

شربت فروکتوز و اثرات عملکردی و تغذیه ای آن

لیلا کمالی روستا^{۱*}، امین سید یعقوبی^۱، محسن امینی^۲، مهدی امینی^۲

۱- دکتری علوم و صنایع غذایی، مرکز دانش بنیان گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زرنام

۲- دانشجوی دکتری مدیریت اجرایی، مرکز دانش بنیان گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زرنام

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۴/۱۳)

چکیده

شربت ذرت حاوی فروکتوز (HFCS)^۱ تبدیل به یکی از اجزای معمول تشکیل دهنده مواد غذایی در ۴۰ سال گذشته شده است. با این حال، مواردی درباره افزایش ارتباط مصرف HFCS و خطر ابتلا به چاقی، سندرم متابولیک، بیماری های قلبی و عروقی و دیگر پیامدهای سلامتی در مقایسه با سایر شیرین کننده های کالری دار مطرح شده است. متداول ترین انواع HFCS (HFCS-42 و HFCS-55) در ترکیب شبنه به ساکارز (شکر) بوده و متشکل از مقادیر تقریباً مساوی از گلوکز و فروکتوز هستند. تفاوت اولیه بین HFCS و ساکارز این است که این مونوساکاریدها به صورت آزاد در محلول HFCS موجودند اما در ساکارز به شکل دی ساکارید می باشند. دی ساکارید ساکارز به راحتی در روده کوچک شکسته می شود و در نتیجه فروکتوز و گلوکز به شکل آزاد از هر دو منبع ساکارز و HFCS به طور یکسان جذب می شوند. مزایای HFCS برای تولیدکنندگان مواد غذایی این است که مونوساکاریدهای آزاد موجود در HFCS سبب افزایش عطر و طعم، ماندگاری، نرمی بافت، جذابیت رنگ و تسهیل در قابلیت اختلاط در مقایسه با ساکارز می شود. از آنجا که ترکیب HFCS و ساکارز به ویژه در جذب توسط بدن خیلی شبیه به هم هستند، شواهدی وجود ندارد که HFCS نسبت به ساکارز تأثیر بیشتری در ایجاد پیامدهای سلامتی داشته باشد. در ضمن مطالعات اپیدمیولوژیک بسیار دقیق و جامعی برای تجزیه و تحلیل مصرف مواد غذایی، از جمله ارزیابی مکانیسم عمل و رابطه بین میزان مصرف فروکتوز و سطح پاسخ بدن لازم است. در حال حاضر، شواهد و مدارک کافی برای ممنوعیت و یا محدود کردن استفاده از HFCS و یا سایر شیرین کننده های حاوی فروکتوز در مواد غذایی و همچنین نیاز به استفاده از برچسب های هشدار دهنده بر روی محصولات حاوی HFCS وجود ندارد.

کلید واژگان: شربت ذرت حاوی فروکتوز، شکر، شیرین کننده های دارای کالری، پیامدهای سلامتی

1. High Fructose Corn Syrup (HFCS)

* مسئول مکاتبات: 1.kamalimail@gmail.com

۱- شیرین کننده ها در مواد غذایی

شیرین کننده های دارای کالری شامل شکر (ساکارز)، HFCS، عسل، ملاس، فروکتوز کریستالی و کنسانتره آب میوه می باشند. شیرین کننده های حاوی فروکتوز و سایر شیرین کننده های دارای کالری حداکثر ۴ کیلو کالری در هر گرم انرژی ایجاد می کنند. متداول ترین شیرین کننده های مورد استفاده قندهای تصفیه شده و HFCS هستند، که به ترتیب ۴۵٪ و ۴۲٪ از شیرین کننده های دارای کالری افزوده شده به مواد غذایی را در ایالات متحده شامل می شوند [۱]. گلوکز به دست آمده از ذرت (دکستروز) و شربت های گلوکز، ۱۲٪ از بازار شیرین کننده های افزوده شده را تشکیل می دهند. عسل و سایر شربت های خوراکی (به عنوان مثال شربت افرا و ملاس) ۱٪ باقی مانده را شامل می شوند [۱]. سرانه مقدار مصرف فروکتوز کریستالی و آب میوه به عنوان شیرین کننده توسط وزارت کشاورزی ایالات متحده ردیابی نگردیده است. شیرین کننده های کم کالری غیر مغذی به طور فزاینده ای در محصولات غذایی مورد استفاده قرار می گیرند [۲]، اگر چه میزان مصرف سرانه استفاده از این شیرین کننده ها در دسترس نیست. قندهای الکلی که به عنوان پلی ال ها نیز شناخته می شوند، به طور کامل از طریق دستگاه گوارش جذب نمی شوند و متوسط ۲ کیلو کالری در هر گرم کالری ایجاد می کنند [۳، ۴]. این شیرین کننده های کم کالری شامل سوربیتول، مانیتول، زایلیتول، اریتریتول، ایزومالت، لاکتیتول، مالتیتول، ونشاسته هیدروژنه هیدرولیز شده می باشند [۳، ۴]. تاگاتوز و ترهالوز قندهایی هستند که در مورد نحوه عملکرد و فراهم نمودن انرژی به ترتیب ۲ کیلو کالری و ۴ کیلو کالری در هر گرم مشابه قندهای الکلی هستند [۳]. شیرین کننده های غیر مغذی شامل سوکرالوز، نئوتام، آسپارتام، آسه سولفام پتاسیم، و ساخارین می باشند که هیچ کالری ایجاد نمی کنند. با توجه به شیرینی شدید این قندها مقادیر بسیار کمی از آنها مورد نیاز است، به همین دلیل مقدار انرژی ایجاد شده از آنها قابل صرف نظر است [۳]. مقدار مصرف شیرین کننده های دارای کالری

افزوده شده به مواد غذایی در ایالات متحده از سال ۱۹۶۶ تا سال ۲۰۰۵، ۲۷ درصد افزایش یافت و از ۱۱۳ پوند برای هر نفر در سال به ۱۴۳ پوند برای هر نفر در سال افزایش یافت [۱]. افزایش مصرف نوشابه و نوشیدنی های میوه ای به افزایش بیش از نیمی از مصرف قند اضافه شده کمک نمود [۵]. در دسترس بودن HFCS برای استفاده در مواد غذایی بیش از ۱۰۰ برابر از زمان معرفی آن در سال ۱۹۶۷ افزایش یافت [۶]. در سال ۲۰۰۵ HFCS با قیمت ۱۴ سنت برای هر پوند، نیمی از قیمت شکر (ساکارز)، که ۳۰ سنت برای هر پوند بود را داشت [۶]. شربت فروکتوز شیرین کننده ای است که از نشاسته های ذرت، برنج، تاپیوکا، گندم، سیب زمینی و کاساوا می تواند تولید شود. [۱، ۲]. نشاسته ذرت اولین نشاسته مورد استفاده برای تولید شربت فروکتوز در ایالات متحده است که بزرگترین تولید کننده شربت فروکتوز در جهان است [۸]؛ بنابراین، شربت ذرت حاوی فروکتوز متداولترین شربت فروکتوز است. استفاده از HFCS به عنوان ماده اولیه در صنعت مواد غذایی در ایالات متحده فراگیر است که در بسیاری از غلات صبحانه، نوشابه ها، نان ها، سس ها، چاشنی های سالاد، کنسرو میوه ها، غذاهای میان وعده، دسر ها، محصولات گوشتی، محصولات لبنی، غذاهای منجمد، سوپ ها و سایر محصولات استفاده می شود [۸، ۷]. نگرانی هایی در مورد افزایش میزان چاقی و اثرات سوء بر سلامتی از اوایل دهه ۱۹۸۰، مدتی پس از اینکه HFCS به طور گسترده ای به صنعت مواد غذایی در ایالات متحده معرفی شد مطرح گردید. به همین ترتیب نگرانی هایی در رابطه با اثرات مضر متابولیک ناشی از مصرف بیش از حد فروکتوز در رژیم غذایی آمریکایی (حدود ۱۰ درصد از کالری روزانه) بیان شده است [۹]. با این حال، سازمان غذا و دارو (FDA) در سال ۱۹۸۳ و مجدداً در سال ۱۹۹۶ HFCS را به عنوان یک ماده ایمن (GRAS) تأیید نموده است و هیچ محدودیتی در استفاده از آن در فرایند تولید خوب وجود ندارد [۱۰، ۶].

Table 1 Estimated Molecular Composition of Common Caloric Sweeteners (%) [6, 8, 11, 13]

	Fructose	Glucose	Higher saccharides
HFCS-42	42	53	5
HFCS-55	55	42	3
HFCS-90	90	9	1
Sucrose	50	50	0
Honey	49	43	8
Molasses	50	48	2
Apple juice	59	31	10
Orange juice	51	49	0
Crystalline fructose	100	0	0

۲- ویژگی های HFCS در مقایسه با

شکر

واژه شربت ذرت حاوی فروکتوز، به این مفهوم است که شربت عمدتاً از فروکتوز تشکیل شده است. انواع HFCS مورد استفاده در اکثر محصولات غذایی دارای قند فروکتوز بالایی در مقایسه با شربت ذرت متداول، که دارای هیچ مقدار فروکتوزی نمی باشد، هستند. شربت ذرت متداول عمدتاً به عنوان قوام دهنده کم شیرین استفاده می شود و متشکل از گلوکز خالص و پلیمرهای گلوکز است.

HFCS-42 در سال ۱۹۶۷ از طریق ایزومریزاسیون آنزیمی بخشی از گلوکز به فروکتوز به وجود آمد [۵] که شامل ۴۲ درصد فروکتوز، ۵۳٪ گلوکز و ۵٪ قندهای بزرگتر است (جدول ۱) [۱۱]. در دهه ۱۹۷۰ HFCS-90 (حاوی ۹۰٪ فروکتوز) تولید شد و در اختلاط با HFCS-42، HFCS-55 (حاوی ۵۵٪ فروکتوز) به وجود آمد [۱۱]. محتوای مونوساکارید HFCS-42 و HFCS-55 شبیه به ساکارز است، که یک دی ساکارید متشکل از ۵۰٪ فروکتوز و ۵۰٪ گلوکز است [۱۳]. برخلاف ساکارز، فروکتوز و گلوکز به صورت مونوساکاریدها ی آزاد در محلول HFCS وجود دارند. علاوه بر این، HFCS-42 و HFCS-55 دارای میزان رطوبت قابل توجهی نسبت به ساکارز (به ترتیب ۲۹٪ و ۲۳٪) می باشند.

سایر شیرین کننده های دارای کالری (به استثنای گلوکز خالص) حاوی مقادیر مشابه و یا حتی بالاتر از فروکتوز است. عسل دارای ترکیب مولکولی شبیه به ساکارز و HFCS می باشد [۱۲]، ملاس نیز که حداقل شکل تصفیه شده شکر است همین طور می باشد (جدول ۱) [۳]. آب میوه ها نیز

حاوی مقادیر مشابهی از فروکتوز هستند، اگر چه ترکیب دقیق بر اساس نوع میوه متفاوت است. به عنوان مثال، آب های پرتقال و انگور مقادیر مشابهی فروکتوز و گلوکز دارند، در حالی که آب سیب، دارای دو برابر فروکتوز نسبت به گلوکز است (جدول ۱) [۸،۱۳]. فروکتوز کریستالی، که می تواند از HFCS و همچنین از ساکارز بدست آید، شامل ۹۸-۱۰۰٪ فروکتوز است [۱۴،۱۶]. فروکتوز کریستالی شیرین ترین مونوساکارید دارای کالری با شیرینی ۱۷۳ نسبت به ساکارز کریستالی که به عنوان مرجع استاندارد ۱۰۰ در نظر گرفته می شود است (گلوکز دارای درجه شیرینی نسبی ۷۴ است) [۱۱].

انواع مختلف HFCS موارد استفاده مشخصی در فرایند تولید مواد غذایی دارند. HFCS-55 سطح یکسانی از شیرینی را همانند ساکارز ایجاد می کند و عمدتاً در نوشابه های گازدار، سایر نوشیدنی های شیرین، بستنی، و دسر های منجمد استفاده می شود [۱۱]. HFCS-42 دارای فروکتوز کمتری نسبت به ساکارز است بنابراین شیرینی کمتری دارد. HFCS-42 در محصولات نانوائی، کنسرو میوه ها، چاشنی ها، محصولات لبنی، و سایر محصولات استفاده می شود [۸،۱۱]. HFCS-90 برای تولید HFCS-55 و همچنین در "غذاهای رژیمی که در آنها تنها مقدار کمی به علت شیرینی شدید تر آن مورد نیاز است، استفاده می گردد. بسیاری از مزایای HFCS (جدول ۲) به دلیل ویژگی های کولیگاتیو (تجمعی) مولکول های آزاد فروکتوز و گلوکز است که بستگی به غلظت ماده حل شونده دارد. به عنوان مثال مونوساکاریدهای کوچکتر فشار اسمزی بالاتر و نقطه انجماد پایین تری از دی ساکارید ساکارز ایجاد می کنند. به همین ترتیب قندهای فروکتوز و گلوکز آزاد در HFCS، برخلاف ساکارز که یک قند غیر احیا است، قندهای احیا کننده هستند که در محصولات

۱۵]. یک مطالعه اخیر نشان داد که میزان ساکارز یک نوشابه کولا ۳ ماه بعد از نگهداری از ۳۶٪ کل قندها به ۱۰٪ قندها کاهش یافت و میزان فروکتوز آزاد از ۳۲٪ کل قندها به ۴۴٪ افزایش یافت. [۱۵]. و تغییراتی را در طعم و مزه محصول ایجاد نمود. در مقابل، ساختار HFCS در طیفی از درجه حرارت ها و شرایط اسیدی حفظ می گردد. [۱۴].

پخته شده در واکنش های قهوه ای شدن به مقدار بیشتری شرکت می کنند و رنگ و طعم مناسبی را ایجاد می کنند. همچنین ویژگی فروکتوز آزاد خصوصا توانایی بیشتر آن در جذب و حفظ رطوبت در مقایسه با شکر حائز اهمیت است. در محصولات شیرین شده با شکر پیوند بین مولکول های گلوکز و فروکتوز در محیط های اسیدی مانند نوشابه های گازدار و در دماهای بالای نگهداری شکسته می شوند [۱۴،

Table 2 Advantages of HFCS over Sucrose in Food Manufacturing [6,8]

- Enhances other flavors because its sweetness is detected quickly and early by the taste buds, but does not linger, resulting in a clearer and crisper perception of other flavors.
- Maintains freshness and prolongs shelf life through improved moisture control and less microbial spoilage, resulting in firmer canned fruits and less freezer burn in frozen fruits.
- Maintains the soft texture of baked goods by retaining moisture and resisting crystallization.
- Provides better browning and flavor in baked goods and better color retention in products such as ketchup and strawberry preserves.
- Maintains its structural stability over a range of temperatures and acidity levels.
- Maintains the pourability of frozen products due to its lower freezing point.
- Increases fermentability, which makes it more economical in producing breads.

۳- فروکتوز و گلوکز در بدن

از آنجا که هیدرولیز ساکارز تحت pH پایین یا درجه حرارت های بالا منجر به ایجاد فروکتوز و گلوکز آزاد می شود، همانطور که این مونوساکاریدها در HFCS نیز یافت می گردد، نوشابه های حاوی هر کدام از این شیرین کننده ها به صورت مشابه توسط بدن جذب می شود. حتی اگر ساکارز قبل از مصرف هیدرولیز نگردد، پیوند کووالانسی بین مولکولهای گلوکز و فروکتوز در ساکارز توسط آنزیم سوکراز در سلول های روده کوچک شکسته می شود [۵،۱۱،۱۶]. بنابراین بدن، مولکول های آزاد گلوکز و فروکتوز را صرف نظر از اینکه آنها به عنوان بخشی از HFCS هستند یا اینکه از ساکارز حاصل شده اند را جذب می کند. تنها تفاوت فشار اسمزی بیشتر ایجاد شده توسط مونوساکاریدهای کوچکتر در مقایسه با دی ساکارید ساکارز است، که مقدار مایع ترشح شده در معده را تحت تاثیر قرار می دهد [۱۶،۱۷].

نگرانی هایی در مورد نقش فروکتوز در اشتها و متابولیسم بدن وجود دارد. فروکتوز با سرعت بیشتری از معده در مقایسه با

سایر قندها خارج می گردد و در روده آهسته تر و کمتر به صورت کامل نسبت به گلوکز جذب می شود [۱۸،۱۹]. بر خلاف گلوکز، مصرف فروکتوز ترشح انسولین را تحریک نمی کند، که احتمالا به دلیل عدم وجود انتقال دهنده های فروکتوز (Glut-5) در سلول های B پانکراس است [۵،۲۰]. اعتقاد بر این است انسولین به طور مستقیم و غیر مستقیم (از طریق اثر بر ترشح لپتین) مانع مصرف بیشتر مواد غذایی می گردد [۵]. مغز و سیستم عصبی مرکزی نیز فاقد انتقال دهنده های Glut-5 هستند و بیشتر مانع ارائه سیگنال سیری توسط فروکتوز می شود [۵،۲۰]. علاوه بر این، فروکتوز می تواند به راحتی با فسفولیپیدها و تری آسید گلیسرول ها ترکیب شود [۲۰]. بنابراین مصرف مقادیر بیش از حد فروکتوز، به طور قابل توجهی میزان لیپوزن را افزایش می دهد [۲۰]. علاوه بر این، برخلاف پاسخ هورمونی داده شده پس از مصرف گلوکز، مصرف فروکتوز میزان لپتین را افزایش نمی دهد یا به عبارتی سطوح گرلین را کاهش می دهد، [۲۱]. (لپتین به طور کلی مانع جذب بیش از اندازه مواد غذایی می شود و مصرف انرژی را

افزایش می دهد [۲۱]، در حالی که به نظر می رسد گرلین گرسنگی و میزان اشتها را افزایش می دهد [۲۱].

ویژگی احیا کنندگی فروکتوز آزاد سبب می شود پیوندهایی پایدار را با آهن تشکیل دهد و جذب آهن و روی را بهبود بخشد. [۲۲]. مصارف بالای فروکتوز و ساکارز هر دو در دسترس بودن مس را در حیوانات کاهش دادند اما در مورد انسانها در دریافت های ۲۰ درصد از کل انرژی [۲۲]، که بالاتر از مقدار مصرف اغلب مردم است تأثیری نداشتند [۵،۲۳]. از آنجا که HFCS حاوی فروکتوز آزاد است، ممکن است بتواند تعادل مواد معدنی خاصی را در بدن تحت تأثیر قرار دهد. در یک مطالعه در طی بیش از دو هفته مشخص گردید که HFCS و ساکارز تعادل آهن، منیزیم، کلسیم و روی را تحت تأثیر قرار نمی دهند [۲۴، ۲۵].

۴- فروکتوز و پیامدهای سلامتی آن

در مطالعات انسانی و حیوانی ارتباط مستقیمی بین مصرف زیاد فروکتوز خالص و پیامدهای سلامتی آن، از جمله چاقی، سندرم متابولیک و بیماری های قلبی و عروقی یافت گردید. در اغلب مدل های حیوانی، رژیم های غذایی حاوی مقادیر زیادی فروکتوز، کل انرژی دریافتی روزانه، مقاومت به انسولین، مقادیر وزن، چربی خون و فشار خون را افزایش داد [۲۰،۲۶]. در انسان نیز، مقادیر بالای مصرف فروکتوز خالص، با افزایش مصرف انرژی کل، وزن بدن، چاقی احشایی، مقاومت به انسولین و چربی خون همراه بود [۲۰،۲۶،۲۷]. با این حال، به نظر می رسد فروکتوز هم در ساکارز و هم در HFCS دارای اثرات یکسانی باشند و عوارض جانبی به مصارف زیاد آن مربوط می شود و نه به مقادیری که به طور طبیعی در میوه ها و سبزیجات وجود دارد [۱۸]. با این حال، هنگامی که فروکتوز با گلوکز مصرف می شود همانطور که معمولاً در آب میوه طبیعی، ساکارز و HFCS یافت می شود، جذب فروکتوز بهبود یافته و اختلالات جذب و علائم همراه آن بسیار کمتر رخ می دهد [۱۸،۱۹].

۵- شیرین کننده های حاوی فروکتوز و

چاقی

در حال حاضر، شواهد کافی وجود ندارد که مصرف HFCS بیشتر از ساکارز باعث چاقی می گردد، و افزایش مصرف مواد غذایی حاوی کالری (از هر منبع) و یا کاهش فعالیت بدنی [۱۱] منجر به چاقی می شود. مطالعات اخیر تفاوت آماری معنی داری بین HFCS و ساکارز در مورد جذب انرژی کل، جذب درشت مغذی ها، طعم، گرسنگی، تشنگی، احساس سیری کلی، و یا غلظت انسولین، گلوکز، پپتید شبه گلوکاگون ۱ (GLP-1)، اسید اوریک، لپتین و / یا گرلین نشان ندادند [۱۶،۳۰،۳۱،۱۵].

هر دو نوشیدنی های شیرین شده با HFCS و ساکارز به مصرف اضافی کالری در وعده های غذایی در طی ۵۰-۱۲۰ دقیقه بعد از مصرف در مقایسه با یک نوشیدنی رژیمی یا عدم مصرف نوشیدنی کمک می کند [۱۵،۱۶]. علاوه بر این، مردان و زنان ممکن است به شیرین کننده ها به طور متفاوت پاسخ دهند، به عنوان مثال یک مطالعه نشان داد که مردان به طور قابل توجهی گرسنگی کمتری پس از مصرف HFCS نسبت به ساکارز تجربه نمودند، در حالی که زنان گرسنگی کمتری را پس از مصرف نوشیدنی های شیرین شده با ساکارز تجربه نمودند [۱۶]. با این حال، یک مطالعه دیگر مشخص نمود گرسنگی در زنان روز بعد از مصرف ۳۰ درصد از کالری توسط ساکارز در مقایسه با HFCS افزایش یافت [۲۸، ۲۹، ۳۰].

تصور می شد که ۵٪ فروکتوز بیشتر در HFCS-55 در مقایسه با ساکارز آن را به یک رژیم غذایی شیرین تر تبدیل می کند [۵]، درحالی که شدت شیرینی HFCS-55 شبیه به ساکارز است [۸،۱۱]. اطلاعات استفاده از مواد غذایی نشان می دهد که بین سالهای ۱۹۰۹ و ۱۹۹۷ افزایش ۸۶ درصدی در مصرف سرانه شیرین کننده های دارای کالری در ایالات متحده [۲۳] وجود داشت. در حال حاضر شیرین کننده های دارای کالری اضافه شده حدود ۱۶ درصد از کل کالری [۱۱] و HFCS ۷٪ تا ۱۰٪ از کل کالری را شامل می شود [۵،۲۳]. HFCS به عنوان یک شیرین کننده در رژیم غذایی مورد استفاده قرار گرفته است. با این حال، جایگزینی مقداری از ساکارز با HFCS نسبت فروکتوز به گلوکز را در مواد غذایی تغییر نمی دهد. در سال ۱۹۶۶، قبل از استفاده از HFCS، نسبت فروکتوز به گلوکز ۰/۷۸ بود و در سال ۲۰۰۲، ۰/۷۹ بود [۱۱]. مطالعات اپیدمیولوژیک هنوز به طور مستقیم مصرف

مصرف شربت ذرت فروکتوز بالا یا ساکارز در صدک نودم سطح مصرف جمعیت به افزایش فشار سیستولیک یا دیاستولیک، اسید اوریک و یا چاقی احشایی منجر نشد. [۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۲]. بنابراین، هنوز در این که فروکتوز، شربت ذرت فروکتوز بالا یا ساکارز عوامل احتمال سندروم متابولیک را افزایش می‌دهد، توافق نظر وجود ندارد و اثبات نگردیده است.

۷- شیرین کننده های حاوی فروکتوز و

بیماری های قلبی و عروقی و فشار خون

با توجه به اینکه آزمایش‌های مقایسه فروکتوز و گلوکز تغذیه معمول انسان را منعکس نمی‌کند، تحقیقات عمدتاً بر روی شربت ذرت فروکتوز بالا و ساکارز، با توجه ویژه به عوامل خطر بیماری قلبی عروقی، متمرکز شدند. برخی از مطالعات اپیدمیولوژیک به بررسی رابطه بین مصرف نوشیدنی بدون الکل و بیماری قلبی پرداخته‌اند [۴۳]. برخی از مطالعات چنین مطرح کردند که افزایش مصرف قندهای حاوی فروکتوز ممکن است منجر به افزایش لیپید (بویژه کلسترول) خون و افزایش LDL و تری‌گلیسیریدها شود [۴۴، ۴۳] و برخی نشان داده‌اند که افزایش مصرف نوشیدنی‌های شیرین‌شده با این قندها ممکن است منجر به افزایش فشار خون شود [۴۵ و ۴۶]. بسیاری از محققان دیگر این عقیده را رد نموده‌اند [۴۷]. برخی تحقیقاتی که بر روی مقادیر مختلف قندهای حاوی فروکتوز انجام شد، افزایش فشار خون [۴۲] یا افزایش لیپید (بویژه کلسترول) را نشان ندادند [۴۸، ۴۹]. بنابراین، اینکه افزایش مصرف قندهای حاوی فروکتوز عوامل خطر ابتلا به بیماری قلبی عروقی و فشار خون را افزایش می‌دهد اثبات شده نمی‌باشد و در این مورد براساس شواهد موجود تفاوتی بین ساکارز و HFCS وجود ندارد.

۸- شیرین کننده های حاوی فروکتوز و

دیابت

چندین مطالعه اپیدمیولوژیک وجود رابطه بین دسترسی به قندها در سطح کل جمعیت در کشورهای مختلف و شیوع دیابت را گزارش کرده‌اند [۵۰، ۵۱]. مقاومت به انسولین پیش درآمد دیابت است و اغلب ۲۰ سال قبل از دیابت رخ می‌دهد. برخی

HFCS کل در افراد را اندازه گیری ننموده‌اند، به دلیل اینکه پایگاه داده های مواد غذایی حاوی اطلاعات کافی در مورد محتوای HFCS مواد غذایی نیستند. برخی مطالعات نشان دادند افزایش HFCS در مواد غذایی با افزایش شیوع چاقی در ارتباط است، اما داده هایی در مورد مصرف HFCS در افراد به طور جامع وجود ندارد و تنها مطالعات زیست محیطی برای استفاده در دسترس هستند. همچنین ممکن است جنبه های دیگری از رژیم غذایی و فعالیت فیزیکی که به طور همزمان با افزایش مصرف HFCS رخ داده است یک نقش بزرگتری در افزایش سرعت چاقی و دیابت در سال های اخیر بازی کند [۳۲]. علاوه بر این، میزان چاقی حتی در برخی از کشورهای اروپایی که موانعی برای استفاده از HFCS دارند افزایش یافته است [۳۳].

۶- شیرین کننده های حاوی فروکتوز و

سندرم متابولیک

برخی از محققان معتقدند که مصرف فروکتوز اسید اوریک را به عنوان محصول زائد متابولیسم خود افزایش می‌دهد که ناشی از تجزیه آدنوزین تری فسفات است. طبق این نظریه، این افزایش اسید اوریک ممکن است به نوبه‌ی خود منجر به اختلال اندوتلیال شود و به افزایش خطر فشار خون بالا کمک کند. به علاوه، گفته شده است که افزایش نشانگرهای التهاب ناشی از مصرف فروکتوز به افزایش عوامل خطر سندروم متابولیک، از جمله افزایش تری‌گلیسیریدها و افزایش چاقی احشایی کمک می‌کند [۳۴]. باید با تحقیقاتی که مصرف فروکتوز و عوامل خطر سندروم متابولیک را به یکدیگر مربوط می‌سازند، با احتیاط روبرو شد. چندین بررسی جدید در مورد مصرف فروکتوز در سطوح جمعیت عادی نشان دادند که سطح چاقی یا تری‌گلیسیریدها در مقایسه با رژیم بدون فروکتوز افزایش پیدا نمی‌کنند [۳۵، ۳۶]. به علاوه، تحلیلی که روی داده‌های مربوط به بررسی‌های تغذیه ای و سلامتی انجام شد، افزایش سطح اسید اوریک ناشی از مصرف فروکتوز را نشان نداد [۳۷]. تحلیل‌های بیشتر داده‌های مربوط به این ارزیابی‌ها که توسط همان گروه انجام گرفت، نشان نداد که سطوح مختلف مصرف فروکتوز باعث افزایش اسید اوریک یا خطر سندروم متابولیک می‌شود [۳۸]. تحقیقات دیگر نشان دادند که

مواد غذایی منجر نمی شود. این جایگزینی میزان کالری مواد غذایی و نوشیدنی های شیرین شده و به احتمال زیاد نسبت فروکتوز به گلوکز را در آنها تغییر نمی دهد. HFCS توسط FDA یک ماده GRAS نظر گرفته شده است؛ بنابراین هشدار بر روی برچسب های محصولات حاوی HFCS بی مورد خواهد بود. در حال حاضر، شواهد کافی که احتمال شرکت HFCS را در ایجاد پیامدهای نامناسب سلامتی نسبت به ساکارز و یا هر شیرین کننده دارای کالری دیگر بیشتر نماید، وجود ندارد. عنوان HFCS, GRAS لغو نخواهد شد مگر اینکه شواهد جدیدی یافت گردد.

۱۰- نتیجه گیری

HFCS یک ماده غذایی متداول در بسیاری از کشورها از جمله ایالات متحده است. رایج ترین انواع (HFCS-42 و HFCS-55) در ترکیب شبیه به ساکارز بوده و متشکل از مقادیر تقریباً مساوی از گلوکز و فروکتوز هستند. تفاوت اولیه بین HFCS و ساکارز این است که این مونوساکاریدها به صورت آزاد در محلول HFCS موجودند اما در ساکارز به شکل دی ساکارید می باشند. مونوساکاریدهای آزاد در HFCS سبب افزایش عطر و طعم، ماندگاری، نرمی بافت، جذابیت رنگ و تسهیل در قابلیت اختلاط در مقایسه با ساکارز می شود. برخی مطالعات انسانی و حیوانی ارتباط بین فروکتوز و پیامدهای مربوط به سلامتی از جمله چاقی، سندرم متابولیک، بیماری های قلبی و عروقی و فشار خون را مطرح نمودند. با این حال اثرات سوء HFCS بر سلامت، بیشتر از دیگر شیرین کننده های دارای کالری که اکثر آنها حاوی فروکتوز هستند مشخص نشده اند. مصرف شیرین کننده های دارای کالری اضافه شده به طور کلی همزمان با کل کالری های دریافتی افزایش یافته است. به همین ترتیب، مقدار چاقی حتی در کشورهایی که HFCS به مقدار کمی مصرف می شود، افزایش یافته است. از آنجا که ترکیب HFCS و ساکارز به ویژه در جذب توسط بدن خیلی شبیه هم هستند، شواهدی وجود ندارد که HFCS نسبت به ساکارز بیشتر به چاقی، سندرم متابولیک، بیماری های قلبی و فشار خون یا موارد دیگر منجر شود. در ضمن مطالعات اپیدمیولوژیک بسیار دقیق و جامعی برای تجزیه و تحلیل مصرف مواد غذایی، از جمله ارزیابی مکانیسم عمل و رابطه بین میزان مصرف فروکتوز و

محققان گزارش کرده اند که مصرف نوشیدنی های شیرین شده با فروکتوز خالص مقاومت به انسولین را در بزرگسالان دچار چاقی افزایش می دهد، در حالی که مصرف نوشیدنی های شیرین شده با گلوکز یا شیرین کننده های حاوی فروکتوز و گلوکز مانند ساکارز یا HFCS این کار را نمی کنند [۵۲]. این محققان استدلال کردند که فروکتوز ممکن است، با فراهم کردن منبع مستقیمی از لیپید درون کبدی از طریق لیپوژنز de novo، مقاومت به انسولین کبدی را بیشتر کند. این ساز و کار با الگوی موجود در مورد ایجاد مقاومت به انسولین تناقض دارد، الگویی که می گوید چاقی احشایی و افزایش مقاومت به انسولین در آدیپوسیت ها باعث افزایش اسیدهای چرب آزاد در گردش خون می شود که ممکن است در نهایت به صورت چربی نابجا در عضلات اسکلتی ذخیره شوند [۵۱، ۵۲]. تحقیقات دیگر نشان داده است که مصرف شربت ذرت فروکتوز بالا یا ساکارز در سه مقدار مختلف تا صدک نودم مصرف جمعیت برای این دو قند، هیچ افزایشی را در چربی درون عضلانی به وجود نیاورد. علاوه بر این براساس این تحقیقات قندهای حاوی فروکتوز (شربت ذرت فروکتوز بالا و ساکارز) در مقایسه با گلوکز در سطح مصرف میانگین (۱۸٪ کالری از شربت ذرت فروکتوز بالا یا ساکارز) منجر به افزایش مقاومت به انسولین نمی شود. بنابراین، اینکه آیا قندهایی که معمولاً در رژیم غذایی انسان مصرف می شوند منجر به افزایش خطر ابتلا به دیابت می شود یا نه، همچنان مشخص نیست و شواهدی وجود ندارد که HFCS نسبت به ساکارز مقاومت به انسولین بیشتری را ایجاد می کند [۵۳، ۵۴].

۹- تأثیر محدود کردن شیرین کننده های

حاوی فروکتوز

هر نوع ممنوعیت در استفاده از شیرین کننده های حاوی فروکتوز تنها شامل فروکتوز خالص و شربت ذرت حاوی فروکتوز نمی شود، بلکه شیرین کننده های طبیعی مانند عسل، نیشکر و چغندر قند و آب میوه ها را نیز دربرمی گیرد. مقررات برای محدود کردن استفاده از شربت های فروکتوز به احتمال زیاد به جایگزینی شربت فروکتوز با ساکارز و یا سایر شیرین کننده های دارای کالری در مواد غذایی منجر خواهد شد و به کاهش استفاده از قندهای اضافه شده توسط تولید کنندگان

- Government Printing Office Federal Register 6, 43447–43450 (21CFR184.1866).
- [11] Forshee, RA, Storey, ML, Allison, DB, Glinsmann, WH, Hein, GL, Lineback, DR, Miller, SA, Nicklas, TA, Weaver, GA, White JS, 2007, A critical examination of the evidence relating high fructose corn syrup and weight gain, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47, 561–582.
- [12] Hein, GL, Storey, ML, White, JS, Lineback, DR, 2005, Highs and lows of high fructose corn syrup: a report from the Center for Food and Nutrition Policy and its Ceres Workshop. *Nutrition Today*, 40, 253–256.
- [13] U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2007, USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 20. Retrieved February 29, 2008. Accessed at: <http://www.ars.usda.gov/nutrientdata>
- [14] Hanover, LM, White, JS, 1993, Manufacturing, composition, and applications of fructose. *American Journal of Clinical Nutrition*, 58, 724–732.
- [15] Monsivais, P, Perrigue, MM, Drewnowski, A, 2007, Sugars and satiety: does the type of sweetener make a difference? *American Journal of Clinical Nutrition*, 86, 116–123.
- [16] Soenen, S, Westerterp-Plantenga, MS, 2007, No differences in satiety or energy intake after high-fructose corn syrup, sucrose, or milk preloads, *American Journal of Clinical Nutrition*, 86, 1586–1594.
- [17] Bray, GA, Nielsen, SJ, Popkin, BM, 2004, Reply to MF Jacobson, *American Journal of Clinical Nutrition*, 80, 1081–1082.
- [18] Beyer, PL, Caviar, EM, McCallum RW, 2005, Fructose intake at current levels in the United States may cause gastrointestinal distress in normal adults, *American Dietetic Association*, 105, 1559–1566.
- [19] Riby, JE, Fujisawa, T, Kretchmer, N, 1993, Fructose absorption, *American Journal of Clinical Nutrition*, 58, 748–753.
- [20] Elliott, SS, Keim, NL, Stern, JS, Teff, K, Havel PJ, 2002, Fructose, weight gain, and the insulin resistance syndrome, *American Journal of Clinical Nutrition*, 76, 911–922.
- [21] Wylie-Rosett, J, Segal-Isaacson, CJ, Segal-Isaacson, A, 2004, Carbohydrates and increases in obesity: does the type of carbohydrate make a difference? *Obesity Research and Clinical Practice*, 12, 124–129.
- سطح پاسخ بدن لازم است. در حال حاضر، شواهد و مدارک کافی برای ممنوعیت و یا محدود کردن استفاده از HFCS و یا سایر شیرین کننده های حاوی فروکتوز در مواد غذایی و همچنین نیاز به استفاده از برچسب های هشدار دهنده بر روی محصولات حاوی HFCS وجود ندارد.

۱۱- منابع

- [1] U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, 2008, US per capita caloric sweeteners estimated deliveries for domestic food and beverage use by calendar year: 1966–2006, Table 50.
- [2] U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, 2008, High-fructose corn syrup usage may be leveling off, *Amber Waves* 6, 266–280.
- [3] Position of the American Dietetic Association, 2004, Use of nutritive and nonnutritive sweeteners, *American Dietetic Association*, 104, 255–275.
- [4] Kroger, M, Meister, K, Kava, R, 2006, Low-calorie sweeteners and other sugar substitutes: a review of the safety issues, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5, 35–47.
- [5] Bray, GA, Nielsen, SJ, Popkin, BM, 2004, Consumption of high-fructose corn syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity, *American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 537–543.
- [6] Fructose Information Center: Facts about fructose. Retrieved February 29, 2008. Accessed at: <http://www.fructose.org/facts.asp>.
- [7] Vuilleumier, S, 1993, Worldwide production of high-fructose syrup and crystalline fructose, *American Journal of Clinical Nutrition*, 58, 733–736.
- [8] Corn Refiners Association, 2008, Questions and answers about high fructose corn syrup. Retrieved February 29, 2008. Accessed at: <http://www.corn.org/HFCSBrochure.pdf>
- [9] Vos, MB, Kimmons, JE, Gillespie, C, Welsh, J, Blanck, HM, 2008, Dietary fructose consumption among US children and adults: the Third National Health and Nutrition Examination Survey, *Medscape Journal of Medicine*, 10, 135–142.
- [10] Food and Drug Administration, 1996, High fructose corn syrup. Code of Federal Regulations. Washington, DC; U.S.

- [32] U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, 2005, U.S. food consumption up 16 percent since 1970. *Amber Waves* 3(5):5.
- [33] Anderson, GH, 2007, Much ado about high-fructose corn syrup in beverages: the meat of the matter. *American Journal of Clinical Nutrition*, 86, 1577–1578.
- [34] Johnson, L, Mander, A, Jones, L, 2007, Is sugar sweetened beverage consumption associated with increased fatness in children, *Nutrition*, 23,557–563.
- [35] Dolan, LC, Potter, S M, Burdock, GA, 2010, Evidence-based review on the effect of normal dietary consumption of fructose on development of hyperlipidemia and obesity in healthy, normal weight individuals. *Critical Review in Food Science & Nutrition*, 50, 53–84.
- [36] Dolan, LC, Potter, SM., Burdock, G, 2010, A Evidence-based review on the effect of normal dietary consumption of fructose on blood lipids and body weight of overweight and obese individuals. *Critical Review in Food Science & Nutrition*, 50,889–918.
- [37] Sun, SZ, Flickinger, BD, Williamson-Hughes, PS, 2010, Lack of association between dietary fructose and hyperuricemia risk in adults, *Nutrition and Metabolism*, 7, 98-107.
- [38] Sun, SZ, Anderson, GH, Flickinger, BD, 2011, Fructose and non-fructose sugar intakes in the US population and their associations with indicators of metabolic syndrome, *Food Chemistry Toxicol*, 49, 2875–2882.
- [39] Lowndes, J, Zukley, L, Nguyen, V, 2007, The effect of high fructose corn syrup on uric acid levels in obese women, *Obesity*, 15,498-508.
- [40] Lowndes, J, Zukley, L, Nguyen, V, 2008, The effect of high fructose corn syrup on uric acid levels in normal weight women, *Obesity*, 16, 150- 158.
- [41] Lowndes, J, Kawiecki, D, Angelopoulos, T, 2010, Fructose containing sugars do not cause changes in weight, body composition or abdominal fat when consumed as part of a eucaloric (weight-stable) diet, *Obesity*, 18, 1: 51- 57.
- [42] Lowndes, J, Sinnett, S, Yu, Z, 2012, Effects of fructose containing sugars on lipids, blood pressure and uric acid when consumed at up to 90th percentile population consumption levels. *Circulation*, 126, 3066- 3072.
- [22] O'Delml BL, 1993, Fructose and mineral metabolism, *American Journal of Clinical Nutrition*, 58,771–778.
- [23] Gross, LS, Li L, Ford ,ES, Liu, S, 2004, Increased consumption of refined carbohydrates and the epidemic of type 2 diabetes in the United States: an ecologic assessment, *American Journal of Clinical Nutrition*,79,774–779.
- [24] Ivaturi, R, Kies, C, 1992, Mineral balances in humans as affected by fructose, high fructose corn syrup and sucrose. *Plant Foods Human Nutrition*, 4, 143–151.
- [25] Milne, DB, Nielsen, FH, 2000, The interaction between dietary fructose and magnesium adversely affects macromineral homeostasis in men. *American College of Nutrition*, 19,31–37.
- [26] Rutledge, AC, Adeli, K, 2007, Fructose and the metabolic syndrome: pathophysiology and molecular mechanisms. *Nutrition Review* 65, 13– 23.
- [27] Stanhope, KL, Schwarz, JM, Keim NL, Griffen ,SC, Bremer, AA, Graham ,JL, Hatcher, B, Cox, CL, Dyachenko, A, Zhang ,W, McGahan, JP, Seibert ,A, Krauss, RM, Chiu, S, Schaefer, EJ, Ai, M, Otokozawa, S, Nakajima, K, Nakano ,T, Beysen, C, Hellerstein, MK, Berglund, L, Havel, PJ, 2009, Consuming fructose-sweetened, not glucose-sweetened, beverages increases visceral adiposity and lipids and decreases insulin sensitivity in overweight/obese humans, *Clinical Investigation*, 11, 1322–1334.
- [28] Choi, HK, Curhan ,G, 2008, Soft drinks, fructose consumption, and the risk of gout in men: prospective cohort study, *British Medical Journal*, 336,309–312.
- [29] Glinsmann ,WH, Bowman, BA, 1993, The public health significance of dietary fructose. *American Journal of Clinical Nutrition*, 58, 820–823.
- [30] Melanson ,KJ, Zukley, L, Lowndes, J, Nguyen, V, Angelopoulos, TJ, Rippe ,JM, 2007, Effects of high-fructose corn syrup and sucrose consumption on circulating glucose, insulin, leptin, and ghrelin and on appetite in normal-weight women, *Nutrition*, 23,103–112.
- [31] Akhavan, T, Anderson ,GH, 2007, Effects of glucose-to-fructose ratios in solutions on subjective satiety, food intake, and satiety hormones in young men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 86, 1354–1363.

- circulating glucose, insulin, leptin, active ghrelin and triglycerides. Federation of American Society Experimental Biology, 27:858–862.
- [50] Basu, S, Yoffe, P, Hills, N, 2013, The relationship of sugar to population level diabetes prevalence: an econometric analysis of repeated cross-sectional data, PLoS One, 8, 578-583.
- [51] Goran, MI, Ulijaszek, SJ, Ventura, EE, 2013, High fructose corn syrup and diabetes prevalence: a global perspective, Glob Public Health, 8, 55–64.
- [52] Stanhope, K, Schwarz, J, Keim, N, 2009, Consuming fructose-sweetened, not glucose-sweetened, beverages increases visceral adiposity and lipids and decreases insulin sensitivity in overweight/obese humans, Clinical Investigation, 119, 1322–1334.
- [53] Bravo, S, Lowndes, J, Sinnett, S, 2013, Consumption of sucrose and high-fructose corn syrup does not increase liver fat or ectopic fat deposition in muscles, Applied Physiology Nutrition and Metabolism, 3, 681–688.
- [54] Rippe, JM, 2013, The metabolic and endocrine response and health implications of consuming sugar sweetened beverages: findings from recent randomized controlled trials, Advances in Nutrition, 4, 677–686.
- [43] Bantle, J P, Raatz, S K, Thomas, W, 2000, Effects of dietary fructose on plasma lipids in healthy subjects, American Journal of Clinical Nutrition, 72, 1128–1134.
- [44] Chong, MF, Fielding, BA, Frayn, KN, 2007, Mechanisms for the acute effect of fructose on postprandial lipemia, American Journal of Clinical Nutrition, 85, 1511–1520.
- [45] Feig, D, Soletsky, B, Johnson, R, 2008, Effect of allopurinol on blood pressure of adolescents with newly diagnosed essential hypertension, Journal of American Medical Association, 300, 924–932.
- [46] Nguyen, S, Choi, HK., Lustig, RH, 2009, Sugar-sweetened beverages, serum uric acid, and blood pressure in adolescents, Pediatric, 154, 807–813.
- [47] Ha, V, Sevenpiper, JL, de Souza, RJ, 2012, Effect of fructose on blood pressure a systematic review and metaanalysis of controlled feeding trials, Hypertension, 59, 787–95.
- [48] Lowndes, J, Yu, Z, Pardo, S, 2011, Sucrose and high fructose corn syrup have equivalent effects on cardiovascular risk improvement as part of a structured weight loss program. Medicine and Science Sports & Exercise, 43, 465- 473.
- [49] Fullerton, Z, Lowndes, J, Sinnett, S, 2013, The effects of various consumption levels of high fructose corn syrup and sucrose on

Fructose syrup and its functional and nutritional effects

Kamalirousta, L.^{1*}, Seyed Yagoubi, A.¹, Amini, M.², Amini, M.²,
Soltanmohammadi, Sh.²

1. Ph.D of Food Science and Technology, Knowledge-Based Center of Zarnam Research and Industrial Group

2. M.Sc of Management, Knowledge-Based Center of Zarnam Research and Industrial Group

(Received: 2017/02/21 Accepted: 2017/07/04)

High fructose corn syrup (HFCS) has become an increasingly common food ingredient in the last 40 years. However, there is concern that HFCS consumption increases the risk for obesity, metabolic syndrome, cardiovascular diseases and other adverse health outcomes compared to other caloric sweeteners. The most commonly used types of HFCS (HFCS-42 and HFCS-55) are similar in composition to sucrose (table sugar), consisting of roughly equal amounts of fructose and glucose. The primary difference is that these monosaccharides exist free in solution in HFCS, but in disaccharide form in sucrose.

The disaccharide sucrose is easily cleaved in the small intestine, so free fructose and glucose are absorbed from both sucrose and HFCS. The advantage to food manufacturers is that the free monosaccharides in HFCS provide better flavor enhancement, stability, freshness, soft texture, color and convenient mixing in foods in comparison to sucrose. Because the composition of HFCS and sucrose is so similar, particularly on absorption by the body, there is no evidence that HFCS contributes more to obesity or other conditions than sucrose does. Nevertheless, Accurate and complete epidemiologic studies are needed to analyze food consumption, including those on the mechanism of action and relationship between fructose dose and response. At the present time, there is insufficient evidence to ban or otherwise restrict use of HFCS or other fructose-containing sweeteners in the food supply or to require the use of warning labels on products containing HFCS.

Keywords: High fructose corn syrup, Sugar, Caloric sweeteners, Health outcomes

*Corresponding Author E-Mail Address: l.kamalimail@gmail.com