



## کاربرد امواج مایکروویو در صنایع غذایی

معین الدین فرقانی<sup>۱\*</sup>

<sup>۱\*</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد آیت الله امین، دانشگاه آزاد

اسلامی، آمل، ایران.

f.moein1370@gmail.com

### ۱- چکیده:

محاسن استفاده از مایکروویو در فرآوری مواد غذایی و بررسی تاثیر امواج بر روی مواد مغذی امروزه زمینه توسعه تکنولوژی مواد غذایی با افزایش روز افزون جمعیت و نیاز به مواد غذایی بیشتر مورد توجه بسیاری از متخصصان، کارشناسان و صاحب نظران مربوطه قرار می گیرد. لذا لزوم استفاده از تکنیک ها و سیستم های مجهز و مدرن و روش هایی جدید فن آوری برای افزایش کمی و کیفی محصولات غذایی هر روز بیش از گذشته احساس می گردد. حرارت دهی یکی از مهم ترین روش هایی مرسوم و متداول در فرآیند مواد غذایی است. این روش نه تنها به دلیل تاثیر مطلوب بر روی کیفیت فرآورده غذایی بلکه به دلیل اثر نگهدارندگی آن بر روی غذا که با از بین بردن آنزیم، غیر فعال نمودن میکرو ارگانیسم ها، حشرات و انگل ها همراه می باشد، مورد توجه فراوان قرار گرفته است. استخراج به کمک مایکروویو یکی از مهم ترین روش ها جهت استخراج ترکیبات با ارزش از مواد گیاهی می باشد. از کاربردهای مایکروویو در صنایع غذایی می توان به آنزیم بری، خشک کردن، پختن، برشته کردن، پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون و انجماد زدایی اشاره کرد. حرارت دهی سریع تر با بازده انرژی بیشتر، مزیت اصلی فرآیند مایکروویو در مواد غذایی محسوب می شود. از جمله مزایای مایکروویو: زمان گرم شدن اولیه کمتر؛ حرارت سریع تر، کارایی انرژی بالاتر، فضای کمتر، کنترل دقیق تر فرآیند، حرارت دهی انتخابی و مواد غذایی با کیفیت تغذیه ای بالاتر اشاره کرد. حرارت غیر شکل، کاهش توسعه رنگ و طعم، سطح خیس، کاهش رطوبت فراوان، و بافت سفت از مشکلات غذاهای فرآوری شده با مایکروویو می باشد.

**کلمات کلیدی:** مایکروویو، حرارت دهی، خشک کردن، امواج رادیویی.



## ۲-مقدمه:

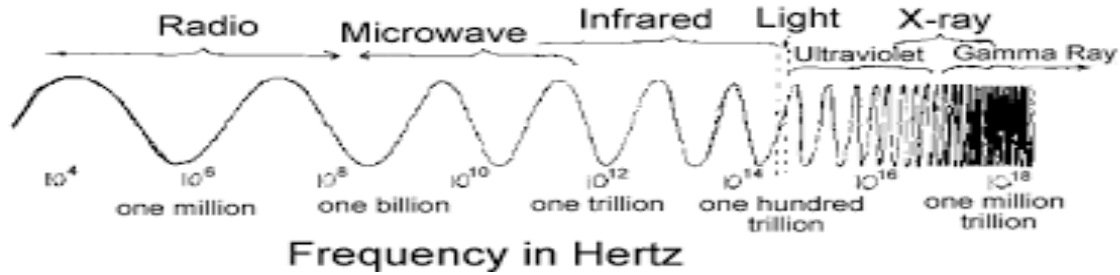
حرارت دهی با امواج مایکروویو محصول جانبی دیشرنرت رادار در جنگ جهانی دوم است. دکتر اسپنسر دانشمند زمانی که آمریکایی اتف به طور اتفاقی در مجاورت آنتن رادار سوزشی در پشت دست هایش احساس کرد و بعد از تحقیقات در این زمینه او پی برد که می توان از گرمای ایجاد شده بوسیله این امواج برای حرارت دهی مواد غذایی استفاده کرد. از آن به بعد دهه ۱۹۶۰ و اوایل ۱۹۷۰ را روزهای شکونایی مایکروویو صنعتی می دانند. استفاده از انرژی میکروویو برای اولین بار در سال ۱۹۸۶ و به طور همزمان توسط گدبای در سنتز آلی (Gedye et al., 1986) و توسط گانزیلر برای استخراج نمونه های بیولوژیکی و آنالیز ترکیبات آلی (Ganzler, 1986) گزارش شده است. حرارت دهی یکی از مهم ترین روش های متداول در فرآیند مواد غذایی است. از انرژی مایکروویو بر خلاف پرتوهای یونیزه برای حرارت دادن مواد غذایی استفاده می شود. در روش پخت متداول حرارت از منبع حرارتی خارجی به ماده غذایی وارد ولی در پخت با مایکروویو حرارت در داخل خود ماده غذایی تولید می شود. امواج تولید شده یک میدان متناوب مغناطیسی ایجاد می کند و ملکولهای غذا مخصوصاً ملکول های قطبی مثل آب، پروتئین و چربی ها خودشان را با تغییرات سریع میدان الکتریکی همسو می کنند. آنها حول یک محور نوسان می کنند که حدود ۲۴۵ میلیون بار در ثانیه است. این نوسانات باعث ایجاد اصطکاک قابل توجهی بین ملکول ها شده و نتیجه آن تولید انرژی است. در نتیجه این کار درون غذا گرم می شود. سهولت استفاده و زمان کم پخت، باعث استفاده زیاد این وسیله در خانه ها و رستوران ها شده است. در واقع اجاق مایکروویو دستگاهی است که با استفاده از امواج الکترومغناطیسی (امواج رادیویی) پخت غذا را انجام می دهد. در اثر برخورد این امواج به ملکول های آب موجود در ماده غذایی حرارت و گرما تولید می شود. این امواج با مکانیسم چرخش دو قطبی و پلاریزه یونی باعث به حرکت در آوردن مولکول های قطبی و یونی مواد غذایی می شوند و در نهایت از طریق اصطکاک حاصل از برخورد این مولکول ها با هم، حرارت لازم برای گرم کردن مواد غذایی فراهم می شود. (Datta, 2001)

## ۳-بدنه اصلی:

### ۳-۱ امواج مایکروویو:

امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ۳/۰ تا ۳۰۰ گیگا هرتز هستند. این امواج به داخل بافت گیاهی نفوذ کرده و با مولکول های قطبی مانند آب واکنش داده و گرما ایجاد می کنند. در واقع مولکولهای قطبی مثل آب این امواج را جذب کرده، موجب ایجاد گرمای زیاد داخلی در ماده گیاهی و در نتیجه تخریب سلولها می گردند (Kaufmann et al., 2001).

از امواج مایکروویو برای اهداف صنعتی، علمی، طبی و ارتباطات استفاده می شود. این امواج به دلیل دارا بودن فرکانس کم، برخلاف اشعه ایکس و گاما، قادر به شکستن پیوندهای شیمیایی و آسیب رسانی به مولکول های مواد غذایی نیستند. در این روش، مایکروویو به عمق مواد غذایی نفوذ می کند، بنابراین ابعاد مواد غذایی عامل محدود کننده نمی باشد. از روش مایکروویو برای نگهداری مواد غذایی (خشک کردن، بلانچ کردن، پاستوریزاسیون و...) استفاده می شود. (Heldman & Lund, 2007)



### ۳-۲ اساس کار در آون های مایکروویو:

مایکروویو به وسیله دستگاه های لامپ خال موسوم به مگنترون و کلیسترون تولید می شود. امواج تولید شده توسط مگنترون یک میدان متناوب مغناطیسی ایجاد می کند و مولکول های غذا مخصوصاً مولکولهای قطبی مثل آب، پروتئین ها و چربی خودشان را با تغییرات سریع میدان متناوب الکتریکی همسو می کنند. مگنترون استوانه ای تو است خالی که در میدان مغناطیسی نعلی شکلی دارد. در مرکز استوانه میله ای کاتدی قرار دارد و دیواره استوانه هم به عنوان آند عمل می کند. وقتی استوانه گرم می شود، کاتد الکترون هایی گسیل می کند که این الکترون ها هم به سوی دیواره استوانه هم به عنوان آند عمل می کند. نیروی حاصل از میدان مغناطیسی سبب می شود تا الکترون ها در مسیری دایره ای بچرخند. این حرکت ذرات باردار بسامد مناسب پخت را تولید می کنند. یک هدایت کننده موج، امواج مایکروویو را به سوی محفظه پخت هدایت می کند. و پره های یک بادبزن هم سبب پخش شدن امواج مایکروویو به تمام قسمت های اجاق می شود. عمل پخت در اجاق مایکروویو ناشی از برهمکنش مؤلفه میدان الکتریکی تابش با مولکول های قطبی (عمدتاً آب) موجود در غذا می باشد. همان طور که می دانیم تمام مولکول ها دردمای اتاق می چرخند. اگر بسامد تابش و بسامد حاصل از چرخش مولکولی مساوی باشند، انرژی می تواند از مایکروویو به مولکول قطبی منتقل شود و در نتیجه مولکول می تواند سریعتر بچرخد. اصطکاک ناشی از چرخش سریع مولکول های آب سرانجام سبب گرم شدن مولکول های غذایی احاطه کننده این مولکول ها می شود.

### ۳-۳ روشهای حرارت دهی مواد غذایی:

مواد غذایی را میتوان به دو روش مستقیم و غیر مستقیم حرارت داد.

#### ۳-۳-۱ حرارت دهی غیر مستقیم:

غذا در مبدل های حرارتی گرم شده و محصولات احتراق ( بخار، مایعات آلی و الکتریسیته) کاملاً از مواد غذایی جدا هستند.

#### ۳-۳-۲ حرارت دهی به روش مستقیم:

انرژی حرارتی بدون مداخله مبدل های حرارتی مستقیماً به داخل غذا وارد می شود و محصولات احتراق ( سوخت های مایع یا گازی، مادون قرمز و الکتریسیته مایکروویو) در تماس مستقیم با مواد غذایی می باشند .



### ۳-۴ حرارت دهی با مایکروویو:

باید توجه داشت بر خلاف اشعه ایکس و گاما، امواج مایکروویو به علت داشتن فرکانس کم، قادر به شکستن پیوندهای شیمیایی و آسیب رسانی به مولکول های مواد غذایی نیستند. به علت انرژی بیشتر فرکانس های بالاتر مورد استفاده در روش گرم کردن بوسیله مایکروویو، برای حصول مقدار معینی انرژی، ولتاژ پایین تری مورد نیاز است بنابراین مقدار تنش در الکتریک در مواد غذایی در این روش کاهش یافته و امکان از بین بردن ویروس های بیماری زای موجود در گوشت از اولین کاربرهای مایکروویو در صنعت غذا محسوب می شود. پس از آن بلانچینگ سبزی ها و میوه ها مورد توجه قرار گرفت. و امروزه با پیشرفت تکنولوژی، فرآیندهای:

#### ۳-۴-۱ تاوینگ:

تبدیل ماده غذایی منجمد به ماده غذایی که درجه حرارت آن بالای نقطه انجماد باشد. نتایج حاصله از بررسی نرم کردن قطعات گوشت گاو با مایکروویو نشان می دهد که برای نرم کردن ( بیش از ۵ الی ۱۰ ساعت) ماکزیمم دمای سطح با احتمال رشد میکروارگانیسم ها در ۸ الی ۱۰ درجه سانتی گراد محدود شده و برای نرم کردن سریع ( کمتر از ۲ الی ۳ ساعت) ماکزیمم دمای سطح بیشتر بوسیله کاهش خواص تغذیه ای فرآورده های گوشتی محدود می شود. در این ارزشیابی دمای سطحی در نرم کردن سریع زیر ۵ درجه در نظر گرفته شد.

#### ۳-۴-۲ تمپرینگ:

فرآیند حرارتی کنترل شدهای که به منظور ایجاد خواص فیزیکی مناسب در ماده غذایی منجمد برای فراهم آوردن فرآیندهای بعدی بکار میرود. (Decareau & Peterson., 1986)

### ۳-۵ مکانیسم تبدیل حرارت

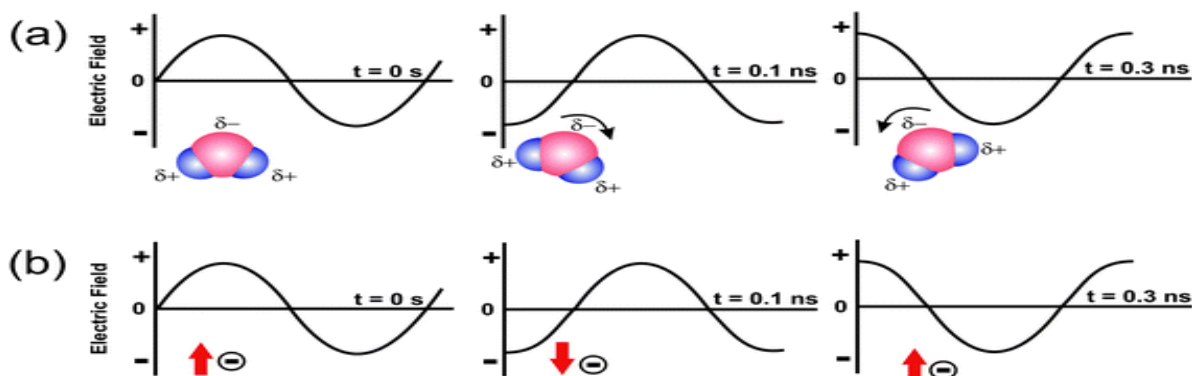
انرژی امواج مایکروویو انرژی حرارتی نیست به عبارتی برای حرارت دادن مواد غذایی با امواج مایکروویو ابتدا باید انرژی امواج مایکروویو به حرارت تبدیل شوند. چرخش دو قطبی و پلاریزه ی یونی دو مکانیسم تبدیل حرارت، بسیار شبیه به هم در حرارت دهی با امواج مایکروویو می باشند. اساس چرخش دو قطبی مهاجرت دو هسته ای و در پلاریزه ی یونی مهاجرت یون ها می باشد.

#### ۳-۵-۱ مکانیسم چرخش دو قطبی:

مولکول های آب متداول ترین مولکول های قطبی در غذاها هستند که دارای جهت گیری تصادفی هستند. هنگامی که یک میدان الکتریکی اعمال می شود به طور مثال، هنگامی که یک ماده غذایی بین دو الکترود قرار داده می شود، مولکول های قطبی آب سعی می کنند با میدان الکتریکی همسو شوند و هنگامی که میدان حذف شود، مولکول ها تمایل دارند به جهت گیری تصادفی خود باز گردند. مولکول های آب در حالت مایع بسیار سریع حرکت کرده و به آسانی انرژی امواج مایکروویو را جذب می کنند و به صورت حرارت از طریق چرخش دو قطبی سبب اتلاف آن شده و در نتیجه باعث گرم کردن ماده غذایی می شوند.

### ۳-۵-۲ مکانیسم پلاریزاسیون یونی<sup>۱</sup>:

پلاریزاسیون یونی، پلاریزه شدن یونی یون های مثبت و منفی در محلول را شرح می دهد. جهت گیری یونی رخ می دهد که یون های موجود در محلول با اعمال یک میدان الکتریکی توسط میدان الکتریکی به حرکت در می آیند. در اثر انرژی جنبشی ایجاد شده، میدان به سرعت تناوب کرده و گرما تولید می کند. (Cossignani et al., 1998)



### ۳-۶ خشک کردن بوسله امواج مایکروویو:

حرارت درونی تولید شده در طول حرارت دهی مایکروویو، فشار بخاری را در محصول بوجود می آورد و رطوبت را به سطح محصول پمپ می کند. سخت شده پوسته به دلیل پمپ شدن رطوبت در حرارت دهی مایکروویو بوجود نمی آید. بنابراین افزایش سرعت خشک کردن بدون افزایش دمای سطح و بهبود کیفیت محصول بدست می آید. کاربرد معمول مایکروویو در فرآیند خشک کردن در انتهای دوره نزولی خشک کردن نهایی است.

### ۳-۷ پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون به کمک امواج مایکروویو:

استریلیزاسیون با مایکروویو مشکلاتی نظیر توزیع انرژی غیر یک دست، و مشکلاتی در بازرسی و پیش بینی الگوی حرارت دهی در طول فرآیند دارد. بنابراین پیشرفت در استریلیزاسیون به وسیله مایکروویو در سطح صنعتی کند است. ارزیابی کیفیت استریلیزاسیون در مایکروویو مشکل است زیرا نقطه سرد مانند استریلیزاسیون در اتوکلاو محاسبه نمی شود. حرارت تولید شده توسط امواج مایکروویو زمان لازم برای پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون تجاری را کاهش می دهد. (Sumnu & Sahin, 2005)

### ۳-۸ استخراج با کمک امواج مایکروویو (MAE)<sup>۲</sup>

این روش بر اساس حرارت دهی و استفاده از حلال های آلی می باشد. نمونه و حلال مناسب آن در یک ظرف ریخته می شوند،

<sup>1</sup> Ionic Polarization Mechanism



فشار تنظیم می گردد و با مایکروویو حرارت داده می شود. بعد از ۵ تا ۲۰ دقیقه استخراج کامل می گردد. اما ۴۰ ثانیه نیز در پژوهش ها دیده شده است، اجازه می دهیم تا مجرا سرد شود. سپس حلال فیلتر می گردد. کارایی گرم شدن حلال های مختلف به ضریب پراکنش آنها بستگی دارد که برابر است با اتلاف دی الکتریک به ثابت دی الکتریک. اتانول و متانول نسبت به آب مقدار کم تری از انرژی مایکروویو را جذب می کنند. از طرف دیگر هگزان و سایر حلال های غیر قطبی در مقابل مایکروویو خنثی هستند و حرارت ایجاد نمی کنند. بهینه سازی MAE بستگی به ترکیب حلال، حجم حلال، دما و زمان استخراج و ویژگی نمونه مورد نظر دارد. (Mandal et al, 2007; Hemwimon et al, 2007)

لیانفیو و زیلانگ (۲۰۰۸) استخراج لیکوپین<sup>۳</sup> از گوجه فرنگی را با ترکیب دو تکنیک نوآورانه استخراج به کمک مایکروویو و فراصوت در مقایسه با استخراج به کمک فراصوت انجام دادند. (Lianfu & Zelong, 2008)

#### ۴- نتیجه گیری:

در سال های اخیر نیاز مصرف کننده، کیفیت بالاتر مواد غذایی و کشش بازار به سمت فناوری هایی سوق پیدا کرده که سرعت های فعلی گرم کردن در صنایع غذایی را افزایش دهد. این شرایط و دیگر شرایطی نظیر، عدم انجام واکنش میلارد در پاستوریزاسیون شیر، حذف سوختگی سطحی به دلیل نفوذ سریع امواج به عمق ماده غذایی، صرفه جویی در فضا و انرژی، شروع و خاتمه سریع فرآیند و کنترل دقیق فرآیند باعث نیاز بیشتر به استفاده از امواج مایکروویو شده است. یکی از محدودیت های مایکروویو ناتوانی آن در قهوه ای کردن و برشته کردن فرآورده های غذایی است که به منظور رفع این مشکل، استفاده از فیلم هایی که کار اساسی آنها جذب و تبدیل جز الکتریکی انرژی امواج مایکروویو به انرژی تشعشعی یا مادون قرمز و سپس انتقال آن به غذا می باشد، توسعه یافته است. بزرگترین مانع بر سر راه موفقیت این فناوری، غیر یکنواختی گرم کردن می باشد که در بیشتر جنبه های گرمادهی مایکروویو مشاهده می شود. لذا بهتر است از این فناوری بیشتر برای مواد غذایی با درصد بالای آب و توزیع مناسب رطوبت استفاده شود. با توجه به اینکه در روش حرارت دهی مایکروویو در مقایسه با دیگر روش های طبخ آب و روغن افزوده شده به غذا کم می باشد، پخت غذا با مایکروویو بخصوص برای افرادی که تحت رژیم درمانی هستند، روشی مناسب است. لذا با توجه به افزایش کمی و کیفی محصولات، سرعت حرارت دهی و صرفه جویی در بزرگترین منبع انرژی (بخار). امید است که در آیندهای نزدیک شاهد بکارگیری این سیستم جدید فن آوری، در واحدهای صنایع غذایی باشیم. لذا بهتر است از این فناوری بیشتر برای مواد غذایی با درصد بالای آب و توزیع مناسب رطوبت استفاده شود.

<sup>2</sup> Microwave-assisted extraction

<sup>3</sup> Lycopene



فهرست منابع:

- Cossignani , L., Simonetti, M. S., Neri, A., & Damian, P. (1998). Changes in olive oil composition due to microwave heating. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75(8), 931-937.
- Datta, A. K. 2001. *Handbook of microwave technology for food application*. CRC Press. Sumnu, G. 2001. A review on microwave baking of foods. *International journal of food science & technology*, 36(2), 117-127
- Decareau R. V. & Peterson R.A. (1986) - *Microwave Processing and Engineering*. Ellis Horwood. England
- Ganzler, K., Salgo, A., Valko, K. (1986). Microwave Extraction: A Novel Sample Preparation Method for Chromatography, *J. Chromatogr. A.*, 371, 299–306.
- Gedye , R., Smith, F., Westaway, K., Ali, H., Baldisera, L., Laberge, L., Rousell J. (1986). The use of microwave ovens for rapid organic synthesis. *Tetrahedron Letters*, 27, 279–282
- Heldman, D.R. Lund, D.B. 2007. *Handbook of Food Engineering*. CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC
- Hemwimon, S., P. Pavasant, and A. Shotipruk, Microwave-assisted extraction of antioxidative anthraquinones from roots of *Morinda citrifolia*. *Separation and Purification Technology*, 2007. 54:p. 44-50
- Kaufmann, B., Christen, P., & Veuthey, J. L. 2001. Parameters affecting microwave-assisted extraction of withanolides. *Phytochemical Analysis*, 12: 327– 331
- Lianfu, Z., Zelong, L. (2008) Optimization and comparison of ultrasound/microwave assisted extraction (UMAE) and ultrasonic assisted extraction (UAE) of lycopene from tomatoes. *Ultrasonics Sonochemistry.*, 15, 731–737
- Mandal, V., Y. Mohan, and S. Hemalatha, Microwave-assisted extraction- an innovative and promising extraction tool for medicinal plant search. *Pharmacognosy reviews*, 2007. 1(1): p.7-18
- Sumnu, G. and Sahin, S. 2005. Recent Developments in Microwave Heating. In *Emerging technologies for food processing*. Pp. 419-444.