

**Introducing fructose syrup 55% as an alternative to high HMF
products such as invert sugar**

Arash Ershadi¹

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

A.Ershadi@zarholding.com

Samaneh Borhani

*PhD student of Chemical Engineering-Biotechnology \ Nowshirvani Babol
Industrial University*

S.Borhani67@gmail.com

Mehdi Jafari Asl

*PhD of Analytical Chemistry \ Farhikhtegan Zarnam Research & Industrial Group
(Knowledge-Based Research Center)*

M.Jafari@zarholding.com

Zahra Jafari

*MSc of Chemical Engineering \ Farhikhtegan Zarnam Research & Industrial
Group (Knowledge-Based Research Center)*

Jafari66Zahra@gmail.com

¹ Corresponding Author

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

معرفی شربت فروکتوز ۵۵٪ به عنوان جایگزین برای محصولات با HMF بالا مانند قند اینورت

آرش ارشادی^۲

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

A.Ershadi@zarholding.com

سمانه برهانی

دانشجوی دکتری مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی/ دانشگاه نوشیروانی بابل

S.Borhani67@gmail.com

مهدی جعفری اصل

دکترای تخصصی شیمی تجزیه / گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام (مرکز نوآوری)

M.Jafari@zarholding.com

زهرا جعفری

کارشناسی ارشد مهندسی شیمی/ گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام (مرکز نوآوری)

Jafari66zahra@gmail.com

چکیده

هیدروکسی متیل فورفورال (HMF) یکی از ترکیبات تشکیل شده در نتیجه فرآیند حرارتی و نگهداری در محصولات قندی مانند قند اینورت می باشد 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 سوکرز است. مطالعات مختلف نشان می دهند که با توجه به فرآیند تولید محصولات قندی که عمدتاً با حرارت همراه هست میزان HMF به شدت بالا می رود و این ماده سرطانزا تا زمان مصرف با این محصولات همراه است. از جمله محصولات بررسی شده از جنبه میزان HMF می توان به قند اینورت اشاره کرد. تحقیقات نشان داده است بسیاری از محصولات صنعتی مانند قند اینورت که با استانداردهای مناسب تولید نشده اند سرشار از HMF هستند. اما شربت فروکتوز ۵۵٪ به دلیل تولید به روش آنزیمی و تصفیه های صورت گرفته در طول فرآیند نهایتاً، حاوی مقادیر بسیار ناچیزی از این ماده سرطانزا است.

کلمات کلیدی: هیدروکسی متیل فورفورال، شربت فروکتوز ۵۵٪، سرطان زایی

هیدروکسی متیل فورفورال و معایب آن

در بین آلاینده های متعدد مطرح شده طی سالیان اخیر، وجود هیدروکسی متیل فورفورال (Hydroxy Methyl Furfural) (HMF) در شیرین کننده ها به عنوان یک عامل سرطانزا مورد توجه قرار گرفته است [۱]. 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 می گردد [۲]. 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) می باشد. در مسیر دیگر که از نظر سمیت با اهمیت تر از قبلی می باشد، گروه هیدروکسی آلیل HMF سولفات شده و ۵ سولفوکسی متیل فورفورال (SMF) تشکیل می گردد [۳]. تحقیقات نشان داده است که SMF یک ترکیب ژنوتوکسیک بوده و باعث جهش ژنی می گردد [۱ و ۴].

در خصوص سرطانزا بودن HMF یافته های متناقضی توسط محققان بیان شده است. در تحقیقی، تفاوت های معنا داری بین موش های تغذیه کننده با مقادیر ۴۰ و ۸۰ میلی گرم HMF به ازای یک کیلوگرم وزن بدن را طی ۱۱ ماه مشاهده نمودند؛ در صورتیکه در موش های دریافت کننده ۱۶۰ میلی گرم، تغییرات مشخصی رؤیت شد [۵]. در مطالعه ۳ ماهه ای که تحت عنوان پروژه بررسی سمیت در ایالات متحده صورت گرفت در دریافت کنندگان دوزهای پایینتر از ۹۴ میلی گرم به ازای یک کیلوگرم وزن بدن اثرات نامطلوبی مشاهده نشد اما تغییرات کاهش وزن و بافت کلیه در دریافت کنندگان مقادیر بالاتر رویت شد. با توجه به این یافته ها مقدار ۸۰ تا ۱۰۰ میلی گرم به ازای یک کیلوگرم وزن بدن حداکثر میزان دریافت روزانه HMF است که عوارض جانبی در پی ندارد [۱]. در خصوص اندام های هدف، بررسی ها نشان داده است که کلیه، مثانه و کبد در مقایسه با سایر بافت ها بیشتر در معرض اثرات سوء HMF قرار دارند [۶ و ۷]. با توجه به نتایج بررسی های سم شناسی، 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 میلی گرم در کیلوگرم تعیین شده است [۸]. تأثیر فاکتورهای متعدد؛ از جمله فرآیند حرارتی، ترکیب قندهای موجود، فعالیت

آبی، فعالیت آنزیم اینورتاز و دیاستاز، غلظت کاتیون های دوقطبی، اسیدیته و pH بر میزان HMF بررسی گردیده است [۹ و ۱۰]. اما جهت دستیابی به شرایط بهینه تولید و نگهداری، نیاز است اثرات مداخله ای این عوامل مورد بررسی قرار گیرد و مدل پارامترهای مورد بررسی پیش بینی گردد.

شربت فروکتوز ۵۵٪

شربت فروکتوز ۵۵٪ مایعی شفاف دارای مزه شیرین و بدون هیچ طعم مزاحم و دارای شیرینی و خواص کاربردی مشابه سوکروز است. شربت فروکتوز ۵۵٪ (HFCS)، شامل محلول های 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 می آید، نسبت به شربت HFCS با ۵۵ درصد فروکتوز، دارای کاربرد نسبتاً کمتری است. شربت HFCS با ۵۵ درصد فروکتوز که از مخلوط کردن شربت فروکتوزی ۴۲ درصد با شربت فروکتوز ۹۰ درصد به دست می آید، 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 می شود [۱۱].

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 می دهد که با توجه به فرایندهای تولید محصولات قندی که عمدتاً با حرارت همراه هست میزان HMF به شدت بالا می رود و این ترکیب سرطانزا تا زمان مصرف با این محصولات همراه است از جمله محصولات بررسی شده از جنبه میزان HMF می توان به قند اینورت اشاره کرد [۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳]. تحقیقات نشان داده است بسیاری از محصولات صنعتی مانند قند اینورت که با استانداردهای مناسب تولید نشده اند سرشار از HMF هستند. اما شربت فروکتوز ۵۵٪ به دلیل تولید به روش آنزیمی و تصفیه های صورت گرفته در آن حاوی مقادیر ناچیزی از این ترکیب سرطانزا است. Shapla و همکاران [۱۴] در سال ۲۰۱۸ میزان HMF محصولات مختلف شربت های 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 [۱۵] در سال ۲۰۱۶ میزان HMF در شربت فروکتوز ۵۵٪ را کمتر از ۰/۵ ppm گزارش کردند.

منابع

1. Abraham, K., Gurtler, R., Berg, K., Heinemeyer, G., Lampen, A. and Appel, K.E. (2011). Toxicology and risk assessment of 5-Hydroxymethylfurfural in food. *Molecular Nutrition and Food Research*, 55: 667–678.
2. Turhan, I., Tetik, N., Karhan, M., Gurel, F. and Tavukcuoglu, H.R. (2008). Quality of honeys influenced by thermal treatment. *LWT*, 41: 1396–1399.
3. Janzowski, C., Glaab, V., Samimi, E., Schlatter, J. and Eisenbrand, G. (2000). 5-Hydroxymethylfurfural: assessment mutagenicity, DNA-damaging potential and reactivity towards cellular glutathione. *Food Chemistry Toxicol*, 38: 801-809.
4. Durling, L.J.K., Busk, L. and Hellman, B. (2009). 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*, 47: 880-884.
5. Zhang, X., Chan, C., Stamp, D. and Minkin, S. (1993). Initiation and promotion of colonic aberrant crypt foci in rats by 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde in thermolyzed sucrose. *Carcinogenesis*, 14: 773-775.
6. Lee, Y.C., Shlyankevich, M., Jeong, H-K., Douglas, J.S. and Surh, T.J. (1995). Bioactivation of 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde to an electrophilic and mutagenic allylic sulphuric acid ester. *Biochemical Biophysical Research Communications*, 209: 996-1002.
7. Pryor, R. L., Wu, X. and Gu, L. (2006). 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*, 54: 3744-3749.
8. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2013). Honey-Specification and test methods. 7th Revision, ISIRI No. 92 [In Persian.]

9. Ajlouni, S. and Sujirapinyokul, P. (2010). Hydroxymethylfurfuraldehyde and amylase contents in Australian honey. *Food Chemistry*, 119: 1000–1005.
10. Fallico, B., Zappala, M., Arena, E. and Verzera, A. (2004). Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. *Food Chemistry*, 85: 305–313.
11. Vuilleumier, S. (1993). Worldwide production of high-fructose syrup and crystalline fructose. *The American journal of clinical nutrition*, 58(5), 733S-736S.
12. Kowalski, S. (2013). Changes of antioxidant activity and formation of 5-hydroxymethylfurfural in honey during thermal and microwave processing. *Food Chemistry*, 141: 1378-1382.
13. Tosi, E.A., Re, E., Lucero, H. and Bulacio, L. (2004). Effect of honey high-temperature short-time heating on parameters related to quality, crystallization phenomena and fungal inhibition. *LWT*, 37: 669-678.
14. Shapla, U. M., Solayman, M., Alam, N., Khalil, M. I., & Gan, S. H. (2018). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: Effects on bees and human health. *Chem Cent J*, 12(1), 35.
15. Ros-Polski, V., Popović, V., & Koutchma, T. (2016). Effect of Ultraviolet-C light treatment on Hydroxymethylfurfural (5-HMF) content in high fructose corn syrup (HFCS) and model syrups. *Journal of Food Engineering*, 179, 78-87.