

غذاهای فضایی

مترجمان: **مریم محبی*** و **حسن حذرخانی****
*دبیرشیمی منطقه ۱۶ تهران **عضو هیأت علمی سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی

چکیده

ترکیب غذاهای فضایی در طول تاریخ پنجاه ساله فضاوردی بشر، به سرعت پیشرفت کرده‌اند و روز به روز به غذاهای معمولی که مردم سر میز شام صرف می‌کنند شبیه‌تر شده‌اند. یکی از چالش‌های مهم دانشمندان فضایی، تغذیه‌ی فضاوردان در فضا است. فضاوردان در فضا دارای سه وعده‌ی غذایی هستند. این غذاها باید بسته‌بندی مناسب و محکمی داشته باشند تا مواد غذایی از آنها خارج نشوند. غذاهای فضایی امروزی شامل انواع متنوعی از غذاهای بسته‌بندی و استریلیزه شده آماده، میوه‌های خشک، آجیل و انواع شیرینی‌هایند. گاه‌گاهی هم میوه تازه به مدار زمین راه پیدا می‌کند، اما باید در مدت زمان کوتاهی خورده شوند. امروزه متخصصان غذاهای فضایی به بهبود روش‌های آماده‌سازی و ذخیره مواد غذایی می‌اندیشند تا دارای طعم و مزه‌ی دلپذیری بوده و در مأموریت‌های طولانی فاسد نشوند.

کلید واژه‌ها: غذاهای فضایی، فضاوردان شاتل، خشک کردن بانجماد، سلول سوختی



پیشینه‌ی خوردن در فضا، به اولین گردش جان گلن^۱ به دور زمین در سال ۱۹۶۲ بازمی‌گردد. با توجه به بزرگی دستاورد او، غذایی که می‌خورد مورد توجه زیادی قرار نگرفت. خمیری که او از ظرفی مانند لوله خمیر دندان به داخل دهانش می‌ریخت، اگرچه به اندازه کافی مغذی بود اما چندان اشتها برانگیز نبود.

^۱ John Glenn

سازمان ملی هوانوردی و فضایی آمریکا (ناسا) برای تهیه غذاهای اشتها آور متنوع برای فضانوردان، راه درازی را پیموده است. امروزه براساس مطالعات دانشمندان تغذیه و با همراهی فضانوردان، انواع مختلفی از غذاها که ماندگاری طولانی تر، مزه بهتر و انتقال آسان تر به فضا را دارند تهیه و بسته بندی شده است.

ویکی کلوتریس^۲، دانشمند تغذیه ناسا، رهبری تیمی متشکل از دانشمندان، مهندسان، متخصصان تغذیه و تکنسین ها را برعهده دارد و در مرکز فضایی جانسون در هوستون تگزاس، آزمایش و تولید انواع مختلف مواد غذایی برای فضانوردان را انجام می دهد.

یکی از چالش های اصلی دانشمندان تغذیه ناسا برای تولید این مواد غذایی، خوشمزه بودن غذاها است. از این رو دستوره های غذایی مختلفی را مورد آزمایش قرار داده و بهترینشان را انتخاب می کنند تا به این وسیله فضانوردان را شاد نگه دارند، به خصوص اگر آن ها مجبورند باشند ماه ها یا سال ها در فضا بمانند!

آشنایی با نیازهای غذایی فضانوردان

آزمایشگاه سامانه های غذاهای فضایی (SFSL)^۳ در مرکز فضایی جانسون، غذاهای مورد استفاده در سفینه فضایی شاتل و ایستگاه های بین المللی فضایی (ISS)^۴ را تولید کرده و روی تغذیه ی فضانوردان برای سفرهای طولانی تر در آینده کار می کند.

بر اساس یکی از یافته های جالب دانشمندان ناسا، برخی مواد غذایی درون بدن، رفتار متفاوتی در فضا و در روی زمین دارند. برای مثال فضانوردان در جاذبه ی کم به مقدار زیادی آهن نیاز ندارند. در بدن انسان آهن در خون یافت می شود، در جاذبه ی کم به دلیل عدم نیاز بدن به مقدار زیاد خون، حجم کلی خون با تخریب گلبول های قرمز جوان کاهش می یابد به حدی که به ۱۵٪ کمتر از میزان آن بر روی زمین می رسد. آهن درون این گلبول های قرمز نیز آزاد شده و در جای دیگری از بدن ذخیره می شوند. این آهن زیادی می تواند مضر باشد بنابراین رژیم غذایی باید به گونه ای طراحی شود که به کاهش مقدار آهن اضافی در بدن کمک کند.

فضانوردان در مأموریت های طولانی فضایی، در معرض از دست دادن بافت استخوانی نیز قرار دارند، زیرا بدن احساس می کند که برای تحرک در فضا بر خلاف زمین، به اسکلت نیازی ندارد. به دلیل جاذبه ی کم موجود در

^۲ . Vickie Kloeris

^۳ . Space Food System Laboratory(SFSL)

^۴ . International Space Station

سفینه شاتل و ایستگاه های فضایی بین المللی، بدن به آن میزان تراکم استخوانی که در زمین لازم است، نیازی ندارد. وقتی فردی غذای حاوی کلسیم، ماده مغذی مورد نیاز استخوان ها را می خورد، کلسیم توسط جریان خون به بافت استخوانی رسیده و جذب می شود. اما از آنجا که بدن در فضا، فعالانه در تلاش برای کاهش مقدار استخوان است، میزان کلسیم جذب شده از رژیم غذایی نسبت به زمین کمتر خواهد بود. پژوهش های مداومی در ناسا در حال انجام است تا به چگونگی عملکرد متفاوت بدن بر روی مواد غذایی در زمین و فضا پی ببرند.

در ماه های مانده به پرتاب سفینه به فضا، هر فضانورد مدتی را در SFSL می گذرانند و مجموعه ای از غذاهای فضایی را می خورد. فضانوردان شاتل، فهرستی از وعده های غذایی که در فضا خواهند خورد را انتخاب می کنند و فضانوردان ایستگاه بین المللی فضایی نیز موارد دیگری را برای تکمیل فهرست اصلی می افزایند.

غذاهای فضایی به چه شکل هستند؟

SFSL هنگام تهیه مواد غذایی با محدودیت های بسیاری روبه رو است. غذاها باید سبک و متراکم بوده و به کمترین آماده سازی نیاز داشته باشد. همچنین باید بسیار خوب نگهداری شده باشند تا در غیاب یخچال و فریزر در فضا، فاسد نشوند حتی استحکام آنها را نیز باید در نظر گرفت. غذاهای تُرد (که به آسانی خرد می شوند) کارایی خوبی در فضا ندارند زیرا در جاذبه نزدیک به صفر، ذره های ریز معلق خواهند ماند و می توانند در کارایی سفینه اختلال ایجاد کنند.

علیرغم همه این محدودیت ها، دانشمندان در آزمایشگاه سامانه های غذاهای فضایی، گروه های مختلفی از مواد غذایی را ارائه می دهند. برای مثال انواع سوپ ها، غذاهای گوشتی و خاگینه های تخم مرغ که به شکل خشک-منجمد^۵ (خشک شده با انجماد) درآمده اند. پس از آماده سازی و پیش از بسته بندی، آب غذاها به طور کامل خارج شده و غذاهای تهیه شده، برای حمل، سبک تر و فشرده تر می شوند. فضانوردان در فضا پیش از خوردن، به این غذاها آب می افزایند. برخی غذاها مانند انواع تن ها " ترموستابلیزه^۶ " می شوند، یعنی پس از بسته بندی حرارت داده می شوند. برخی دیگر مانند انواع گوشت ها، پس از پخت و بسته بندی، پرتودهی می شوند. ترموستابلیزاسیون و پرتودهی، روش هایی برای گندزدایی غذاها هستند تا بتوان آنها را در غیاب یخچال و فریزر نگهداری نمود. برخلاف غذاهای خشک-منجمد (خشک شده با انجماد) این دو نوع غذا جهت خوردن، نیاز به اضافه نمودن آب ندارند. نمک و فلفل نیز جهت استفاده در فضا نیاز به تغییر دارند. آنها را نمی توان در فضا روی

^۵ Freeze-dried فنی است که در فشار کم خلاء و دمای بسیار پایین رطوبت ماده گرفته می شود.

^۶ . Thermostabilization

غذا پاشید چون ذرات آنها معلق خواهد شد. بنابراین نمک را در آب حل کرده و فلفل را با روغن مخلوط می کنند.

آیا این غذاها مزه خوبی دارند؟

“ بیل دالی^۷ ” که کارشناس مواد غذایی در روزنامه “ شیکاگو تریبون^۸ ” است، جسارت پاسخ به این پرسش را داشت. او یک دوجین از جیره غذاهای فضایی را مورد بررسی و ارزیابی قرار داد. وی به سرعت متوجه چالش هایی که فضانوردان هنگام خوردن یک وعده غذایی ساده با آن مواجه هستند، گردید. پرس های غذایی که به او تحویل داده شد در یک پاکت پلاستیکی قرار داشت که با یک برچسب راهنمای آماده سازی همراه بود، مانند این که چه مقدار آب باید به غذا اضافه شود یا چه مدت گرم شود. او آمادگی این را نداشت که به غذاهای خشک شده با انجماد که ظاهر زیبایی هم نداشتند با یک سرنگ ۶۰ سی سی آب اضافه کند و یا اینکه غذاهای



ترموستابلیزه را در یک حمام آب گرم قرار دهد. سرآشپزها غالباً از این فنون آشپزی در روی زمین استفاده نمی کنند. دالی متعجب شد که در بین ابزار آشپزخانه به یک جفت قیچی هم نیاز دارد. او دریافت که قیچی یک ابزار مهم است و فضانوردان از آن برای باز کردن بسته بندی های مواد غذایی استفاده می کنند. همراه هر بسته، یک نوار چسب برای چسباندن کیسه ی مواد غذایی به سینی برای ممانعت از معلق شدن آن، نیز وجود داشت.

زمانی که در گذشته دالی روی آماده سازی غذاهای فضایی کار می کرد، پی برد بیش تر غذاهای فضایی از استانداردهای آشپزی او برخوردار نیستند. به گفته ی او غذاهای فضایی شبیه غذایی که در رستوران می خورید و یا حتی به خانه می برید نیستند. با این حال او از برخی مواد خوشش آمد و گفت: “ تقریباً از هلوی خشک لذت بردم زیرا بافتی آدامسی با طعم تند و رضایت بخش داشت.”

غذای خشک - منجمد

^۷ . Bill Daley

^۸ . Chicago Tribune

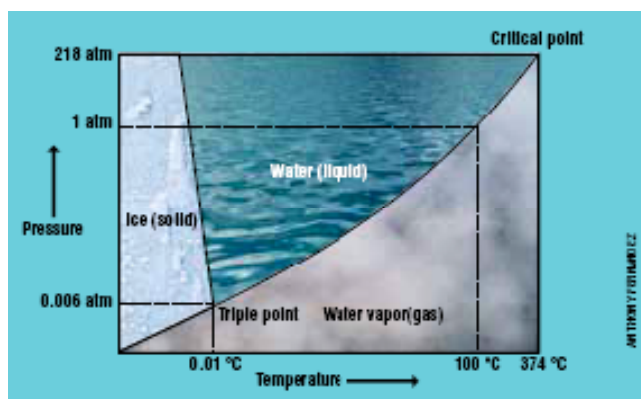
خشک کردن با انجماد یکی از موثرترین روش های تهیه ی غذاهای فضایی است. در این فرایند نه تنها بیشتر آب موجود در غذاها گرفته می شود بلکه آنها را می توان برای مدت طولانی تری نگهداری کرد.

مواد غذایی هنگامی فاسد می شوند که موجودات ذره بینی مانند باکتری ها از ماده غذایی تغذیه کرده و آن را تجزیه کنند. باکتری ها همچنین ممکن است موادی شیمیایی تولید کنند که منجر به بیماری شده و یا تنها مزه غذا را نامطلوب کنند. باکتری ها جهت ادامه حیات به آب نیاز دارند بنابراین اگر آب مواد غذایی خارج شود فاسد نمی شوند. غذاهای منجمد- خشک (خشک شده با انجماد) می تواند سال ها بدون تغییر ذخیره شده و سپس با افزودن اندکی آب به حالت اول برگردانده شود.

خشک کردن با انجماد با آب زدایی که در آن غذا را در محیطی خشک حرارت می دهند تا رطوبتش خارج شود، تفاوت دارد. در آب زدایی معمولاً حدود ۹۰٪ آب غذا خارج می شود بنابراین باکتری ها امکان رشد دارند اما در خشک کردن از طریق انجماد در خلا، درصد آب بسیار بیشتری خارج می شود و به طور معمول چیزی کمتر از ۳٪ آب غذا باقی مانده و ترکیب غذا بدون تغییر می ماند.

خشک کردن با انجماد، بر پایه یک فرآیند طبیعی به نام "فرازش" است که در آن آب یخ زده موجود در غذا به طور مستقیم تبدیل به گاز می شود. بسته به دما و فشار محیط، آب می تواند به صورت های جامد، مایع یا گاز وجود داشته باشد. با تغییر دما و فشار می توان مشاهده کرد که آب از یک شکل به شکل دیگر تغییر می کند.

دمایی که باعث تبدیل جامد به مایع (ذوب)، مایع به گاز (تبخیر) و جامد به گاز (فرازش) می شود با فشار



محیط تغییر می کند (شکل ۱). تنها در یک نقطه از دما و فشار (۰/۰۰۶ اتمسفر و ۰/۰۱ درجه ی سلسیوس) که نقطه ی سه گانه نامیده می شود (شکل ۱)؛ آب در سه حالت یاد شده در حال تعادل است. در فشار کمتر از ۰/۰۰۶ اتمسفر آب مایع نمی تواند وجود داشته باشد و یخ به طور مستقیم به بخار آب تبدیل می شود.

در فرآیند خشک کردن با انجماد از این خاصیت استفاده می کنند، بدین ترتیب که ابتدا دما را به زیر صفر درجه سلسیوس می رسانند تا تمام آب موجود در غذا منجمد شود سپس فشار را تا کمتر از ۰/۰۰۶ اتمسفر کاهش می دهند و آنگاه به آهستگی با گرم کردن، دما را به بالای نقطه انجماد می رسانند. با گذشت زمان، آب، فرازش

یافته و با مکش توسط خلا از غذا خارج می شود. پس از ساعت ها و گاهی روزها ۹۷٪ یا بیشتر آب خارج شده و غذای منجمد- خشک باقی می ماند.

آب دار کردن دوباره غذاهای منجمد- خشک

در فضایی شاتل آب و انرژی الکتریکی مورد نیاز در دستگاهی باتری مانند به نام سلول سوختی، تولید می شود. انرژی هر سفینه ی فضایی به وسیله ی ۳ عدد سلول سوختی که در زیر سفینه جاسازی شده اند، تامین می گردد. هر سلول، ۱۰۲ کیلوگرم وزن، ۱۱۴ سانتی متر طول، ۳۸ سانتی متر عرض و ۳۵ سانتی متر ارتفاع دارد.

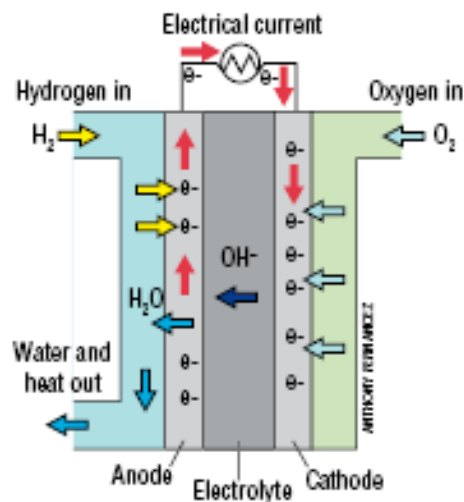
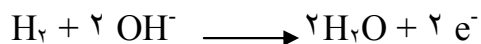


Figure 2. Schematic representation of what happens in fuel cells used on the space shuttle.

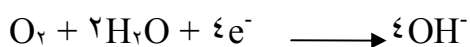
یک سلول سوختی، مانند یک باتری استاندارد، انرژی تولید شده در واکنش های شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند. در یک باتری، مقدار واکنش دهنده های شیمیایی محدود است و با مصرف کامل این مواد، باتری از کار می افتد. از طرف دیگر سلول سوختی می تواند تا زمانی که از خارج مواد واکنشگر شیمیایی اضافه شوند، به کار ادامه دهد. یکی از فرآورده های جانبی سلول های سوختی بخار آب است که می توان آن را با تراکم به مایع تبدیل کرده و ذخیره نمود.

در سلول های سوختی مورد استفاده در فضایی شاتل، الکتریسیته از طریق دو واکنش هم زمان و در مجاورت دو ماده

رسانا که آند و کاتد نامیده می شوند، تولید می گردد (شکل ۲). گاز هیدروژن (H_2) به آند و گاز اکسیژن (O_2) به کاتد فرستاده می شود. در مجاورت آند هیدروژن با یون هیدروکسید (تولید شده در کاتد) واکنش داده و آب و الکترون تولید می کند:

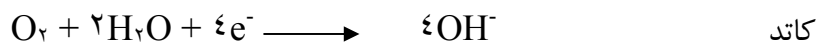
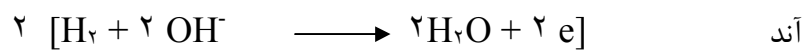


در نزدیکی کاتد، اکسیژن با آب و الکترون ها واکنش داده و یون هیدروکسید (OH^-) تولید می شود:



سپس یون های هیدروکسید به سمت آند حرکت کرده و چرخه دوباره شروع می شود. الکترون های تولید شده در آند، در یک مدار الکتریکی جریان می یابند و انرژی شاتل را تامین می کنند.

نتیجه ی نهایی این دو واکنش که اکسایش (در آند) و کاهش (در کاتد) نام دارد آب است:



بدین ترتیب سلول سوختی می تواند تا ۱۱ کیلوگرم آب در هر ساعت تولید کند که بیشتر از مقدار مورد نیاز فضانوردان می باشد.

چشم انداز غذاهای فضایی

ناسا در تلاش است تا در آینده فضانوردانی را به پایگاه هایی در ماه و مریخ بفرستد. اگرچه هدف پرتاب موشک به ماه تا سال ۲۰۲۰ تعیین شده اما تلاش هایی در آزمایشگاه سامانه های غذاهای فضایی (SFSL) از پیش آغاز شده است.

دانشمندان در گروه صنایع غذایی پیشرفته که توسط "میشل پر کنوک"^۹ دانشمند تغذیه ناسا رهبری می شود؛ در تلاش هستند غذاهای مغذی، خوش مزه و متنوعی را برای یک ماموریت ۳ ساله تهیه نمایند.

بزرگترین چالش پیش روی این ماموریت ها ماندگاری یک غذا است. کلوتریس می گوید: " برای یک سفر ساده به مریخ، به غذاهایی با ماندگاری ۵ ساله نیاز است." او ادامه می دهد که در حال حاضر فقط اندکی از غذاهای ترموستابلیزه این قابلیت را دارند که برای یک رژیم غذایی متعادل کافی نیستند.

پرکنوک و تیم اش به دنبال راه هایی برای اصلاح مواد مورد استفاده در بسته بندی هستند که در برابر نفوذ آب و اکسیژن که باعث فساد مواد غذایی می شوند، مقاوم تر باشند. بدین ترتیب ماندگاری بسیاری از غذاها که در

^۹ . Michele Perchonok

حال حاضر تولید می شوند نیز افزایش می یابد. یکی دیگر از زمینه های پژوهشی، یافتن راه هایی برای انتقال برخی مواد مانند گندم و سویا به شکل فله ای است تا مقدار مواد بسته بندی کاهش یافته و تولید ضایعات نیز به کمترین میزان برسد.

پرکنوک می گوید: " اگر از سامانه بسته بندی غذایی موجود استفاده کنیم یک ماموریت ۱۰۰۰ روزه به مریخ برای یک گروه ۶ نفره به ۱۰۰۰۰ کیلوگرم بار نیاز دارد. اما اگر بتوانیم به روش هایی برای ارسال فله ای مواد دست یابیم، کار بسیار آسان تر خواهد شد."

منابع:

۱. Space Food, Kathy De Antonis, chemMatters , December ۲۰۰۹ ,

۲. <http://spaceflight.nasa.gov/living/spacefood/>

۳. Freeze drying: http://www.aboluteastronomy.com/topics/Freeze_drying [July ۲۰۰۹]

۴. NASA: Fuel Cell Power Plants:<http://spaceflight.nasa.gov/shuttle/reference/shutref/orbiter/eps/pwrplants.html> [July ۲۰۰۹]

۵. Space Travel and Nutrition: <http://www.faqs.org/nutrition/Smi-Z/Space-Travel-and-Nutrition.html> [July ۲۰۰۹]