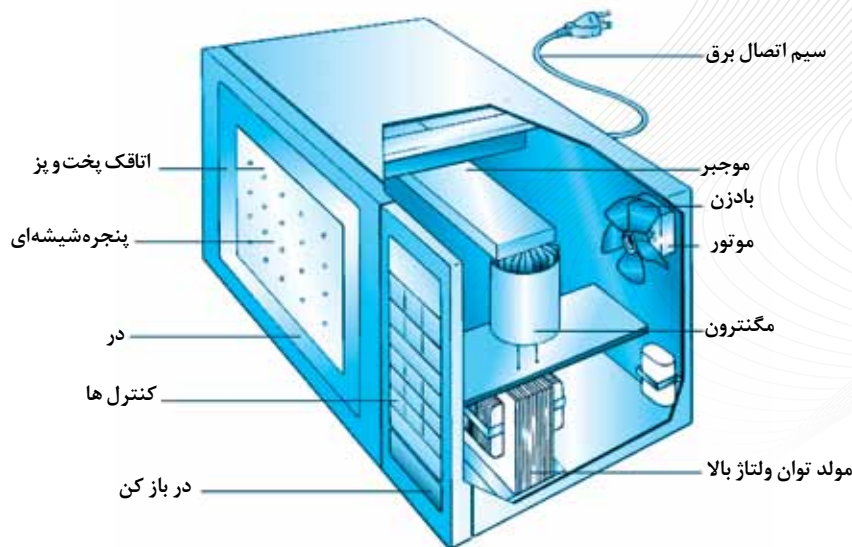


فرهای ریزموج (قسمت اول)



مواظب اجسام فلزی قرار گرفته درون فر باشید؟ چرا در فر ریزموج بعضی اجسام سرد می مانند در حالی که اجسام دیگری بیش از حد گرم می شوند؟ ریزموج برای ذرات بوده چگونه کار می کند؟

کلیدواژه ها: فر ریزموج، امواج رادیویی، مولکول قطبی، مگنترون

چکیده

اکنون فرهای ریزموج در بسیاری از خانه ها وجود دارد. بنابراین آشنایی با چگونگی کار آن ها می تواند به استفاده درست از این وسیله جدید کمک کند. این مقاله اساس کار این دستگاه را شرح و به پرسش هایی که ممکن است در این رابطه به وجود آید پاسخ می دهد.

فر (اجاق) های ریزموج

امواج الکترومغناطیسی افزون بر انتقال صدا، از محلی به محل دیگر، می توانند توان را هم منتقل کنند. یک مثال جالب از چنین انتقال توانی، فر ریزموج است. این فرها از موج های الکترومغناطیسی با بسامد نسبتاً بالا استفاده می کنند تا توان را مستقیماً به مولکول های آب در غذا منتقل کنند؛ به طوری که غذا از داخل به خارج پخته شود. در این مقاله درباره چگونگی تولید این موج ها و اینکه چرا غذا را گرم می کنند بحث می کنیم.

ریزموج ها و غذا

از رابطه $v = \lambda f$ می دانیم که طول موج و بسامد موج مستقل از یکدیگر نیستند. یک موج الکترومغناطیسی در فضای تهی دارای طول موج و بسامدی است که حاصل ضرب آن ها برابر سرعت نور است.

پرسش هایی برای اندیشیدن: چرا در فرهای ریزموج اگر غذا را موقع پختن حرکت ندهید بدون هیچ نظم و ترتیبی می پزد؟ چگونه بخشی از یک غذای منجمد شده از گرما می جوشد، در حالی که بخش دیگر منجمد می ماند؟ چرا باید

و از اتم‌های هیدروژن دور می‌کند، یک طرف مولکول دارای بار منفی و طرف اتم‌های هیدروژن دارای بار مثبت می‌شوند. بنابراین، آب مولکول قطبی است.

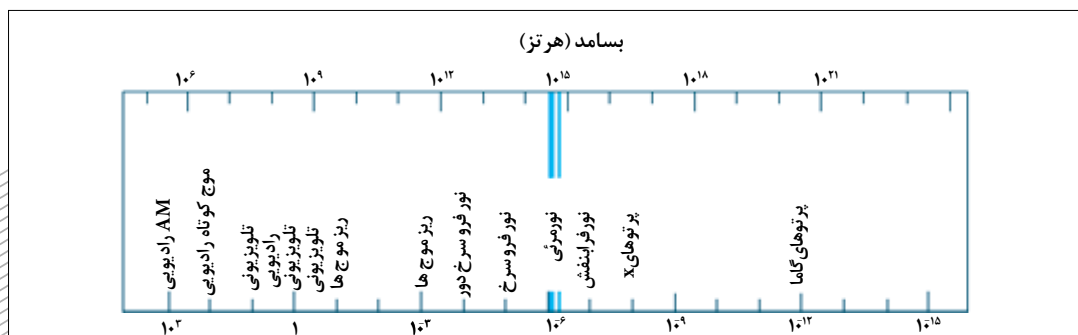
در مورد یخ، این مولکول‌های آب قطبی به صورت منظم با مکان و سمت‌گیری ثابت قرار گرفته‌اند. ولی در آب سمت‌گیری مولکول‌ها بیشتر کاتوره‌ای است (شکل ۲). ترتیب آن‌ها فقط با تمایلشان به پیوند با یکدیگر محدود می‌شود، انتهای مثبت به انتهای منفی، تا شبکه‌ای چگال از مولکول‌های جفت‌شده تشکیل گردد. این پیوند میان اتم هیدروژن باردار مثبت در یک مولکول آب و اتم اکسیژن باردار منفی در مولکول دیگر پیوند هیدروژنی نام دارد.

اگر آب را در یک میدان الکتریکی شدید قرار دهید، مولکول‌های آب می‌خواهند بچرخند و در جهت میدان قرار گیرند؛ زیرا وقتی مولکول‌ها هم‌خط نباشند، دارای انرژی پتانسیل الکتروستاتیکی بیشتریند و در جهتی شتاب می‌گیرند که انرژی پتانسیل آن‌ها با سرعت هرچه بیشتر کمینه شود. در این مورد، به مولکول آب گشتاوری وارد می‌شود و شتاب زاویه‌ای پیدا می‌کند و با چرخیدن به صورت هم‌خط درمی‌آید. وقتی مولکول چرخید و با مولکول‌های دیگر برخورد کرد، مقداری از انرژی پتانسیل الکتروستاتیکی آن به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود.

شکل ۱ طول موج‌های تقریبی انواع زیادی از موج‌های الکترومغناطیسی و نیز بسامدهای آن‌ها را نشان می‌دهد.

پخش رادیویی از بسامد پایین و بخش طول موج بلند طیف الکترومغناطیسی بهره می‌گیرد. AM رادیویی تجاری در بسامدهای از ۵۴۵ kHz تا ۱۶۰۰ kHz (طول موج‌های از ۵۴۵ m تا ۱۸۷ m) و FM رادیویی تجاری در بسامدهای از ۸۸ MHz تا ۱۰۸ MHz (طول موج‌های ۳/۴ m تا ۲/۸ m) صورت می‌پذیرند. چون طول موج‌های این امواج بلندتر از ۱ m است، موج‌های رادیویی نامیده می‌شوند. موج‌های الکترومغناطیسی که در فرهای ریزموج مورد استفاده قرار می‌گیرند، طول موج‌هایی کوتاه‌تر از ۱ m دارند و ریزموج نامیده می‌شوند.

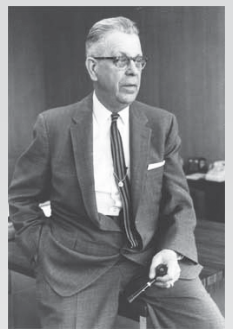
ریزموج‌ها دارای طول موج‌های ۱ m تا کمتر از ۱ mm هستند. برای فهمیدن اینکه فر ریزموج چگونه غذا را گرم می‌کند، کار را از مولکول‌های آب شروع می‌کنیم. مولکول‌های آب از نظر الکتریکی قطبیده‌اند؛ یعنی، دارای دو سر مثبت و منفی هستند. این قطبش به دلایل فیزیک کوانتومی و تمایل اتم‌های اکسیژن برای دور کردن الکترون‌ها از اتم‌های هیدروژن پیش می‌آید. مولکول‌های آب خمیده می‌شوند و دو اتم هیدروژن آن مثل گوش‌های میکی‌ماوس به اتم اکسیژن می‌چسبند. وقتی اتم اکسیژن الکترون‌ها را تا اندازه‌ای می‌کشد



شکل ۱. طیف الکترومغناطیسی. ریزموج‌ها طول موج‌هایی بین حدود ۱m و ۱mm دارند که با بسامدهای از ۳۰۰ MHz تا ۳۰۰ GHz متناظرند.



شکل ۲. (الف) مولکول‌های آب در آب مایع وقتی میدان الکتریکی وجود ندارد، سمت‌گیری کاتوره‌ای دارند. (ب و پ) میدان الکتریکی می‌خواهد مولکول‌های با انتهای مثبت را در جهت میدان قرار دهد.



پرسی لبارون اسپنسر آمریکایی (۱۹۷۰-۱۹۸۴) کودک یتیمی بود که هرگز مدرسه ابتدایی را تمام نکرد، اما به عنوان دانشمند و مهندس ریزموج دوران زندگی درخشانی داشت. او در سال ۱۹۴۵ وقتی از آزمایشگاه پژوهشی مگنترون بازدید می کرد، در حال کار کردن تکیه داد و آب نباتی که در جیب پیراهنش بود، آب شد. اسپنسر بی درنگ دریافت که چه اتفاقی افتاده است. او در آزمایشگاه ذرت بوداده درست کرد و حتی تخم مرغی را پخت تا ترکید. از آن هنگام شکل پختن غذا دگرگون شد.

همین اثر وقتی رخ می دهد که در یک مهمانی شلوغ ناگهان به افراد بگویند به جلوی اتاق بنگرند. افراد موقع چرخیدن به یکدیگر می خورند و اصطکاک، مقداری از انرژی آن ها را به انرژی گرمایی تبدیل می کند. اگر از افراد خواسته شود که مدام به عقب و جلو بچرخند، کاملاً گرم خواهند شد. همین امر در مورد آب نیز صادق است. اگر جهت میدان الکتریکی پیوسته تغییر کند، مولکول های آب به عقب و جلو می چرخند و گرم تر و گرم تر می شوند.

یک میدان الکتریکی نوسانی به خوبی می تواند آب را گرم کند. فر ریزموج از ریزموج های ۲/۴۵ GHz برای چرخاندن میلیارد ها مولکول آب، غذا به پس و پیش بهره می گیرد. وقتی مولکول ها می چرخند، به یکدیگر برخورد می کنند و گرم می شوند. آب، ریزموج ها را جذب و انرژی آن ها را به انرژی گرمایی تبدیل می کند. این بسامد ریزموج خاص نه به دلیل هرگونه اثر تشدید، بلکه به علت اینکه در مخابرات مورد استفاده قرار نمی گیرد و غذا را یکنواخت می پزد، انتخاب شده است. اگر بسامد بالاتر باشد، ریزموج ها توسط غذا خیلی شدیدتر جذب می شوند و به عمق قطعه های بزرگ نفوذ نمی کنند. اگر بسامد کمتر باشد، ریزموج ها خیلی راحت تر از غذا می گذرند و به خوبی نمی پزند.

این حرکت چرخشی توضیح می دهد که چرا فقط غذاها یا اجسام دارای آب یا سایر مولکول های قطبی به خوبی در فر ریزموج می پزند. بشقاب های سرامیکی، لیوان های شیشه ای و ظرف های پلاستیکی آب ندارند و اغلب سرد باقی می ماند. حتی یخ در جذب توان ریزموج مشکل دارد، زیرا ساختار بلورین آن مولکول های آب را محدود می کند و در نتیجه، آن ها نمی توانند به راحتی بچرخند.

اگرچه یخ به آرامی در فر ریزموج آب می شود، آب ناشی از ذوب یخ به سرعت گرم می شود. این نحوه گرم شدن خاص توضیح می دهد که چرا غذای منجمد گرم شده در فر ریزموج راحت شما را می سوزاند. قسمت هایی از غذا که ابتدا آب می شود، بیشتر توان ریزموج را جذب می کند و خیلی گرم می شود؛ در حالی که بقیه غذا یخ زده می ماند. پس هیچ وقت نمی فهمید که آیا گاز زدن بعدی غذا دندان شما را می شکند یا دهان شما را می سوزاند. برای نشان دادن این مسئله، بسیاری از فرهای ریزموج چرخه های آب کردن دارند که در آن ها گرم کردن ریزموجی به طور دوره ای متوقف می شود تا گرما به طور طبیعی وارد غذا شود و یخ را آب کند. وقتی قسمت های منجمد آب شدند، تمام غذا می تواند ریزموج ها را جذب کند.

درک خود را واریسی کنید: ذرت بوداده با ریزموج

چرا: دانه ذرت دارای نشاسته مرطوب است که در بدنه

سخت خشکی قرار دارد. شما می توانید با پختن ذرات در روغن داغ و نه در فر ریزموج بدنه آن ها را بسوزانید. فر ریزموج چگونه می تواند بدون خطر زیاد گرم شدن، بدنه ذرت را بترکاند؟

پاسخ: فر ریزموج گرما را به مولکول های آب درون نشاسته منتقل می کند؛ به طوری که بدنه هیچ وقت گرم تر از ماده درون آن نمی شود.

چرا: دانه ذرت پخته شده در روغن با تماس با روغن داغ و ماهی تابه گرم می شود. شما به راحتی می توانید بدنه خارجی را زیاد گرم کنید و آن را بسوزانید، ولی ریزموج ها گرما را به مولکول های آب درون دانه منتقل می کنند.

پاسخ: بدنه نمی تواند زیاد گرم شود؛ زیرا داغ ترین چیزی که با آن در تماس است، نشاسته درون دانه است. وقتی فشار بخار درون دانه به قدر کافی زیاد شود، بدنه می شکند و دانه «پف می کند».

فلز در فر ریزموج

برخلاف تصور بیشتر مردم، اجسام فلزی و فرهای ریزموج همیشه ناسازگار نیستند. درواقع، دیواره های فرهای پخت و پز فلزی اند، و باز هم وقتی طی پختن در معرض ریزموج ها قرار گیرند، مشکلی به وجود نمی آورند. دیواره ها نظیر بیشتر سطح های فلزی، ریزموج ها را باز می تابانند. آن ها این کار را مثل آنتن های گیرنده و فرستنده انجام می دهند. میدان های الکتریکی در ریزموج ها باعث می شوند تا بارهای متحرک در سطح های فلزی شتاب بگیرند و ریزموج های اولیه را جذب کنند. وقتی این بارها شتاب گرفتند، موج های جدیدی را گسیل می کنند. ریزموج های گسیل شده همان بسامد های موج های اولیه را دارند ولی در جهت های جدیدی حرکت می کنند. موج های اولیه از سطح بازتابیده اند.

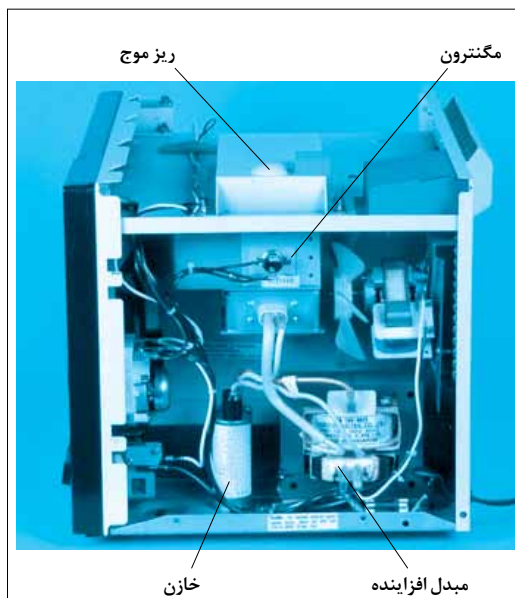
دیواره های اتاقک پخت ریزموج های فر را باز می تابانند و آن ها را به جست و خیز درون اتاقک وامی دارند. حتی شبکه فلزی که دریچه را می پوشاند ریزموج ها را باز می تاباند. زیرا بار الکتریکی در چرخه ریزموج زمان کافی برای جریان در اطراف هر سوراخ شبکه و خنثی کردن آن را در اختیار دارد. مادام که طول موج الکترومغناطیسی خیلی بزرگ تر از سوراخ ها در یک شبکه فلزی باشد، موج کاملاً از آن شبکه باز می تابد. درواقع، اگر چیزی درون فر نباشد تا ریزموج ها را جذب کند، آن ها داخل فر به اطراف می چهند تا به چشمه خود، لامپ خلأ به نام مگنترون (شکل ۳) برگردند و سرانجام باعث زیاد گرم شدن آن شوند.

در حالی که سطح های فلزی به ننگ داشتن ریزموج ها در فر کمک می کنند و غذای شما را می پزند، فلز اضافی در فر ریزموج می تواند مشکل ساز شود. اگر غذا را در ورقه آلومینیمی بیچید، ورقه ریزموج ها را باز می تاباند و غذا نمی پزد، ولی غذای موجود

در ظرف فلزی کم عمق به خوبی می‌پزد؛ زیرا ریزموج‌ها از بالای باز ظرف وارد آن می‌شوند، از غذا می‌گذرند، بازمی‌تابند و دوباره از غذا می‌گذرند.

گاهی بارهای متحرک فلز، کاری بیشتر از بازتاب ریزموج‌ها انجام می‌دهند. اگر به فلزی نوک تیز یا ورقه‌ای آلومینیومی بار کافی داده شود، مقداری از آن مستقیماً به صورت جرقه به هوا می‌جهد. این جرقه، به‌ویژه وقتی فلز نوک تیز به چیزی قابل اشتعال مثل پلاستیک یا پاکت کاغذی متصل باشد، می‌تواند باعث آتش‌سوزی شود. پس، هیچ‌گاه جسم فلزی نوک‌تیز را در فر ریزموج قرار ندهید.

بعضی اجسام فلزی در فر ریزموج خیلی گرم می‌شوند. وقتی ریزموج‌ها بار الکتریکی فلز را پس و پیش می‌رانند، جریان متناوبی در فلز ایجاد می‌شود. اگر مقاومت الکتریکی فلز قابل ملاحظه باشد، این جریان متناوب باعث افت ولتاژ می‌شود و فلز را گرم می‌کند. در حالی که دیواره‌های ضخیم فر و وسایل پخت و پز مقاومت کمی دارند و سرد می‌مانند، نوارهای فلزی به سرعت گرم می‌شوند. به‌ویژه تزیینات فلزی روی ظرف‌های غذاخوری مستعد آسیب در فر ریزموج هستند؛ به‌طوری که گرم کردن قهوه در فنجان با لبه‌ی طلایی فاجعه‌ای حتمی است. هنگام قرار دادن فلز در فر ریزموج، اطمینان یابید که به قدر کافی ضخیم است که الکتریسیته را به خوبی هدایت کند و نوک تیز نداشته باشد.



▲ شکل ۳. چشمه ریزموج مگنترون این فر در وسط تصویر، درست طرف چپ پروانه خنک‌کننده آن قرار دارد. ریزموج‌ها از کانال فلزی مستطیل شکل در بالای فنر می‌گذرند و به طرف اتاقک پخت حرکت می‌کنند. ولتاژ زیاد مبدل در قسمت پایین سمت راست، توان مگنترون را تأمین می‌کند.

درواقع، گرمایش مقاومتی در اجسام رسانا گاهی می‌تواند مفید باشد؛ چون فرهای ریزموج داخل و خارج غذا را هم‌زمان می‌پزند، در آن‌ها سطح غذا هیچ وقت به‌طور خاص گرم نمی‌شود و غذا برشته یا خشک نمی‌گردد. برای بهتر کردن ترکیب یا ظاهر، بعضی غذاها دارای روکش‌هایی هستند که جریان را به اندازه کافی هدایت کند تا غذا در فر ریزموج خیلی گرم شود. این روکش‌ها دمای سطحی زیاد لازم را برای برشته کردن غذاها تأمین می‌کنند.

ویژگی عجیب دیگر فرهای ریزموج این است که همواره غذا را به‌طور یکنواخت نمی‌پزند؛ زیرا دامنه میدان الکتریکی ریزموج در سراسر فر یکنواخت نیست. با واجهش ریزموج‌ها و در اتاقک پخت آن‌ها از چند جهت مختلف از یک محل می‌گذرند. با این کار، اثرهای تداخلی به‌وجود می‌آید. شاید میدان‌های الکتریکی در یک محل در جهت یکسانی قرار گیرند و تداخل سازنده صورت گیرد و در نتیجه، غذا در آنجا به سرعت گرم شود ولی، شاید در محل دیگر آن میدان‌ها در جهت مخالف هم قرار گیرند و تداخل ویرانگر صورت گیرد و در آنجا غذا اصلاً خوب نپزد.

اگر چیزی در فر ریزموج حرکت نکند، طرح نقش ریزموج درون آن نیز حرکت نمی‌کند. در این صورت، ناحیه‌هایی وجود دارند که در آن‌ها میدان الکتریکی دامنه‌های بسیار بزرگی دارد و ناحیه‌هایی که در آن‌ها دامنه‌ها بسیار کوچک‌اند. هرچه دامنه میدان الکتریکی بزرگ‌تر باشد، غذا سریع‌تر می‌پزد.

برای اینکه غذا در چنین فر ریزموجی به‌طور یکنواخت بپزد، باید هنگام پخت آن را حرکت دهید. بسیاری از فرها دارای سینی چرخانی هستند که غذا را به صورت خودکار حرکت می‌دهد. راه‌حل دیگر این مسئله آن است که ریزموج‌ها با پره فلزی چرخانی حرکت کنند. طرح ریزموج‌های درون اتاقک با چرخش پره تغییر می‌کند و غذا یکنواخت‌تر می‌پزد. فرهای ریزموج دیگری از دو بسامد ریزموج جداگانه برای پختن غذا بهره می‌گیرند. چون این دو بسامد غذا را به‌طور مستقل می‌پزند، بعید است که بخشی از آن را هر دو موج با هم نادیده بگیرند.

درک خود را امتحان کنید: نصف و نصف

تقسیم‌کننده فلزی ضخیمی را داخل فر ریزموج قرار دهید؛ به‌طوری که اتاقک پخت را درست نصف کند. فر ریزموج‌های خود را به نیمه راست اتاقک می‌فرستد.

چرا: اگر غذا را در نیمه چپ آن قرار دهید، آیا می‌پزد؟
پاسخ: خیر، نمی‌پزد.

چرا: تقسیم‌کننده فلزی، ریزموج‌ها را بازمی‌تاباند و مانع ورود آن‌ها به نیمه چپ فر می‌شود.

مرجع

How Things
Work, Louis A.
Bloomfield, 4th
Edition, 2010.