

## امکان تولید بیواتانول از چغندر قند کشت پاییزه

### The possibility of bioethanol production from autumn sugar beet

بابک بابائی<sup>۱\*</sup> و پیمان نوروزی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۱۳

#### چکیده

ضرورت استفاده از اتانول به جای سوخت‌های فسیلی، یا اختلاط آن در کاهش آلودگی زیست محیطی موجب شده تا تولید بیواتانول از ۵۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۷ به ۸۵ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۱۲ افزایش یابد. این مطالعه با هدف مقایسه قیمت تمام شده بیواتانول از چغندر قند نسبت به سایر محصولات کشاورزی هم‌چنین مقایسه اقتصادی تولید اتانول از واحد سطح چغندر قند بهاره و پاییزه و برآورد سرمایه لازم جهت احداث واحد صنعتی تولید بیواتانول از چغندر قند انجام شد. مطالعات نشان می‌دهد متوسط هزینه تولید یک هکتار چغندر قند کشت بهاره و پاییزه در کشور ایران به ترتیب ۹۲ و ۸۹ میلیون ریال با متوسط عملکرد ۳۷ و ۴۸ تن در هکتار و عیار ۱۷/۵ و ۱۳/۳ می‌باشد که تولید حدود ۳/۳ - ۳/۲ مترمکعب اتانول در هکتار را امکان‌پذیر می‌سازد. با اجرای توصیه‌های تحقیقاتی در تولید چغندر قند کشت پاییزه و افزایش عیار، می‌توان حجم بیواتانول تولیدی را تا ۵/۴ مترمکعب در هکتار افزایش داد. به‌علاوه با استفاده از تفاله خشک حاصل از چغندر قند نیز می‌توان با راندمان ۰/۲۵ مترمکعب اتانول از یک تن تفاله خشک استخراج کرد. برای تولید حدود ۷۶ هزار مترمکعب اتانول در سال با فرض تولید ۹۰ لیتر اتانول به ازای یک تن چغندر قند با متوسط عیار ۱۵ درصد حدود ۱۱۰۰ تن چغندر قند لازم است و سرمایه لازم برای احداث کارخانه‌ای با این حجم تولید حدود ۱۱۹ میلیون دلار برآورد می‌شود. نهایتاً چنانچه کشت پاییزه چغندر قند با هدف تولید بیواتانول فعال شود علاوه بر کاهش آلودگی هوا در اثر اختلاط اتانول با بنزین منبع درآمد و اشتغال مناسبی برای کشاورزان و صنایع وابسته ایجاد خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: ارزش اقتصادی، بیواتانول، چغندر قند، کشت پاییزه

\* - نویسنده مسئول Babak\_babae@yahoo.com

۱- مربی مؤسسه تحقیقات چغندر قند - کرج

۲- دانشیار مؤسسه تحقیقات چغندر قند - کرج

## مقدمه

محصولات کشاورزی و سه درصد به صورت سنتتیک است (Vivekanandhan *et al.* 2013). انتخاب محصول کشاورزی جهت تولید بیواتانول در دنیا براساس مزاد تولید و در راستای تنظیم قیمت محصولات کشاورزی در بازار جهانی تنظیم شده است. ایران با توجه به شرایط آب و هوایی گرم و خشک و کمبود آب کشاورزی در اکثر محصولات کشاورزی، که در سایر کشورها به عنوان منبع تولید بیواتانول محور می شود وارد کننده است. چغندر قند و نیشکر نیز که با هدف تولید شکر کشت می شوند کفاف مصرف سالانه شکر کشور را نمی دهند و با وجود تولید ۱۱۵۰ هزار تن شکر در سال ۱۳۹۱ حدود ۱۸۰۰ هزار تن شکر خام وارد کشور نموده ایم (Anonymous 2012; 2010). با وجود این که در شرایط آب هوایی کشور امکان کشت پاییزه چغندر قند در بعضی مناطق وجود دارد (Fatollah Taleghani *et al.* 2010)، ولی در چند ساله اخیر به دلیل پایین بودن عیار قند چغندر قند در کشت پاییزه (حدود ۱۳ درصد) و کاهش سود حاصله نسبت به سایر کشت های شیب با کاهش سطح کشت این محصول مواجه شده ایم که این امر علاوه بر اختلال در تناوب زراعی، موجب کاهش تولید شکر در کشور نیز شده است در حالی که با انجام توصیه های تحقیقاتی می توان متوسط عیار را در این مناطق افزایش داد (Abdollahian Noghabi *et al.* 2013). در این تحقیق با توجه به منابع تحقیقاتی قابل دسترس داخلی و خارجی پتانسیل های بالقوه تولید بیواتانول، مؤلفه های تأثیرگذار بر قیمت تمام شده تولید بیواتانول، مقایسه اقتصادی تولید اتانول از یک هکتار چغندر قند بهاره و پاییزه و هزینه های احداث واحد صنعتی تولید بیواتانول از چغندر قند مورد بررسی قرار گرفته است.

تغییرات آب و هوایی از ده سال گذشته شروع شده و یکی از مسائل روز دنیا می باشد. مطالعات نشان می دهد نسبت گرم شدن هوا سالانه  $0.5 \pm 0.2$  درجه سانتی گراد در سال است (Hansen *et al.* 2006). تغییرات آب و هوایی به طور جدی تحت تأثیر گازهای گلخانه ای است. مصرف سوخت های فسیلی در کلان شهرها موجب افزایش گازهای گلخانه ای و آلودگی هوا می باشد، به طور مثال وضعیت آلودگی هوای شهری مثل تهران در سال گذشته در ۵۶ درصد موارد در شرایط ناسالم و ۳۱ درصد موارد در شرایط بسیار ناسالم قرار داشته است (Anonymous 2012). بنابراین استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیری توصیه می شود که علاوه بر نداشتن آلودگی زیست محیطی، محدودیتی در استفاده از آن ها وجود نداشته باشد. اتانول یکی از منابع انرژی های تجدیدپذیر بحساب می آید و می تواند از مواد خام کشاورزی به دست آید. سهم محصولات کشاورزی در این خصوص حدود ۹۷ درصد تخمین می شود (Vivekanandhan *et al.* 2013). اختلاط اتانول با بنزین به نسبت های مختلفی چون ۵، ۱۰ و ۸۵ درصد می باشد که به شکل E5، E10 و E85 نشان داده می شود. تحقیقات نشان می دهد استفاده از سوخت E20 (دارای ۲۰ درصد اتانول) موجب کاهش ۲۳ درصد کربن مونوکسید در هوا و تا ۱۳ درصد سایر هیدروکربن ها نسبت به سوخت های فاقد اتانول می شود (Buddy and Hilton 2009). تولید اتانول در دنیا دارای روند افزایشی بوده به طوری که میزان تولید آن در سال ۲۰۱۲ حدود ۸۵ میلیون مترمکعب گزارش شده است (Anonymous 2012). منابع اتانول تولیدی ۳۹ درصد از گیاهان قندی و ملاس، ۴۸ درصد از غلات، ۱۰ درصد از زیست توده و سایر

## عوامل مؤثر بر قیمت تمام شده تولید بیواتانول

قیمت تمام شده بیواتانول از محصول‌های کشاورزی بستگی به قیمت محصول، روش‌های آماده سازی محصول جهت تخمیر، روش‌های صنعتی تولید بیواتانول و راندمان تولید دارد (Roehr 2001). راندمان تولید بین گیاهان زراعی متفاوت است. متوسط تولید بیواتانول در واحد سطح برای چغندر قند (۶/۶۲)، سیب‌زمینی (۳/۵۵)، ذرت (۳/۵۲)، گندم (۲/۷۶)، تریتیکاله (۲/۲۳) و چاودار (۲/۰۳) مترمکعب در هکتار می‌باشد.

بنابراین از یک کیلوگرم چغندر قند تمیز و تازه یکدهم لیتر (۱۰۰ میلی لیتر) اتانول تولید می‌شود که راندمان مناسبی است (ICOZ 2008). جدول ۱ قیمت تمام شده بیواتانول را برای برخی محصولات کشاورزی نشان می‌دهد قیمت تمام شده بیواتانول برای محصول‌هایی که دارای ساکارز می‌باشند (مانند نیشکر و چغندر قند) به دلیل قابلیت تخمیر مستقیم کمتر است (Grassi 2000).

جدول ۱ قیمت تمام شده بیواتانول از برخی محصول‌های کشاورزی و بقایای آن (Grassi 2000)

قیمت اتانول تولیدی برحسب دلار آمریکا در متر مکعب	نوع محصول تولیدی
۳۰۰	چغندر قند
۲۶۰	نیشکر
۲۰۰-۳۰۰	سورگوم شیرین
۹۹۰	سیب زمینی
۳۰۰	ذرت (۱۲۰ دلار به ازای تن)
۷۹۰	کاساوا
۴۵۰	ترکیبات سلولزی (هیدرولیز اسیدی)
۱۸۰	ترکیبات سلولزی (هیدرولیز آنزیمی)
۵۴۰	اتانول سنتزی

جدول ۲ (2006). بیواتانول تولیدی در آمریکا از ذرت و در برزیل از نیشکر کمتر از سایر محصولات است که این اختلاف قیمت ناشی از پایین بودن قیمت ماده اولیه می‌باشد.

جدول دو قیمت تمام شده بیواتانول از گیاهان قندی (چغندر قند و نیشکر) در مناطق مختلف با در نظر گرفتن قیمت محصول و هزینه‌های تولید نشان داده شده است (USDA

جدول ۲ مقایسه قیمت بیواتانول تولیدی از گیاهان قندی (چغندر قند و نیشکر) برحسب دلار به ازای هر گالن آمریکایی

منابع تولید بیواتانول									
چغندر قند	نیشکر	شکر مایع تصفیه	شکر مایع خام	ملاس	چغندر قند قند	نیشکر	ذرت خشک	ذرت تازه	
اروپا	برزیل	آمریکا	آمریکا	آمریکا	آمریکا	آمریکا	آمریکا	آمریکا	
۰/۹۷	۰/۳	۳/۶۱	۳/۱۲	۰/۹۱	۱/۵۸	۱/۴۸	۰/۵۳	۰/۴	قیمت محصول
۱/۹۲	۰/۵۱	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۷۷	۰/۹۲	۰/۵۲	۰/۶۳	هزینه‌های تولید
۲/۸۹	۰/۸۱	۳/۹۷	۳/۴۸	۱/۲۷	۲/۳۵	۲/۴۰	۱/۰۵	۱/۰۳	قیمت کل تولیدی

محصول زراعی (جدول ۳) به مراحل آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت، اجاره زمین، میزان و ارزش نهاده‌های مصرفی در یک هکتار (بذر و کودشیمیایی) و نیروی کارگری و سود زارع در انواع عملیات کشت ماشینی یا بستگی دارد (Anonymous 2012).

### مقایسه اقتصادی تولید اتانول از یک هکتار چغندر قند بهاره و پاییزه

هزینه‌های تولید بیواتانول از چغندر قند را می‌توان به دو گروه هزینه‌های تولید ماده اولیه (چغندر قند) و هزینه‌های استخراج تقسیم کرد. متوسط هزینه تولید یک هکتار از

جدول ۳ هزینه‌های یک هکتار زراعت چغندر قند (هزار ریال)

نام محصول	آماده سازی زمین	کاشت	داشت	برداشت	اجاره زمین	جمع کل (هزار ریال)
چغندر قند بهاره	۳۵۰۰	۱۱۶۰۲	۲۹۳۴۷	۲۲۴۱۷	۲۵۰۰۰	۹۱۸۶۶
چغندر قند پاییزه منطقه خوزستان	۴۴۰۰	۱۱۶۰۲	۲۳۶۲۵	۱۹۲۵۰	۳۰۰۰۰	۸۸۷۷

این که مقدار شکر موجود در هکتار برای هر دو کشت تقریباً یکسان است ولی هزینه‌های جابجایی و استخراج برای چغندر کشت پاییزه بیشتر است.

مقایسه عملکرد و عیار قند برای دو کشت بهاره و پاییزه در جدول چهار نشان می‌دهد که چغندر قند کشت پاییزه دارای میانگین عملکرد بیشتر ولی عیار قند کمتر است. با وجود

جدول ۴ مقایسه عملکرد و عیار قند کارخانه‌های قند چغندری کشت بهاره و کشت پاییزه و اتانول تولیدی

نام محصول	متوسط عملکرد (تن در هکتار)	میانگین عیار (درصد)	مقدار شکر (تن در هکتار)	اتانول تولیدی (مترمکعب در هکتار)	تولید اتانول بازا* یک تن چغندر قند (لیتر)
کارخانه های قند کشت بهاره*	۳۶/۷۴	۱۷/۵۵	۶/۴۵	۳/۳	۹۰
کارخانه قند اهواز در زمان فعالیت**	۴۷/۶۴	۱۳/۳۴	۶/۳۵	۳/۲	۶۷
چغندر قند تولیدی در مرکز تحقیقات دزفول***	۶۷/۵۸	۱۵/۸۸	۱۰/۷۳	۵/۴	۸۰

\* متوسط عملکرد و عیار کارخانه های چغندر قند از سال ۱۳۸۶-۱۳۹۰\*\* متوسط عملکرد و عیار کارخانه قند اهواز از سال ۱۳۸۲-۱۳۸۶\*\*\* متوسط عملکرد و عیار قند چغندر قند تولیدی در مرکز تحقیقات دزفول ۱۳۸۷-۱۳۹۱

عیار متوسط ۱۷ حدود ۸۴۰ هزار تن چغندر قند لازم است و هزینه‌های احداث کارخانه ایی با حجم تولید ۷۵/۶ میلیون لیتر در سال، حدود ۱۲۰ میلیون دلار برآورد می‌شود. هزینه‌های فرآوری بیواتانول از چغندر قند شامل حمل از مزرعه، نیروی کار، سوخت، موادشیمیایی، برق، مواد اولیه، تجهیزات، تعمیرات،

### هزینه‌های احداث واحد صنعتی تولید بیواتانول از چغندر قند

سرمایه گذاری برای تولید بیواتانول از چغندر قند شامل دو بخش هزینه‌های ثابت و هزینه‌های متغیر است. به طوری که برای تولید حدود ۷۵/۶ میلیون لیتر (۲۰ میلیون گالن) اتانول در سال با فرض تولید ۹۰ لیتر اتانول به ازای یک تن چغندر قند با

## بحث و نتیجه گیری

مقدار تولید اتانول از چغندر قند کشت پاییزه با عملکرد متوسط ۴۸ تن در هکتار، متوسط عیار ۱۳/۳۵ درصد و تولید ۴/۸ تن شکر سفید در هکتار، حدود ۳/۲ مترمکعب اتانول در هکتار برآورد می شود که با اجرای توصیه های تحقیقاتی انتظار می رود عملکرد تا ۶۸ تن در هکتار، متوسط عیار به حدود ۱۶ درصد و قابلیت تولید شکر سفید به حدود نه تن و تولید اتانول تا شش مترمکعب در هکتار افزایش یابد.

در حال حاضر قیمت شکر فله ۲۲۵۰ تومان به ازای یک کیلوگرم و قیمت مصوب بیواتانول ۹۹/۵ درصدی در ۹۰۰۰ تومان هر لیتر از طرف انجمن صنفی قیمت گذاری شده است (Anonymous 2013; Anonymous 2015). که تقریباً چهار برابر کمتر از قیمت یک لیتر اتانول است. با توجه به این که از هر کیلو شکر نیم لیتر بیواتانول استخراج می شود، لذا در وضع موجود توجه دارد.

در خاتمه با توجه به مطالب ارائه شده نتیجه گیری می شود تولید بیواتانول از چغندر قند کشت پاییزه، توجه اقتصادی بالاتری نسبت به تولید شکر از این محصول دارد. با این جایگزینی علاوه بر اجرای تناوب زراعی، افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش مصرف آب، در کلان شهرها در اثر جایگزینی اتانول تولیدی از چغندر قند کشت پاییزه با بخشی از سوخت های فسیلی آلودگی هوا کاهش خواهد یافت.

نگهداری و مدیریت می باشد. با توجه به عوامل اشاره شده هزینه تولید اتانول از چغندر قند به ازای ۳/۷۵ لیتر (یک گالن) در ایالات متحده حدود ۲/۳۵ دلار تخمین می شود. طبق محاسبه به عمل آمده ۱/۳۵ دلار از کل ۲/۳۵ دلار قیمت تمام شده مربوط به هزینه تهیه ماده اولیه (چغندر قند) است (Yoder 2009).

مراحل صنعتی تولید اتانول از چغندر قند شامل خاک گیری، حذف برگ های اضافی، حذف علف های هرز، شستشو، خلال کردن، انتقال به مخزن دیفوزیون، تهیه شربت خام، تخمیر، الکل رقیق، تغلیظ و نگهداری الکل تولیدی است. (Yoder 2009).

استفاده از تفاله چغندر قند یکی دیگر از منابع تولید بیواتانول است. سوتون و دوران پیترسون در سال ۲۰۰۱ با انجام آزمایشاتی توانستند با استفاده از سویه کلیسیلاکسی توکا (*klebsiella oxytoca strain*) تفاله خشک چغندر قند را به اتانول تبدیل کنند. نسبت تبدیل را ۰/۲ گرم اتانول از یک گرم تفاله خشک یعنی راندمان ۲۰ درصد گزارش کردند (Sutton and Doran-peterson 2001).

## References:

## منابع مورد استفاده:

- Abdollahian Noghahi M, Sharifi H, babaei B and Bahmani, GA. Introduction of new formula for determination of autumn sugar beet purchase. Journal of Sugar Beet, 2013, Vol. 29, 2, 215-227.
- Anonymous, Stats of sugar factories. Iranian sugar factory sendicate, 2008 <http://www.isfs.ir/amalkard1.htm>

Anonymous, Stats of sugar factories. Iranian sugar factory sendicate, 2012 <http://www.isfs.ir/amalkard1.htm>

Anonymous. Guaranteed purchase prices for crops in 2013-2014. Iranian Agriculture News Agency, 2012, <http://www.iana.ir/keshavarzi/item/8147-1.html>.

Anonymous. The price of ethanol confirmed in Iranian factories. Ethanol Manufacturers Association Iran, 2013, [www.epa-iran.ir/farsi/news/prices.html](http://www.epa-iran.ir/farsi/news/prices.html)

Anonymous. Suggested price for the sugar beet crop in 2013-2014. Deputy of Ministry of Agriculture crop production 2013, [www.agri-es.ir/Portals/0/rava-ettelaieih-aban.doc](http://www.agri-es.ir/Portals/0/rava-ettelaieih-aban.doc).

Anonymous. The economic feasibility of ethanol production from sugar in the united state. U.S. Department of Agriculture (USDA). 2009.

Anonymous. Iran Top imports\_2010, <http://faostat.fao.org>

Anonymous. World Fuel Ethanol Outlook to 2020. Market Evaluation Consumption and World Fuel Ethanol Statistics Committee (Mecas) 2012, 12 (19).

Anonymous. sugar price. 2015, <http://www.iranjib.ir/showgroup>

Buddy B and Hilton B. The effect of E20 ethanol fuel on vehicle emissions. Journal of Automobile Engineering. 2009; 223 (12): 1577

Dunne W. Energy Res. Internationa Journal, 1994, 18, 71.

Fatollah Taleghani D, Sadeghzadeh Hemayati S and Mesbah M. strategic framework for sugar beet research. 2010. Sugar beet seed institute 98/849, 520 pp.

Grassi G. Bioenergy Complex for commercial production of bioethanol towards large potential markets. 1<sup>st</sup> world conference of biomass for energy and industry 2000, pages 2131-2134.

Hansen j, Sato M, Ruedy R, LO K, Lea D and Medina – Eliza dM. Global Temperatur change. Procdding of the national academy of Sciences, 2006, volume 3(39), 14288, doi: lo.1073.

Icoz E, Mehmet Tugrul K, Soral A and Icoz E, Research on ethanol Production and use from sugar beet in turkey 2008.

Mistry PB. Energy from Biomass and Wastes. Washington DC, 1991, 16th IGT Conf, 669.

Roehr M. The Biotechnology of Ethanol: Classical and Future Applications. Wiley-Vch Verlag GmbH, Weinheim, 2001, ISBN: 3-527-30199-2.

Sutton MD and Doran-peterson. Fermentation of sugar beet pulp for ethanol production using bioengineered klebsiella oxytoca strain p<sub>2</sub>. Journal of Applied Microbiology 2001, 100, 407-414.

Vivekanandhan S, Zarrinbakhsh N, Misra M and Mohanty AK. Coproducts of Biofuel Industries in Value-Added Biomaterials Uses: A Move towards a Sustainable Bioeconomy, 2013, Intech, chapter 17, 491-541.

Yoder, j Potential for a Sugar Beet Ethanol Industry in Washington State. Report to the Washington treatment of Agriculture, 2009.