

روش های نوین نگهداری مواد غذایی

زمان نگهداری مواد غذایی

✓ زمان ماندگاری (Shelf Life) چیست؟

✓ عوامل فساد مواد غذایی

❖ فساد میکروبی

❖ فساد شیمیایی

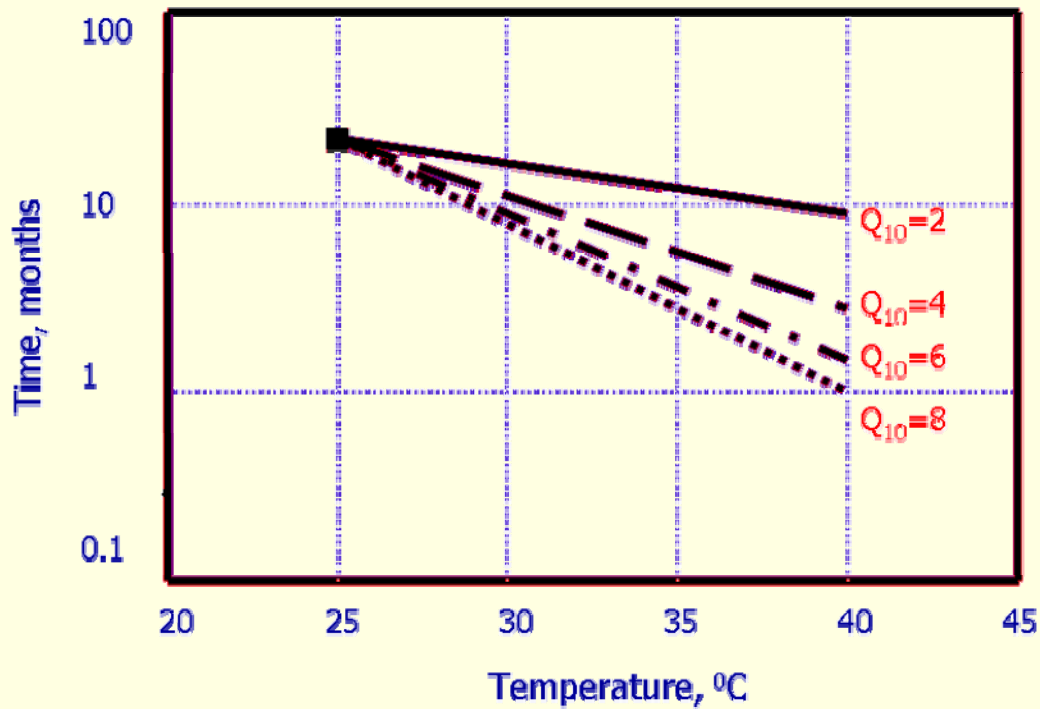
❖ فساد بیوشیمیایی

❖ فساد فیزیکی

زمان نگهداری مواد غذایی (ادامه)

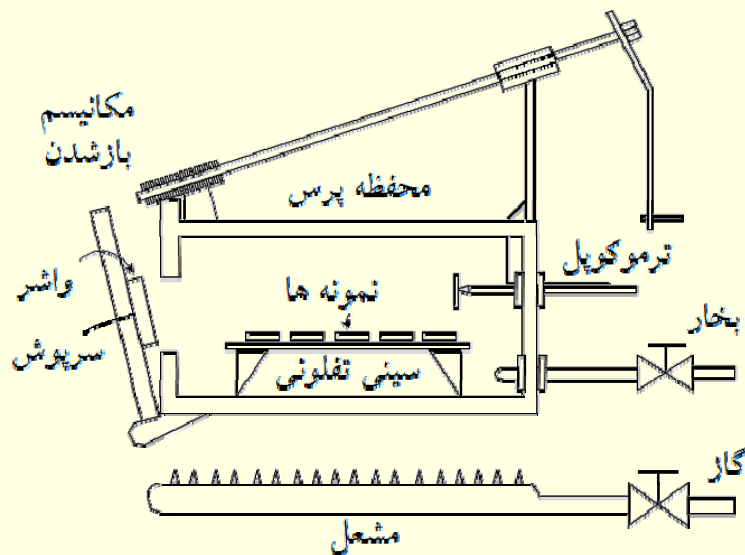
✓ اثر دما

✓ رابطه بین دما و سرعت واکنش



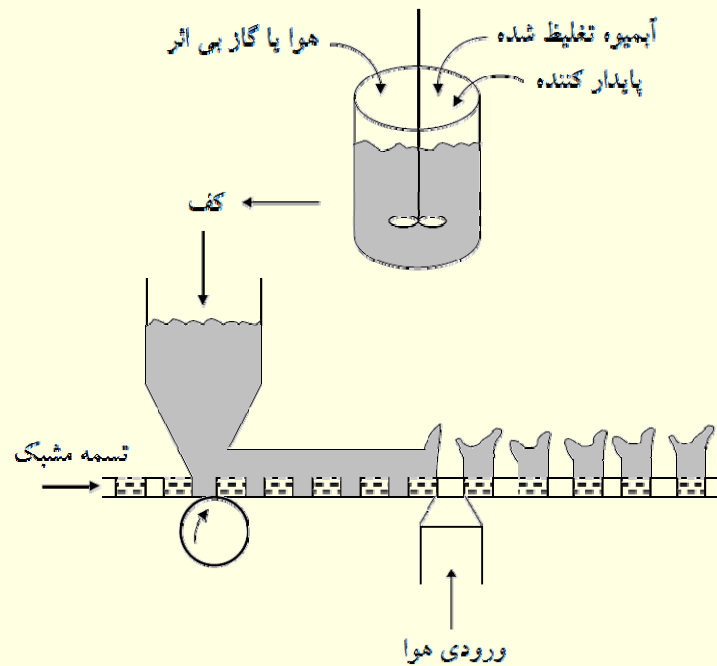
خشک کن پفکی انفجاری (Explosion- Puff dryer)

- ✓ دسترسی به ویژگیهای مطلوب محصول حاصل از روش تصعیدی
- ✓ سیب، زغال اخته و موز
- ✓ صرفه جویی در مصرف بخار به میزان ۴۴٪



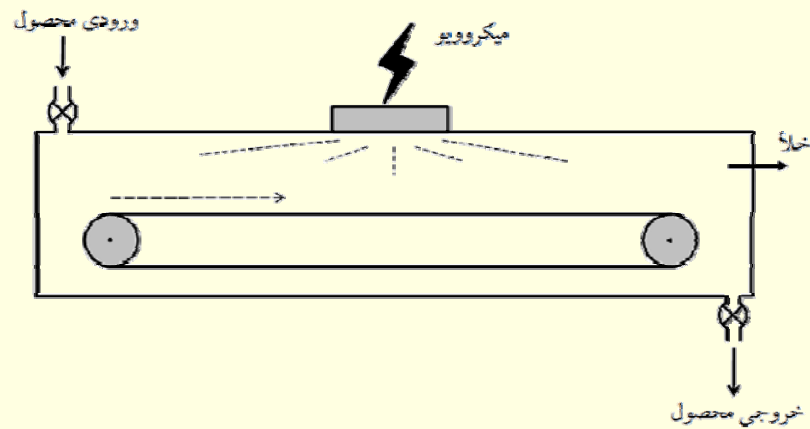
خشک کن کف پوشی (Foam-mat Dryer)

- ✓ خشک کردن محصولات غذایی حساس (آبمیوه های غلیظ شده، پوره ها و پالپ میوه ها)
- ✓ پایدارکننده: صمغ ها و امولسیون کننده های گوناگون مانند گلیسرول مونواستئارات و پروپیلن گلیکول مونواستئارات
- ✓ آب گوجه فرنگی، پرتقال، انگور، سیب و آناناس



خشک کن مایکروویو

- ✓ چیپس سیب زمینی، نخود فرنگی، پیاز، لوبیا و آب سبزی های غلیظ شده
- ✓ استفاده از چرخش هوای داغ یا خلأ



اشعه مادون قرمز (Infrared)

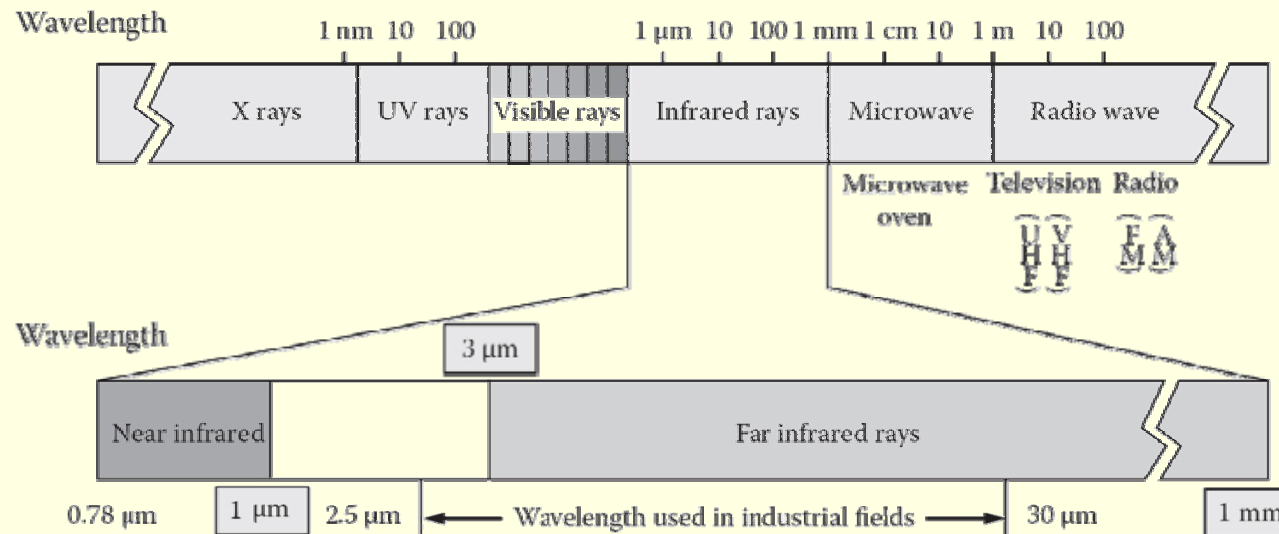
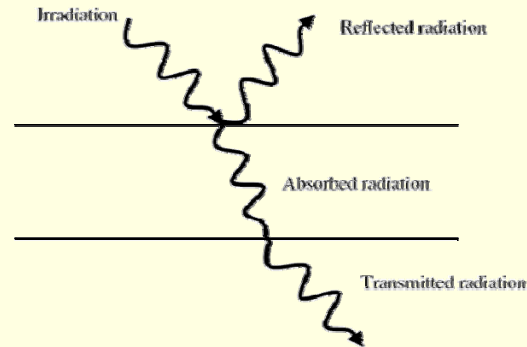
✓ دارای فرکانس زیر نور مرئی

✓ سه حالت در اثر برخورد اشعه به مواد غذایی

✓ امواج بلند (۳۰ میکرومتر): زمان کمتر نسبت به روشهای متداول

✓ امواج متوسط (۳ میکرومتر): خشک کردن، تنوری کردن و پختن

✓ امواج کوتاه (۱ میکرومتر): خشک کردن، تنوری کردن و پختن



اشعه مادون قرمز (ادامه)

$$Q = \varepsilon \sigma AT^4$$

Material	Emissivity
Burnt toast	1.00
Dough	0.85
Water	0.955
Ice	0.97
Lean beef	0.74
Beef fat	0.78
White paper	0.9
Painted metal or wood	0.9
Unpolished metal	0.7–0.25
Polished metal	< 0.05

From Earle (1983) and Lewis (1990)

اشعه مادون قرمز (ادامه)

✓ عمق نفوذ چند میلی متری

✓ اثری مشابه با مایکروویو و امواج فرکانس بالا در مواد غذایی کم ضخامت

✓ کاربردها

■ خشک کردن مواد غذایی با رطوبت پایین (برش های نان، حبوبات و چای)

■ خشک کردن ماهی و سبزیجات

■ خشک کردن ماکارونی و برنج

■ حرارت دادن آرد

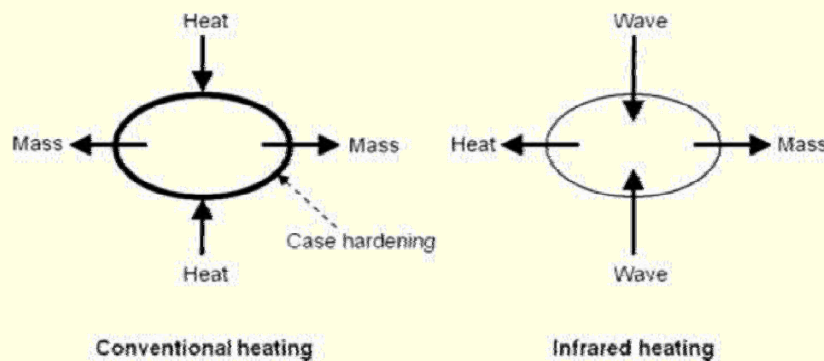
■ سرخ کردن گوشت (مرحله گرمادهی اولیه)

■ برشته کردن غلات و کاکائو

■ بو دادن قهوه

■ تنوری کردن پیتزا، بیسکوئیت و نان

■ رفع انجماد مواد غذایی

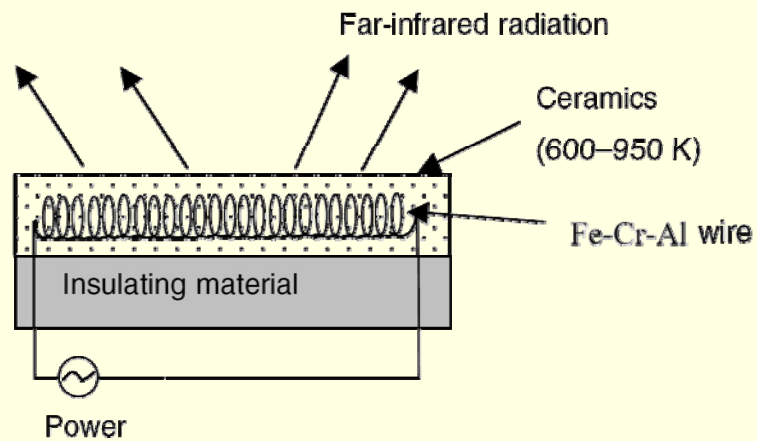


اشعه مادون قرمز (ادامه)

✓ تجهیزات مورد استفاده

❖ آون

❖ رادیاتورها



- گرم شونده با گاز (موج بلند)
- گرم شونده با جریان الکتریکی
- هیترهای فلزی مسطح/لوله ای (موج بلند)
- هیترهای سرامیکی (موج بلند)
- هیترهای لوله کوارتزی (موج متوسط)
- هیترهای هالوژنی (موج کوتاه)

اشعه مادون قرمز (ادامه)

مشخصات نشرکننده های مادون قرمز

Parameter	Halogen lamp	Quartz tube	Ceramic element
Heated element	Tungsten filament	Nichrome wire	Fe-Cr-Al wire
Type of wave/intensity	Short wave, high intensity	Medium wave, medium intensity	Medium/long wave, medium/low intensity
Operating temperature (°C)	2200-1600	980-760	700-200
Colour of light	Bright white	Cherry red	No visible light
Peak energy wavelength (μm)	1.15-1.6	2.3-2.8	3.2-6
Radiant heat (%)	72-86	40-60	20-50
Convective heat (%)	28-14	60-40	80-50
Heat up/cool down time	1 s	30 s	5 min
Maximum intensity (kW m^{-2})	70-1800	15-120	15-60

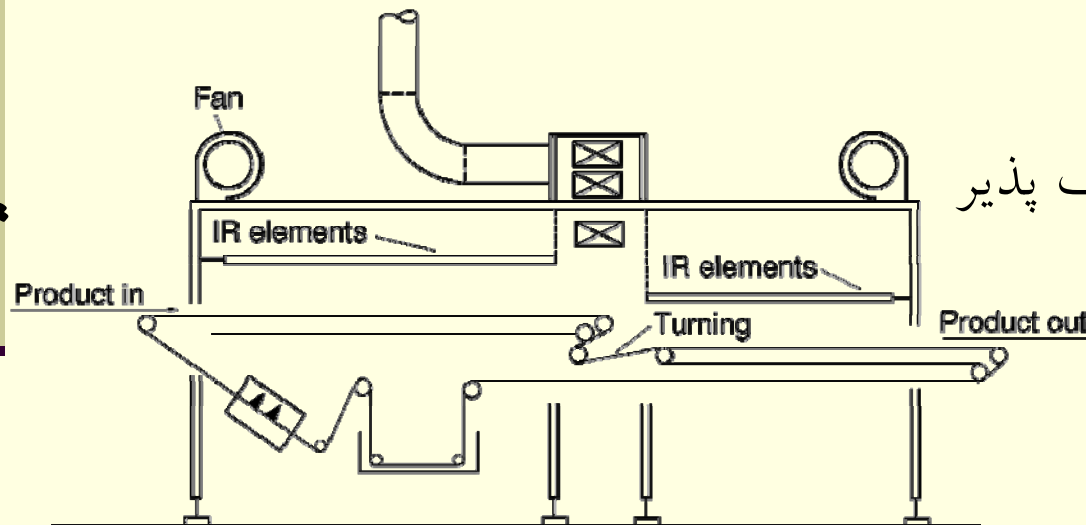
Adapted from Jackson and Welch (1998)

اشعه مادون قرمز (ادامه)

✓ کارایی بسیار موثر نسبت به سایر روش ها برای فرآورده های نانویی

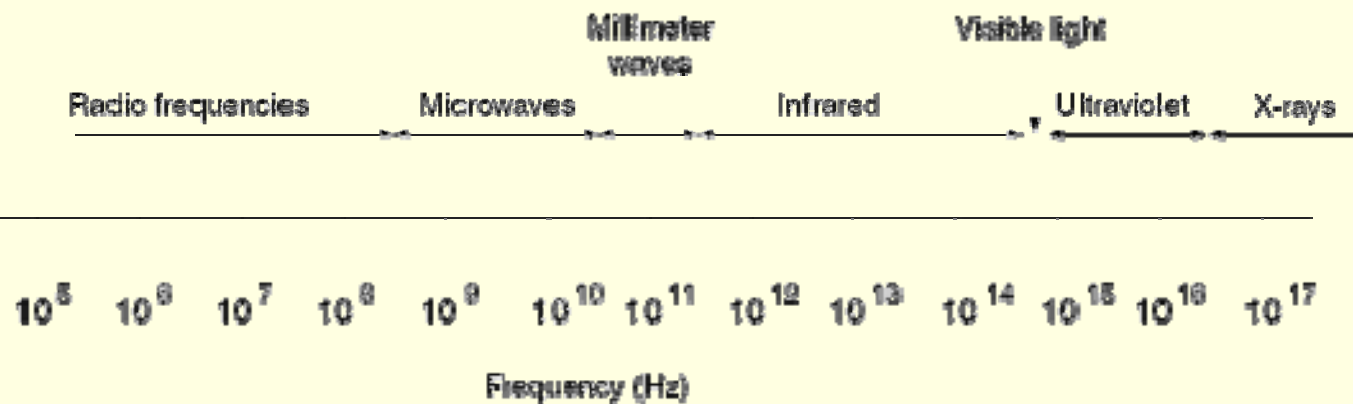
✓ مزایا:

- انتقال حرارت بالا و موثر
- کاهش زمان پخت
- آون های کم حجم و انعطاف پذیر
- تنظیم و کنترل سریع
- قیمت نسبتاً ارزان



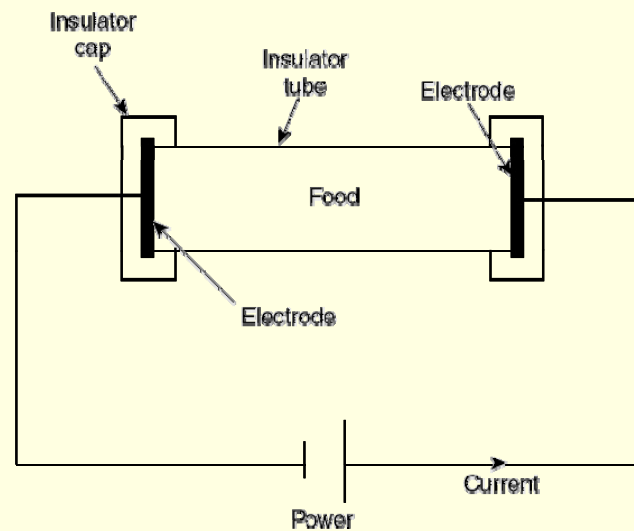
گرمادهی الکتریکی (امواج الکترومغناطیس)

- ✓ انتقال مستقیم انرژی از منبع الکترومغناطیس به ماده غذایی: مصرف بالای انرژی
- ✓ سه ناحیه فرکانسی برای گرمادهی مواد غذایی در صنعت
 - ۶۰/۵۰ Hz: مقاومت الکتریکی
 - ۱۰-۶۰ MHz: فرکانس بالا (رادیویی)
 - ۱-۳ GHz: مایکروویو



مقاومت الکتریکی (Ohmic Heating)

- ✓ ماده غذایی بخشی از مدار الکتریکی است که از آن جریان متناوب عبور می کند.
- ✓ گرما در ذرات جامد سریع تر از بخش مایع ایجاد می شود.
- ✓ بازدهی حرارت دهی بالاتر از روش مایکروویو و عدم محدودیت در عمق نفوذ



مقاومت الکتریکی (ادامه)

✓ تجهیزات:

- بخش گرم کن (ستون حرارت دهی اهمیک)

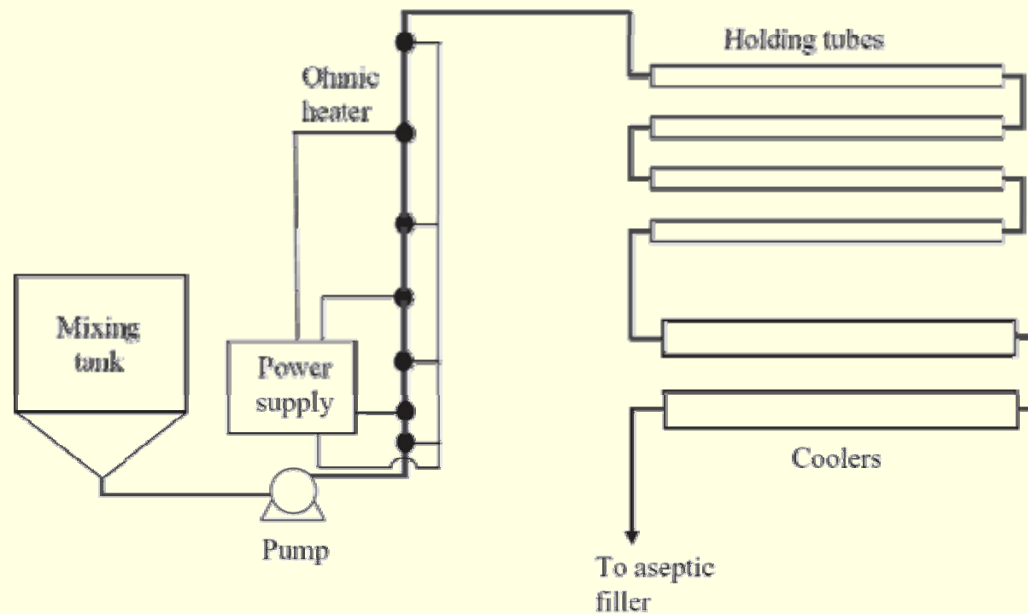
- منبع تامین برق سه فاز

- لوله های انتقال دهنده ولتاژ

- لوله های نگهدارنده

- قسمت خنک کننده

- قسمت بسته بندی اseptیک



مقاومت الکتریکی (ادامه)

مزایا: ✓

- دست یابی به درجه حرارت بالا در ذرات در مقایسه با مایعات در مخلوط ذرات-مایع
- راندمان انرژی بالا (تبدیل ۹۰٪ از انرژی به گرما)
- سهولت کنترل فرایند
- کاهش هزینه های نگهداری
- کاهش خطر رسوب در سطح انتقال گرما و سوختن فرآورده های غذایی
- حفظ بهتر مواد مغذی و ویتامین ها
- ایمن و بی خطر بودن از لحاظ محیط زیست
- یکنواختی بالاتر در حرارت دهی به ماده غذایی نسبت به روش میکروویو

مقاومت الکتریکی (ادامه)

✓ کاربردها:

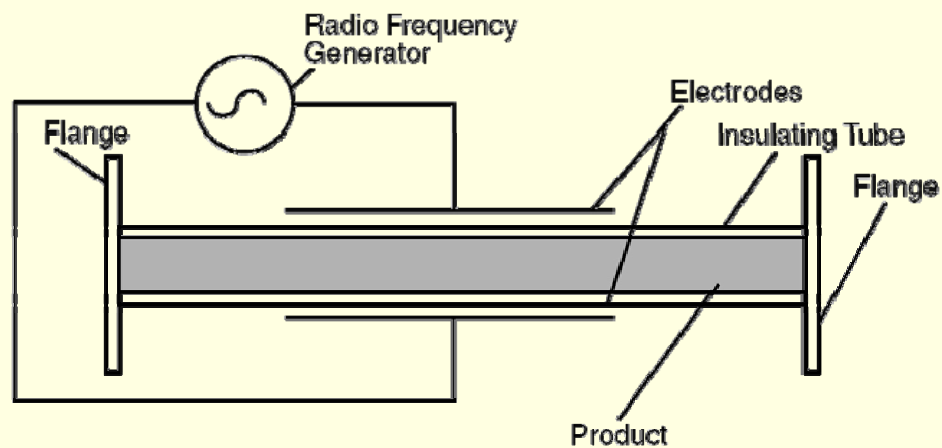
- فرآوری اسپتیک غذاهای آماده جهت نگهداری و توزیع در دمای محیط
- پاستوریزه کردن محصولات غذایی حاوی ذرات جامد به منظور داغ پُر کردن
- گرمایش مقدماتی محصولات پیش از استریلیزه کردن در قوطی
- تولید بهداشتی غذاهای آماده برای نگهداری و توزیع در دماهای یخچالی

✓ معایب:

- نیاز به قابل پمپ بودن محصول

فرکانس بالا (رادیویی)

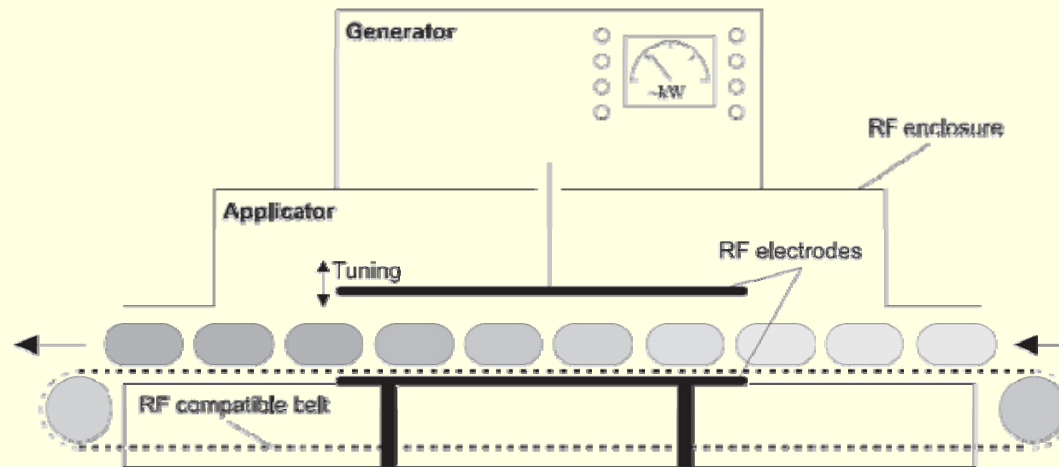
- ✓ گرمایش در قسمت مگاهرتز از طیف الکترومغناطیس
- ✓ فرکانس های کاربرد صنعتی (۱۲، ۱۳، ۲۷ و ۵۶ مگاهرتز)
- ✓ ترکیبی از حرارت دهی دوقطبی و مقاومت الکتریکی



فرکانس بالا (ادامه)

✓ تجهیزات:

- الکترودها
- منبع انرژی
- تقویت کننده



فرکانس بالا (ادامه)

✓ کاربردها:

- مراحل پس از پخت بیسکوئیت، غلات و مواد خمیری
- رفع انجماد (گوشت و ماهی): قابل مقایسه با روش مایکروویو
- خشک کردن مواد غذایی (سیب زمینی سرخ شده)

✓ مزایا:

- دانش و کنترل آسان تر، هزینه سرمایه گذاری کمتر، ساختار ساده تر و عمق نفوذ بیشتر نسبت به روش مایکروویو
- عدم نیاز به تماس الکتروود با ماده غذایی (بر خلاف روش مقاومت): قابل کاربرد برای مواد جامد

✓ معایب:

- گران تر بودن تجهیزات و هزینه عملیاتی نسبت به روش مقاومت الکتریکی

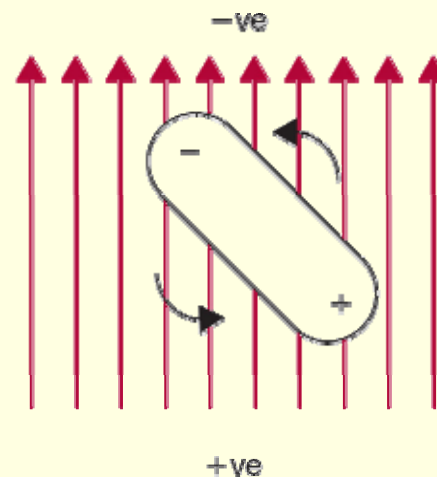
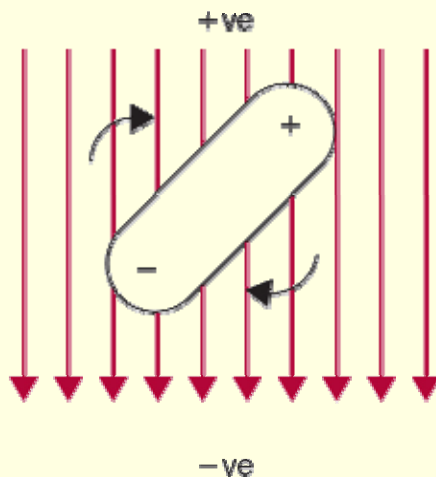
✓ فرکانس های $300\text{MHz}-300\text{GHz}$ از طیف الکترومغناطیس

✓ 915MHz (34cm) و 2450MHz (12cm)

✓ همسو کردن دو قطبی ها با میدان

✓ دریافت انرژی مشابه بخش های داخلی و خارجی

✓ عمق نفوذ محدود ($1-2\text{cm}$)



مایکروویو (ادامه)

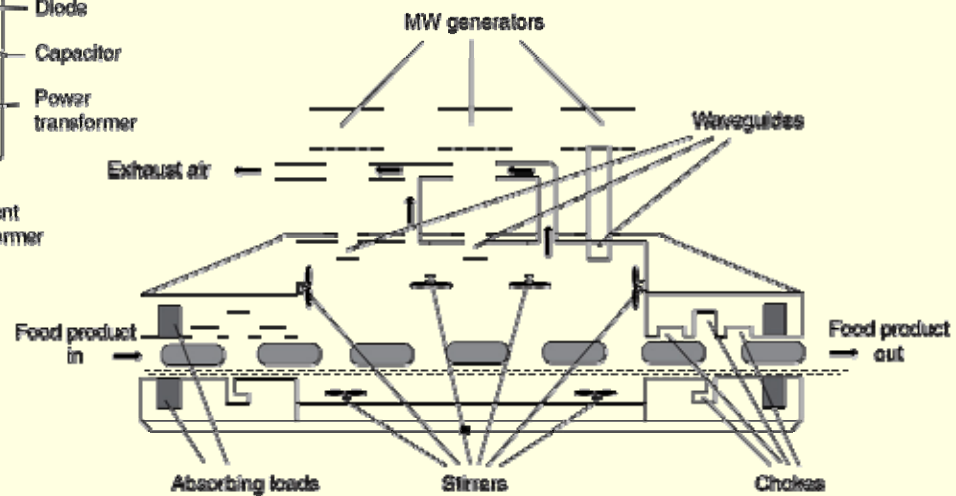
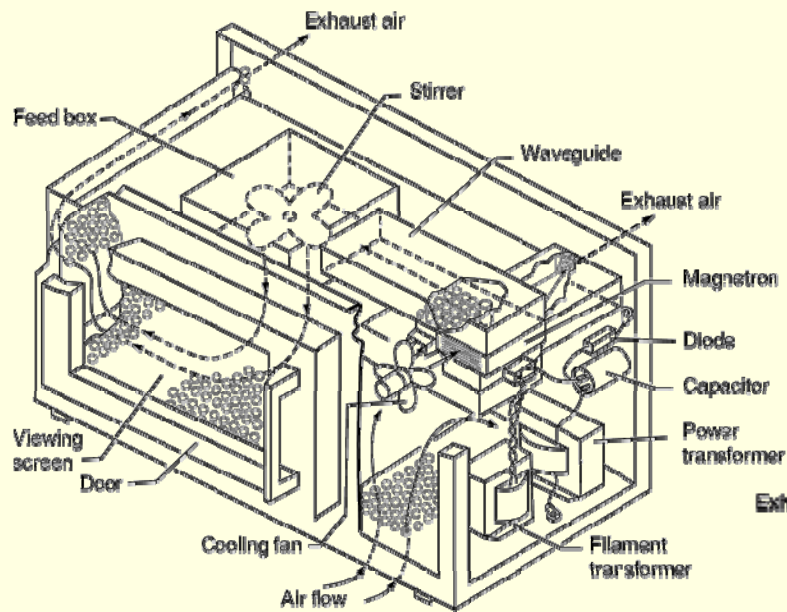
✓ منبع تغذیه: دریافت انرژی الکتریکی و تبدیل آن به ولتاژ بالا

✓ مگنترون (Magnetron): نشر انرژی تشعشی با بسامد بالا

✓ انتقال دهنده امواج (هادی موج)

✓ فن

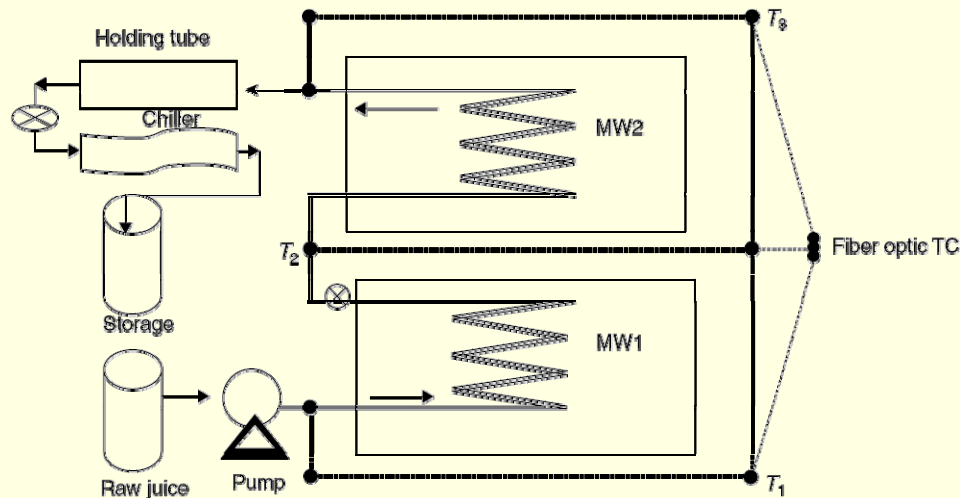
✓ محفظه آون یا تونل



مایکروویو (ادامه)

✓ کاربردها:

- تسریع در پختن (کیک، نان و شیرینی) و کاهش میزان جذب چربی
- تسریع در خشک کردن (غلات، محصولات خمیری، پیاز و چیپس سیب زمینی)
- تسریع در رفع انجماد
- پاستوریزه و استریلیزه کردن (شیر، آب میوه ها، ماست و ...)



مایکروویو (ادامه)

✓ مزایا:

- سرعت گرمادهی بالا
- صرفه جویی در زمان
- گرمادهی حجمی به جای گرمادهی سطحی

✓ معایب:

- دشوار بودن کنترل یکنواختی گرمادهی
- خطر آسیب به کارکنان در صورت نشت
- هزینه بالای انرژی به کار گرفته شده

فشار بالا (High-pressure)

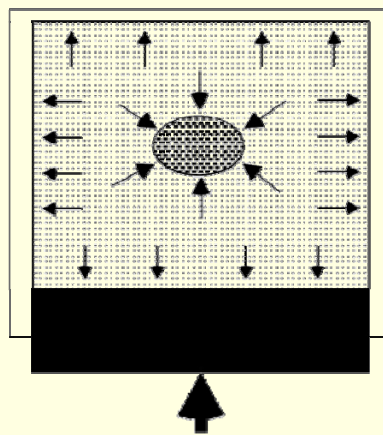
- ✓ استفاده از فشار بالا: ۸۰۰۰-۳۰۰۰۰ بار
- ✓ اولین بار در دهه ۹۰ برای پاستوریزه کردن غذاهای اسیدی
- ✓ پیشرفت کند کاربردی بودن آن
- ✓ میوه جات، آب مرکبات، مرباها، سس ها، ماست و گوشت



Country/product	Processing conditions	Role of HHP
Japan		
Fruit-based products (jams, sauces, purées, yoghurts)	400 MPa, 10–30 min, 20 °C	Pasteurisation, improved gelation, faster sugar penetration, limited residual pectin methylesterase activity
Grapefruit juice,	200 MPa, 10–15 min, 5 °C	Reduced bitterness
Sugared fruits for ice cream/sorbets	50–200 MPa	Faster sugar penetration and water removal
Raw pork ham	250 MPa, 3 hours, 20 °C	Faster maturation, (reduced from 2 weeks to 3 hours), faster tenderisation by endogenous proteases, improved water retention and shelf-life
Fish sausages, terrines and ‘pudding’	400 MPa	Gelation, microbial reduction, improved gel texture
Rice wine	–	Yeast inactivated to stop fermentation without heating
Rice cake, hypoallergenic precooked rice	400–600 MPa, 10 min, 45 or 70 °C	Microbial reduction, fresh taste/flavour, enhanced rice porosity and salt extraction of allergenic proteins
Europe		
Fruit juices	400 MPa, room temperature	Inactivation of microflora (up to 10 ⁶ CFU/g), partial inactivation of pectin methylesterase
Sliced processed ham	400 MPa, few min, room temperature	–
Squeezed orange juice	500 MPa, room temperature	Yeast and enzyme inactivation, retained natural taste
USA		
Avocado paste (guacamole, salsa)	700 MPa, 10–15 min, 20 °C	Microbial inactivation and polyphenol oxidase inactivation
Oysters	300–400 MPa, 10 min, room temperature	Microbial inactivation, raw taste/flavour retained, shape and size retained

فشار بالا (ادامه)

✓ عدم وابستگی به زمان و جرم برخلاف روش حرارتی و زمان کوتاه فرایند



✓ مکانیسم از بین رفتن میکروارگانیسم ها: نفوذ پذیری غشاء سلولی و تغییر ساختار

✓ غیر فعال شدن سلولهای رویشی در فشار ۳۰۰۰ بار

✓ اسپورها: فشار ۶۰۰۰ بار و درجه حرارت ۶۰-۷۰ درجه سانتیگراد

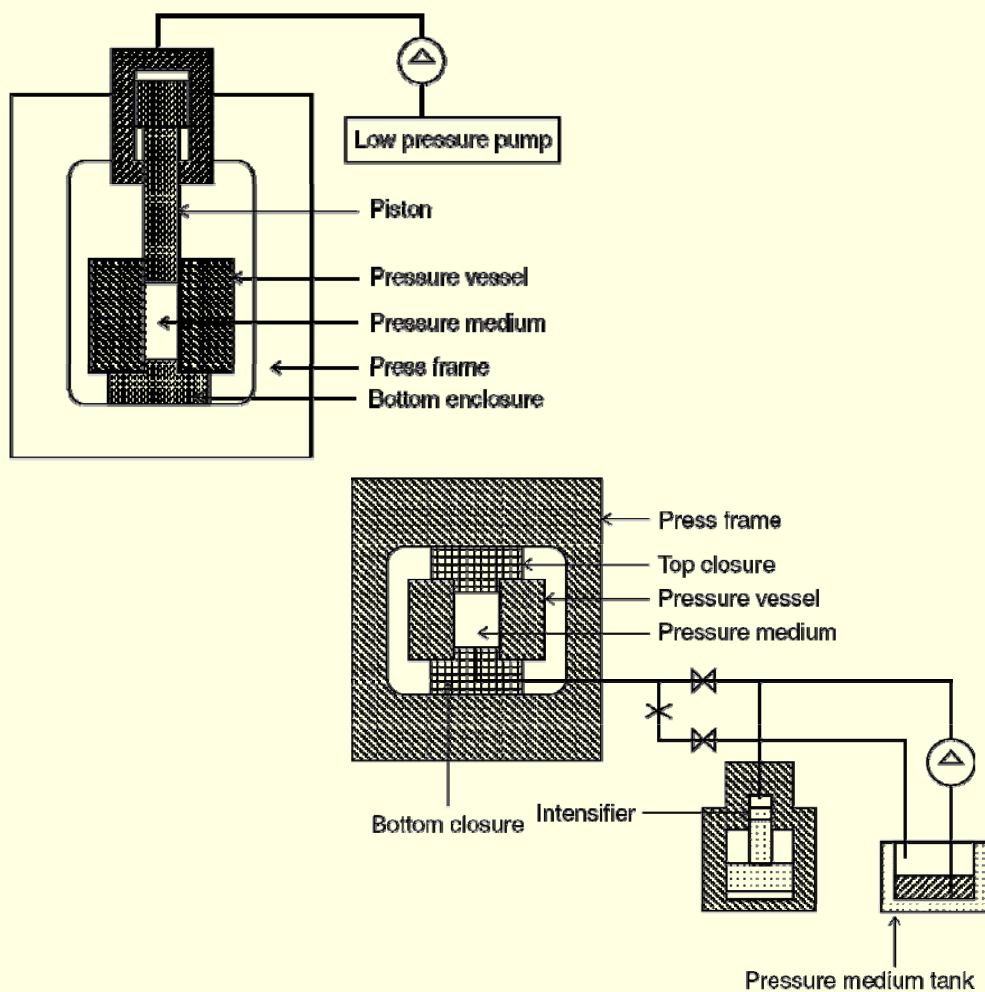
✓ موثرتر بودن فشار پالسی یا نوسانی نسبت به فشار مداوم

✓ غیر فعال شدن برخی از آنزیم ها در فشار ۳۰۰۰ بار

فشار بالا (ادامه)

تجهیزات: ✓

- محفظه فشار و درپوش آن
- سیستم تولید فشار
- روش مستقیم
- روش غیر مستقیم
- سیستم کنترل درجه حرارت
- سیستم حمل و نقل مواد



فشار بالا (ادامه)

✓ فرآوری مواد غذایی بسته بندی شده (کم بودن یا فقدان H.S.)

- مزایا: تمیز کردن آسان، خطر آلودگی ثانویه پایین و قابل کاربرد برای تمام مواد غذایی
- معایب: انعطاف پذیری پایین در انتخاب ظرف

✓ فرآوری مواد غذایی قبل از بسته بندی

- مزایا: انتقال ساده تر و قابلیت انعطاف پذیری بیشتر در انتخاب ظرف
- معایب: قابل کاربرد برای مواد غذایی قابل پمپ و نیاز به بسته بندی اسپتیک

❖ معایب روش فشار بالا

- هزینه سرمایه گذاری و تولید بالا
- مشکل فنی نصب لوله های مقاوم به فشار بالا

فشار بالا (ادامه)

✓ کاربردها:

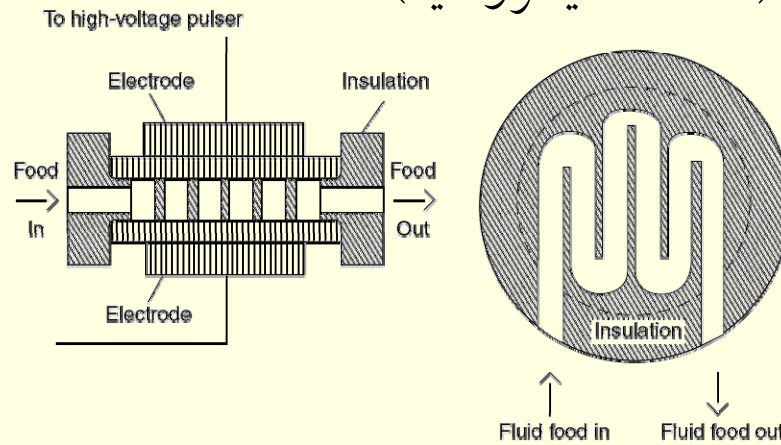
- برنج پیش پز شده برای آماده سازی با مایکروویو
- افزایش سرعت جذب آب و کاهش زمان پخت لوبیا
- بلانچ کردن سبزیها
- ترد کردن گوشت
- رفع انجماد (بسیار سریع و بدون تغییر دما)
- حذف طعم پخته از گوشت ها



پالس الکتریکی (Pulsed electric)

✓ استفاده از میدان الکتریکی با قدرت ۱۵-۳۰ kv/cm

✓ استفاده از میدان الکتریکی با پالس کوتاه (۱-۱۰۰ میکروثانیه)



✓ مکانیسم نابود شدن میکروارگانیسم ها

■ تشکیل خلل و فرج در غشاء های سلولی و در نهایت پاره شدن سلول ها

■ فرآورده های الکترولیز و رادیکال های آزاد حاصل از ماده غذایی

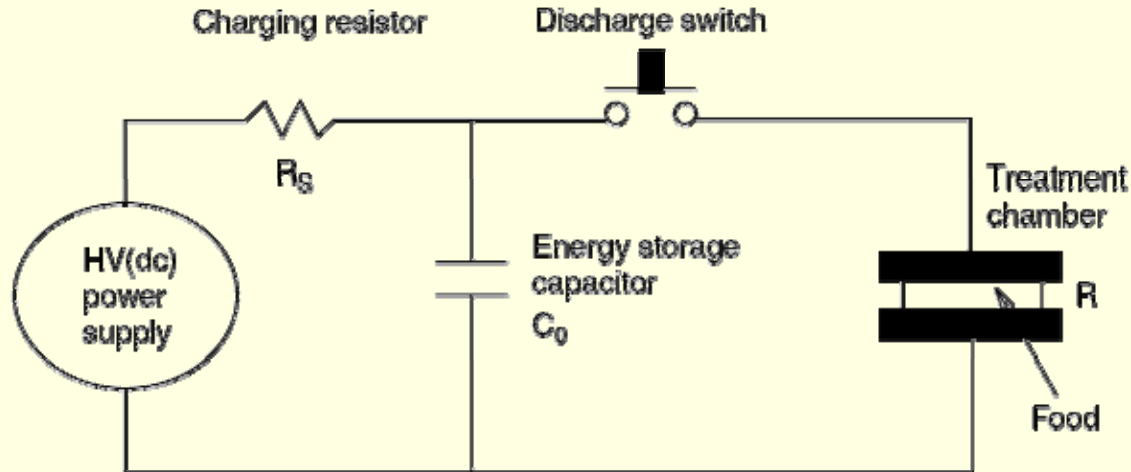
■ نقصان در فرایندهای متابولیک سلولی

■ گرمای بوجود آمده در اثر تغییر شکل انرژی القایی

Micro-organism	Log reduction (D)	Process conditions				Media
		Field intensity (kV cm ⁻¹)	Temperature (°C)	No. of pulses	Duration of pulses (μs)	
<i>Bacillus subtilis</i> spores ATCC 9372	5.3	3.3 V μm ⁻¹ , 4.3 Hz, exponential decay	<5.5	30	2	Pea soup
<i>Escherichia coli</i>	3	28.6	42.8	23	100	Milk
<i>Escherichia coli</i>	3.5	5.0 V μm ⁻¹ , square wave	<30	48	2	Skim milk
<i>Escherichia coli</i>	6	25.8	37	100	4	Liquid egg
<i>Listeria innocua</i>	2.6	50 at 3.5 Hz, exponential decay	15–28	100	2	Raw skim milk (0.2% milkfat)
<i>Listeria monocytogenes</i>	3.0–4.0	30 at 1700 Hz, bipolar pulses	10–50	400	1.5	Pasteurised whole milk (3.5% milkfat), 2% milk (2% milkfat), skim milk (0.2%)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2.7	50 at 4.0 Hz, exponential decay	15–28	30	2	Raw skim milk (0.2% milkfat)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	4.0	1.2 V μm ⁻¹ , exponential decay	4–10	6	90	Apple juice
<i>Salmonella dublin</i>	3.0	15–40	10–50	–	12–127	Skim milk
<i>Salmonella dublin</i>	3	36.7	63	40	100	Milk
<i>Yersinia enterocolitica</i>	6.0–7.0	75	2–3	150–200	500–1300 ns	NaCl solution pH = 7.0
Natural microflora	3	33.6–35.7	42–65	35	1–100	Orange juice
Natural microflora	≈5	6.7	45–50	5	20	Orange juice

پالس الکتریکی (ادامه)

- ✓ عدم تاثیر بر روی اسپورها و اثر محدود بر فعالیت آنزیم ها
- ✓ یک فرایند کاملاً غیر حرارتی نیست
- ✓ محفظه ثابت (کارهای آزمایشگاهی) و مداوم (صنعت)

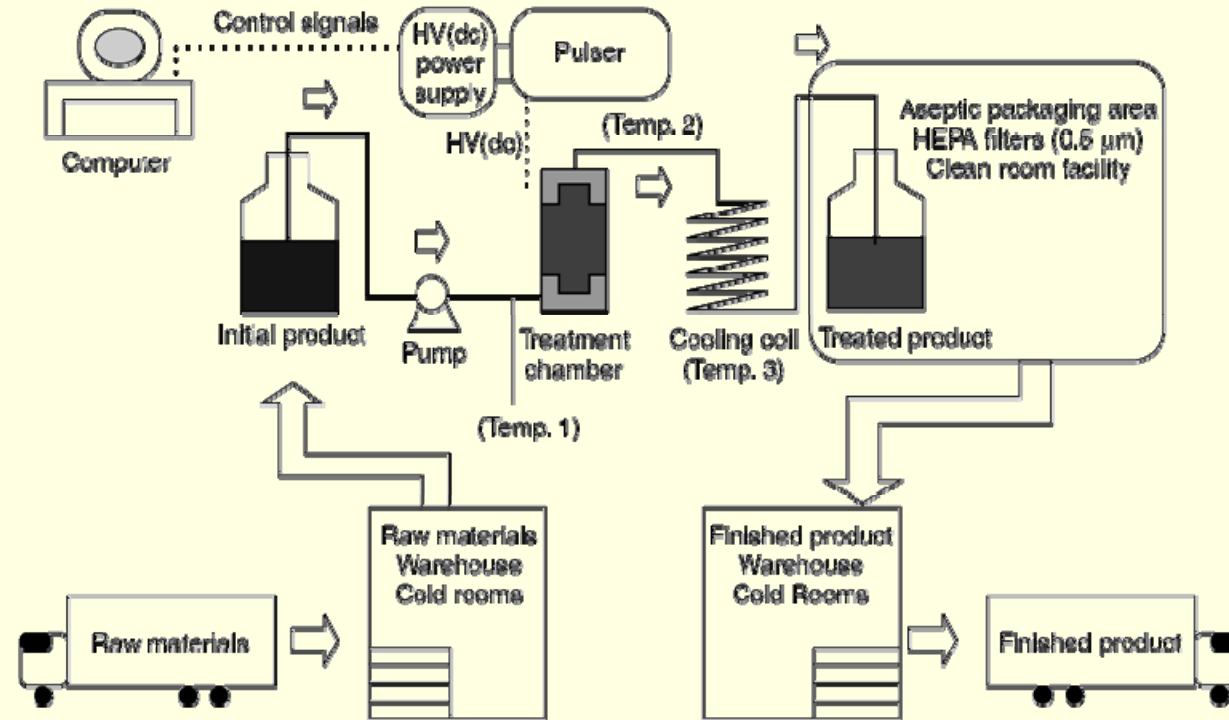


پالس الکتریکی (ادامه)

✓ تجهیزات:

- منبع مستقیم ولتاژ بالا (تولید کننده پالس)
- یک ردیف خازن
- کلید برای تخلیه انرژی ذخیره شده
- محفظه واکنش
- پروب ها (ولتاژ، جریان برق و درجه حرارت)
- خنک کننده محفظه
- تجهیزات بسته بندی اسپتیک

پالس الکتریکی (ادامہ)



Legend

- ⇒ Raw material and product flow
- Product pipes
- ... Electrical connections

پالس الکتریکی (ادامه)

✓ کاربردها:

- پاستوریزه کردن شیر بدون چربی (۱۴-۱۰ روز): عدم کاربرد وسیع
- پاستوریزه کردن تخم مرغ مایع کامل (۴ هفته)
- فرآوری عصاره پرتقال (۶ هفته)
- فرآوری عصاره سیب (۳-۴ هفته در ۴ درجه سانتیگراد)
- فرآوری سیب زمینی



پالس الکتریکی (ادامه)

✓ معایب:

- عدم کاربرد برای مواد غذایی حساس به تجزیه دی الکتریک (مایعات)
- عدم کاربرد برای مواد غذایی حاوی کف
- هزینه سرمایه گذاری بالا نسبت به سیستم های متداول گرمادهی (۲ برابر)

✓ مزایا:

- مصرف انرژی کمتر (تا ۹۰٪ در آب سیب)

تشعشع (Irradiation)



- ✓ انتشار و پراکنش انرژی در فضا
- ✓ مهمترین در نگهداری مواد غذایی: اشعه الکترومغناطیس
- ✓ تکنیک‌های رایج در تاباندن اشعه به مواد غذایی
 - اشعه گاما (کبالت ۶۰ و سزیم ۱۳۷)
 - پرتوهای الکترونی (شتاب دهنده‌های خطی)
 - پرتو X
- ✓ انواع تشعشع یونیزه
 - (30-40 KGy) Radapertization
 - (2.5-10 KGy) Radicidation
 - (0.8-2.5 KGy) Radurization

✓ تیمارهای قبل از اشعه دادن:

- انتخاب مواد غذایی
- تمیز کردن مواد غذایی
- بسته بندی مواد غذایی
- آنزیم بری یا فرایند حرارتی

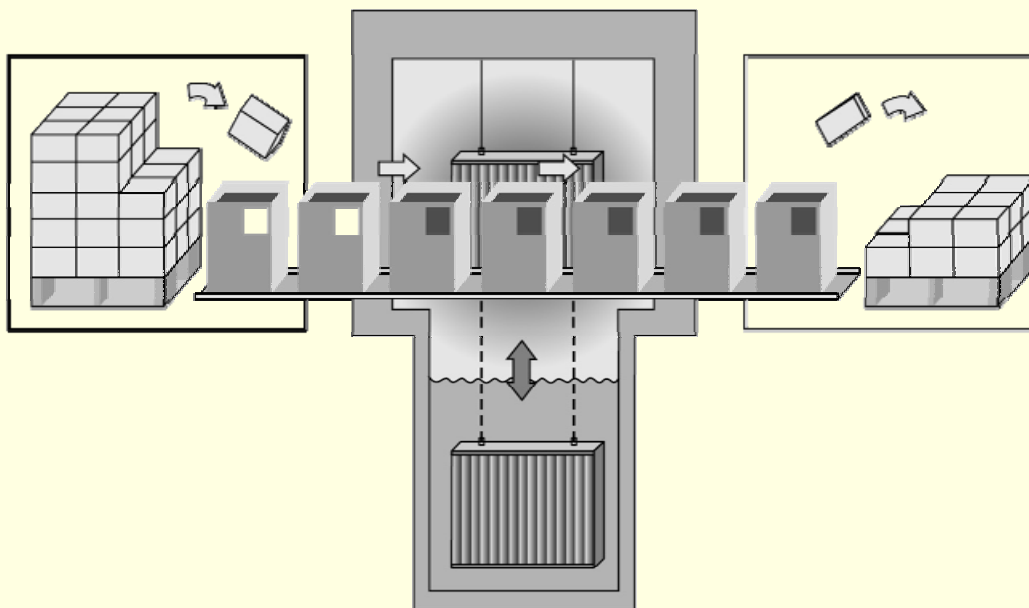
✓ کاربردهای اشعه:

- استریل کردن ادویه ها
- ممانعت از جوانه زنی سیب زمینی و پیاز
- از بین بردن حشرات (غلات، میوه ها، آرد و مواد غذایی خشک)
- نگهداری طولانی مدت میوه جات با کنترل کپک ها
- تخریب پاتوژن ها در میگو، گوشت قرمز و طیور منجمد

تشعشع (اوامر)

✓ معایب:

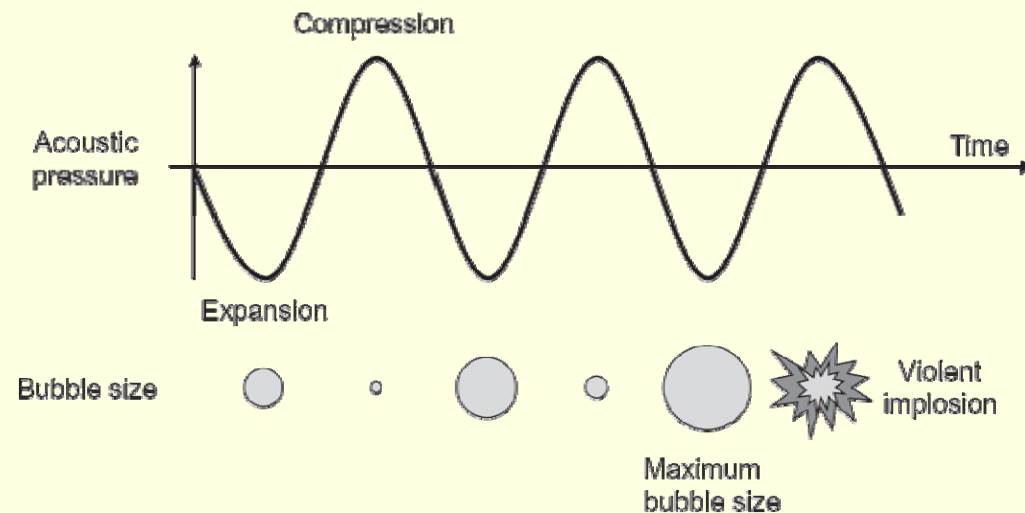
- هزینه سرمایه گذاری بالا
- ایجاد تغییرات حسی در فرآورده های دریایی و گوشت



فراصوت (Ultrasound)

✓ امواجی نظیر امواج صدا با فرکانس بالاتر از دامنه شنوایی انسان ($20\text{ kHz} - 20\text{ MHz}$)

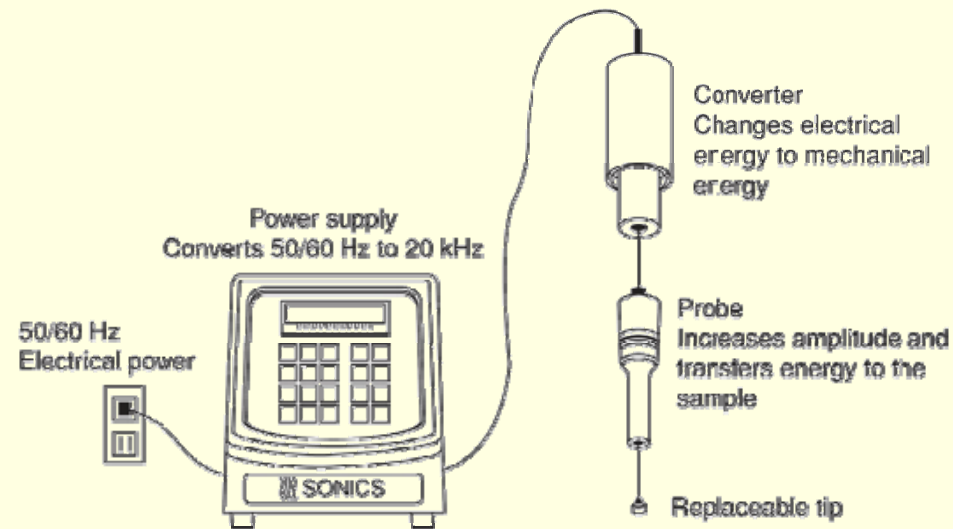
✓ ایجاد حفرگی (Cavitation) در مایعات: تخریب ساختار سلولی



فراصوت (ادامه)

✓ کاربردها:

- تَرْد کردن گوشت: بهبود ظرفیت اتصال آب
- امولسیون سازی
- تمیز کردن سطوح و لوازم



فراصوت (ادامه)

✓ پاستوریزه و استریلیزه کردن مواد همراه با دما (Thermosonication)

✓ استفاده از فشار (Mano-thermo-sonication)

- ایجاد حفرگی در دماهای بالاتر
- ۱۰ برابر گرمادهی فراصوتی غیر فشاری

enzymes	% reduction in activity	Process conditions			Media	
		Field intensity (kV cm ⁻¹)	Temperature (°C)	No. of pulses		Duration of pulses (μs)
Alkaline phosphatase	65	18–22	22–49	70	0.7–0.8	Raw milk, 2% milk, non-fat milk
Lipase, glucose oxidase	70–85	13–87, instant charge reversal pulses	–	30	2	Buffer solutions
Amylase, peroxidase, phenol oxidase	30–40					