

## معرفی شربت فروکتوز ۵۵٪ به‌عنوان جایگزین برای محصولات با هیدروکسی متیل فورفورال (HMF) بالا مانند قند اینورت

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۲/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۴

### چکیده

هیدروکسی متیل فورفورال (HMF) یکی از ترکیبات تشکیل‌شده در نتیجه فرآیند حرارتی و نگهداری در محصولات قندی مانند قند اینورت است و طبق استاندارد کدکس حداکثر مجاز آن در ۴۰ ppm تعیین شده است. شربت فروکتوز ۵۵٪ مایعی شفاف دارای مزه شیرین و بدون هیچ طعم مزاحم و دارای شیرینی و خواص کاربردی مشابه با سوکروز است. مطالعات مختلف نشان می‌دهند که با توجه به فرآیند تولید محصولات قندی که عمدتاً با حرارت همراه است میزان HMF به‌شدت بالا می‌رود و این ماده سرطان‌زا تا زمان مصرف با این محصولات همراه است. از جمله محصولات بررسی‌شده از جنبه میزان HMF می‌توان به قند اینورت اشاره کرد. تحقیقات نشان داده است بسیاری از محصولات صنعتی مانند قند اینورت که با استانداردهای مناسب تولید نشده‌اند سرشار از HMF هستند. اما شربت فروکتوز ۵۵٪ به دلیل تولید به روش آنزیمی و تصفیه‌های صورت گرفته در طول فرآیند نهایتاً، حاوی مقادیر بسیار ناچیزی از این ماده سرطان‌زا است.

**کلمات کلیدی:** هیدروکسی متیل فورفورال، شربت فروکتوز ۵۵٪، سرطان‌زایی

آرش ارشادی<sup>۱</sup>، سمانه برهانی<sup>۲</sup>، مهدی جعفری اصل<sup>۳</sup>، زهرا جعفری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی، گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام (مرکز نوآوری)

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی، دانشگاه نوشیروانی بابل

<sup>۳</sup> دکترای تخصصی شیمی تجزیه، گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام (مرکز نوآوری)

<sup>۴</sup> کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام (مرکز نوآوری)

### \*نویسنده مسئول:

کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی، گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام (مرکز نوآوری)

۰۹۱۳۳۸۵۶۴۰۰

E-mail: A.Ershadi@zarholding.com

## مقدمه

### هیدروکسی متیل فورفورال و معایب آن

در بین آلاینده‌های متعدد مطرح شده طی سالیان اخیر، وجود هیدروکسی متیل فورفورال (Hydroxy Methyl Furfural) (HMF) در شیرین کننده‌ها به عنوان یک عامل سرطان‌زا مورد توجه قرار گرفته است.<sup>۱</sup> HMF ترکیبی فورانی است که به عنوان یک واسطه از طریق واکنش میلارد و به وسیله آبگیری مستقیم شکر تحت تیمار حرارتی و شرایط اسیدی تشکیل می‌گردد.<sup>۲</sup> دو مسیر متابولیکی متفاوت برای هیدروکسی متیل فورفورال شناسایی شده است. اولین مسیر اکسیداسیون گروه آلدئید به ۵ هیدروکسی متیل ۲ فروایک اسید (HMFA) و سپس اتصال این ترکیب با گلیسین و تشکیل ۵ هیدروکسی متیل ۲ فوروایل گلیسین (HMFG) است. در مسیر دیگر که از نظر سمیت با اهمیت‌تر از قبلی است، گروه هیدروکسی آلبل HMF سولفات شده و ۵ سولفوکسی متیل فورفورال (SMF) تشکیل می‌گردد.<sup>۳</sup> تحقیقات نشان داده است که SMF یک ترکیب ژنوتوکسیک بوده و باعث جهش ژنی می‌گردد.<sup>۴</sup>

در خصوص سرطان‌زا بودن HMF یافته‌های متناقضی توسط محققان بیان شده است. در تحقیقی، تفاوت‌های معناداری بین موش‌های تغذیه‌کننده با مقادیر ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم HMF به ازای یک کیلوگرم وزن بدن را طی ۱۱ ماه مشاهده نمودند؛ در صورتی که در موش‌های دریافت‌کننده ۱۶۰ میلی‌گرم، تغییرات مشخصی رؤیت شد.<sup>۵</sup> در مطالعه ۳ ماهه‌ای که تحت عنوان پروژه بررسی سمیت در ایالات متحده صورت گرفت در دریافت‌کنندگان دوزهای پایین‌تر از ۹۴ میلی‌گرم به ازای یک کیلوگرم وزن بدن اثرات نامطلوبی مشاهده نشد اما تغییرات کاهش وزن و بافت کلیه در دریافت‌کنندگان مقادیر بالاتر رؤیت شد. با توجه به این یافته‌ها مقدار ۸۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم به ازای یک کیلوگرم وزن بدن حداکثر میزان دریافت روزانه HMF است که عوارض جانبی در پی ندارد.<sup>۱</sup> در خصوص اندام‌های هدف، بررسی‌ها نشان داده است که کلیه، مثانه و کبد در مقایسه با سایر بافت‌ها بیشتر در معرض اثرات سوء HMF قرار دارند.<sup>۶</sup>

با توجه به نتایج بررسی‌های سم‌شناسی، مقدار HMF به عنوان شاخص کیفیت عسل و برخی دیگر از مواد غذایی مطرح و طبق استانداردهای جهانی و ملی حداکثر غلظت مجاز آن در عسل ۴۰

میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین شده است.<sup>۸</sup> تأثیر فاکتورهای متعدد؛ از جمله فرآیند حرارتی، ترکیب قندهای موجود، فعالیت آبی، فعالیت آنزیم اینورتاز و دیاستاز، غلظت کاتیون‌های دو قطبی، اسیدیته و pH بر میزان HMF بررسی گردیده است.<sup>۹، ۱۰</sup> اما جهت دستیابی به شرایط بهینه تولید و نگهداری، نیاز است اثرات مداخله‌ای این عوامل مورد بررسی قرار گیرد و مدل پارامترهای مورد بررسی پیش‌بینی گردد.

### شربت فروکتوز ۵۵٪

شربت فروکتوز ۵۵٪ مایعی شفاف داری مزه شیرین و بدون هیچ طعم مزاحم و دارای شیرینی و خواص کاربردی مشابه سوکرز است. شربت فروکتوز ۵۵٪ (HFCS)، شامل محلول‌های غلیظ فروکتوز و دکستروز با مقادیر کمتری از قندهایی با وزن مولکولی بالاتر هستند. شربت HFCS با ۴۲ درصد فروکتوز که به طور مستقیم از فرآیند ایزومریزاسیون شربت گلوکز (DE=95) به دست می‌آید، نسبت به شربت HFCS با ۵۵ درصد فروکتوز، دارای کاربرد نسبتاً کمتری است. شربت HFCS با ۵۵ درصد فروکتوز که از مخلوط کردن شربت فروکتوز ۴۲ درصد با شربت فروکتوز ۹۰ درصد به دست می‌آید، دارای کاربردهای وسیعی در صنعت غذاست. طبق آمار موجود در ژاپن و آمریکا، شربت فروکتوز ۵۵ درصد، حدود دو برابر شربت فروکتوز ۴۲ درصد تولید می‌شود.<sup>۱۱</sup>

### بررسی میزان هیدروکسی متیل فورفورال در محصولات قندی مختلف

هیدروکسی متیل فورفورال (HMF) یکی از ترکیبات تشکیل شده در نتیجه فرآیند حرارتی و نگهداری در محصولات قندی مانند عسل بوده و طبق استاندارد کدکس حداکثر مجاز آن در ۴۰ ppm تعیین شده است. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که با توجه به فرایندهای تولید محصولات قندی که عمدتاً با حرارت همراه است میزان HMF به شدت بالا می‌رود و این ترکیب سرطان‌زا تا زمان مصرف با این محصولات همراه است از جمله محصولات بررسی شده از جنبه میزان HMF می‌توان به قند اینورت اشاره کرد.<sup>۹، ۱۰، ۱۲</sup> تحقیقات نشان داده است بسیاری از محصولات صنعتی مانند قند اینورت که با استانداردهای مناسب تولید نشده‌اند

شربت فروکتوز به جای قند اینورت علاوه بر تامین تاثیرات قند اینورت بر محصولات غذایی میزان هیدروکسی متیل فورفورال را کاهش داده و به تولید محصولات سلامت محور کمک میکند. استفاده از شربت فروکتوز به جای قند اینورت در شرایط استاندارد می تواند موجب افزایش کیفیت محصولات گردد و این درحالی است که استفاده در شرایط غیر متعادل موجب کاهش کیفیت محصولات تولید شده میگردد.

سرشار از HMF هستند. اما شربت فروکتوز ۵۵٪ به دلیل تولید به روش آنزیمی و تصفیه‌های صورت گرفته در آن حاوی مقادیر بسیار اندک (در محدوده مجاز) از این ترکیب است. Shapla و همکاران<sup>۱۴</sup> در سال ۲۰۱۸ میزان HMF محصولات مختلف شربت‌های قندی (۳۵۰۰ تا ۱۱۰۰۰)، ملاس (۱۰۰)، شربت نیشکر (۱۰۰ تا ۳۰۰)، Prunes (۲۳۷)، و سرکه بالزامیک (۳۱۶-۳۲۵۰ ppm) را گزارش کردند. Ros-Polski و همکاران<sup>۱۵</sup> در سال ۲۰۱۶ میزان HMF در شربت فروکتوز ۵۵٪ را کمتر از ۰/۵ ppm گزارش کردند. استفاده از

## References

1. Abraham, K., Gurtler, R., Berg, K., Heinemeyer, G., Lampen, A. and Appel, K.E. Toxicology and risk assessment of 5-Hydroxymethylfurfural in food. *Molecular Nutrition and Food Research* 2011; 55: 667–678.
2. Turhan, I., Tetik, N., Karhan, M., Gurel, F. and Tavukcuoglu, H.R. Quality of honeys influenced by thermal treatment. *LWT* 2008; 41: 1396–1399.
3. Janzowski, C., Glaab, V., Samimi, E., Schlatter, J. and Eisenbrand, G. 5-Hydroxymethylfurfural: assessment mutagenicity, DNA-damaging potential and reactivity towards cellular glutathione. *Food Chemistry Toxicol.* 2000; 38: 801-809.
4. Durling, L.J.K., Busk, L. and Hellman, B. Evaluation of the DNA damaging effect of the heat-induced food toxicant 5-hydroxymethylfurfural (HMF) in various cell lines with different activities of sulfotransferases. *Food and Chemical Toxicology* 2009; 47: 880-884.
5. Zhang, X., Chan, C., Stamp, D. and Minkin, S. Initiation and promotion of colonic aberrant crypt foci in rats by 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde in thermolyzed sucrose. *Carcinogenesis* 1993;14: 773-775.
6. Lee, Y.C., Shlyankevich, M., Jeong, H-K., Douglas, J.S. and Surh, T.J. Bioactivation of 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde to an electrophilic and mutagenic allylic sulphuric acid ester. *Biochemical Biophysical Research Communications* 1995;209: 996-1002.
7. Pryor, R. L., Wu, X. and Gu, L. Identification of urinary excretion of metabolites of 5-(hydroxymethyl)-2-furfural in human subjects following consumption of dried plums or dried plum juice. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 2006;54: 3744-3749.
8. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Honey-Specification and test methods. 7th Revision, ISIRI 2013 ; 92 [In Persian].
9. Ajlouni, S. and Sujirapinyokul, P. Hydroxymethylfurfuraldehyde and amylase contents in Australian honey. *Food Chemistry* 2010;119: 1000–1005.
10. Fallico, B., Zappala, M., Arena, E. and Verzera.A. Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. *Food Chemistry* 2004; 85: 305–313.
11. Vuilleumier, S. Worldwide production of high-fructose syrup and crystalline fructose. *The American journal of clinical nutrition* 1993; 58(5): 733S-736S.
12. Kowalski, S. Changes of antioxidant activity and formation of 5-hydroxymethylfurfural in honey during thermal and microwave processing. *Food Chemistry* 2013; 141: 1378-1382.
13. Tosi, E.A., Re, E., Lucero, H. and Bulacio, L. Effect of honey high-temperature short-time heating on parameters related to quality, crystallization phenomena and fungal inhibition. *LWT* 2004; 37: 669-678.
14. Shapla, U. M., Solayman, M., Alam, N., Khalil, M. I., & Gan, S. H. 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: Effects on bees and human health. *Chem Cent J* 2018; 12(1): 35.
15. Ros-Polski, V., Popović, V., & Koutchma, T. Effect of Ultraviolet-C light treatment on Hydroxymethylfurfural (5-HMF) content in high fructose corn syrup (HFCS) and model syrups. *Journal of Food Engineering* 2016; 179: 78-87.

Arash Ershadi<sup>1\*</sup>, Samaneh Borhani<sup>2</sup>, Mehdi Jafari Asl<sup>3</sup>, Zahra Jafari<sup>4</sup>

<sup>1</sup> MSc of Food Engineering, Farhikhtegan Zarnam Research & Industrial Group (Knowledge-Based Research Center)

<sup>2</sup> PhD student of Chemical Engineering-Biotechnology, Nowshirvani Babol Industrial University

<sup>3</sup> PhD of Analytical Chemistry, Farhikhtegan Zarnam Research & Industrial Group (Knowledge-Based Research Center)

<sup>4</sup> MSc of Chemical Engineering, Farhikhtegan Zarnam Research & Industrial Group (Knowledge-Based Research Center)

## Introducing Fructose Syrup 55% as an Alternative to High Hydroxymethylfurfural (HMF) Products Such as Invert Sugar

Received: 9 May 2020; Accepted: 25 Aug. 2020

### Abstract

Hydroxy Methyl Furfural (HMF) is a compound that is formed as a result of heat treatment and long storage of sugar products such as invert sugar and according to codex standards its limit in foods is 40 ppm. Fructose syrup 55% is a transparent liquid with a sweet taste and has no off-flavor and has similar sweetness and functional properties to sucrose. Various studies show that due to the production process of sugar products, which is mainly associated with heat, the HMF level is greatly increased and this carcinogen is remained within these products until consumption. Invert sugar is a product that has been investigated in terms of HMF content. Research has shown that many industrial products such as invert sugar that are not manufactured according to the standards, are rich in HMF. But the fructose syrup 55% contains a very small amount of this carcinogen due to its enzymatically production and many purification processes.

**Keywords:** Hydroxy Methyl Furfural, Fructose syrup 55%, Carcinogenicity

**\* Corresponding Author:**  
MSc of Food Engineering,  
Farhikhtegan Zarnam  
Research & Industrial Group  
(Knowledge-Based Research  
Center)

Tel: 09132856400  
E-mail: A.Ershadi@zarholding.com