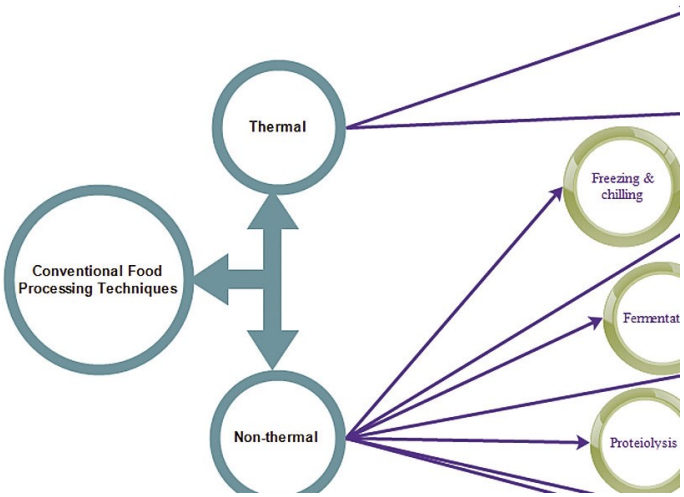
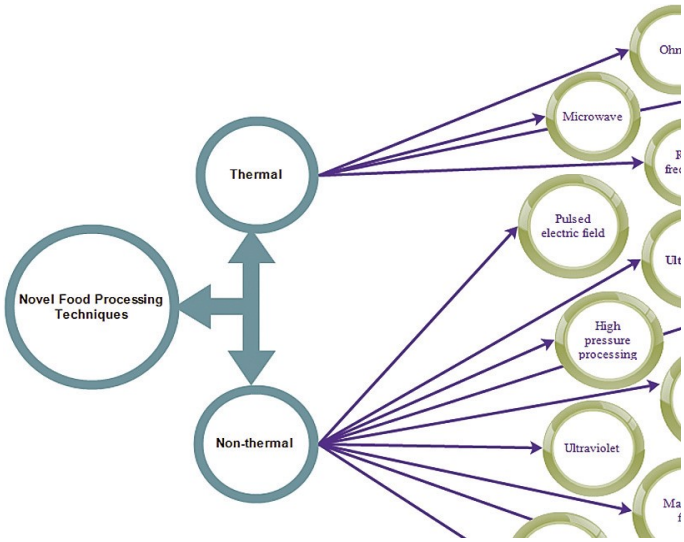
Hurdle technology

روشهای مرسوم فراوری موادغذایی



روشهای جدید فراوری موادغذایی



- روشهای مختلف فرآوری مواد غذایی می توانند آلودگیهای میکروبی مواد غذایی را ازبین ببرند. با این وجود برخی از این روش ها اثرات مخرب روی خواص ارگانولپتیکی مواد غذایی دارند. همچنین برخی از این فرآیندها می توانند مواد مغذی مواد غذایی را کاهش دهند. علاوه براین، امروزه خیلی از مصرف کنندگان تمایل به استفاده از غذاهای با حداقل فرآیند و همچنین بدون مواد افزودنی هستند.
- با توجه به این حقایق، مفهوم موانع (بطور کلی معروف به روشهای ترکیبی ، نگهداری ترکیبی ، ترکیب فرآیندها، فن آوری مانع یا تکنیک های ترکیبی) تبدیل به یک فناوری امیدوار کننده شده که همزمان تلفات را کاهش می دهد و کیفیت غذایی و حسی و همچنین ایمنی مواد غذایی را بهبود می بخشد (شکل ۱). بنابراین، فن آوری موانع با هدف افزایش کلی کیفیت مواد غذایی و کاهش شدت فرآیند است. علاوه بر این، در فناوری موانع اثرات هم افزایی مشاهده می شود (جدول ٤).

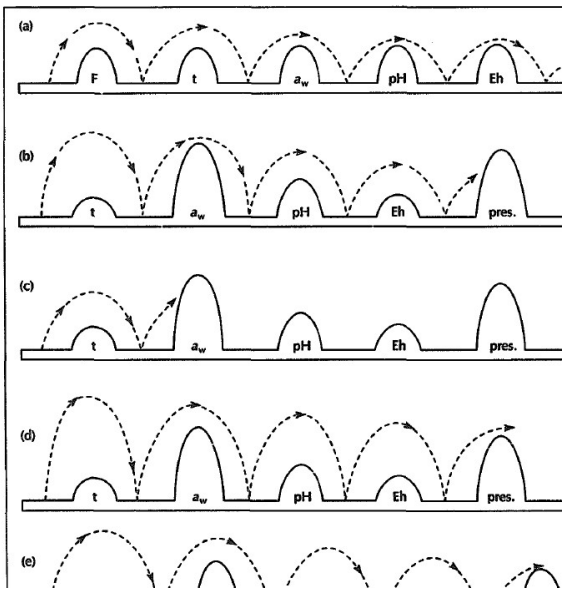

(a)
F
t
a_w
pH
Eh
(b)
t
a_w
pH
Eh
pres.
(c)
t
a_w
pH
Eh
pres.
(d)
t
a_w
pH
Eh
pres.
(e)

Table 4
Combination of different decontamination techniques against different food spoilage microorganisms and foo

Treatments	Food commodities	Microorganisms treated	Log reduction	Pro
Pulsed electric field + thermal process	Skim milk	Total bacteria count	1.82 CFU/ml	36
		Bacillus cereus spores	3 CFU/ml	35
	Orange juice	*Leuconostoc esenteroides*	5 CFU/ml	30
		Escherichia coli	5 CFU/ml	30
		Listeria innocua	5 CFU/ml	30
	Orange juice	*E. coli*	>5 CFU/g	30
		Salmonella typhimurium	>5 CFU/g	30
		Lactobacillus spp	>5 CFU/g	30
	Orange juice	*Salmonella*	5.9 CFU/ml	90
	Milk	*Pseudomonas*	>5.0 CFU/ml	31
	milk	*B. cereus* spores	3 CFU/ml	35
	Grapes	Total microbial count	3·9 CFU/g	65
	Liquid whole eggs	*E. coli* O157:H7	4 CFU/ml	9-1
	Liquid whole eggs	*Salmonella Enteritidis*	9 CFU/ml	25
	liquid whole eggs	*Salmonella Senftenberg* 775 W	4 CFU/ml	25
		Listeria monocytogenes	4 CFU/ml	25
	Tomato juice	Total microbial count	1.4 CFU/ml	80
	Apple juice	*E. coli*	6 CFU/ml	8-4
	Apple juice	*E. coli* O157:H7	3.6 CFU/ml	20-

Pressure + Thermal process	Tomato puree	*B. stearothermophilus* spore	4.5 CFU/g	700 M
	Mango nectar	*Aspergillus niger conidia*	6.24 CFU/g	200 M
	Orange juice	*Salmonella*	7 CFU/ml	600 M
	Mango nectar	*A. niger*	6.2 CFU/ml	300 M
	Liquid whole eggs	*S. enteritidis*	8 CFU/ml	350 M
	Ovine milk	*E. coli* 405 CECT	>6 CFU/ml	300 M
		Pseudomonas fluorescens 378 CECT	>6 CFU/ml	300 M
Ozone + thermal process	Apple juice	*E. coli* O157:H7	ND	3.0 L/ for 1
		S. typhimurium	ND	3.0 L/ for 1
		L. monocytogenes	ND	3.0 L/ for 1
	Shell eggs	*S. enterica*	>6	160 g
	Beef	*Clostridium perfringens*	1.28 CFU/g	3 ppm 30 m
		E. coli O157:H7	0.85 CFU/g	3 ppm 30 m
		L. monocytogenes	1.09 CFU/g	3 ppm 30 m
	Apple cider	*E. coli* O157:H7	ND	2.4 L/

Table 4 (*continued*)

Treatments	Food commodities	Microorganisms treated	Log reduction	Proc
		Salmonella	ND	2.4
	Whole shell eggs	*S. enteritidis*	4·2 CFU/g	40 g
	Alfalfa seeds	*E. coli* O157:H7	ND	0.3
	Apples	*E. coli* O157:H7	3.4 CFU/g	1.4
	Cut iceberg lettuce	Total bacteria count	1.2–1.4 CFU/g	5 p 2.5
UV-light + radio frequency	Apple juice	*E. coli* K-12	ND	RFE 170 254
Microwave + Gamma-irradiation	Fresh beef	Total bacteria count	2.28 CFU/g	3 k
	Ground beef	Total bacteria count	3.92 CFU/g	3 k
	Beef burger	Total bacteria count	3.75 CFU/g	3 k
Pulsed electric field + thermal process	Suspension	*L. innocua* NCTC 11289	6.3 CFU/ml	40 k
		L. monocytogenes	4.5 CFU/ml	30 k
		E. coli O157:H7	2.93 CFU/ml	20 k

Pressure + Thermal process	Suspension	*E. coli*	6.5 CFU/ml	30 kV
		Bacillus subtilis	>6 CFU/ml	479 M
		B. subtilis spores	2.43 CFU/ml	600 M
		B. cereus	4.4 CFU/ml	600 M
		Bacillus subtilis spores	3.4 CFU/ml	600 M
		B. cereus FRR B2603	6.1 CFU/ml	600 M
		Cl. sporogenes spore	2.1 CFU/ml	400 M
		Banksia nivea NATEC	3.2 CFU/ml	600 M
		B. nivea DSM	4.0 CFU/ml	600 M
Heat + ozone		*E. coli* O157:H7	1.6	3.0 L_i 50 °C
		S. typhimurium	1.6 CFU/ml	3.0 L_i 50 °C
		L. monocytogenes	1.6 CFU/ml	3.0 L_i 50 °C
Microwave + UV light		*E. coli* MN522	ND	UV la micro
Electrolyzed water combination	Fresh-cut Cilantro	Aerobic bacteria	3.73	AlEW
	Shredded carrots	Aerobic bacteria	3.71	1% ci
		Yeast and fungi	3.69	
		L. monocytogenes	3.97	

Radio frequency (RF) and microwave (MW) heating

- گرمایش دی الکتریک به معنای تعامل بارهای یونی و قطبهای موجود در مواد غذایی با میدانهای متناوب الکترومغناطیسی است که گرمایش حجمی محصول را امکان پذیر می کند.
- گرمایش مایکروویو(MW) و فرکانس رادیویی (RF) فن آوری های گرمایش دی الکتریک هستند که با اصول یکسان کار می کنند و امکان گرم کردن سریع و یکنواخت در سرتاسر محیط را فراهم می کند. اگرچه، هر دو MWو RFبه طور بالقوه گرمایش حجمی سریع ، یکنواخت و بدون تماس را ارائه می دهند، اما بر اساس روش تولید میدان الکتریکی و عمق امواج الکترومغناطیسی از یکدیگر متمایز می شوند. استفاده از گرمایش سریع و یکنواخت با استفاده از سیستم دی الکتریک مورد توجه بخش های مختلف غذایی قرار گرفته است.

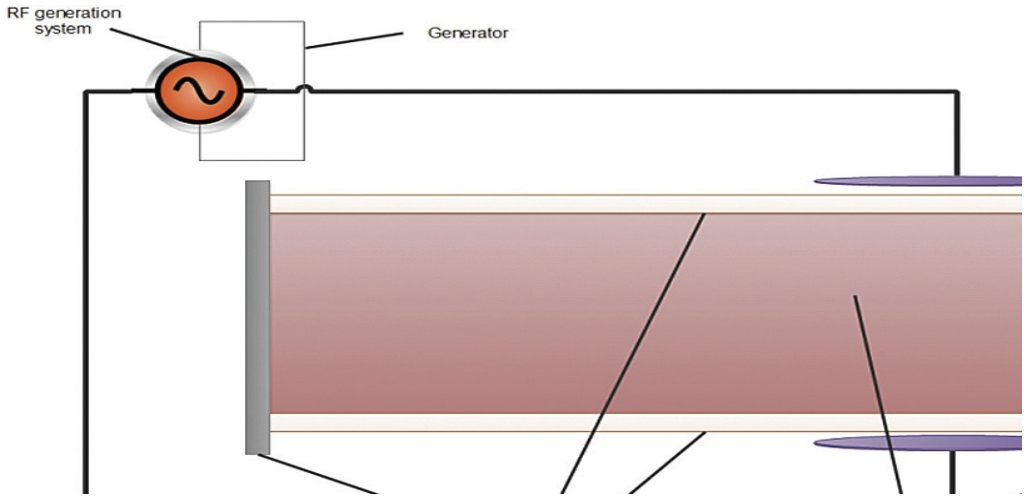


Fig. 3. Schematic representation of simple RF heating unit. RF unit consist of two main components, the generator (RF producing system) and the applicator (electrodes). Various electrode configurations are used in the system, depending on the field strength to be used and physical characteristics of the food such as moisture contents, thickness and geometry, etc.

- این امکان وجود دارد که با ترکیب دو یا چند فن آوری نگهدارنده جدید، اثرات ضد میکروبی هم افزایی تولید شود در حالی که ورودی انرژی و شدت درمان مورد نیاز را کاهش داد.

- ترکیب RFبا نور اشعه ماوراء بنفش باعث بازدارندگی بیشتر در مقایسه با زمانی که تیمار تنها با RF انجام شده بود، شد.

- عصاره چای سبز در ترکیب با RFعلیه پاتوژن های باکتریایی E. coli، S. Typhimurium و L. monocytogenesدر میوه های برش خورده استفاده شد. نتایج نشان داد که ترکیب RF و عصاره چای سبز با موفقیت مانع از رشد پاتوژن های باکتریایی شده و ماندگاری میوه تازه برش را افزایش داد.

- اخیراً علاقه به ترکیب MWبا سایر روشهای فراوری مواد غذایی برای کاهش زمان فراوری، اطمینان از ایمنی مواد غذایی و افزایش کیفیت محصولات وجود دارد. ترکیبی از MWبا سایر روشهای خشک کردن، مانند خشک کردن هوا، مادون قرمز، خشک کردن خلاء یا انجماد، ویژگیهای خشک کردن بهتری را در مقایسه با روشهای مربوط به خشک کردن به تنهایی یا خشک کردن مایکروویو ایجاد می کند.
- تأثیرات ترکیبی اشعه ماوراء بنفش، لیزر و مایکروویو یا گرمایش معمولی بر روی E. coliو سایر فسادها و باکتری های بیماری زا مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان داده که قرار گرفتن در معرض اشعه ماوراء بنفش، لیزر و مایکروویو/ عملیات حرارتی متعارف به ترتیب باعث کاهش معنی دار کاهش کلی باکتری ها در مقایسه با حالتی که تیمار به صورت تنها به کار رفته، می شود.

- ادغام MWبا عقیم سازی حرارتی، تحت عنوان "عقیم سازی حرارتی با کمک مایکروویو"، مورد توجه صنایع غذایی قرار گرفته است. این یکی دیگر از روشهای بسیار جذاب برای پاستوریزاسیون / استریل کردن مواد غذایی است که اجازه می دهد غذاها در حالی که در ظروف خود قرار دارند تحت فرایند قرار بگیرند و باعث بهبود کیفیت غذا نسبت به فن آوری های معمولی می شود. این فرآیند هنگام استفاده از مایکروویو به عنوان یک روش عقیم سازی ، بر بسیاری از مشکلاتی که در گذشته با آن روبرو بوده ایم، غلبه می کند.
- پیشپخت بیکن با گرم کردن MWدومین کاربرد بزرگ در صنایع غذایی است. گرمایش MW برای تهیه بیکن باعث بافت بهتر محصول می شود. پیش از این ، هوای گرم در ترکیب با انرژی MWبرای پختن بیکن استفاده می شد زیرا هوای گرم رطوبت تبخیر شده در طی فرایند پخت و پز را به دام می اندازد. اما بعداً، از ترکیب هوای گرم ، بخار و انرژی MWبرای پختن بیکن استفاده شد.

- کاربرد MW (2450مگاهرتز) در صنعت پخت بیشتر مرسوم است.
- ترکیبی از MWو انرژی حرارتی نیز برای تولید نان های برشته شده در یک دوره نسبتاً کوتاه استفاده شد.Schiffmann (1982)یک تکنیک پخت نان را ثبت کرد که یک منبع حرارتی معمولی با انرژی MW ترکیب شده بود. ادعا شده که این روش زمان پخت را ۵۰٪ کاهش می دهد و به منظور بهبود راندمان گرمایش MWو ویژگی های حسی مطلوب غذاها توصیه می شود. همچنین می توان از ترکیب MWبا سایر حالت های گرمایش مانند گرمایش مادون قرمز (IR)و تخریب جتی نیز استفاده کرد.

- اکنون به خوبی مشخص شده است که فراوری مواد غذایی با MWمزایایی نسبت به گرمایش معمولی دارد. کاربرد MWدر فرآیندهای پاستوریزاسیون و استرلیزاسیون بیش از نیم قرن مورد مطالعه قرار گرفته است و با موفقیت تجاری مورد استفاده قرار گرفته است. قبل از تعویض گرمایش معمولی با MWلازم است مکانیسم های غیرفعال سازی و توزیع دما در غذاهای چند لایه را کاملاً درک کرد. علاوه بر این ، چندین عامل دیگر مشخص شده است که مانع از پذیرش تجاری MWدر مواد غذایی می شوند از جمله: هزینه های زیاد، غیر یکنواختی گرمایش، پیچیدگی، عدم وجود مواد بسته بندی مناسب و عدم امکان اطمینان از ضد عفونی کامل بسته. بنابراین، تحقیقات بیشتر در زمینه MWضروری است.

Food irradiation

- تابش مواد غذایی و مواد کشاورزی از پرتوهای یونیزه کننده برای از بین بردن عوامل بیماری زا استفاده می کند. تابش مواد غذایی شامل استفاده از ایزوتوپهای رادیواکتیو یا الکترون های شتاب داده شده (پاستوریزاسیون الکترونی / پرتو الکترونی) است. تشعشع یونیزه برای اولین بار در سال ۱۹۰۵ به عنوان یک فناوری غیرفعال کردن میکروبی ثبت شد و برای اولین بار در سال ۱۹۲۱ در مورد گوشت خوک ارزیابی شد.

- تشعشع یونیزه انرژی کافی برای خارج کردن الکترون ها از اتم ها دارد و منجر به تشکیل یون می شود. پرتوهای یونیزه بسته به منبع (اشعه X، اشعه گاما و پرتوهای بتا) به اشکال مختلفی ایجاد می شود، با این حال، همه اشکال با خروج الکترون از اتم ها اثرات خود را اعمال می کنند. این تابش باعث شکستگی در مارپیچ DNAو / یا RNAمی شود و با آسیب رساندن به اسیدهای نوکلئیک توسط اثرات مستقیم یا غیرمستقیم منجر به اختلال در عملکرد سلول های طبیعی می شود.

- استفاده از برخی ترکیبات شیمیایی خارجی در مواد غذایی می تواند مقدار D10یک پاتوژن خاص را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. حساسیت به تابش در بین گونه های یک میکروارگانیسم خاص متفاوت است. باید مراقب بود که میکروب در طی فرآیند تابش در مرحله گرسنگی نباشد، در غیر این صورت پاتوژن مقاومت بالایی در برابر اشعه یونیزه نشان می دهد. یک مطالعه دیگر نشان داد که مونوکسید کربن در بسته بندی های اتمسفر اصلاح شده (MAP)، پراکسید هیدروژن، استرس اسمزی ، استرس قلیایی و استرس گرما باعث افزایش مقاومت در برابر اشعه می شود.
- تابش مواد غذایی در سال ۱۹۸۱ توسط FAO / IAEA / WHOبا حداکثر دوز تابش تا ۱۰ کیلو گرم تأیید شد.
- بیش از ۵۰ کشور در سراسر جهان تابش را برای بیش از ٦٠ محصول غذایی تصویب کرده اند.

- تابش هنگام استفاده در ترکیب با سایر فن آوری های نگهداری، مانند عملیات حرارتی، بدون تأثیر در کیفیت مواد غذایی، دوزهای تابش را کاهش می دهد. نتایج یک تحقیق نشان داد که عملیات حرارتی ملایم و به دنبال آن تابش با دوز کم، ماندگاری انبه های تازه را افزایش می دهد. در تحقیق دیگر ترکیب تابش گاما با سایر عوامل ضد میکروبی (اسیدهای آلی، اسید اسکوربیک ، متابولیتهای باکتریهای اسید لاکتیک، عصاره مرکبات، اسانس ادویه ها) برای مهار پاتوژن مواد غذایی در گل کلم بروکلی و هویج استفاده شده است.

- به تازگی، اثرات ترکیبی تابش گاما و انجماد بر روی میگوهای آب شیرین و میگوهای ببری ارزیابی شده است. نتایج این تحقیق تأیید کرد که تابش با دوز کم (۵/۵ کیلو گرم) به طور موثری کیفیت بصری و ویژگیهای مکانیکی را حفظ کرده و همچنین ایمنی میکروبی میگوها را در طی مدت طولانی ذخیره سازی بهبود بخشید.
- در مطالعهای دیگر مکانیسم مهار کننده هم افزایی در برابر L. monocytogenes در ژامبون آماده با استفاده از تابش گاما در ترکیب با اسانس oregano، اسانس دارچین و نایسین استفاده شد. مدت ماندگاری تا ۲۸ روز افزایش یافت و تعداد باکتریها به سطح قابل تشخیص نرسید.
- با استفاده از ترکیب مناسب تکنیک های مختلف ضد عفونی ، مواد غذایی به راحتی می توانند ضد عفونی شوند. تکنیک های ترکیبی می توانند افزایش تقاضای مصرف کننده برای غذاهای فرآوری شده با کیفیت بالا ، با حداقل فرآوری و بدون افزودنی را برآورده سازد.

Table 1
Gamma irradiation used for food products, pathogens and source (Food-Safety, 2015).

Food Products	Target pathogens	KG
Insects	Food spoilage pathogens	>1
Poultry and poultry products	*Salmonella*, *Campylobacter* and other food poisoning bacteria.	3-7
Red meat	*E. coli* O157:H7 and other food poisoning bacteria	4.5-7
Frogs legs	*Salmonella* and other fecal organisms	5
Blood products	Food spoilage pathogens	5-
Dried herbs and spices	Food spoilage pathogens	10
Sea foods (shrimp/prawns and other shellfish)	*E. coli*, *Vibrio* spp.	1.5
Egg white	Food spoilage pathogens	3
Fruits	Food spoilage pathogens	2
Vegetables	Food spoilage pathogens	2
Bulbs and tubers	Food spoilage pathogens	1

High pressure processing

- در سالهای اخیر، مصرف کنندگان ترجیح داده اند غذاهایی را که مزه بهتری ، ماندگاری طولانی و بدون مواد افزودنی هستند را مصرف کنند. روش فراوری فشار قوی (HPP)می تواند نیازهای پژوهشگران و مصرف کنندگان را برآورده سازد. HPPهمچنین به عنوان فراوری فشار فوق العاده یا فراوری فشار هیدرواستاتیک بالا نیز توصیف می شود. صرف نظر از نامگذاری HPPدر مدت ۵۰ سال، HPPبه عنوان یکی از بهترین فناوری ها در صنایع غذایی شناخته شده است. کاربرد HPPدر صنایع غذایی به اوایل قرن نوزدهم برمی گردد.

- برای کاربردهای مواد غذایی، حداقل و حداکثر محدودیت فشار به ترتیب ۲۰۰ مگاپاسکال و ۶۰۰ مگاپاسکال است. کاهش در اندازه مواد غذایی متناسب با میزان فشار اعمال شده است، با این حال غذا شکل اصلی خود را حفظ می کند. HPPدر صنایع غذایی در آمریکای شمالی محبوبیت زیادی کسب کرده است زیرا پاتوژن های غذایی را با استفاده از مقادیر ملایم گرما غیرفعال می کند بدون اینکه روی خصوصیات حسی و مواد مغذی غذاها تأثیر بگذارد. از مزایای استفاده از HPPنسبت به فراوری حرارتی می توان به کاهش آسیب در اثر گرما، زمان کمتر برای فراوری، حفظ طراوت، بافت و رنگ، حفظ ویتامین C اشاره کرد. مانند هر فن آوری دیگر مواد غذایی، HPPنمی تواند به طور گسترده برای همه محصولات غذایی اعمال شود. نکته قابل توجه در مورد این فن اوری این است که هم غذا های مایع و هم جامد قابل تیمار هستند.

- محصولات غذایی با میزان اسید بالا کاندیداهای خاصی برای فناوری HPPمطلوب هستند. در حال حاضر، اروپا، ایالات متحده و ژاپن از HPPاستفاده می کنند که با این فن آوری یا ماندگاری را افزایش داده یا ایمنی محصولات غذایی را بهبود می بخشند. تجهیزات HPPبا ظرفیت ۲۱۵ لیتر از نظر تجاری در دسترس بوده و تولید می شود. این سیستم HPP توانایی تولید تقریبا ۱۰ میلیون پوند مواد غذایی در سال را دارد. محصولات فرآوری شده HPPدر بازارهای خرده فروشی در اروپا، ژاپن و ایالات متحده به صورت تجاری عرضه می شوند. این مواد غذایی شامل گوآکامول، اسموتی میوه، غذای آماده شده با گوشت و سبزیجات، صدف، ژامبون، آب میوه، نوار مرغ و سالسا است. به دلیل محدودیت کشتن اسپور با HPP، محصولات پایدار از نظر ماندگاری با اسیدیته کم، مانند سوپ هنوز از نظر تجاری در دسترس نیست. در حال حاضر، هنوز این فناوری با موفقیت وارد صنایع غذایی نشده است که احتمالاً به دلیل عدم آگاهی در مورد مکانیسم های غیرفعال سازی اسپورهای باکتریایی بسیار مقاوم است. با این حال، چندین اختراع ثبت شده رویکردهای مختلفی را برای دستیابی به استریل مواد غذایی تجاری در مورد غذاهای کم اسید را نشان دادهاست.

- نگهدارندگی موثر با استفاده از HPمی تواند در فشارهای متوسط در ترکیب با فناوری مانع حاصل شود که به اثرات هم افزایی دو یا چند عامل ضد میکروبی مناسب در دوزهای متوسط متکی است. غیرفعال سازی اسپورهای گونه کلستریدیوم با استفاده از فشار زیاد در ترکیب با گرمایش معمولی برای اولین بار توسط Saleدر سال ۱۹۷۰ گزارش شد. پس از کشف اثرات تقویت شده حاصل از ترکیب تیمارها، Mallidisو Drizou (1991)اثرات ترکیبی از گرما و فشار بر B. stearothermophilusرا بررسی کردند. آنها گزارش کردند که ترکیب گرما و فشار می تواند اسپورهای B. stearothermophilusرا کاهش دهد.

- در یک مطالعه دیگر، کاهش ٦ logدر مورد B. stearothermophilusدر ۸۰ درجه سانتیگراد و ۳۵۰ MPaمشاهده شد. همچنین با ترکیب فشار در محدوده ٦۹۰-۹۰۰ MPaبا دمای اولیه بین ۵۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد، می توان اسپورهای بوتولینوم را غیرفعال کرد. از این رو، اعمال درجه حرارت از ٦۰ درجه سانتیگراد تا ۸۰ درجه سانتیگراد و فشارهایی از ۳۵۰ تا ٤۰۰ مگاپاسکال به مدت ۵ دقیقه یا کمتر به عنوان ایمن ترین و مقرون به صرفه ترین روش برای صنایع غذایی پیشنهاد شده است. اثربخشی ترکیب گرما و HPPبه خوبی ثابت شده است. در مورد اسپورها و پاتوژنهای اسپورزا مطالعات زیادی انجام شده است. در مطالعه ای گزارش شد که عملیات ترکیبی گرما- HPPمی تواند پاتوژن های سازنده اسپور مانند کلستریدیوم را غیرفعال کند.

- هنگامی که سایر داروهای ضد میکروبی، مانند ساکارز لاورات و باکتریوسین، به محیط اضافه شدند اثر سیستم گرمایش– HP بیشتر نیز شد. در مطالعه ای افزودن لاورات ساکاروز به سیستم گرمایشی – HPPمنجر به کاهش ۵/۵ لگاریتمی باسیلوس کواگولانس در آب گوجه فرنگی ، باسیلوس سوبتلیس در شیر و باسیلوس سرئوس در گوشت گاو شد. علاوه بر این نتایج نشان داد که لاورات ساکارز به نظر می رسد اثرات مهاری و کشنده در اسپورها را نیز دارد. استفاده از یک مانع اضافی در هنگام فراوری مواد غذایی ممکن است امکان استفاده ترکیبی از درجه حرارت پایین تر و شدت فشار کمتر را داشته باشد و از اثرات منفی بر روی تازگی غذاها بکاهد. البته این ترکیبات قبل از استفاده تجاری باید برای بهبود کیفیت و ماندگاری مواد غذایی ارزیابی شوند.

Ozonation

- ازن (O3)یک شکل الوتروپیک اکسیژن است که به طور طبیعی از اکسیژن در طی واکنشهای تابش یا اشعه ماوراء بنفش تولید می شود. در آزمایشگاه، ازن با استفاده از ژنراتورهای تخلیه اشعه ماوراء بنفش یا ژنراتورهای تخلیه کرونا می تواند تولید شود. در طول تولید ازن ، O2به رادیکالهای آزاد بسیار واکنشی تقسیم می شود، که به نوبه خود با سایر مولکول های اکسیژن برای تشکیل ازن واکنش می دهند. ازن یک ماده آنتی اکسیدان و ضد میکروب قوی است. ازن با دو مکانیسم متفاوت برای از بین بردن باکتریها عمل می کند. در اولین مکانیسم، ازن اسیدهای آمینه آنزیم، گروه های سولفیدریل، پروتئین ها و پپتیدها را اکسید می کند. در طی مکانیسم دوم ازن اسیدهای چرب اشباع نشده را به اسیدها و پراکسیدها اکسیده می کند. پس از تخریب چربی های اشباع نشده در سلول ، محتویات سلولی شروع به نشت می کند که منجر به مرگ سلول می شود. در باکتریهای گرم منفی، لیپوپلی ساکارید و لیپوپروتئینها مکانهای هدف اصلی حمله هستند که منجر به لیز غشای سلولی و سرانجام مرگ سلول می شود.

- در سال ۲۰۰۱ ، FDA (US)استفاده از ازن گازی و آبی را به عنوان ماده ضد میکروبی در حین ذخیره، تصفیه و فرآوری محصولات غذایی تصویب کرد. پس از این تصویب، استفاده از ازن برای غیرفعال کردن پاتوژنهای ناشی از مواد غذایی در صنایع غذایی بصورت نمایی افزایش یافته است.
- ازن مزیت تجزیه به اکسیژن را دارد بدون اینکه باقی مانده باقی بماند. با این حال، میزان مجاز ازن در آب میوه ها ۰.٤ میلی گرم در لیتر است. از مزایای استفاده از تیمار ازن (الف) آن است که این آلوتروپ اکسیژن به طور خودکار و سریع تجزیه می شود و هیچ گونه باقیمانده ای در محصولات غذایی باقی نمی گذارد (ب)، این ماده ظرفیت اکسیداسیون بالایی برابر ۲.۰۷ ولت در محلول قلیایی دارد و آن را مؤثر به عنوان یک ماده ضد میکروب می کند (c)، بسیاری از میکروارگانیسم های مختلف را در غلظت های نسبتاً کم از بین می برد (د)، بر چندین جزء سلول از جمله دیواره سلولی (اکسیداسیون اسید چرب اشباع نشده)، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم های موجود در سیتوپلاسم اثر می گذارد.

- با این حال، استفاده ازن به دلیل هزینه بالا و اثربخشی کم آن در برابر برخی میکروارگانیسم ها، مانند اسپور، ویروس و کیست محدود است. اثر کم ممکن است با این واقعیت توضیح داده شود که مواد آلی در دسترس مواد غذایی هنگام استفاده ازن با میکروارگانیسم ها رقابت می کنند. علاوه بر این، غلظت بالای ازن به دلیل خوردگی باعث تغییر در ویژگیهای حسی می شود و بر پذیرش محصولات غذایی تأثیر منفی می گذارد. با استفاده از گرما، ازن سریع تجزیه می شود. بنابراین، ورود پیاپی ازن و گرما به مواد غذایی می تواند بر مسائل مربوط به گرمایش و ازن به صورت جداگانه غلبه کند.

- به تازگی، اثرات ترکیبی ازن و به دنبال آن گرم شدن در غیرفعال کردن عوامل بیماری مواد غذایی (E. coli O157: H7، S. Typhimuriumو L. monocytogenes)در آب سیب بررسی شد. نتایج نشان داد که تیمار ترکیبی به طور هم افزایی باعث کاهش تعداد میکروارگانیسم ها، حفظ کیفیت مواد غذایی و کاهش غلظت ازن باقیمانده (۰.٤ میلی گرم در لیتر) شد. آلودگی زرده تخم مرغ یا آلبومن با عوامل بیماری زا، مانند S. entericaبه یک مشکل جدی در سراسر جهان تبدیل شده است. تخمین زده می شود که فقط در ایالات متحده تقریباً ۱۸۰،۰۰۰ بیماری به دلیل تخم های آلوده رخ داده است. پاستوریزاسیون حرارتی معمولی برای غیرفعال کردن پاتوژن های هدفمند در تخم مرغ ها انجام شده است. با این حال، کارایی بسیار کم است. نتایج نشان داده که تیمار تخم مرغ های حاوی سالمونلا با ازن گازی و به دنبال آن عملیات حرارتی، عوامل بیماری زا را غیرفعال می کند.

- در یک مطالعه، پوسته های تخم مرغ با استفاده از تیمار ترکیبی از UVو گاز ازن ضد عفونی شدند. این مطالعه همچنین نشان داد که مکانیسم غیرفعال سازی S. enteritidisهم افزایی بود.
- اسپورهای کلستریدیوم پرفریژنز و سلولهای رویشی با استفاده از ترکیبی از گاز ازن و به دنبال آن حرارت خفیف روی سطح گوشت گاو غیر فعال شدند. عملیات حرارتی ملایم قادر به غیرفعال کردن برخی از پاتوژنهای ناشی از مواد غذایی نیست. ترکیب گرمای خفیف با سایر تکنیک های ضد عفونی با موفقیت میکروارگانیسم ها را غیر فعال کرده و حاشیه ایمنی را ایجاد می کند.
- تیمار ازن فعالیت ضد قارچی خوبی دارد و کنترل موفقیت آمیز آلودگی مایکوتوکسین در مواد غذایی را ایجاد می کند. ازن برای تخریب آفلاتوکسین ها در دانه های پنبه، پسته، وعده های غذایی بادام زمینی و در محلول های آبی استفاده می شود. در تحقیقی ترکیبی از حرارت و ازن گازی برای تیمار مغز بادام زمینی و آرد بادام زمینی در برابر آفلاتوکسین استفاده شد. نتایج حاکی از کاهش مؤثر آلودگی آفلاتوکسین در مغز بادام زمینی و آرد بادام زمینی بود.

Pulsed electric field

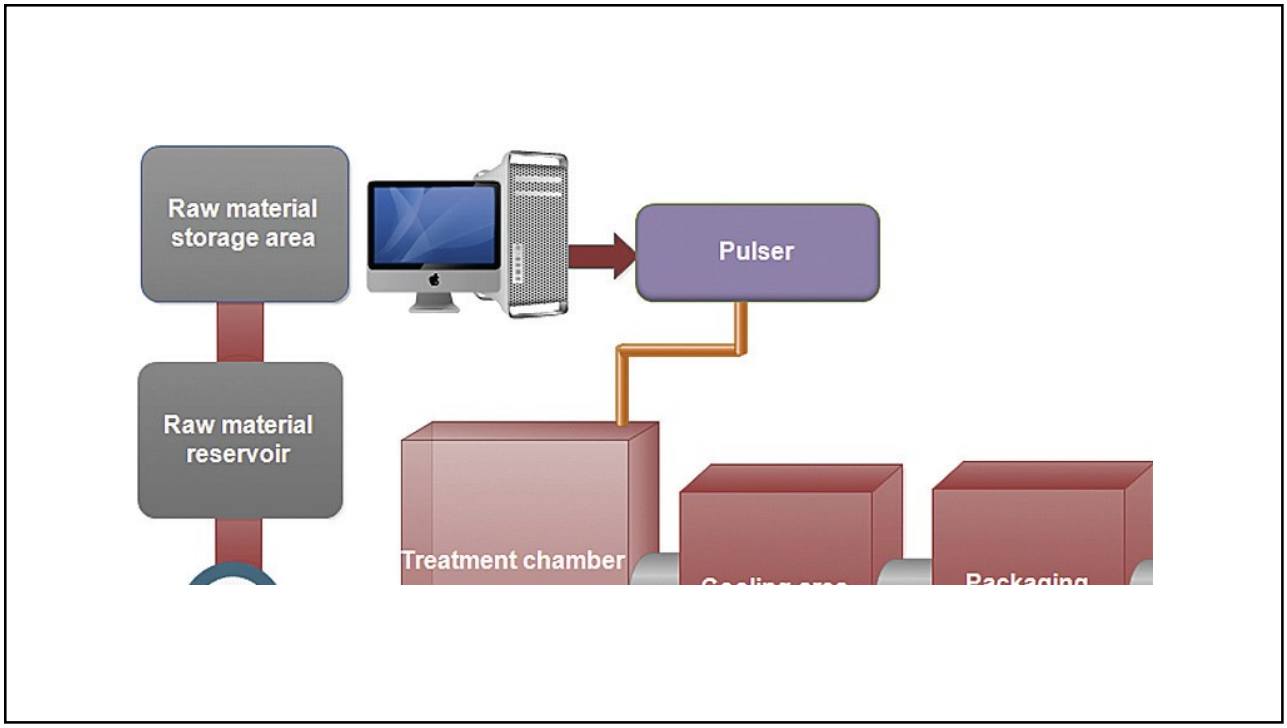
- میدان الکتریکی پالس در دو زمینه متفاوت با هم مرتبط می شود: الکتروپورسیون برگشت پذیر و غیرفعال کردن میکروارگانیسم ها. غیرفعال سازی میکروبی برای یک دوره نسبتاً کوتاه به پالس میدان الکتریکی بالا (> ۱۸ کیلو ولت بر سانتی متر) نیاز دارد. به طور کلی، تکنیک غیرفعال سازی میدان الکتریکی پالسی شامل یک مولد پالس، یک سیستم انتقال میدان، یک محفظه تیمار و سیستم های نظارت است. محفظه تیمار میدان الکتریکی پالسی دارای دو الکترود عایق موازی و محصولات غذایی است. طراحی محفظه تیمار میدان الکتریکی پالسی یک عامل کلیدی در طی توسعه تیمار میدان الکتریکی پالسی برای فناوری پاستوریزه کردن غیر حرارتی است.

- فعالیت ضد میکروبی میدان الکتریکی پالسی توسط عوامل زیادی از جمله شدت تیمار، محیط، گونه میکروبی و دما کنترل می شود. غیرفعال کردن میکروبها بطور خطی با شدت میدان الکتریک پالسی ارتباط دارد. بطوریکه شدت بیشتر منجر به افزایش غیرفعال شدن می شود. شدت میدان الکتریک پالسی بالاتر می تواند بر خواص محصولات غذایی تأثیر بگذارد. یک مطالعه نشان داد که میکروارگانیسم ها هنگامیکه در حلال های مختلف معلق بودند نسبت به تیمار میدان الکتریک پالسی مقاوم بودند. برای غلبه بر محدودیت های مرتبط با این تکنیک می توان از ترکیب دو یا چند تکنیک با شدت کم استفاده کرد.

- نشان داده شده است که ترکیبی از میدان الکتریک پالسی و گرما با هم اثرات هم افزایی در کاهش تعداد میکروب ها دارد و همچنین باعث ازایش ماندگاری آب میوه ها و شیر می شود. در مطالعه دیگری، Mertens (1992)به بررسی اثر ترکیبی میدان الکتریک پالسی و گرما در شیر پرداخت. وی دریافت که میدان الکتریک پالسی در کنار تیمار گرما (۶۰–۷۵ درجه سانتیگراد) به صورت هم افزایی رشد باکتری های موجود در شیر را کاهش داده و عمر آن را در مقایسه با تیمارهای فردی افزایش می دهد. پس از یافته های مارتنز، دو مطالعه مختلف دیگر برای بررسی تأثیر گرمایش متداول و میدان الکتریک پالسی بر روی ماندگاری شیر انجام شد. میدان الکتریک پالسی (۴۰ پالس ۳۶.۷ کیلو ولت به مدت ۲۵ دقیقه) استفاده شده به طور موثر باکتری های بیماری زا Salmonella Dublinرا از بین برد.

- در دمای ۷–۹ درجه سانتیگراد شیر به مدت ۸ روز پایدار ماند. نتایج حاکی از تخریب عطر و طعم و تغییر فیزیکی یا شیمیایی در اثر فعالیت آنزیمی نبود. میدان الکتریک پالسی (٤٠ کیلو ولت بر سانتی متر، پهنای پالس ۲ میکرو ثانیه) و به دنبال آن گرمایشی در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد، مدت زمان ماندگاری را به مدت ۲ هفته افزایش داد.
- استفاده از فنون ترکیبی در صنایع غذایی افزایش یافته است. در مطالعه ای، اروندیلک و همکاران. (۲۰۰۰) اثرات ترکیبی گرما (٦٠ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ ثانیه) و میدان الکتریک پالسی را در فرآوری آب سیب تلقیح شده با اشرشیا کولی گزارش داند. آنها دریافتند که سیستم گرمایشی- پالس میدان الکتریکی باعث افزایش ماندگاری آب سیب در مقایسه با تیمارهای درمانی می شود. در مقایسه با تیمار گرمای تنها، دناتوراسیون پروتئین حداقل بود و در هنگام ترکیب میدان الکتریک پالسی با گرما، ویتامین Cدر آب پرتقال غنی شده با پروتئین بیشتر بود.

- فرناندز-مولینا و همکاران. (۲۰۰۵) اثرات تیمار ترکیبی و فردی میدان الکتریک پالسی و گرمایش معمولی را بر کیفیت میکروبی و ماندگاری شیر بدون چربی بررسی کرند. سیستم گرمایش-میدان الکتریک پالسی، از نظر میزان باکتری و ماندگاری نسبت به میدان الکتریک پالسی یا گرمایش معمولی بهتر بود. Walkling-Ribeiro، Noci، Cronin، Lyng، and Morgan (2009)نتیجه گرفتند که روش میدان الکتریک پالسی-گرما با موفقیت میکروب ها را در شیر غیرفعال کرده و شیر را برای مدت زمان طولانی تر نسبت به پاستوریزاسیون حرارتی تثبیت می کند. یک فرآیند ساده میدان الکتریکی پالس شده مورد استفاده در صنایع غذایی در شکل نشان داده شده است.


Raw material storage area
Pulser
Raw material reservoir
Treatment chamber

Ohmic heating

- گرمایش اهمی همچنین به عنوان گرمایش ژولی، گرمایش الکترورسانا و گرمایش الکتریکی نیز شناخته می شود که تکنیکی برای استریلیزه سازی است که از سال ۱۹۸۰ در علم مواد غذایی به کار رفته است. این روش می تواند به عنوان "فرایندی که جریان الکتریکی از مواد غذایی برای گرم کردن آن عبور می کند" تعریف شود. گرمایش در داخل ماده به شکل تبدیل انرژی داخلی مانند انرژی الکتریکی یا حرارتی اتفاق می افتد. گرمایش اهمی به محض انتشار انرژی نیاز به انتقال حرارت از طریق جامد، مایع یا درون ذرات جامد مواد غذایی ندارد. گرمایش اهمی تعدادی کاربرد بالقوه در بلانچینگ، خشک کردن، تبخیر، استخراج ، تخمیر، پاستوریزاسیون و استرلیزاسیون دارد.

- از گرمای اهمی می توان در مواد غذایی حاوی الکترولیت و آب استفاده کرد زیرا آنها اجازه عبور جریان الکتریکی را می دهند. مدت زمان فرایند برای گرمایش اهمی از چند ثانیه تا چند دقیقه متغیر است. مکانیسم غیرفعال کردن میکروبی توسط گرمایش اهمی از نظر ماهیت حرارتی است. تحقیقات اخیر نشان داده که گرمایش غیر حرارتی مبتنی بر میدان الکتریکی باعث آسیب سلولی و غیرفعال کردن میکروب ها می شود.
- علاوه بر این، فرکانس پایین، یعنی ۵۰-۶۰ هرتز، به دیواره سلولی میکروب ها اجازه می دهد تا بارهایی ایجاد کرده و منافذ ایجاد کنند. این اثر مقادیر Dرا در میکروبها از جمله E. coli، B. subtilis، Streptococcus thermophilusو Byssochlamys Fulvaدر مقایسه با روشهای سنتی گرمایی کاهش می دهد.

- مطالعات نشان داده که اثرات گرمایش اهمی بر غیرفعال سازی مخمر ساکارومایسس سرویزیه در دمای ۷۰–۸۰ درجه سانتیگراد بسیار بیشتر از ۵۰ درجه سانتیگراد است. در دماهای پایین (۵۰ درجه سانتیگراد) تفاوت اندکی در غیرفعال سازی بین اثر گرمایش اهمی و سنتی بر ساکارومایسس سرویزیه مشاهده شد.
- مطالعات متعددی با استفاده از فرایند گرمایش اهمی برای ضد عفونی کردن آب پرتقال، سیب و گوجه فرنگی گزارش شده است.
- به دلیل اثرات احتمالی انتقال جرم در هنگام گرمایش اهمی، از آن برای تقویت انتشار رنگ و استخراج ساکارز از چغندر استفاده شده است. همچنین نتایج نشان داده که گرم کردن اهمی باعث افزایش انتشار شیر سویا از سویا می شود.