چکیده

بررسی مقایسه ای آثار پاستوریزاسیون به روش مایکروویو و HTST بر برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی شیر

به وسیله ی:

افسانه دهقان

وقتی یک تکنولوژی جدید فرایند غذا در حال توسعه باشد، کیفیت غذا، دلپذیری و سالم بودن آن از عمده نگرانی های مصرف کننده و تولید کننده ماده غذایی خواهد بود. متداول شدن کاربرد مایکروویو در صنایع غذایی و اختلاف در مکانیزم حرارت دهی مایکروویو و دیگر روش ها موجب شده مطالعاتی، البته نه کافی، در زمینه تغییرات کیفی احتمالی حاصله از کاربرد آن و مقایسه آن با روش های دیگر انجام شود. در این تحقیق سعی بر آن است که شیر خام با استفاده از دو روش مایکروویو و HTST پاستوریزه گردد و سپس آثار احتمالی این دو روش بر روی پروتئین و اسید های آمینه و نیز چربی و اسید های چرب آن مقایسه گردد.

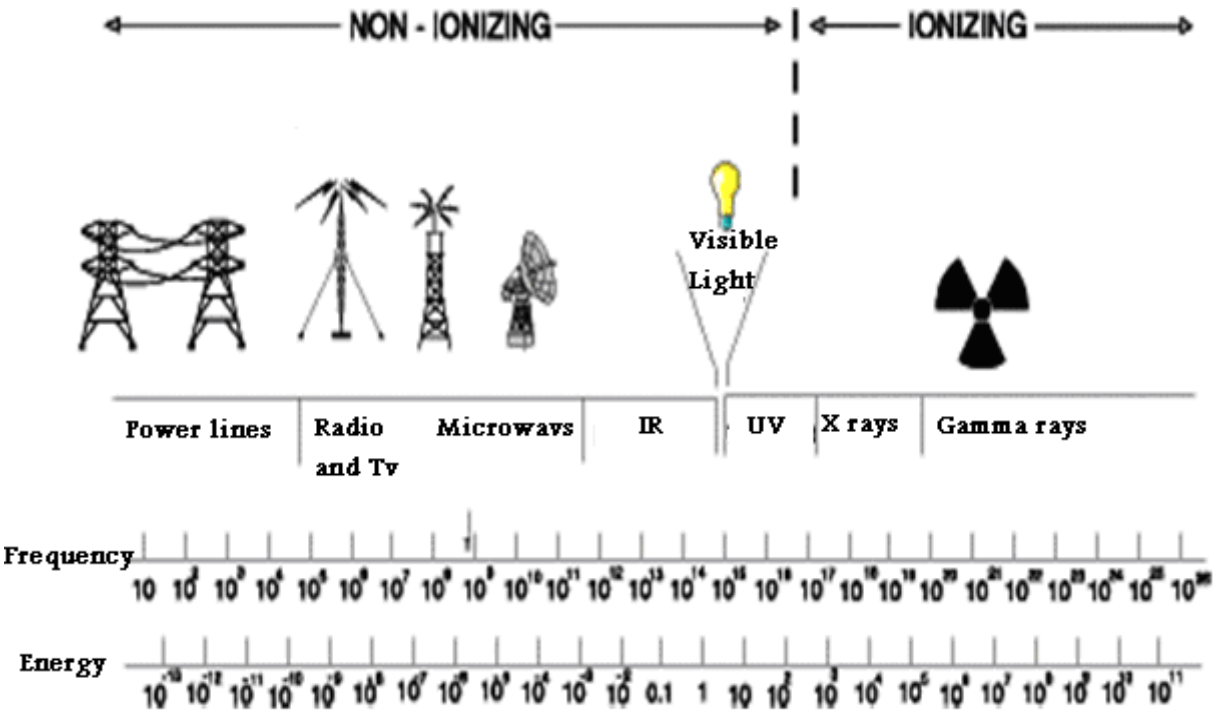
شیر در هر دو سیستم پاستوریزاسیون به روش مایکروویو (۵۴۰ وات به مدت ۶ دقیقه) و HTST ، تحت شرایط یکسان ۸۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه گردید و سپس در لوله های پلاستیکی بسته بندی شده و در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. پاستوریزاسیون شیر در هر دو روش توسط آزمون فسفاتاز قلیایی و آزمون میکروبی شمارش کلی میکروب ها و شمارش کلیفرم تایید گردید و نشان داده شد که میزان کل میکروب ها و کلیفرم ها در شیر های حرارت دیده نسبت به شیر خام کاهش داشته است. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی همچون درصد چربی و پروتئین، ویسکوزیته ، pH، اسیدیته و درصد رطوبت تیمارهای حرارت داده شده به دو روش مایکروویو و HTST تفاوتی با یکدیگر و نسبت به نمونه کنترل (شیر خام) ندارند. حلالیت پروتئین در نمونه‌های حرارت داده شده نسبت به نمونه کنترل افزایش یافت که این افزایش حلالیت در روش HTST بیشتر از روش مایکروویو مشهود بود. نتایج حاصل از بررسی میزان شش اسید آمینه آسپارتیک اسید، گلیسین، گلوتامیک اسید، هیستیدین ، آرژینین و لیزین بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و همچنین درصد وزنی اسید های چرب اندازه گیری شده در تیمارهای شیر نشان داد که استفاده از روش مایکروویو در پاستوریزاسیون شیر از نظر میزان اسید آمینه و اسیدهای چرب کل تفاوتی نسبت به روش پاستوریزاسیون HTST ندارد. بررسی ایجاد مواد سمی همچون ایزومر ترانس اسید چرب و فرم D اسید آمینه در اثر حرارت در حد پاستوریزاسیون به دو روش HTST و مایکروویو نشان داد اگر چه افزایش کمی در میزان آنها در هر دو روش حرارت دهی نسبت به نمونه کنترل مشاهده شد اما این افزایش معنی‌دار نبود. پارامترهای طعم، رنگ و پذیرش کلی در تیمارهای حرارت دیده به دو روش ذکر شده اگر چه تفاوت معنی‌داری نشان دادند ولی این تفاوت به وضوح دیده نمی‌شود و به طور کلی شیر حرارت دیده با مایکروویو از نظر ارزیابی حسی پذیرش کلی، رتبه اول را کسب کرد. بنابر نتایج این تحقیق، پاستوریزاسیون شیر با مایکروویو در مقایسه با روش متداول HTST ، بر خواص تغذیه ای مورد بررسی شیر اثر منفی نداشت و با توجه به مزایایی همچون کاهش مدت زمان پاستوریزاسیون و صرفه جویی در انرژی و پرسنل، می‌توان گفت این تکنیک از مزایای ویژه ای در صنعت پاستوریزاسیون شیر برخوردار می باشد.

مقدمه

۱- مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

مایکروویو[۱] نوعی انرژی الکترومغناطیس غیر یونیزه با فرکانس ۳۰۰ مگا هرتز تا ۳۰۰ گیگا هرتز می باشد. در طیف الکترومغناطیس این امواج در فرکانس های بالاتر از امواج رادیویی و پایین تر از امواج مادون قرمز و مرئی می باشند (Ohlsson, 2001).



شکل ۱-۱: طیف امواج الکترومغناطیس(Ohlsson, 2001)

از انرژی مایکروویو بر خلاف پرتوهای یونیزه برای حرارت دادن مواد غذایی استفاده می شود. در روش های پخت متداول، حرارت از منبع حرارتی خارجی به ماده غذایی اعمال می شود ولی در

[۱] Microwave

پخت با مایکروویو حرارت در داخل و عمق ماده غذایی تولید می گردد. کاهش شدید زمان پخت جاذبه اصلی کاربرد این روش در صنایع غذایی و منازل می باشد(Ohlsson, 2001).

کاربردهای مایکروویو در صنایع غذایی عبارتند از: آنزیم زدایی[۱]، خشک کردن، بالا بردن دمای مواد غذایی منجمد به زیر نقطه انجماد[۲]، پاستوریزاسیون، استریلیزاسیون و پختن مواد آردی که هنوز به دلیل تحقیقات ناقص، فقدان تجهیزات مناسب و هزینه بالا به حد رضایت بخشی توسعه نیافته اند. اما کاربردهای توسعه یافته آن عبارتند از: ترد کردن مواد گوشتی، پاستوریزاسیون نان، استریلیزاسیون، خشک کردن نهایی ماکارونی، پیاز، بیسکویت ها و خشک کردن در خلا کنسانتره آبمیوه ها (Sumnu and Sahin, 2005). علاوه بر کاربردهای صنعتی مایکروویو حدود ۴۰ سال است که از آون های مایکروویو (مایکروویوهای غیر صنعتی) در منازل، سلف سرویس ها، بیمارستان ها و رستوران ها به منظور پخت، گرم کردن غذای پخته شده و ذوب کردن مواد غذایی منجمد[۳] استفاده می شود. بنابراین آون های مایکروویو به دو نوع تقسیم بندی می شوند: خانگی و تجاری که تفاوت عمده آنها در مگنترون[۴] آنهاست. بطوریکه حداکثر توان و فرکانس در نوع تجاری ۲ کیلو وات و ۲۴۵۰ مگاهرتز است در حالیکه برای آون های خانگی ۷۰۰ - ۶۰۰ وات و ۹۱۵ مگاهرتز می باشد (Brewer, 2005).

طبق گزارش های منتشره در سال ۱۹۹۵ بیش از ۹۰ درصد خانواده های امریکایی و ۸۵ درصد از خانواده های کشورهای اروپایی برای گرم کردن مواد غذایی آماده و همچنین طبخ کامل مواد غذایی از آون مایکروویو استفاده می کردند (Schiffmann, 1992).

۱-۲- تاریخچه کاربرد حرارت دهی با مایکروویو

حرارت دهی با مایکروویو محصول جانبی پیشرفت رادار در جنگ جهانی دوم است. مدت کوتاهی پس از جنگ جهانی دوم (سال ۱۹۴۵) دکتر اسپنسر[۵] از کمپانی ریتیون[۶] بطور اتفاقی در مجاورت آنتن رادار سوزشی در پشت دستهایش احساس کرد و این حرارت را به توانایی آن برای حرارت دهی مواد غذایی مربوط ساخت. این مسئله منجر به کسب اولین جواز برای آون مایکروویو و حرارت دهی مواد غذایی با آن گردید و نام اسپنسر به عنوان مخترع آن ثبت شد. کشف او منجر به ساخت اولین مایکروویو بنام رادارنج[۷] گردید. این وسیله برای اولین بار در سال ۱۹۴۸ در سلف سرویس ها

---

۱ Blanching
۲ Tempering
۳ Thawing
۴ Magnetron
۵ Spencer
۶ Raytheon
۷ Radarange

بکار گرفته شد. در سال ۱۹۵۵ اولین آون مایکروویو خانگی توسط شرکت تاپان[۱] (زیر نظر شرکت ریتیون) به بازار عرضه شد (Schiffmann, 1992).

جدول ۱-۱: تاریخچه ساخت و پیشرفت آون مایکروویو در جهان

سال ۱۹۴۰	ساخت مگنترون تولید کننده امواج مداوم
سال ۱۹۴۵	دکتر اسپنسر از کمپانی ریتیون بطور اتفاقی در مجاورت قسمتی از مگنترون سوزشی در پشت دستهایش احساس نمود او این حرارت را به توانایی مایکروویو برای حرارت دهی مواد غذایی مربوط ساخت. این مسئله منجر به کسب اولین جواز برای آون مایکروویو و حرارت دهی مواد غذایی با آن گردید و نام اسپنسر به عنوان مخترع آن ثبت شد. کشف او منجر به ساخت اولین مایکروویو بنام رادارنج گردید.
سال ۱۹۵۵	عرضه اولین آون مایکروویو خانگی توسط شرکت ریتیون
سال ۱۹۶۴	آون مایکروویو مداوم با قدرت زیاد توسط جپسون ساخته شد
سال ۱۹۶۸	تصویب قانون کنترل تابش برای سلامتی و ایمنی
از سال ۱۹۷۳ به بعد	تعلیم مصرف کنندگان در دوره های کوتاه مدت جهت کاربرد مایکروویو

منبع: (Schiffmann, 1992)

در ابتدا در بعضی از آون های سلف سرویسی از مایکروویو استفاده می شد ولی با پیشرفت مایکروویو های نوار نقاله ای، مایکروویو صنعتی تولدی تازه یافت. اولین جواز مایکروویو نوار نقاله ای در سال ۱۹۵۲ بنام اسپنسر ثبت شد. اما موفقیت واقعی وقتی حاصل شد که محفظه های باز بزرگ و سیستم های مسدود کننده بوسیله شرکت کرای درای[۲] در سال ۱۹۶۲ ساخته شدند.
دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰ روزهای شکوفایی مایکروویو صنعتی بود. چند شرکت بزرگ ریتیون، کرای درای، وارین[۳] و آرمور[۴] و چندین شرکت کوچکتر به منظور پیشرفت تجهیزات حرارت دهی مغناطیسی جدید، سرمایه گذاری کردند. با کمک نیروی فکری و سرمایه، استفاده از آن در صنایع غذایی مناسب تر از دیگر صنایع تشخیص داده شد. این شرکت ها از شرکت های مواد غذایی

[۱] Tappan
[۲] Crydry
[۳] Varian
[۴] Armour

کوچک و بزرگ بازدید کرده و با مشکلات حرارت دهی آنها آشنا شدند و جهت رفع مشکلات صدها و یا حتی هزارها آزمایش انجام دادند. نتایج آزمایشات حاکی از وجود مشکلات زیادی بوده که احتمالا غیر قابل پیش بینی بود. در حالیکه تعداد محدودی از سیستم مایکروویو در صنعت بکار گرفته شد ولی بیشتر کاربردها فقط آزمایشگاهی و یا در حد نیمه صنعتی ماندند و یا در صنعت دوام چندانی نیافتند. در نتیجه شرکت های بزرگ از صحنه خارج شدند و در بعضی از شرکت ها فقط شعبه کوچکی از آنها به این کار ادامه دادند (Decareau, 1986).

۱-۳- روش های حرارت دهی مواد غذایی

مواد غذایی را می توان به دو روش مستقیم و غیر مستقیم حرارت داد. در حرارت دهی غیر مستقیم غذا در مبدل های حرارتی گرم شده و محصولات احتراق کاملا از مواد غذایی جدا هستند. در حرارت دهی به روش مستقیم انرژی حرارتی بدون مداخله مبدل های حرارتی مستقیما به داخل غذا وارد می شود و در تماس مستقیم با مواد غذایی می باشند. هر یک از دو روش فوق ممکن است به طرق مختلف در صنایع غذایی انجام گیرند که عبارتند از :

روش های حرارت دهی غیر مستقیم با استفاده از:

- بخارها یا گازهایی نظیر بخار آب یا هوا
- مایعاتی نظیر آب و مایعات آلی منتقل کننده حرارت
- الکتریسیته از طریق مقاومت های الکتریکی در روش حرارت دهی اهمیک[۱]

روش های حرارت دهی مستقیم با استفاده از:

- سوخت های جامد، مایع و یا گازی
- انرژی مادون قرمز
- الکتریسیته از طریق روش های مایکروویو و یا دی الکتریک

همانطور که در بالا اشاره شد دو روش عمده در حرارت دادن الکتریکی مستقیم، روش گرم کردن دی الکتریک و روش گرم کردن با مایکروویو می باشد. در این روش ها از انرژی با فرکانس بالا استفاده شده و برای جلوگیری از تداخل آن با امواج رادار، تلویزیون و رادیو برای استفاده در صنایع و علوم، در استاندارد بین المللی فرکانس های مجاز تعیین می گردد (Fellows, 1990).

[۱] Ohmic heating

۱-۳-۱- حرارت دهی مواد غذایی با مایکروویو

امواج مایکروویو بخشی از طیف الکترومغناطیس هستند که دارای فرکانس حدود ۳۰۰۰۰۰- ۳۰۰ مگاهرتز و طول موج ۱- ۰/۰۰۱ متر در هوا می باشند و در این طیف بین امواج دی الکتریک و مادون قرمز واقع شده اند. از امواج مایکروویو برای اهداف صنعتی، علمی، طبی و ارتباطات استفاده می شود. در اکثر کشورها دو فرکانس ۹۱۵ و ۲۴۵۰ مگاهرتز را جهت کاربردهای صنعتی اختصاص داده اند. باید توجه داشت بر خلاف اشعه ایکس و گاما، امواج مایکروویو به علت داشتن فرکانس کمتر قادر به شکستن پیوندهای شیمیایی و آسیب رسانی به مولکولهای مواد غذایی نیستند (Cross and Fung, 1982).

امواج مایکروویو نیز همانند گرم کردن دی الکتریک با ارتعاش مولکولی دو قطبی ایجاد حرارت می کنند با این تفاوت که در این مورد حرارت از طریق تابش اشعه مایکروویو ایجاد می شود ولی روش قبل حاصل یک پدیده الکترواستاتیک می باشد. اختلاف اصلی بین این دو روش در این است که در روش گرم کردن بوسیله مایکروویو از فرکانس های بالاتر استفاده می شود و از اینرو وسایل و دستگاه های مورد استفاده نیز متفاوت هستند (Mermelstein, 1989).

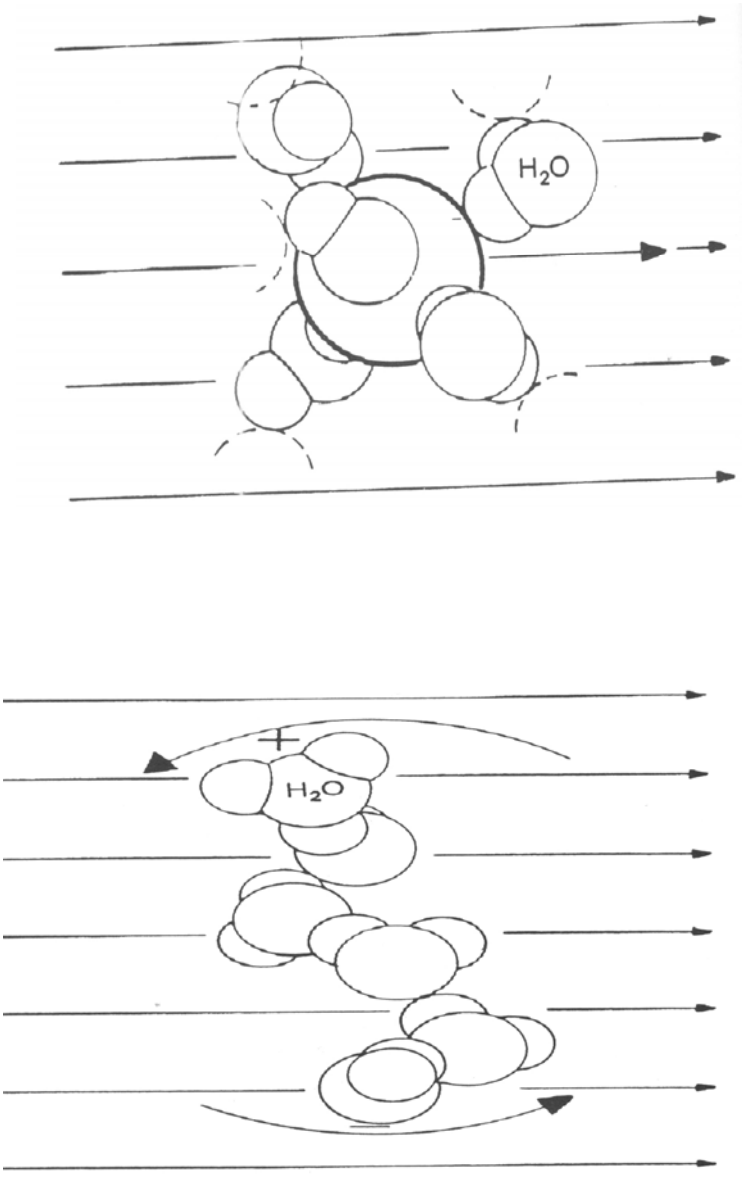
۱-۴- مکانیسم حرارت دهی با مایکروویو

در روش های متداول پخت، حرارت از منبع حرارتی خارجی به ماده غذایی منتقل می شود لیکن در روش مایکروویو در داخل ماده غذایی حرارت تولید می شود. دو مکانیسم اصلی تولید گرما در مایکروویو عبارتند از : پلاریزاسیون یونی و چرخش دو قطبی.

پلاریزاسیون یونی، زمانیکه یون های موجود در یک محلول شیمیایی به طرف یک میدان الکتریکی حرکت می کنند روی می دهد. یون های مثبت و منفی و نمک های محلول در غذا نظیر کلرید سدیم در میدان الکتریکی به طرف بار مخالف یون حرکت کرده (سدیم به طرف قطب منفی و کلرید به طرف قطب مثبت) ، حرکت مداوم این یون های مهاجر، منجر به تولید حرارت می شود. هر چه تعداد دفعات برخورد در واحد زمان بیشتر باشد انرژی جنبشی زیادتر شده و حرارت بیشتری تولید می گردد (Cross and Fung, 1982).

مکانیسم گرم شدن در اثر چرخش دو قطبی بستگی به وجود مولکولهای دو قطبی دارد. همزمان با جذب امواج توسط مواد غذایی مولکولهای دو قطبی (بویژه مولکول آب) با میدان هم جهت می شوند. وقتی میدان متناوب بکار برده می شود با معکوس شدن قطبیت میدان، مولکولهای دو قطبی مجددا خودشان را در راستای میدان تغییر یافته قرار می دهند. قرار گرفتن مولکولها به اندازه ۲۴۵۰×۱۰^{۶} بار در ثانیه (فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز) در راستای میدان باعث ایجاد اصطکاک و در نتیجه تولید حرارت می شود (شکل ۱-۲). پس از جذب انرژی مایکروویو و تبدیل آن به انرژی

حرارتی، حرارت توسط فرایندهای جابه جایی و هدایت به تمام قسمت های ماده غذایی منتقل مـی شود (Wang *et al*., 2003).



شکل ۱-۲ : مکانیسم حرارت دهی مایکروویو (Ohlsson, 2001)

۱-۵- خواص دی الکتریک مواد غذایی

ساختمان مولکول های آب از اتم های اکسیژن با بار منفی و اتم های هیدروژن با بار مثبت تشـکیل شده است. وقتی غذا در میدان الکتریکی متناوب قرار گیرد مولکول هـای دو قطبـی ماننـد مولکـول های آب خود را در راستای میدان قرار می دهنـد. بـه عبـارتی هـر مـاده دو قطبـی دارای خاصـیت

الکتریکی است. تعداد مولکول های دو قطبی موجود در غذا و تغییرات ایجـاد شـده بوسـیله میـدان الکتریکی، ثابت دی الکتریک مواد غذایی را مشخص می کند (Sumnu and Sahin, 2005) .
ثابت دی الکتریک نسبت ظرفیت غذا به ظرفیت هوا (یا در بعضی حالات خلا) می باشد. بـه منظـور تعیین ثابت دی الکتریک یک ماده مانند آب ابتدا ظرفیت یک خازن الکتریکی را در هوا (یا در خلا) اندازه گیری نموده و سپس با قرار دادن آن ماده در بین صفحات خازن ظرفیت آن را مجـددا انـدازه می گیرند که به نسبت این دو ثابت دی الکتریک می گویند. در حقیقت ثابت دی الکتریک توانـایی غذا را برای ذخیره انرژی الکتریکی بیان می کند. ثابت دی الکتریک برای آب خالص حدود ۸۰ بوده که حاکی از این است که مولکول های آب به شدت تحت تاثیر میدان الکتریکی یا مغناطیسـی قـرار می گیرند. مولکول هایی که در اثر نیروهای الکتریکی به سطحی متصـل مـی شـوند آزادی کمتـری برای حرکت داشته و عکس العمل آنها در برابر نیروهای خارجی کندتر است. وقتی آب به یخ تبدیل می شود ثابت دی الکتریک کاهش می یابد بنابراین یخ بیش از آب امواج مایکروویو را از خود عبـور می دهد و هر چه غذای منجمد حاوی رطوبت بیشتری باشد، برای ذوب یخ آن انرژی بیشـتری لازم است (Mudgett *et al*., 1974).
وقتی غذا در برابر امواج مایکروویو قرار می گیرد مقداری از انرژی الکترومغناطیس جذب و تبدیل به حرارت می گردد. مقدار انرژی جذب شده را بوسیله فاکتور اتلاف نشان می دهند که آنهـا را اتـلاف دی الکتریک[۱] یا زاویه اتلاف[۲] نیز می نامند. در یک شدت میدان و فرکانس معین در سیسـتم هـای حرارت دهی گرمای ایجاد شده در ماده غذایی به فاکتور اتلاف بستگی دارد. فاکتور اتـلاف تـابعی از ترکیب غذا، دما و فرکانس است. امواج مایکروویو مانند نور در خط مستقیم حرکت کرده، این امـواج توسط اجسام مختلف جذب، منتقل و یا منعکس می شـوند. شیشـه، کاغـذ و بعضـی از فـیلم هـای پلیمری برای بسته بندی، فاکتور اتلاف پایینی دارند (مایکروویو را عبور می دهنـد) و بنـابراین گـرم نمی شوند. امواج مایکروویو در اثر برخورد با فلزات منعکس شـده و توسـط مـواد غـذایی بـا فـاکتور اتلاف بالا (مانند آب) جذب می شوند، چون اتلاف انرژی مایکروویو به شـکل حـرارت مشـخص مـی شود. هر چه فاکتور اتلاف بیشتر باشد گرمای بیشتری تولید می شود. باید توجه داشـت کـه میـزان جذب مایکروویو همواره معرف میزان افزایش دما نیست، زیرا سرعت افزایش دما به مقـدار زیـادتری به ظرفیت گرمای ویژه ماده غذایی بستگی دارد. به همین دلیل دمای روغن (دارای ظرفیت حرارتی ویژه کم) وقتی در مایکروویو طبخ می شود بالا می رود، در حالیکه حداقل اثر متقابـل را بـا میـدان الکتریکی مایکروویو دارد. عمق نفوذ با فرکانس امواج و میزان جذب نسبت معکوس دارد وقتی امواج الکترومغناطیس به ماده غذایی برخورد می کند به تدریج به داخل ماده غذایی منتقـل مـی شـوند و همزمان با جذب انرژی و تبدیل آن به حرارت از شدت امواج کاسته شده و امواج رقیق تر می گـردد (Ohlsson, 2001). در حالیکه عمدتا فرکانس، شدت میدان و خواص دی الکتریـک مـواد غـذایی تعیین کننده مقدار حرارت تولیدی در مواد غذایی می باشند افزایش دما در ماده غذایی به دانسیته،

---

[۱] Dielectric loss
[۲] Loss tangent

گرمای ویژه، هدایت حرارتی، گرمای نهان ذوب و تبخیر نیز بستگی دارد. هدایت حرارتی و ضریب انتقال حرارت نقش مهمی در از بین بردن اختلاف دمای ناشی از توزیع میدان غیر یکنواخت یا عمق نفوذ محدود دارند. علاوه بر فاکتورهای فوق، فاکتورهای دیگری از جمله اپلیکاتور[۱] یا طراحی الکترود، تغییرات شدت میدان، شکل هندسی، موقعیت نمونه، توزیع دمای اولیه و دمای محیط بر حرارت دهی مایکروویو موثرند (Nunes *et al*., 2006).

۱-۶- تجهیزات مایکروویو

تجهیزات مایکروویو عبارتند از: ژنراتور، هادی امواج یا موجبر، اتاقک فلزی برای عملیات غیر مداوم یا یک تونل سوار شده بر روی یک تسمه نقاله برای عملیات مداوم.

ژنراتور وسیله ای الکترونیکی معروف به مگنترون است که اجزای آن یک دیود استوانه ای است که کاتد در مرکز و آند در محیط اطراف آن قرار گرفته است. وقتی انرژی داده می شود ماده ساطع کننده الکترون در کاتد تحریک شده و الکترون ها به داخل فضای خلا میان آند و کاتد منتشر می شوند، حفره های تقویت کننده آند مانند یک نوسان ساز[۲] عمل کرده و میدان الکتریکی تولید می کنند (Schlegel, 1992).

میدان الکتریکی بوسیله یک آهنربا که اطراف مگنترن را احاطه کرده به میدان مغناطیسی تبدیل می شود. انرژی الکترون ها در میدان الکتریکی گرفته شده و سپس به شکل امواج مغناطیسی از مگنترن به طرف لوله هادی[۳] حرکت کرده و از آنجا به سمت محفظه آون منتقل می شوند. با ورود این امواج به محفظه آون، این امواج بوسیله یک پخش کننده[۴] متفرق می شوند یا ممکن است ماده غذایی بر روی میز گردان بچرخد، هر دو روش از میزان سایه اندازی[۵] (مساحتی از غذا که در معرض تابش قرار نمی گیرد) می کاهند. قدرت مگنترون های مختلف بر حسب کیلو وات بیان می گردد. هر چه قدرت یا تعداد مگنترون ها بیشتر باشد حرارت بیشتری در مواد غذایی تولید می شود. باید توجه داشت که توان خروجی مگنترون متناسب با محفظه حرارت دهی می باشد. توان خروجی تجهیزات صنعتی مداوم در حدود ۳۰ الی ۱۲۰ کیلو وات است (Decareau, 1986).

بر خلاف مایکروویو غیر مداوم در سیستم مداوم محصول بر روی یک نوار نقاله قرار گرفته و وقتی از مقابل مگنترن عبور می کند امواج مایکروویو جذب ماده غذایی می شوند. در این شیوه ابتدا و انتهای سیستم باز است ولی جهت جلوگیری از انتشار اشعه به خارج، جلوی خروجی آن مواد جذب کننده مایکروویو قرار می دهند و یا جهت انعکاس امواج به داخل آون از فلزات استفاده می کنند.

---

[۱] Epplicator
[۲] Oscillator
[۳] Wave guide
[۴] Stirrer
[۵] Shadowing

مواد غذایی مایع را نیز می توان بطور مداوم با مایکروویو حرارت داد. در این حالت مواد غذایی مایع را به داخل مارپیچ های شیشه ای پمپ می کنند (Decareau, 1986).

۱-۷- کاربردهای صنعتی مایکروویو

از بین بردن ویروس های بیماریزای موجود در گوشت از اولین کاربردهای مایکروویو در صنایع غذایی محسوب می شود. پس از آن برای آنزیم بری سبزی ها یا میوه ها و نرم کردن مواد غذایی منجمد مورد توجه قرار گرفت. این تحقیقات ابتدا در سیستم های غیر مداوم بطور آزمایشی انجام شد ولی هیچ کدام از آنها به سیستم مداوم تبدیل نشد تا اینکه در سال ۱۹۶۴ سیستم های مایکروویو مداوم با توان بالا به منظور کاربرد در صنایع غذایی ساخته شدند. در جدول ۱-۱ کاربردهای مایکروویو نشان داده شده است که بعضی از آنها در مقیاس صنعتی و برخی دیگر تنها در مقیاس نیمه صنعتی انجام می شوند (Copson, 1962).

جدول ۱-۲ : کاربرد مایکروویو در فرایند مواد غذایی مختلف

نوع فرآیند	نوع فرآورده ها
ذوب کردن مواد غذایی	گوشت، ماهی، میوه ها مانند توت فرنگی
پختن	مرغ، ماهی، گوشت، سیب زمینی
آنزیم بری	سیب زمینی، میوه ها
پاستوریزاسیون	ماست، نان و میگو
استریلیزاسیون	غذاهای بسته بندی شده در کیسه های پلاستیکی
خشک کردن نهایی	ماکارونی، پیاز و چیپس
خشک کردن در خلا	قهوه، کاکائو و بادام زمینی

منبع: (Copson, 1962)

همانطور که در بالا اشاره شد یکی از کاربردهای امواج مایکروویو پاستوریزاسیون مواد غذایی می باشد. پس از کشف فلمینگ در طول جنگ جهانی دوم (۱۹۴۴) مبنی بر اینکه میدان های الکتریکی با فرکانس بالا بر باکتری اشرشیاکلی[۱] تاثیر کشندگی دارند کاربرد انرژی مایکروویو به منظور پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون مواد غذایی رشد قابل توجهی داشته است. پاستوریزاسیون غذاها، نوشابه ها و داروها در سیستم مایکروویو مداوم به دلیل حفظ بیشتر ترکیبات حساس به

[۱] *E. coli*

حرارت و کاهش تشکیل رسوب در سطح مبدل های حرارتی (فولینگ[1])، که سطح انتقال حـرارت را کاهش می دهد، مناسبتر از روش های پاستوریزاسیون متداول است (Mudgett, 1989).
دیگـر مزایـای اسـتفاده از مـایکروویو در پاستوریزاسـیون عبارتنـد از (Rosenberg and Bogl, 1987; Schlegel, 1992):

۱- مدت پاستوریزاسیون کوتاه
۲- کیفیت بهتر
۳- حفظ ظاهر طبیعی محصول
۴- حفظ خواص ارگانولپتیک (رنگ و طعم تغییر چندانی نمی کند)
۵- صرفه جویی در انرژی
۶- کاهش هزینه توزیع (به علت افزایش عمر نگهداری محصول)
۷- پرسنل کمتر (تنها یک اپراتور نیاز دارد)

در استفاده از روش پاستوریزاسیون مواد غذایی با مایکروویو می بایست پارامترهـای ذیـل را در نظـر داشت: حجم و درجه حرارت ابتدایی ماده غذایی، شکل محصول، ولتاژ یا توان آون، نوع ظرف از نظر جنس و شکل آن (بعنوان مثال ظروف فلزی به دلیل انعکاس امواج در آون مایکروویو استفاده نمـی شوند)، زمان حرارت دهی، آلودگی مواد غذایی بعد از گرم شدن، حـداقل دمـا بـرای سـرد کـردن و ترکیبات موجود در ماده غذایی (Ohlsson, 2001).
نخستین کاربرد انرژی مایکروویو در پاستوریزاسیون در مقیـاس وسـیع، پاستوریزاسـیون نـان هـای بسته بندی شده در سوئد بود که با توان ۸۰ کیلو وات و فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز دمای نان را از ۲۰ به ۸۰ درجه سانتی گراد رسانده و در مدت ۲۰ دقیقه هاگ های کپک از بین رفتند بطوریکـه طـول عمر نگهداری نان به ۲ الی ۳ ماه رسید (Olsen, 1965).
کاهش بار میکروبی در انواع غذاها مانند گوشت و فراورده های گوشتی، تخم مـرغ، ماکیـان، مـاهی، میوه، آبمیوه، مربا، شیر و لبنیات، نان، کیک، نشاسته و ادویه جات بررسی شده و نتایج حاکی از آن بود که مایکروویو در از بین بردن برخـی از میکروارگانیسـم هـا موفـق تـر از روش پاستوریزاسـیون متداول و در برخی دیگر نا موفق بوده است (Kozempel *et al*., 1998).
پاستوریزاسیون با مایکروویو یـک فراینـد حـرارت دهـی مشـابه فراینـد (HTST[2]) مـی باشـد کـه مهمترین محدودیت استفاده از آن، کنترل دمای درون محفظه آون، سرعت سـرد کـردن و هـدایت حرارتی ماده غذایی می باشد. اخیرا تغییر و اصلاح در طراحی آون های مایکروویو، آن را بسیار قابل اطمینان کرده و منجر به تولید محصول نهـایی بـا کیفیـت بهتـر شـده اسـت. صـنعت مـایکروویو و استفاده از آن برای فراوری غذا بدلیل تقاضای مصرف کنندگان مورد توجه زیاد قرار گرفته و نظـرات

[1] Fouling
[2] High temperature short time

و پیشنهاد های بسیاری برای رشد و بهبود این تکنیک ارائه شده است (Ford and Schroder, 1986).

۱-۸- کلیات شیر

شیر به طور کلی عبارت است از تراوش های غدد پستانی حیوانات پستاندار (معمولا گاو) که عاری از کلستروم بوده و از دوشش کامل یک یا چند حیوان سالم بدست می آید.
در میان غذاهایی که روزانه به مصرف می رسد، شیر مناسب ترین و متعادل ترین ترکیبات را دارد و به همین جهت شیر را غذای کامل می نامند. شیر هر پستاندار بهترین غذا برای نوزاد همان پستاندار می باشد و ترکیبات آن به گونه ای است که نیاز های اولیه کودک را به طور کامل برطرف می سازد و عملا جایگزینی ندارد. شیر در دوران کودکی، نوجوانی، بلوغ و پیری نقش مهمی را در تغذیه انسان دارد. ترکیبات شیر رشد و نمو بافت ها را در دوران کودکی و نوجوانی تامین می کند و در دوران بلوغ و پیری هم منبع نیرو و نشاط بوده و با حفظ قدرت و سلامت انسان، عامل موثری در طول عمر می باشد. بررسی های سازمان ملل نشان می دهد که متوسط طول عمر در کشورهایی که مصرف سرانه شیر بالاتری دارند، بیشتر می باشد. سهم شیر به عنوان بخشی از جیره غذایی افراد در کشورهای مختلف دنیا متفاوت است. مردم اروپا و مناطق مهاجرنشین نظیر آمریکای شمالی، استرالیا و نیوزلند از جمله مصرف کنندگان عمده شیر گاو و فراورده های آن می باشند. برای نمونه در سال ۱۹۹۰ در کشور انگلستان مصرف شیر و فراورده های آن یک چهارم پروتئین و حدود یک دوم تا یک سوم کلسیم و یک چهارم ریبوفلاوین و نیمی از ویتامین A یک رژیم غذایی متوسط را به خود اختصاص داده است. همچنین شیر و فراورده های آن (بجز کره) حدود یک ششم چربی جیره غذایی و یک چهارم چربی های اشباع مصرفی را در انگلستان تامین می نماید و به همین دلیل علی رغم خواص تغذیه ای آن، هدف انتقادات شدید قرار گرفته است (قدس روحانی، ۱۳۸۴).

۱-۸-۱- ترکیبات اصلی شیر

ترکیبات اصلی شیر عبارتند از آب، چربی، پروتئین، کربوهیدرات و خاکستر (املاح). به مجموع چربی، پروتئین، کربوهیدرات و املاح، اصطلاحا کل مواد جامد[۱] و به مجموع پروتئین، کربوهیدرات و املاح، مواد جامد بدون چربی شیر[۲] و یا به اختصار مواد جامد بدون چربی[۳] گویند.
میزان ترکیبات شیر گاو تحت تاثیر عوامل مختلف تغییر می کند، درصد متوسط ترکیبات موجود در شیر گاو در جدول ۱-۲ نشان داده شده است (Roche and Dalley, 1996).

[۱] Total solid
[۲] Milk - non- fat- solid
[۳] Non- fat solid

جدول ۱-۳: ترکیبات عمده شیر (بر حسب درصد)

نـــــــوع ترکیبات	آب	چربی	لاکتوز	پروتئین	خاکستر	کل مـواد جامد	مواد جامد بـــــدون چربی
درصد	۸۷	۳/۵ -۳/۷	۴/۸	۳/۵	۰/۷	۱۳	۹/۳ -۹/۵

منبع: (Roche and Dalley, 1996)

۱-۹- پاستوریزاسیون شیر

بر اساس نظر فدراسیون بین المللی شیر[۱]، پاستوریزاسیون عبارت است از نوعی فرایند حرارتی بر روی شیر با هدف به حداقل رساندن خطرات سلامتی که از طریق میکروارگانیسم های بیماریزای موجود در شیر متوجه انسان است به طوریکه حداقل تغییرات شیمیایی، فیزیکی و ارگانولپتیک در محصول ایجاد گردد.

بنابراین پاستوریزاسیون یک روش حرارتی معتدل است و اغلب در دمای پایین تر از ۱۰۰ درجه سانتی گراد برای افزایش عمر مفید شیر تا چند روز استفاده می شود. میزان گرمای لازم برای مقاوم کردن ماده غذایی در مقابل فساد به وسیله شاخص D آنزیم های مقاوم به حرارت یا میکروارگانیسم که ممکن است در ماده غذایی وجود داشته باشد تعیین می شود. پاستوریزاسیون شیر بر اساس D_{60} ۱۲، یعنی کاهش ۱۲ سیکل لگاریتمی در تعداد باکتری کوکسیلا برنتی[۲] می باشد (Stauffer, 1993).

کاربرد روش های زیر در فرایند پاستوریزاسیون عمومیت دارد:

- پاستوریزاسیون کند LTLT[۳] : در این روش شیر در حرارت ۶۵ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه پاستوریزه می شود.
- پاستوریزاسیون تند HTST : در این روش شیر در حرارت ۷۴- ۷۲ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰- ۱۵ ثانیه پاستوریزه می شود.
- پاستوریزاسیون در حرارت بالا: در این روش شیر در حرارت ۹۰- ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵- ۴ ثانیه پاستوریزه می شود (Hall and Trout, 1968).

یکی از شیوه های پاستوریزاسیون که موجب حفظ مواد مغذی و کیفیت حسی می شود روش HTST می باشد که در این روش از دستگاه های پیوسته و مبدل های حرارتی صفحه ای استفاده می گردد. ولی امروزه در آمریکا و اروپا فرایندهای پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون برخی محصولات توسط امواج مایکروویو بصورت صنعتی توسعه یافته است (Hoffman and Zabih, 1985).

---

[۱] International Dairy Federation (IDF)
[۲] *Coxiella burnetti*
[۳] Low temperature long time

تحقیقاتی نیز در زمینه صنعتی کردن پاستوریزاسیون شیر با امواج مایکروویو صورت گرفته است. اولین بار در سال ۱۹۶۴ فرایند پاستوریزاسیون مداوم شیر بدون چربی در شیشه های دهانه گشاد توسط مایکروویو گزارش شده است (Jeppson, 1964) و پس از آن در سال ۱۹۶۹ پاستوریزاسیون شیر با مایکروویو به روش مداوم انجام گرفت (Hamid *et al*., 1969).

۱-۱۰- آثار حرارت دهی با مایکروویو

به طور کلی آثار مایکروویو را می توان در دو دسته تغذیه ای و بیولوژیکی بررسی کرد.

۱-۱۰-۱- تاثیر مایکروویو بر روی مواد مغذی

وقتی یک تکنولوژی جدید فرایند غذا در حال توسعه باشد، کیفیت غذا و سالم بودن آن از عمده نگرانی های مصرف کننده خواهد بود. متداول شدن کاربرد مایکروویو در صنایع غذایی و اختلاف در مکانیزم حرارت دهی مایکروویو و دیگر روش ها موجب شده مطالعاتی در زمینه تغییرات کیفی احتمالی حاصله از کاربرد آن و مقایسه آن با روش های دیگر انجام شود (Bertrand, 2005).
از آنجایی که مکانیسم حرارت دهی و مشخصات آن تعیین کننده میزان تاثیر آن روش بر روی مواد مغذی است لازم است بطور اجمال مروری بر مشخصات حرارت دهی مایکروویو داشته باشیم. وقتی یک غذا با بخار آب، هوای گرم، تشعشع حرارتی یا بوسیله تماس مستقیم با صفحه داغ گرم می شود سطح غذا بالاترین دما را دارد و سردترین نقطه نزدیک به مرکز آن است. در مقابل وقتی انرژی مایکروویو استفاده می شود گرما داخل غذا به دلیل نوسانات مولکول های دو قطبی بخصوص مولکول های آب تولید می شود. چون هوای محیط غذا گرم نشده سطح غذا توسط محیط آن خنک نگه داشته می شود (Ryynanen and Ohlsson, 1996).
شایان ذکر است که هر چه عمق نفوذ امواج مایکروویو در ماده غذایی بیشتر باشد زمان پخت کمتر خواهد بود. عمق نفوذ امواج به فرکانس امواج و دما و ترکیب ماده غذایی بستگی دارد. هنگامیکه قطعات کوچک ماده غذایی در معرض امواج مایکروویو قرار می گیرند احتمالا امواج در مرکز نفوذ کرده و باعث گرم شدن قطعات می شوند و احتمال تمرکز حرارت در وسط غذا وجود دارد. مطالعات تئوری و عکس برداری با اشعه مادون قرمز دلالت دارد که مکان هایی به نام نواحی تمرکز[۱] تشکیل می شود که این نواحی بیشترین دما را دارند و به ابعاد و خواص دی الکتریک مواد بستگی دارد (Ohlsson, 2001).

[۱] Facolized regions

قسمت هایی از ماده غذایی که امواج مایکروویو در آن نفوذ نمی کند توسط هدایت و جابه جـایی از لایه های خارجی که اشعه مایکروویو در آنها تابش پیدا کرده گرم می شوند بنـابراین هـر چـه ابعـاد غذا بزرگتر باشد مدت زمان لازم برای اینکه مرکز غذا به دمای لازم برسـد طـولانی تـر شـده و غـذا دیرتر پخته می شود. بدین ترتیب بین سطح و مرکز غذا اختلاف دما وجود دارد. البته ایـن اخـتلاف نسبت به روش های سنتی خیلی کمتر است. بنابراین فرایند هـدایت در جهـت کـاهش زمـان گـرم کردن و همچنین در کاهش اختلاف دمای بین سطح و مرکز غذا موثر است. علت بـی نظمـی هـای موجود در منحنی دما- زمان، توزیع غیر یکنواخت انرژی، اندازه، شکل و عدم یکنـواختی غـذا اسـت (Datta and Hu, 1992).

اعداد مربوط به پایداری حرارتی مواد مغـذی مختلـف در دسـترس مـی باشـد و در صـورت داشـتن منحنی دما- زمان غذا در سیستم مایکروویو، با استفاده از محاسبه می توان تاثیر فراینـد حرارتـی را بر مواد مغذی پیش بینی کرد. لیکن به دلیل فقدان تجهیزات ثبت کننده مناسـب و هـم بـه دلیـل مشکل اندازه گیری آزمایشگاهی، محاسبه دما- زمان پیچیده است (Coronel *et al*., 2003).

با توجه به خصوصیات گرمادهی مایکروویو به نظر مـی رسـد کـه ایـن روش نسـبت بـه روش هـای متداول از معایب کمتری برخوردار بوده و در حفظ مواد مغذی موثرتر باشد. برای اثبـات یـا رد ایـن ادعا لازم است مروری بر گزارشات محققین بر روی دو ماده مغذی پروتئین و چربی داشته باشیم.

۱-۱۰-۱-۱- پروتئین های شیر

پروتئین های شیر یکی از پر مصرف ترین پروتئین ها در رژیم غذایی انسان می باشد. سابقه طولانی وجود این پروتئین ها در رژیم غذایی انسان و همچنین سهولت نسبی استخراج اجـزای اصـلی آن از شیر مایع، باعث شده است که از قدیم مورد توجه قرار گیرد. به همـین دلیـل پـروتئین هـای شـیر شناخته شده ترین پروتئین های غذایی هستند. شیر حاوی تعـداد زیـادی پـروتئین مـی باشـد کـه مقدار اغلب آن ها در شیر بسیار کم است. در تقسیم بندی اولیه پروتئین های شیر را بـه دو دسـته اصلی کازئین ها و پروتئین های محلول در سرم شیر (پروتئین های سرمی)[۱] یـا پـروتئین هـای آب پنیر[۲] تقسیم می نمایند. در یک تعریف ساده، کـازئین قسـمتی از پـروتئین شـیر اسـت کـه در اثـر اسیدی کردن شیر پس چرخ به pH نزدیک ۴/۶ در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد، رسوب می نمایـد. کازئین ها حدود ۸۰ درصد از پروتئین های شیر را شامل می شوند. آن بخش از پـروتئین شـیر کـه پس از رسوب کازئین همچنان در شیر باقی می ماند، پروتئین های سـرمی نامیـده مـی شـوند کـه حدود ۲۰ درصد از پروتئین های شیر را تشکیل می دهند. شیر گاو در حدود ۳/۵ درصـد پـروتئین دارد که شامل ۲/۹ درصد کازئین و ۰/۶ درصد پروتئین های سرمی می باشـد. بـا توجـه بـه میـزان

[۱] Milk serum proteins
[۲] Whey proteins

پروتئین شیر گاو، مشخص می شود که شیر گاو منبع مهمی برای تامین پـروتئین هـای مـورد نیـاز بدن انسان می باشد. نیم لیتر شیر، ۲۰ تا ۲۵ درصد از کل پروتئین های روزانه و ۴۰ تا ۴۵ درصد از پروتئین حیوانی توصیه شده در روز را فراهم می سازد. در کشورهای صنعتی، شـیر و فـراورده هـای آن، ۲۰ تا ۳۰ درصد از کل پروتئین و حدود ۴۰ درصـد از پـروتئین حیـوانی روزانـه را تـامین مـی سازند. از نظر کیفیت نیز پروتئین های شیر از جایگاه ویژه ای برخوردار می باشند. با توجه به اینکـه پروتئین های شیر نیازهای مربوط به اسید هـای آمینـه ضـروری را تمامـا تـامین مـی کننـد، یـک پروتئین کامل محسوب شده و از ارزش بیولوژیک بـالایی برخـوردار مـی باشـد. ضـمن اینکـه ارزش بیولوژیک بعضی از پروتئین های سرمی از پروتئین مرجع نیز بالاتر می باشد. بالا بودن قابلیت هضم پروتئین شیر، از دیگر محاسن آن به شمار می آید که ۹۵ تا ۹۸ درصـد مـی باشـد (Roche and Dalley, 1996).

۱-۱۰-۱-۱-۱- میسل کازئین

همانطور که قبلا بیان شد حدود ۸۰ درصد پروتئین های شیر در گروه کازئین ها قـرار مـی گیرنـد. اکثر این پروتئین ها به صورت ذرات تقریبا کروی وجود دارند که میسل کازئین[۱] نامیده مـی شـوند. میسل ها به صورت کلوئیدی در شیر پراکنده بوده و مسئول رنگ سفید شیر پس چرخ مـی باشـند. اندازه میسل ها بین ۲۰ تا ۶۰۰ نانومتر متغیر می باشد. اندازه میسل ها هم از نظر تغذیه ای و هم از نظر تکنولوژیک اهمیت دارد. حدود ۹۳ درصد از وزن خشک میسل هـا را کـازئین هـا تشـکیل مـی دهند. یکی از خصوصیات آنها این است که در برابر حرارت به راحتی واسرشته نمی شوند.
میسل کازئین علاوه بر کازئین، حاوی کلسیم، فسفات، سیترات، یون های جزئی، لیپـاز و پلاسـمین بوده و سرم شیر نیز در آن محصور می باشد. میسل، یک کمـپلکس کلسـیم- کازئینـات- کلسـیم- فسفات می باشد. مدل های مختلفی برای ساختمان میسل کازئین ارائه شده است که پذیرفته شـده ترین آن ها مدلی است که در سال ۱۹۸۲ توسط اشمیت[۲] پیشـنهاد گردیـد. بـر مبنـای ایـن مـدل، میسل های کازئین خود از تعدادی ذرات کوچکتر به نام ریز میسل[۳] تشکیل شده اند کـه قطـر آنهـا بین ۲۰ و۸۰ نانومتر متغیر می باشد. اندازه ریز میسل ها یکنواخـت نیسـت و تحـت تـاثیر غلظـت، قدرت یونی، pH و دما قرار دارد (Walstra, 1990).

[۱] Casein micelle
[۲] Schmidt
[۳] Submicelle

۱-۱۰-۱-۱-۲- پروتئین های سرمی

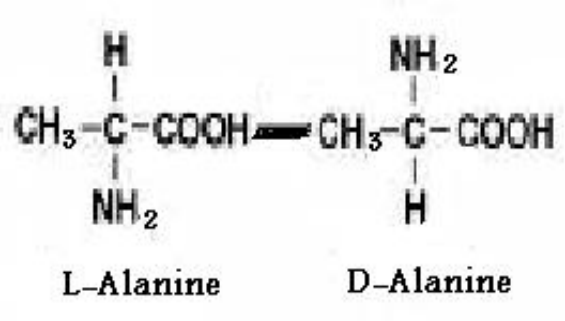
پروتئین هایی که در pH ۴/۶ به صورت محلول در شیر باقی می مانند، جمعا پروتئین های سرمی نامیده می شوند. غلظت کل پروتئین های سرمی در شیر حدود ۵ تا ۷ گرم در لیتر است که شامل بتا- لاکتو گلوبولین ها[۱]، آلفا- لاکتالبومین ها[۲]، ایمونو گلوبولین ها[۳] و سرم آلبومین[۴] می باشد. این پروتئین ها به حرارت حساس می باشند (deMan, 1990).

اولین موردی که در رابطه با تاثیر حرارت بر پروتئین مطرح می شود عمل واسرشتی[۵] آن می باشد. عمل واسرشتی که در اثر حرارت ایجاد می شود تمام خصوصیات فیزیکی مانند حلالیت، خصوصیات بیولوژیک مانند اثر آنزیمی و ایمنی پروتئین را تحت الشعاع قرار می دهد. گر چه هیچ دلیلی وجود ندارد که حرارت تولید شده با روش مایکروویو متفاوت با روش های متداول عمل کند ولی آزمایشات، تفاوتهایی را نشان می دهند (Baldwin *et al*., 1976).
در بعضی تحقیقات فاکتورهایی مثل رطوبت، زمان و یا دما نادیده گرفته شدند بنابراین نتایج ضد و نقیضی ایجاد شده، از جمله واسرشتی پروتئین سویا در روش متداول سریعتر از روش مایکروویو می باشد در حالیکه فعالیت بازدارنده های تریپسین کاهش پیدا کرده و میزان هضم این پروتئین بیشتر بوده است (Jonker and Penninks, 1992).
روبرت[۶] و لاری[۷] تاثیر حرارت را بر روی درصد نسبی پروتئین میوفیبریل گوشت در روش های حرارت دهی متداول و مایکروویو بررسی کرده اند. میزان پروتئین غیر محلول گوشت ماهیچه هایی که به روش متداول طبخ شده بودند در دماهای ۵۰ تا ۷۰ درجه سانتی گراد افزایش ناگهانی داشت در حالیکه این میزان در گوشت ماهیچه هایی که با انرژی مایکروویو طبخ شده بودند افزایش تدریجی نشان داده بودند. بنابراین حرارت دهی با مایکروویو ممکن است باعث حفظ پروتئین کلی مواد غذایی شود(Baldwin *et al*., 1976). البته برخی از تحقیقات نشان داده است که پخت کامل گوشت با مایکروویو مشکل میکروبی بوجود می آورد زیرا به علت غیر یکنواخت گرم شدن گوشت نقاط سرد بوجود می آید که نقاط مناسبی برای رشد میکروب های پاتوژن گوشت می باشند (Lassen, 1995).
اثر مایکروویو بر پروتئین های شیر نشان داده است که راسیمیزاسیون[۸] در مورد برخی از اسیدهای آمینه صورت می گیرد و فرم L اسید آمینه به ایزومر D آن تبدیل می شود که دارای باند های

---

[۱] ß- Lactoglobulins
[۲] α- Lactalbumins
[۳] Immunoglobulins
[۴] Serum albumin
[۵] Denaturation
[۶] Robert
[۷] Lawrie
[۸] Racemization

پپتیدی مقاوم به آنزیم های پروتئولیتیک است و می تواند بعنوان یک ماده سمی در بدن عمل کند (Zagon and Dehne, 1994 ; Villamiel *et al*., 1996).



شکل۱-۳: شکل های راسیمیک اسید آمینه آلانین (Zagon and Dehne, 1994)

۱-۱۰-۱-۲- چربی های شیر

ساختار شیمیایی چربی ها (روغن ها) تری اسیل گلیسرول می باشد که سه مولکول اسید چرب با یک مولکول گلیسرول طی واکنش استری شدن ترکیب شده اند. تفاوت چربی ها و روغن ها بستگی به ترکیب نوع اسید چرب تشکیل دهنده ساختار تری اسیل گلیسرول دارد. چربی شیر در تمامی پستانداران به عنوان یک منبع اصلی برای تامین انرژی و ترکیبات ساختمانی ضروری جهت غشاهای سلولی نوزاد، می باشد. به علاوه چربی شیر در فراورده های لبنی ویژگی های خاصی را ایجاد نموده و بر فرایند نیز اثر می گذارد. به همین جهت ترکیب، ساختمان و شیمی چربی های شیر نسبت به سایر چربی های طبیعی مورد مطالعه بیشتری قرار گرفته است. چربی در مقایسه با دیگر ترکیبات شیر بیشترین تاثیر را از عوامل مختلف می پذیرد. مقدار چربی شیر گونه های مختلف پستانداران به طور مشخصی با هم متفاوت می باشد (Webb and Johnson, 1965 ; deMan, 1990).

۱-۱۰-۱-۲-۱- ترکیب چربی شیر

میزان چربی شیر در مقایسه با سایر ترکیبات شیر تغییر بیشتری می نماید و مقدار متوسط آن ۳/۵ تا ۳/۷ درصد می باشد. ۹۸ تا ۹۹ درصد چربی شیر را تری گلیسریدها تشکیل می دهند که دارای ترکیب ویژه ای می باشند. این ترکیب خاص تری گلیسریدها باعث شده است که محصولات چرب

شیر از طعم ملایم، بافت نرم و مرغوبیت بالایی برخوردار شوند. ۱ تا ۲ درصد باقیمانده چربی شیر را ترکیباتی نظیر فسفولیپیدها، استرول ها، کاروتنوئیدها، ویتامین های محلول در چربی (E،K،D،A) و به مقدار ناچیزی اسیدهای چرب آزاد تشکیل می دهند (Jensen *et al.*, 1991).

۱-۱۰-۱-۲-۲- ترکیب اسیدهای چرب شیر

در ساختمان چربی های شیر نسبت به سایر چربی های طبیعی طیف گسترده ای از اسید های چرب وجود دارند. به عنوان مثال تا سال ۱۹۸۸ بالغ بر ۴۰۰ اسید چرب متفاوت از شیر گاو و ۱۸۴ اسید چرب از شیر انسان ایزوله و شناسایی شده اند. اغلب این اسیدها فقط با استفاده از ترکیب تکنیک های پیشرفته کروماتوگرافی و اسپکتروسکوپی شناسایی شده و بعضا فقط در گروه های جزئی چربی شیر گاو دیده می شوند. اسیدهای چربی که تاکنون در شیر گاو شناسایی شده اند عبارتند از : اسیدهای چرب طبیعی اشباع زوج کربنه و فرد کربنه از C_2 تا C_{28} ، اسیدهای چرب شاخه دار با یک انشعاب متیلی از C_{11} تا C_{28} (شامل ایزومرهای مکانی متعدد) ، اسیدهای چرب شاخه دار با چند انشعاب متیلی از C_{16} تا C_{26} (در کل ۱۱۵ ایزومر مکانی و هندسی) ، تعدادی از اسید های چرب دی و پلی انوئیک، اسیدهای چرب کتوو هیدروکسی (ایزومرهای مکانی زیاد و زنجیره های اسیل اشباع و غیر اشباع) و اسیدهای چرب سیکلو هگزیل (Murphy, 2005).

جدول ۱-۴: مقادیر اسیدهای چرب اصلی در چربی شیر

اسیدهای چرب	تعداد اتم کربن	دامنه تغییرات (درصد)
بوتیریک اسید	C_4	۲/۵- ۶/۲
کاپروئیک اسید	C_6	۱/۴- ۳/۸
کاپریلیک اسید	C_8	۰/۵ -۱/۹
کاپریک اسید	C_{10}	۱/۹ -۴
لوریک اسید	C_{12}	۱/۹ -۴/۷
میریستیک اسید	C_{14}	۷/۸ -۱۴
پالمیتیک اسید	C_{16}	۲۲ -۴۱/۹
پالمیتولئیک اسید	$C_{16:1}$	۰/۹- ۴/۶
استئاریک اسید	C_{18}	۶/۲- ۱۳/۶
اولئیک اسید	$C_{18:1}$	۱۹/۷ -۳۴
لینولئیک اسید	$C_{18:2}$	۰/۸ -۵/۲

منبع: (Jensen *et al.*, 1991)