سمی استات سرب به عیار سنج کارخانه‌های قند معرفی شده است. این پژوهش با هدف مقایسه دو روش عصاره‌گیری و اندازه‌گیری ساکارز چغندر قند، شامل روش پلاریمتری معمول و روش مبتنی بر استفاده از اتوفیل، طراحی و اجرا گردید. به این منظور نمونه‌های خمیر چغندر قند منجمد شده برخی آزمایش‌های تحقیقاتی چغندر قند و کارخانه قند جوین شامل میاندوآب ۲۹ نمونه، اصفهان ۲۹ نمونه، کرمان ۲۷ نمونه، شیراز ۲۸ نمونه و ۴۵ نمونه از کارخانه قند جوین مجموعاً ۱۵۸ نمونه به دو روش مذکور تعیین عیار شدند. هر نمونه شامل ۲۰۰ گرم خمیر چغندر قند بود که از ۴۰ تا ۵۰ ریشه چغندر قند پس از شستشو و حذف بخش سر و اندام هوایی ریشه، خمیرگیری، یکنواخت‌سازی و در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد منجمد شده بودند. نمونه‌ها در دمای آزمایشگاه از حالت انجماد خارج و پس از یکنواخت‌سازی مجدد خمیر هر نمونه بخشی از نمونه به روش معمول و بخش دیگری به روش اتوفیل و پلاریمتر مجهز به طیف سنج مادون قرمز عیار سنجی شدند. عصاره‌گیری در روش معمول به روش هضم سرد، با اختلاط ۲۶ گرم خمیر با ۱۷۷ میلی‌لیتر محلول استات سرب قلیایی ۰/۰۱ مول بر لیتر انجام گرفت و در روش اتوفیل، عصاره‌گیری تحت فشار فیلتراسیون ۵ بار (۰/۵ مگاپاسکال) با اختلاط ۲۶ گرم خمیر و ۱۷۷ میلی‌لیتر آب مقطر و خاک دیاتومه انجام شد. مقایسه آماری عیار هر منطقه به‌طور جداگانه و برای کل نمونه‌ها به روش آزمون t جفت شده انجام گرفت. نتایج نشان داد میانگین عیار برخی از مناطق با دو روش اندازه‌گیری، دارای تفاوت معنی‌داری بودند. با این وجود میانگین عیار اندازه‌گیری شده برای کل نمونه‌ها به روش معمول (۱۷/۰۶ درصد) با روش اتوفیل (۱۶/۶۸) از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نداشت. لذا پس از پلات نمودن داده‌های مربوط به تعیین عیار به روش معمول (y) در مقابل داده‌های مربوط به تعیین عیار به روش اتوفیل (x) رابطه خطی $y = 0.963x + 1.0043$ با ضریب تعیین $R^2 = 0.98$ به دست آمد که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. با عنایت به مزایای روش عصاره‌گیری اتوفیل پیشنهاد می‌گردد این سیستم در کنار روش معمول برای نمونه‌های بسیار زیاد و با استفاده از خمیر تازه در یکی از کارخانه‌های قند کشور مورد استفاده قرار گیرد تا با قطعیت بیشتر در سطح کشور قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: اتوفیل، استات سرب، سولفات آلومینیوم، هضم سرد.

†- این مقاله حاصل کار پژوهشی نویسنده است.

۱. استادیار پژوهش، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند کرج، ایران.

*- نویسنده مسئول: babak_babaei@yahoo.com

مقدمه

خرید چغندر قند (*Beta vulgaris*) بر مبنای وزن و عیار (ساکارز) در واحدهای عیار سنجی کارخانه‌های قند انجام می‌گیرد. البته در بعضی از کشورها علاوه بر اندازه‌گیری ساکارز، صفات کیفی ریشه چون سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره و حتی قندهای احیاء نیز اندازه‌گیری می‌شوند (Hoffmann 2010).

اندازه‌گیری عیار چغندر قند در صنعت قند به روش پلاریمتری انجام می‌شود که یک روش تخریبی است. مبنای این روش بر انحراف نور پلاریزه در اثر برخورد به ترکیب آلی دارای کربن نامتقارن استوار است، زاویه انحراف نور نسبت به سطح اولیه متناسب با غلظت ترکیب نامتقارن مورد اندازه‌گیری است. منابع نور پلاریزه در دستگاه‌های پلاریمتری شامل نور سبز جیوه با طول موج ۵۴۶ نانومتر و نور زرد سدیم با طول موج ۵۸۹ نانومتر هستند (Sheikh al-Islami 1998).

از مزایای روش پلاریمتری سرعت و در صورت خالص بودن ماده مورد آزمایش، دقت و تکرارپذیری قابل قبول آن است. تعیین ساکارز چغندر قند در این روش با انجام نمونه‌برداری، شستشو، خمیرگیری، استخراج و شفاف‌سازی (Anonymous 2025) و تهیه محلول از نمونه خمیر چغندر قند برای تعیین میزان ساکارز آن بر اساس روش افزایشی ساکس و داکت (Sachs and Docte 1970) انجام می‌شود. در این روش ۲۶ گرم خمیر چغندر قند را وزن کرده و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد با ۱۷۷ میلی‌لیتر محلول استات سرب قلیایی رقیق یا محلول ۳ گرم بر لیتر سولفات آلومینیوم مخلوط می‌کنند که به آن هضم (Digestion) گویند که لازم است به طرز صحیح استوکیومتری (Stoichiometric) انجام شود (Anonymous 2022).

حجم ۱۷۷ میلی‌لیتر ترکیب شفاف‌کننده بر این فرض انتخاب شده است که ۲۶ گرم خمیر چغندر قند تازه حاوی ۲۳ میلی‌لیتر عصاره است و طبق دستورالعمل ایکومسا (ICUMSA)، مقدار ماده خشک ۲۶ گرم خمیر چغندر قند با فرض رطوبت ۷۷ درصدی ریشه برابر با ۵/۹ گرم است (Kunz 1998). در این شرایط، تعادل غلظت میان نمونه مورد آزمایش و محلول شفاف‌کننده برقرار شده تا مخلوطی با حجم نهایی ۲۰۰ میلی‌لیتر حاصل شود.

دقت و صحت این روش وابسته به حجم واقعی عصاره و میزان تفاله موجود در خمیر چغندر قند است. کاهش رطوبت ریشه ممکن است ناشی از عوامل محیطی نظیر تنش خشکی، کم‌آبایی در طول فصل رشد یا قرار گرفتن ریشه برداشت‌شده در معرض هوای آزاد به مدت طولانی (پلاسیدگی) باشد. کاهش رطوبت، باعث کاهش حجم عصاره و افزایش درصد تفاله در خمیر چغندر قند خواهد شد. در چنین شرایطی، حجم عصاره حاصل از ۲۶ گرم خمیر ممکن است ۲۳-۲۰/۷ میلی‌لیتر باشد به‌طوری‌که در برخی موارد حجم عصاره در بازه ۲۱/۸-۲۰/۷ میلی‌لیتر گزارش شده و به‌صورت تقریبی مقدار ۲۳ میلی‌لیتر در نظر گرفته می‌شود. این اختلاف زمانی تشدید می‌شود که برای تمام نمونه‌های خمیر، بدون در نظر گرفتن حجم عصاره واقعی، مقدار ثابتی از محلول شفاف‌کننده استفاده شود. لازم به ذکر است که این نوسانات می‌تواند تحت تأثیر عواملی مانند رقم چغندر قند، نوع خاک و شرایط اقلیمی منطقه کشت باشد (Van der Pol et al. 1998; Babaee et al. 2013).

از معایب اندازه‌گیری ساکارز در روش پلاریمتری لزوم شفافیت نمونه هنگام عبور نور پلاریزه می‌باشد به همین دلیل از ترکیب استات سرب قلیایی (سواستات) یا ترکیب سولفات آلومینیوم برای شفاف‌سازی محلول نمونه استفاده می‌شود که خصوصاً استات سرب قلیایی موجب آلودگی زیست‌محیطی می‌شود به همین دلیل همواره به‌کارگیری روش‌های نوین برای حذف ترکیبات شفاف‌کننده مدنظر متخصصین است.

در سال‌های اخیر، استفاده از منبع نور مادون قرمز نزدیک (NIR) به‌عنوان روشی نوین برای اندازه‌گیری ساکارز در چغندر قند مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است (Babaee et al. 2019; Pan et al. 2015; Roggo et al. 2004). پلاریمترهای مجهز به منبع نور مادون قرمز به همراه دستگاه عصاره‌گیر اتوفیلِت، با هدف حذف ترکیب شفاف‌کننده سمی استات سرب وارد بازار شده‌اند. از جمله مزایای این نوع پلاریمتر می‌توان به توانایی اندازه‌گیری قند در محلول‌های تیره و کاهش زمان عصاره‌گیری به حدود یک‌دهم زمان مورد نیاز در مقایسه با روش پلاریمتری مرسوم اشاره کرد (Urquhart 1998).

استفاده از محلول شفاف کننده استات سرب قلیایی انجام گرفت (Kunz 1998; Kunz et al. 2002). در صورتی که در روش جدید معروف به روش اتوفیلت عصاره گیری با استفاده از آب مقطر و خاک تونسیل (دیاتومه) تحت فشار انجام شد و رنگ عصاره به دست آمده تیره بود (Schmidt and Haensch 2024).

نمونه های چغندر قند مورد استفاده در این تحقیق محدود به نمونه های خمیر منجمد شده طرح های تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند در مناطق: آذربایجان غربی (میاندوآب) ۲۹ نمونه، اصفهان ۲۹ نمونه، کرمان ۲۷ نمونه، شیراز ۲۸ نمونه و همچنین نمونه های چغندر قند کشاورزان تحویلی به کارخانه قند جوبین ۴۵ نمونه مجموعاً ۱۵۸ نمونه بودند. هر نمونه شامل ۲۰۰ گرم خمیر چغندر قند بود که از ۴۰ تا ۵۰ ریشه پس از شستشو و حذف بخش اندام هوایی و سر ریشه، خمیر گیری، یکنواخت سازی و در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد منجمد شده بودند. نمونه ها در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در آزمایشگاه از حالت انجماد خارج و پس از رسیدن دمای نمونه به دمای محیط خمیر نمونه ها مجدداً یکنواخت سازی شدند. بخشی از خمیر به روش پلاریمتری معمول و بخش دیگر به روش اتوفیلت با پلاریمتر مجهز به طیف سنج مادون قرمز عیار سنجی شدند.

اندازه گیری عیار در روش معمول با استفاده از سیستم عصاره گیری و فیلتراسیون مدل ونما (Venema) در کنار دستگاه ساکرومات خودکار ساخت کمپانی دکتر کرنشن کشور آلمان (Dr. Kernschen's automatic Saccharomat) با نور مرئی ۵۸۹ نانومتر به عنوان روش معمول در آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند انجام گرفت. در این روش عصاره گیری ۲۶ گرم خمیر چغندر قند با ۱۷۷ میلی لیتر استات سرب قلیایی ۰/۰۱ مول بر لیتر به مدت ۸ دقیقه توسط همزن با دور ۱۲ الی ۱۵ هزار دور در دقیقه مخلوط شدند و جداسازی مخلوط توسط کاغذ صافی (S and S، شماره ۳۴۵۹ انجام گرفت (Kunz 1998; Kunz et al. 2002). هم زمان در همین آزمایشگاه سیستم عصاره گیری اتوفیلت و دستگاه ساکرومات مجهز به طیف سنج مادون قرمز NIR ساخت کمپانی اشمیت و هنش Schmidt and

آلتنبرگ و چوی (Altenberg and Chou 1991) با تجزیه ۱۵۱۰ محلول قندی به دو روش پلاریمتری NIR با طول موج ۸۸۲ نانومتر و پلاریمتری مرئی با نور زرد سدیم با طول موج ۵۸۹ نانومتر گزارش کردند که میزان قند اندازه گیری شده با پلاریمتری NIR حدود ۰/۰۷۷ درصد بیشتر از روش پلاریمتری با نور مرئی است. وی دلیل این اختلاف را حضور دکستران در عصاره های اندازه گیری شده با روش NIR عنوان کرد. در حالی که استفاده از ترکیبات شفاف کننده، به ویژه استات سرب، موجب کاهش قابل توجه میزان دکستران در عصاره های قندی می شود (Urquhart 1998). دکستران پلی ساکاریدی با وزن مولکولی و ویسکوزیته بالا است که در اثر فعالیت میکروارگانیسیم ها در طی نگهداری چغندر قند در سیلو تولید می شود (Van der poel PW et al. 1998).

به طور کلی در روش پلاریمتری برای اندازه گیری مقدار قند چغندر قند، وجود مولکول هایی مانند گلوکز، فروکتوز، رافینوز و ترکیبات نیتروژن دار که دارای کربن نامتقارن هستند، می تواند بر میزان انحراف نور پلاریزه تأثیر گذار باشند. با این حال، چنانچه نمونه ها سالم و تازه برداشت شده باشند، میزان این تأثیر ناچیز بوده و می توان از آن صرف نظر کرد (Sheikh al-Islami 1998).

این تحقیق با هدف مقایسه نتایج تجزیه نمونه های خمیر چغندر قند که با شرایط آب هوایی متفاوت در مناطق چغندر خیز کشور رشد کردند به دو روش پلاریمتری با نور مرئی و پلاریمتری با نور NIR مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار گرفتند.

مواد و روش ها

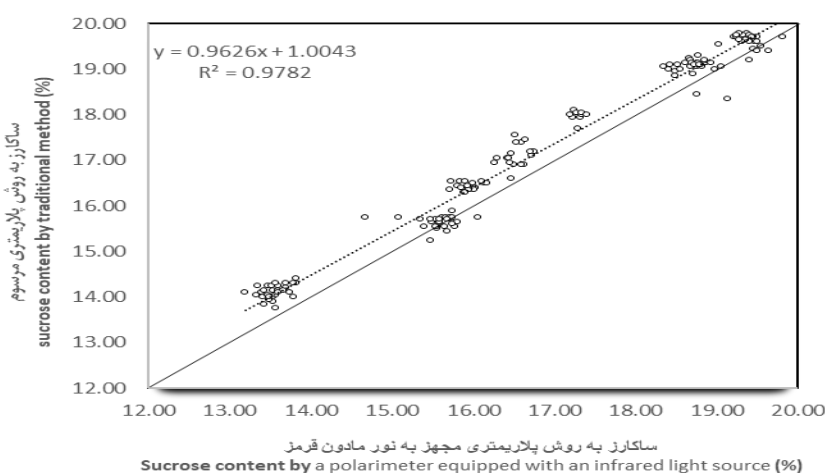
پژوهش حاضر با هدف مقایسه دو روش عصاره گیری و اندازه گیری عیار چغندر قند روی میانگین عیار و بررسی آماری تفاوت آن ها در آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند انجام شد. در روش معمول که در کارخانه های قند کشور رایج است و در این پژوهش نیز انجام شد، عصاره گیری به روش هضم سرد (Cold digestion) و با

نتایج و بحث

مقایسه آماری میانگین عیار اندازه‌گیری شده به روش مرسوم با روش اتوفیلِت نشان داد که میانگین عیار منطقه شیراز و همچنین میانگین عیار کل نمونه‌ها شامل ۱۵۸ نمونه مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری بین دو روش اندازه‌گیری (روش پلاریمتری مرسوم و روش اتوفیلِت) در سطح احتمال پنج درصد نشان نداد. در حالی که میانگین عیار نمونه‌های آذربایجان غربی (میان‌دوب)، اصفهان، کرمان و نمونه‌های کارخانه قند جوبین در دو روش اندازه‌گیری (روش پلاریمتری مرسوم و روش اتوفیلِت) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. در این مناطق میانگین عیار اندازه‌گیری شده به روش اتوفیلِت بین ۰/۱ تا ۰/۵۶ کمتر از عیار اندازه‌گیری شده به روش معمول بود (جدول ۱).

با وجود این که میانگین عیار اندازه‌گیری شده برای کل نمونه‌ها به روش معمول (۱۷/۰۶ درصد) با روش اتوفیلِت (۱۶/۶۸ درصد) از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری نداشتند ($P < 0.094$) اما نمودار یک‌به‌یک ارائه‌شده در (شکل ۱)، پراکندگی و میزان توافق داده‌ها را بین دو روش اندازه‌گیری نشان می‌دهد.

(Haensch) کشور آلمان در طول موج ۸۸۲ نانومتر با توانایی اندازه‌گیری ساکارز در محلول کدر انجام شد. شرایط محیطی از لحاظ دمای آزمایشگاه (حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی برای هر دو روش یکسان بود. مقدار نمونه خمیر برای هر دو روش ۲۶ گرم بود. عصاره‌گیری در روش اتوفیلِت با اضافه نمودن حدود ۱۷۷ میلی‌لیتر آب مقطر همراه با یک قاشق غذاخوری خاک دیاتومه و قرار دادن مخلوط تحت فشار باد حدود ۵ بار (0.5 Mpa) مواد جامد محلول در آب موجود در نمونه خمیر چغندر قند را در مدت ۵ ثانیه جدا و با عبور از کاغذ صافی (S and S) شماره ۳۴۵۹ از خمیر جدا و صاف گردید. آنگاه محلول صاف‌شده ولی تیره حاصل از نمونه خمیر در دستگاه ساکرومات NIR قرار گرفت و عیار چغندر قند قرائت و به‌عنوان نمونه روش اتوفیلِت ثبت گردید (Schmidt and Haensch 2024). داده‌های مربوط به عیار ساکارز هر نمونه خمیر چغندر قند که به‌طور هم‌زمان و تحت شرایط یکسان آزمایشگاهی با دو روش مختلف اندازه‌گیری شده بودند، در نرم‌افزار اکسل وارد شد. سپس این داده‌ها به‌صورت تفکیکی برای هر منطقه و همچنین برای کل نمونه‌ها، با استفاده از آزمون t جفت‌شده مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند (An Godshal et al. 1998).



شکل ۱ نمودار یک‌به‌یک اندازه‌گیری ساکارز به روش مادون قرمز (اتوفیلِت) در مقایسه با روش پلاریمتری مرسوم

Fig 1 One-to-one plot comparing sucrose measurement by infrared (autofilt) method and the conventional polarimetric method.

همان‌طور که دیده می‌شود در (شکل ۱) داده‌ها به‌طور سیستماتیک بالاتر از خط ۴۵ درجه قرار گرفته‌اند که این موضوع بیانگر انحراف جزئی نتایج روش اتوفیلِت در مقایسه با روش پلاریمتری مرسوم است. رابطه خطی بین عیار اندازه‌گیری‌شده به روش مرسوم و روش اتوفیلِت با معادله

$y = 0.963x + 1.0043$ و ضریب تعیین $R^2 = 0.98$ به دست آمد. در این معادله، y نشان‌دهنده‌ی عیار اندازه‌گیری‌شده به روش پلاریمتری مرسوم و x بیانگر عیار به‌دست‌آمده از روش پلاریمتری مجهز به منبع نور مادون قرمز (اتوفیلِت) است.

جدول ۱ نتایج معیارهای آماری و مقایسه میانگین عیار نمونه‌های خمیر چغندر قند مناطق مختلف، به روش معمول پلاریمتری با روش اتوفیلِت.

Table 1 Statistical parameters and comparison of mean sucrose content (pol) in beet pulp samples from different regions, measured by the conventional polarimetric method and the Autofilt method.

منشأ نمونه‌ها Origin of) (samples	میاندواب (Miandoab)		اصفهان (Isfahan)		کرمان (Kerman)		شیراز (Shiraz)		کارخانه قند جوبین Samples of the Jovain Sugar Factory		کل نمونه‌ها (Total samples)	
روش عصاره‌گیری Method of digestion	معمول Conventional methd	جدید New method	معمول Conventional methd	جدید New method	معمول Conventional methd	جدید New method	معمول Conventional methd	جدید New method	معمول Conventional methd	جدید New method	معمول Conventional methd	جدید New method
معیارهای آماری Statistical factors												
تعداد نمونه Sample (N) number	29	29	29	29	27	27	28	28	45	45	158	158
حداقل Min	13.75	13.19	18.45	18.35	18.35	19.03	15.25	14.67	15.75	15.71	13.75	13.19
حداکثر Max	14.4	13.82	19.30	19.05	20.2	19.81	16.30	15.90	18.10	17.40	20.20	19.81
انحراف معیار SD	0.152	0.154	0.153	0.17	0.304	0.156	0.148	0.24	0.62	0.52	1.98	2.04
واریانس (Variance)	0.023	0.0237	0.234	0.028	0.092	0.024	0.030	0.057	0.38	0.27	3.93	4.15
خطای استاندارد (SEM)	0.03	0.028	0.0028	0.031	0.058	0.03	0.033	0.045	0.923	0.077	0.158	0.162
ضریب تغییرات (CV)	1.07	1.13	0.802	0.907	1.55	0.804	1.11	1.53	3.64	3.15	11.62	12.21
میانگین Mean	14.11	13.55	19.06	18.70	19.59	19.38	15.67	15.57	17.00	16.45	17.06	16.68
تفاوت روش‌ها (معمول-جدید) Difference methods conventional- new)	-0.563		-0.364		-0.212		-0.099		-0.549		-0.38	
مقدار t	-14.01		-8.58		-3.22		-1.77		-4.56		-1.68	
درجه آزادی (Df)	56		56		52		54		88		314	
سطح معنی‌داری (P)	0.0001		0.0001		0.002		0.082		0.0001		0.094	

بر اساس پژوهشی که توسط اورکهارت (Urquhart 1998) انجام شد، تفاوت‌هایی میان عیار اندازه‌گیری‌شده به روش‌های مرسوم و اتوفیلِت در سال‌های مختلف مشاهده گردید، هرچند دلیل علمی مشخصی برای این تفاوت‌ها ارائه نشد.

نتیجه‌گیری

در مجموع هرچند روش عصاره‌گیری اتوفیلِت از سرعت بالاتری برخوردار است و نیاز به استفاده از ترکیب سمی استات سرب را

حذف می‌کند، اما ساکارز اندازه‌گیری‌شده با این روش در بعضی مناطق به‌طور معنی‌داری پایین‌تر است. با عنایت به مزایای روش عصاره‌گیری اتوفیلِت پیشنهاد می‌گردد که این سیستم در کنار روش معمول برای نمونه‌های بسیار زیاد و با استفاده از خمیر تازه در یکی از کارخانه‌های قند کشور مورد استفاده قرار گیرد تا با قطعیت بیشتر در سطح کشور قابل توصیه باشد.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسنده بیان نشده است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مدیریت محترم مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، مدیریت محترم کارخانه قند جویین و کلیه همکاران و عزیزانی که در اجرای آزمایش و نگارش این مقاله من را یاری نمودند کمال تشکر را دارم.

References

منابع مورد استفاده

- Altenberg W, Chou C. An alternative method of raw sugar polarization. Zuckerindustrie, 1991; 116: 1041-1046.
- AnGodshal M, Nemeth M, Wood R. Workshop on collaborative studies. 22nd session of international commission for uniform methods of sugar analysis (ICUMSA), 1998; 65-89.
- Anonymous. Removal of lead acetate by using saccharomate equipped with NIR and autofilt system. Iranian sugar factory sendicate, 72th sugar monthly news 2008; page 6.
- Anonymous. The Determination of the polarisation of sugar beet by the macerator or cold aqueous digestion method using aluminium sulphate as clarifying agent official. International commission for uniform methods of sugar analysis (ICUMSA), General subject 6-1, 2022; Albert Bartens KG.
- Anonymous. Instructions for measuring losses and sugar contents in beet labs. Sugar beet seed research institute, 2025; Registration number 157/252.
- Babae B, Abdollahian Noghabi M, Jihadakbar MR, Yousefabadi V. Introduction of appropriate method for determination of sugar content in sugar beet produced under drought, salinity and normal conditions. Journal of sugar beet, 2013; 29 (1) 99-111. (Persian with English abstract). Doi: <https://doi.org/10.22092/jsb.2013.1298>
- Babae B, Khanmohammadi M, Garmarudi A B and Abdollahin Noghabi M. Effect of peeling and point of spectral recording on sucrose determination in sugar beet root using near infrared spectroscopy. Infrared physics and Technology, 2019; 103: 103065. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2019.103065>
- Hoffmann CM. Root quality of sugar beet. Sugar tech, 2010; 12:3-4, 276-287.
- Kunz M. Sugar analysis. Beet. International commission for uniform methods of sugar analysis (ICUMSA), 1998; General subject 6, 110-117.
- Kunz M, Martin D, Puke H. Precision of beet analyses in germany explained for polarization. Zukerindustrie, 2002; 127 (1), 13-21.
- Pan L, Lu R, Zhu Q, McGrath J M and Tu K. Measurement of moisture, soluble solids, sucrose content and mechanical properties in sugar beet using portable visible and near-infrared spectroscopy. Postharvest biology and technology, 2015; 102: 42-50. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.02.005>
- Roggo Y, Duponchel L, Huvenne J-P. Quality evaluation of sugar beet (*Beta vulgaris*) by near-infrared spectroscopy. Journal of agricultural and food chemistry, 2004; 52 (5): 1055-1061. Doi: <https://doi.org/10.1021/jf0347214>
- Sachs and Le Docte A. Cold digestion (polarization) method. The international commission for uniform methods of sugar analysis (ICUMSA), 1970; 14-17.
- Schmidt and Haensch, Autofilt z - automatic filtration - chemical-free. data sheet, 2024. [Online]. Available: schmidt-haensch.com.
- Sheikh al-Islami r. Laboratory methods and their application in food industry process control (sugar). Mersa publications, 1998; pp. 342. (In Persian)
- Van der poel PW, Schiweck H, Schwartz T. Sugar technology beet and cane sugar manufacture. Verlag Dr. Albert Bartens KG, 1998; PP. 1125.
- Urquhart RM. Raw Sugar. The international commission for uniform methods of sugar analysis (ICUMSA), 1998; General subject 1, 90-104.