

Universitat de Lleida

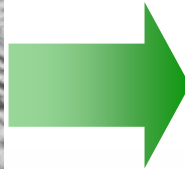
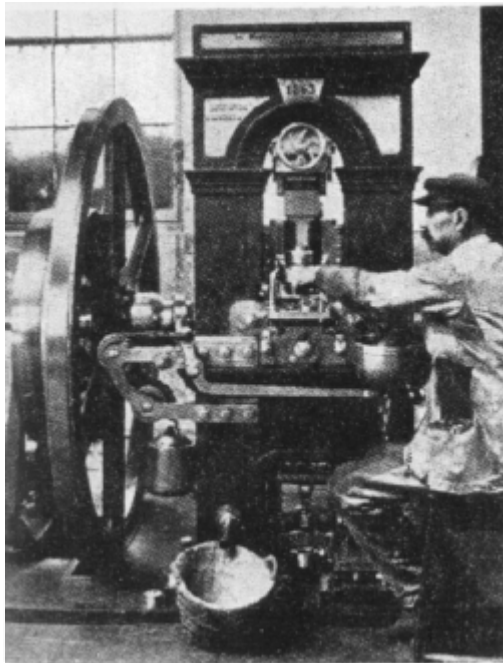
Nuevas tecnologías en la conservación de alimentos

Robert Soliva Fortuny, Olga Martín Belloso
TPV-CeRTA. Departament de Tecnologia d'Aliments

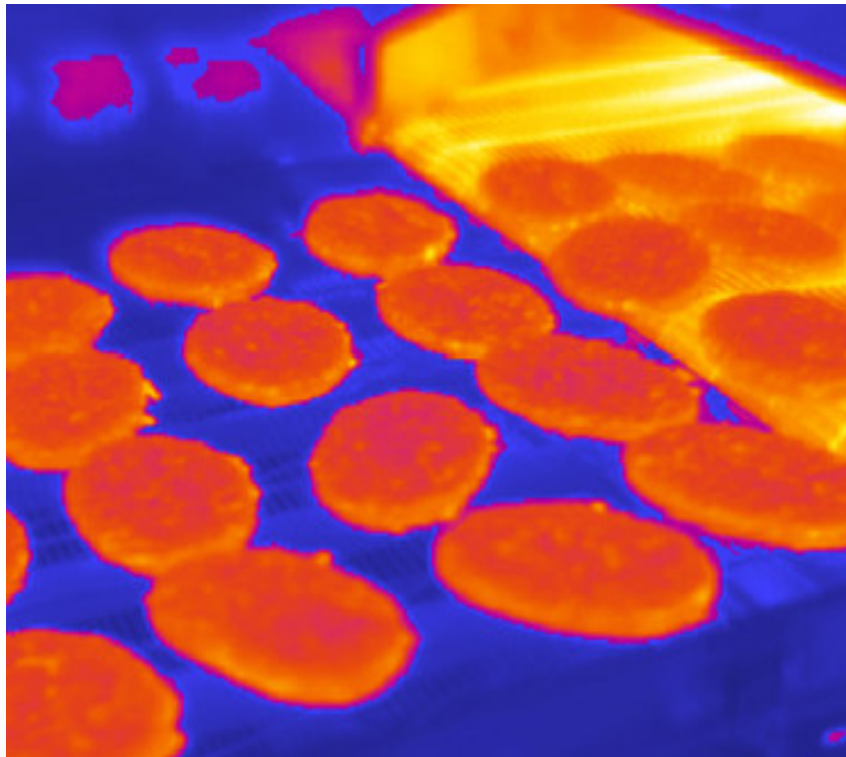
Monells, 2 de febrero de 2007

Renovarse o morir...

- **Mejorar la calidad de los productos**
- **Obtener nuevos productos**
- **Reducir costes**

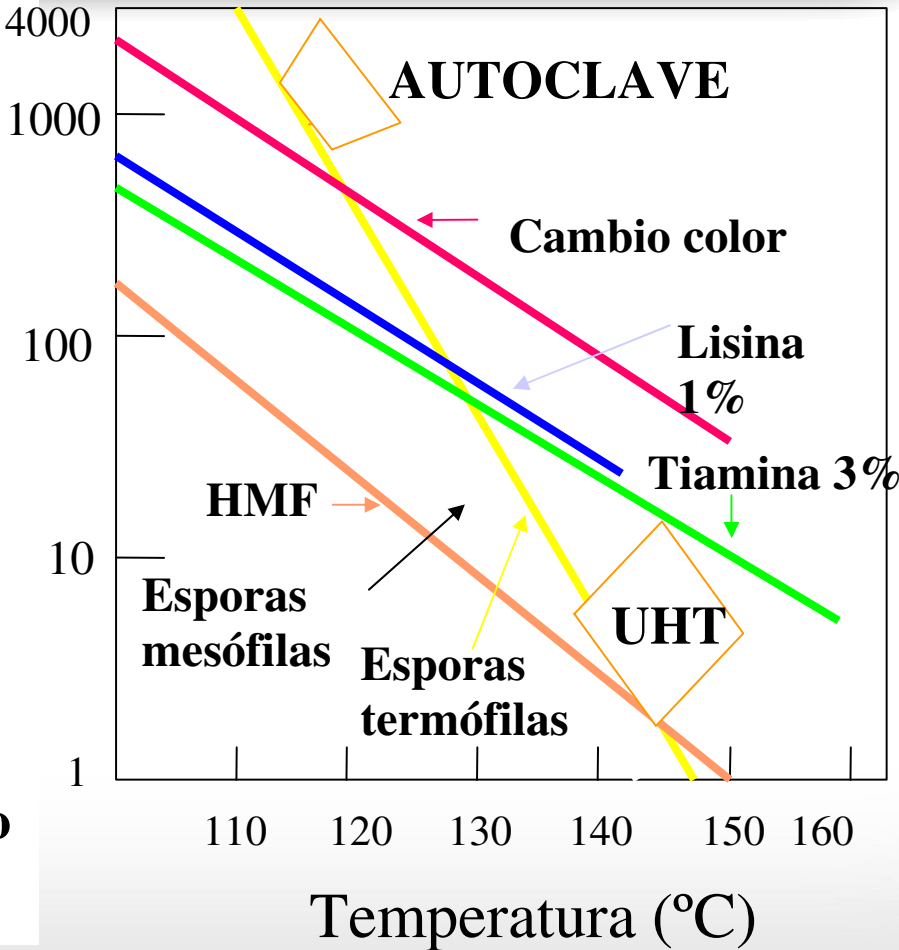
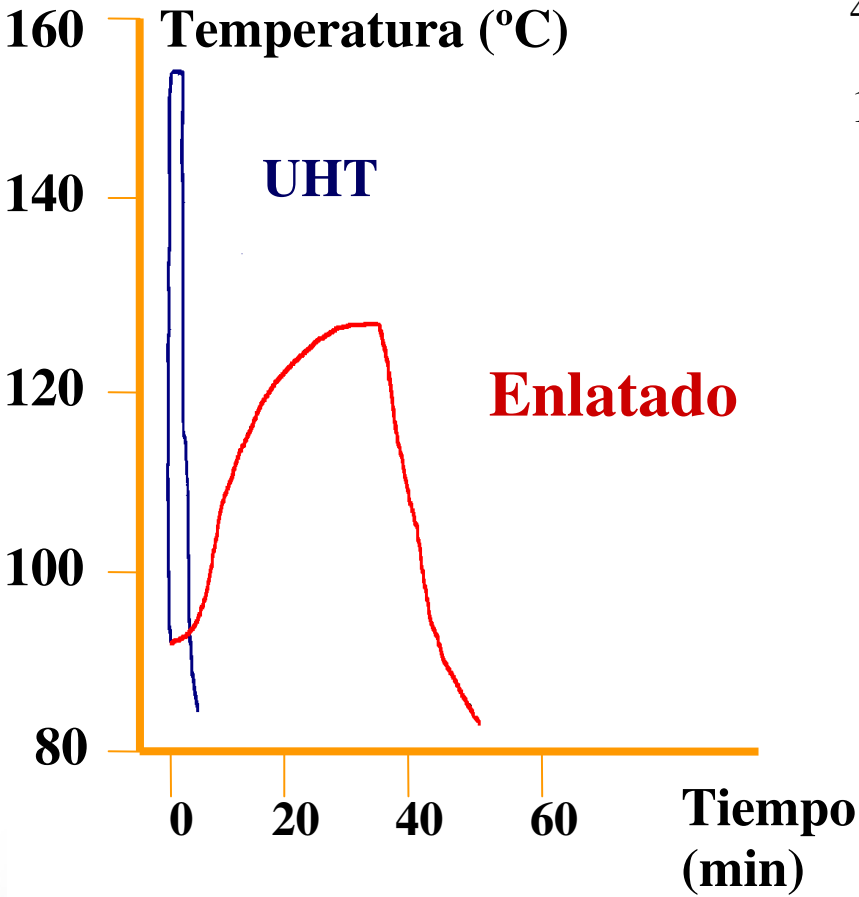


Innovaciones en el procesado térmico de alimentos



- Mejora de los sistemas convencionales
- Calentamiento óhmico
- Radiofrecuencias
- Microondas

Esterilización por calor



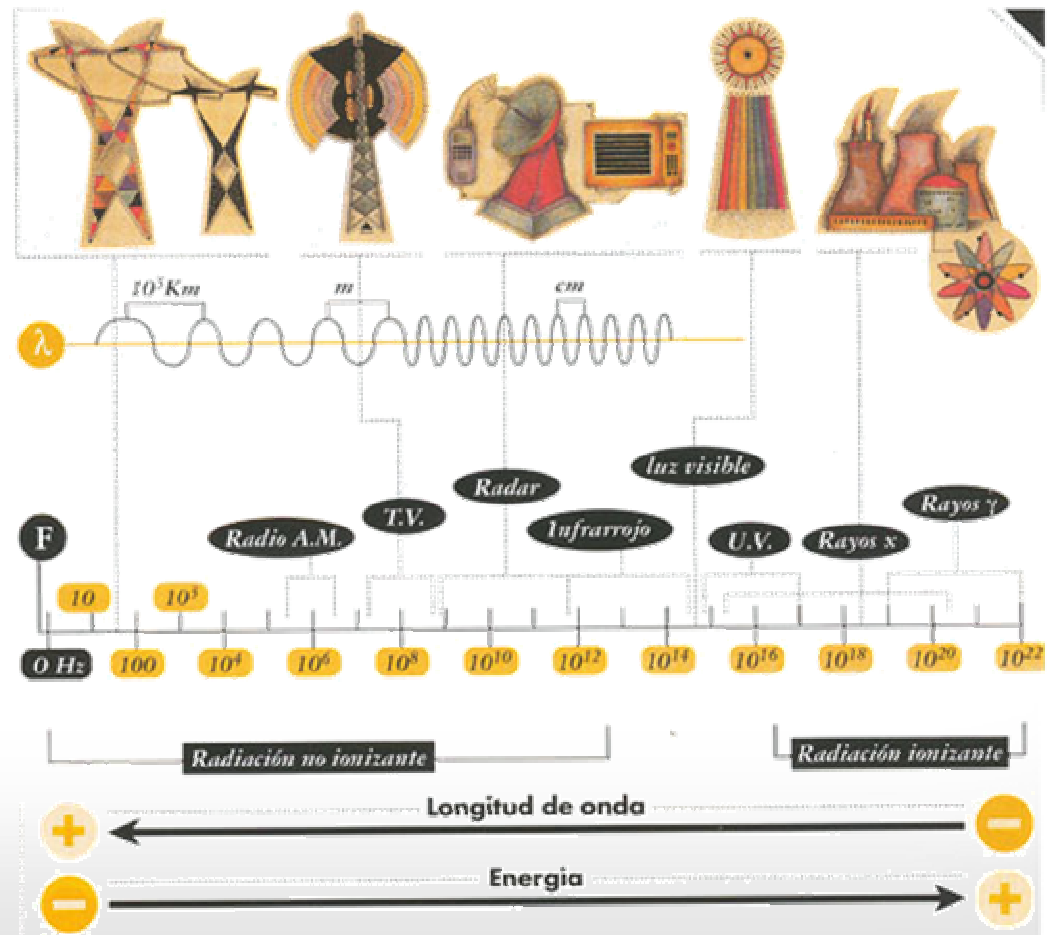
Nuevas tecnologías térmicas

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

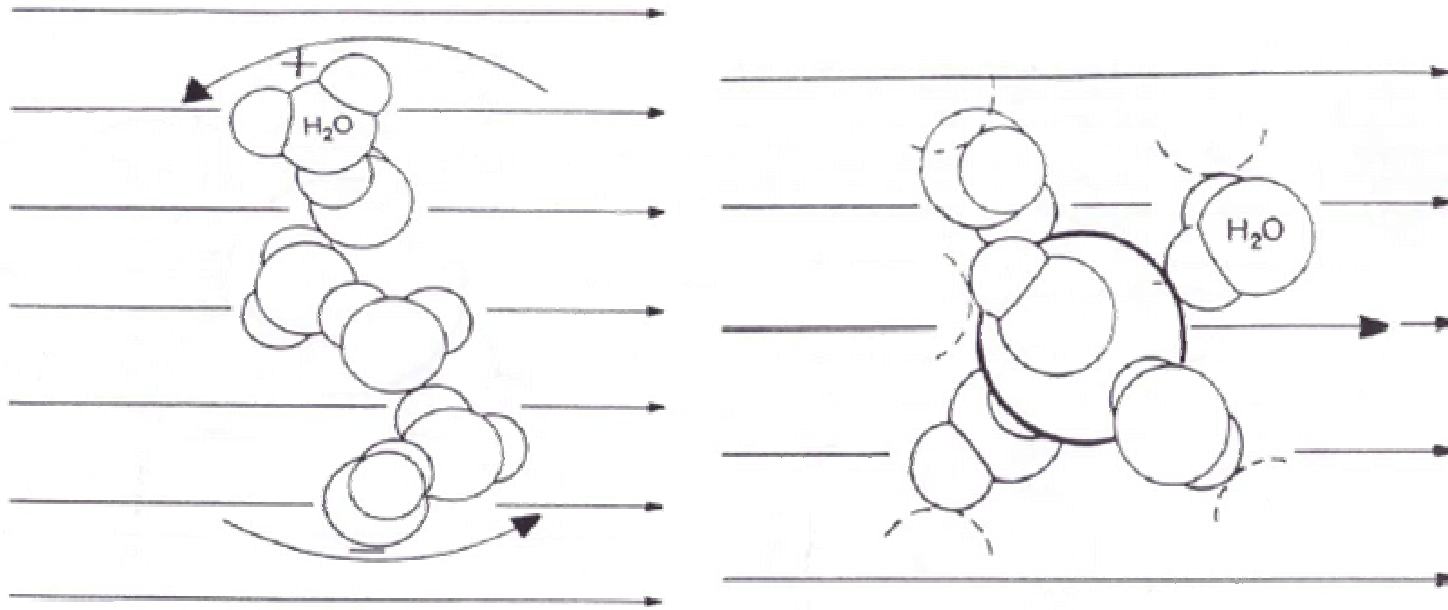
El calentamiento óhmico es un tratamiento de baja frecuencia: 50-25000 Hz

El calentamiento mediante radiofrecuencias está en el rango de 1-100 MHz

Las microondas se encuentran en la zona media del espectro, con λ entre 1 m y 1 mm



Calentamiento mediante energía electromagnética



Los **dipolos** (preferentemente moléculas de agua), y las cargas libres, **iones y electrones**, se orientan y tienden a desplazarse en la dirección del campo eléctrico

Ventajas del calentamiento electromagnético directo

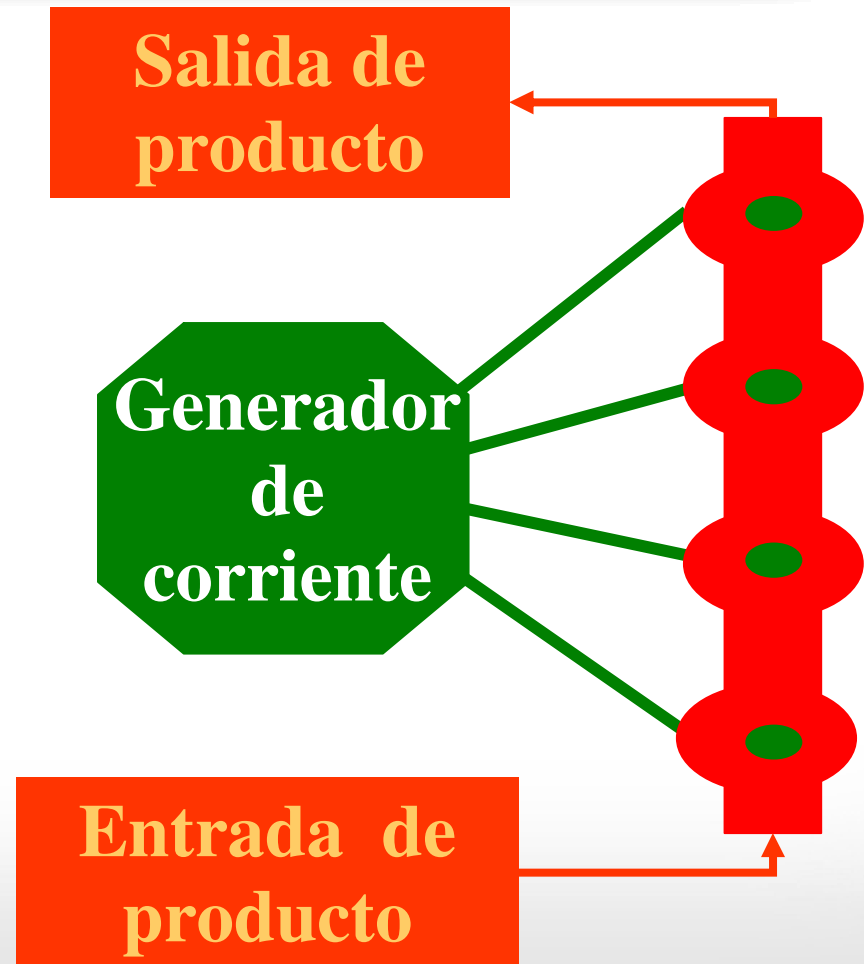
- Aumenta la velocidad de procesamiento
- Calentamiento volumétrico
- Calentamiento selectivo
- Flexibilidad de aplicación
- Dimensiones reducidas de los equipos
- Alta eficiencia en la transferencia de energía
- Ahorro de energía

Limitaciones del calentamiento electromagnético directo

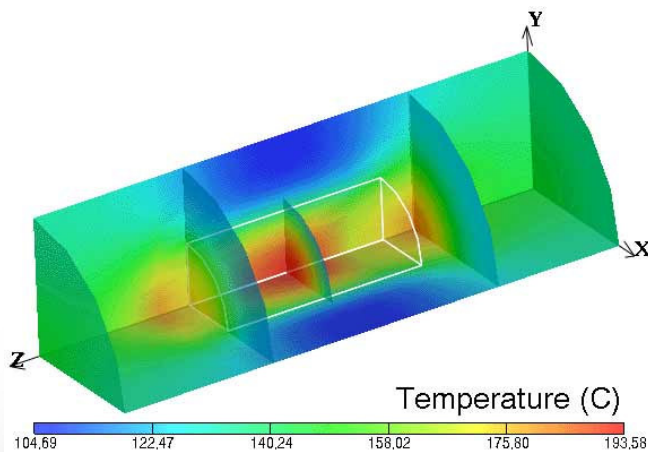
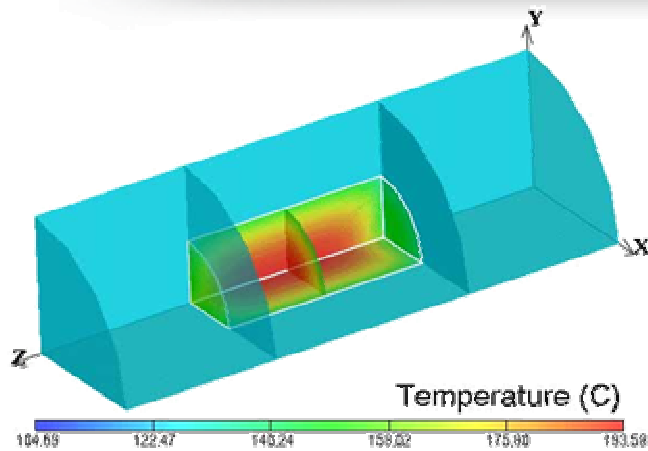
- Integración de los sistemas en las líneas de procesado
- Validación y control de los procesos
 - Variabilidad en los tiempos de calentamiento
 - Control de las temperaturas finales
- Uniformidad del calentamiento
 - Problemas de calidad
 - Seguridad alimentaria

Calentamiento óhmico

- El alimento se sitúa o es bombeado entre electrodos con revestimiento aislante
- Es importante conocer y controlar la conductividad eléctrica del alimento
- A menudo puede precisarse un pretratamiento
- Tratamiento mecánico muy suave
- Aplicaciones principalmente para productos con un alto contenido de partículas



Calentamiento óhmico



Se requiere un mayor estudio de su efecto sobre microorganismos y componentes del alimento.

Es necesario mejorar los equipos de tratamiento.

Se precisa desarrollar métodos de medida de la temperatura en el sí del producto.

Problemas de corrosión de los electrodos. Se limitan empleando frecuencias mayores.

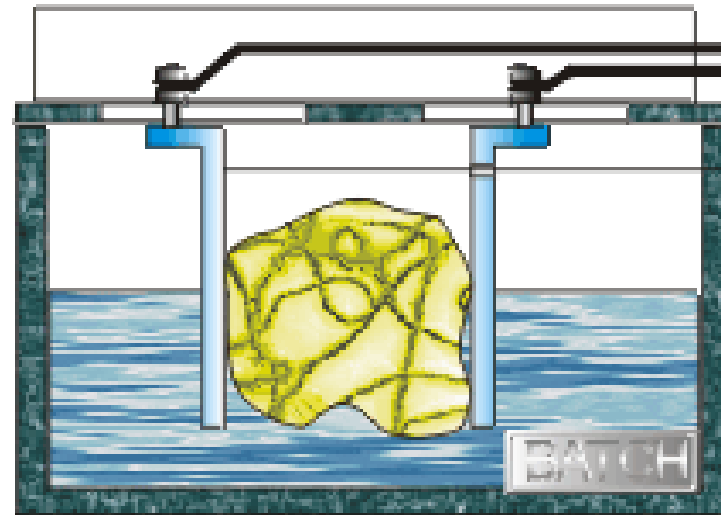
Calentamiento mediante radiofrecuencias

- Alimento situado entre electrodo activo y de toma de tierra
- La uniformidad del calentamiento depende de la homogeneidad del producto
- Limitada velocidad de calentamiento
- Riesgo de arcos eléctricos
- Aplicaciones en descongelación y deshidratación



Tratamientos con radiofrecuencias e inmersión

- Control de la uniformidad del calentamiento mediante la inmersión del alimento en agua
- Combinación del calentamiento superficial por transferencia directa de calor (agua) con el calentamiento volumétrico (radiofrecuencia)



Calentamiento mediante microondas

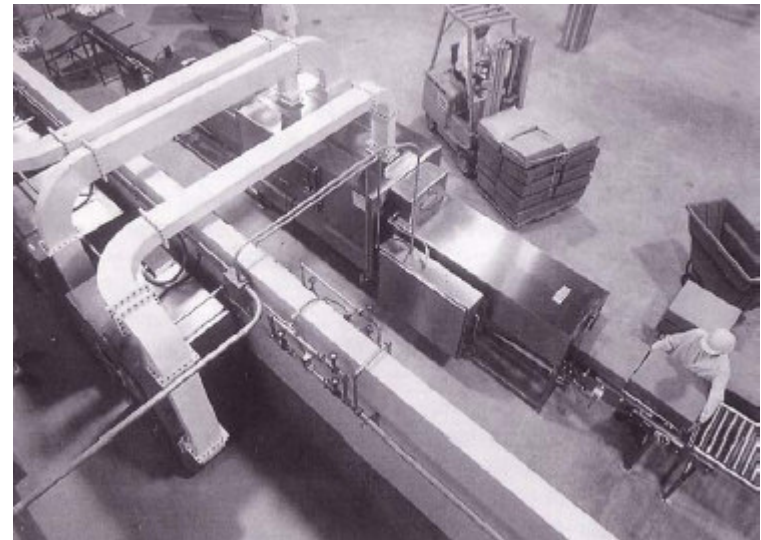


- Penetración del calentamiento limitada a unos pocos cm
- La uniformidad del calentamiento depende de múltiples factores
- Elevada velocidad de calentamiento
- Calentamiento selectivo del agua del alimento

Calentamiento mediante microondas

Aplicaciones

- Descongelación de alimentos
- Pasteurización de platos preparados



Descongelación de piezas
cárnicas congeladas a 915 MHz

Tecnologías emergentes no térmicas

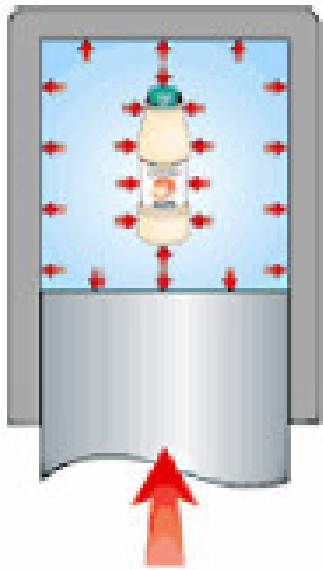


- Altas presiones
- Pulsos eléctricos
- Campos magnéticos
- Ultrasonidos
- Pulsos de luz
- Irradiación
- Plasma frío



Altas presiones

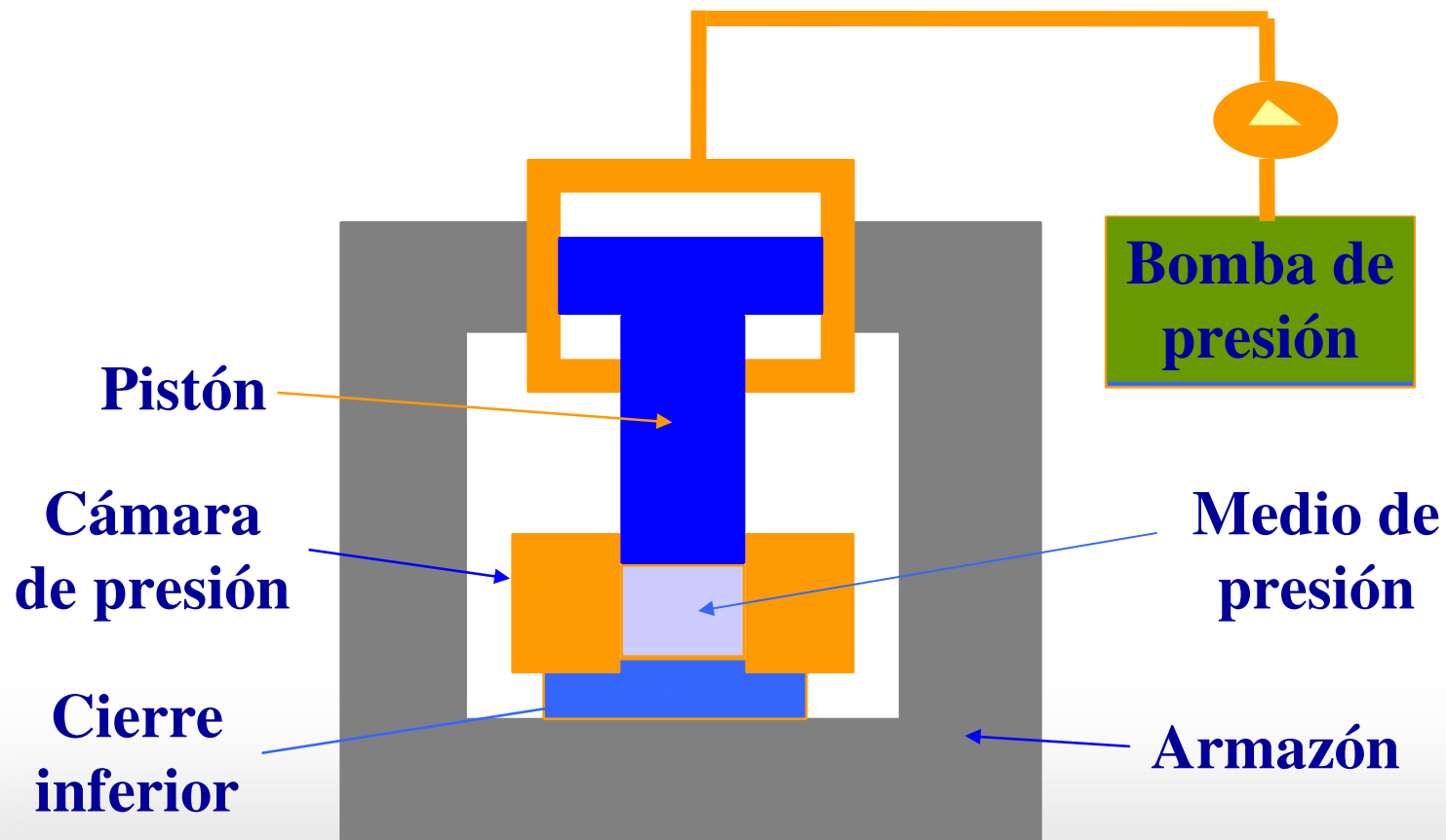
Principios básicos



- Proceso por **tandas** o en **semi-continuo**
- Principio de Pascal. **Tratamiento isostático**, presión uniforme
- **Calentamiento adiabático**, transferencia de calor y sus efectos en la uniformidad de la temperatura
- Su efecto depende de **factores** tanto **extrínsecos** al producto (presión, temperatura, tiempo) como **intrínsecos** (composición)

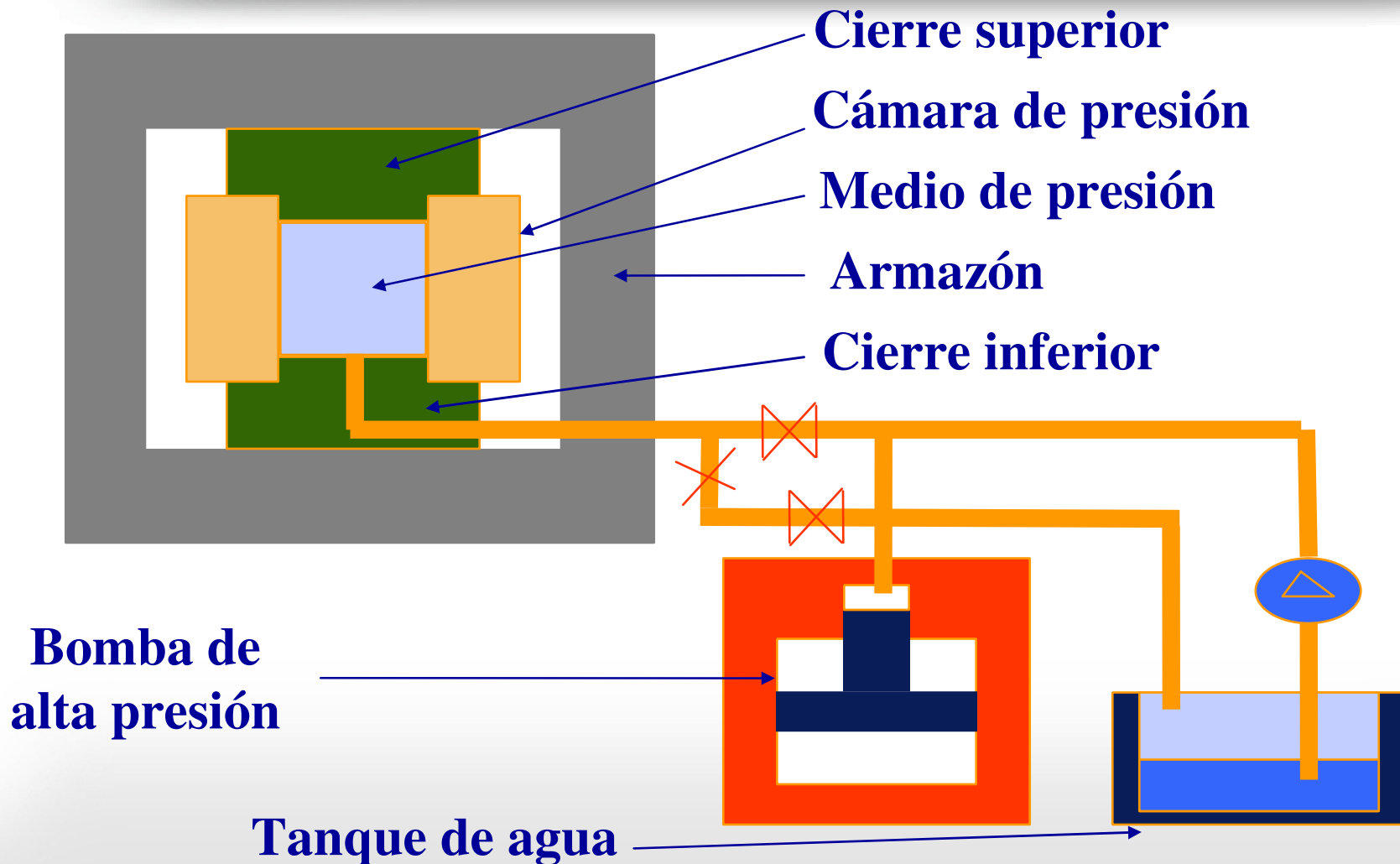
Altas presiones

Sistemas de compresión directa



Altas presiones

Sistemas de compresión indirecta



Altas presiones

Aplicaciones en procesos alimentarios

- ❑ **Pasteurización y esterilización a temperaturas moderadas**
 - **Pasteurización de productos ácidos/acidificados**
(zumos, purés, mermeladas, salsas, ...)
 - **Reducción de la carga microbiana de productos de baja acidez (mayor vida útil)**
(lácteos, pescado y marisco, huevo, carnes, platos preparados,...)
 - **Esterilización (altas presiones a temperatura elevada)**
(bebidas, leche, foie gras, platos preparados, ...)

- ❑ **Modificación de proteínas**
 - **Reestructurado y texturización**
 - **Tenderización de carnes**
 - **Inactivación de enzimas y toxinas**

Altas presiones

Aplicaciones en procesos alimentarios

- ❑ Cambios de fase
 - **Congelación/descongelación**
 - **Incremento reversible del punto de fusión de lípidos**
 - **Gelatinización de almidones a bajas temperaturas**
- ❑ Mejora de reacciones
 - **Mejora de reacciones de hidrólisis de biopolímeros, reactores enzimáticos**
- ❑ Procesos de extracción
- ❑ Aglomeración de productos pulverulentos
- ❑ Recubrimientos

Altas presiones

Equipos



Altas presiones

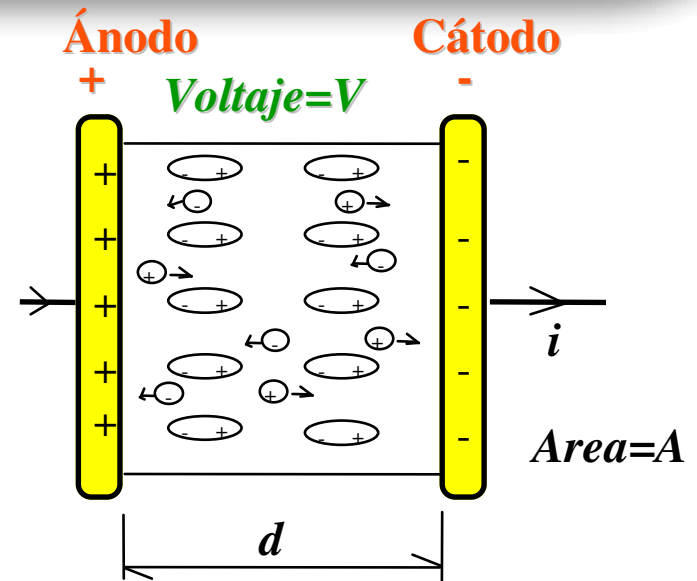
Algunas aplicaciones comerciales



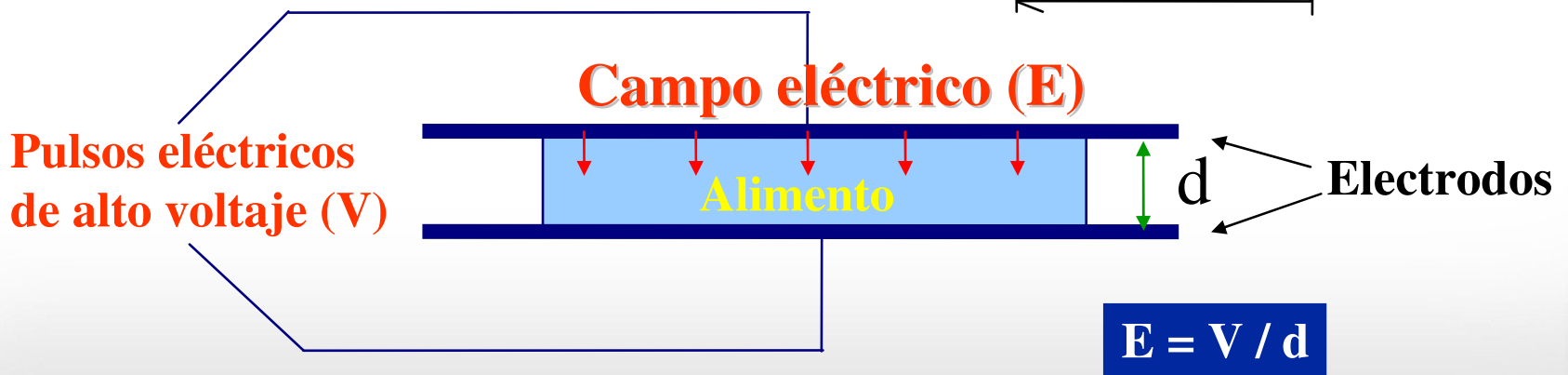
Pulsos eléctricos

- Alimentos
 - Polarización y corrientes eléctricas

- ⊕ Moléculas dipolares
- ⊖ Cargas negativas
- ⊕ Cargas positivas



- Tratamiento



Pulsos eléctricos

Electroporación

Objetivo: Superar el potencial transmembrana crítico

$$\rho = E \cdot d \approx 1V$$



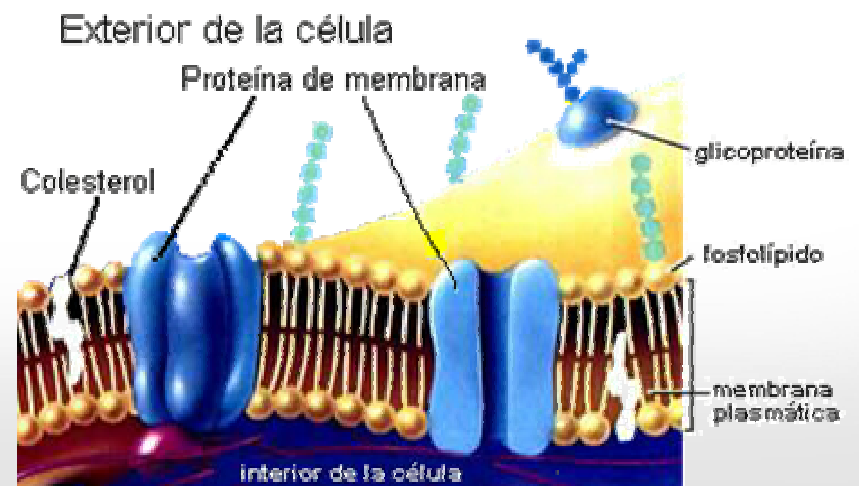
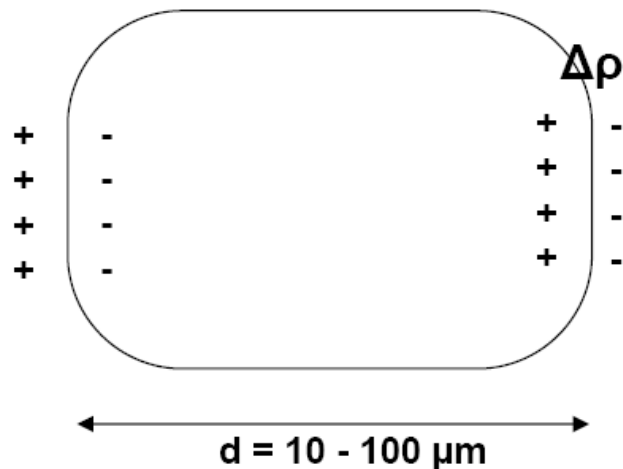
Microorganismos $E \approx 10 \text{ kV/cm}$

$d = 1 - 10 \mu\text{m}$

E



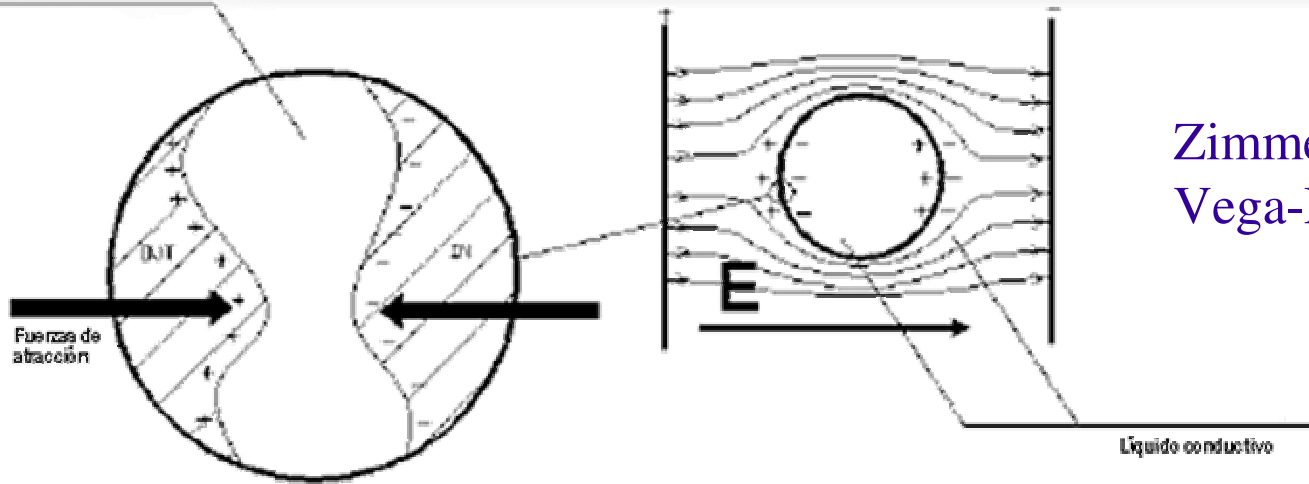
Células animales/vegetales $E \approx 1 \text{ kV/cm}$



Pulsos eléctricos

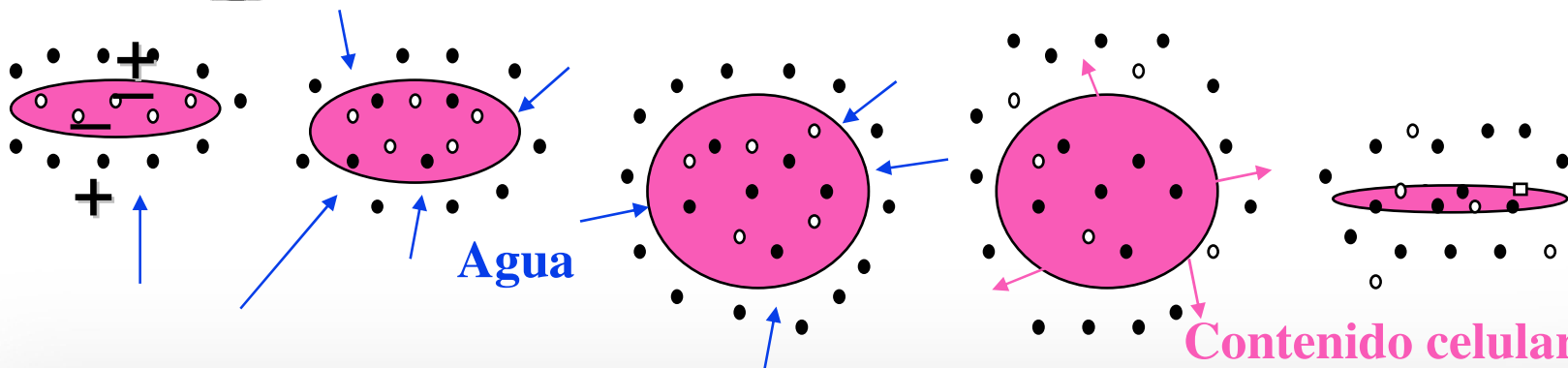
Ruptura dieléctrica

Membrana elástica



Zimmerman. (1986)

Vega-Mercado et al. (1996)

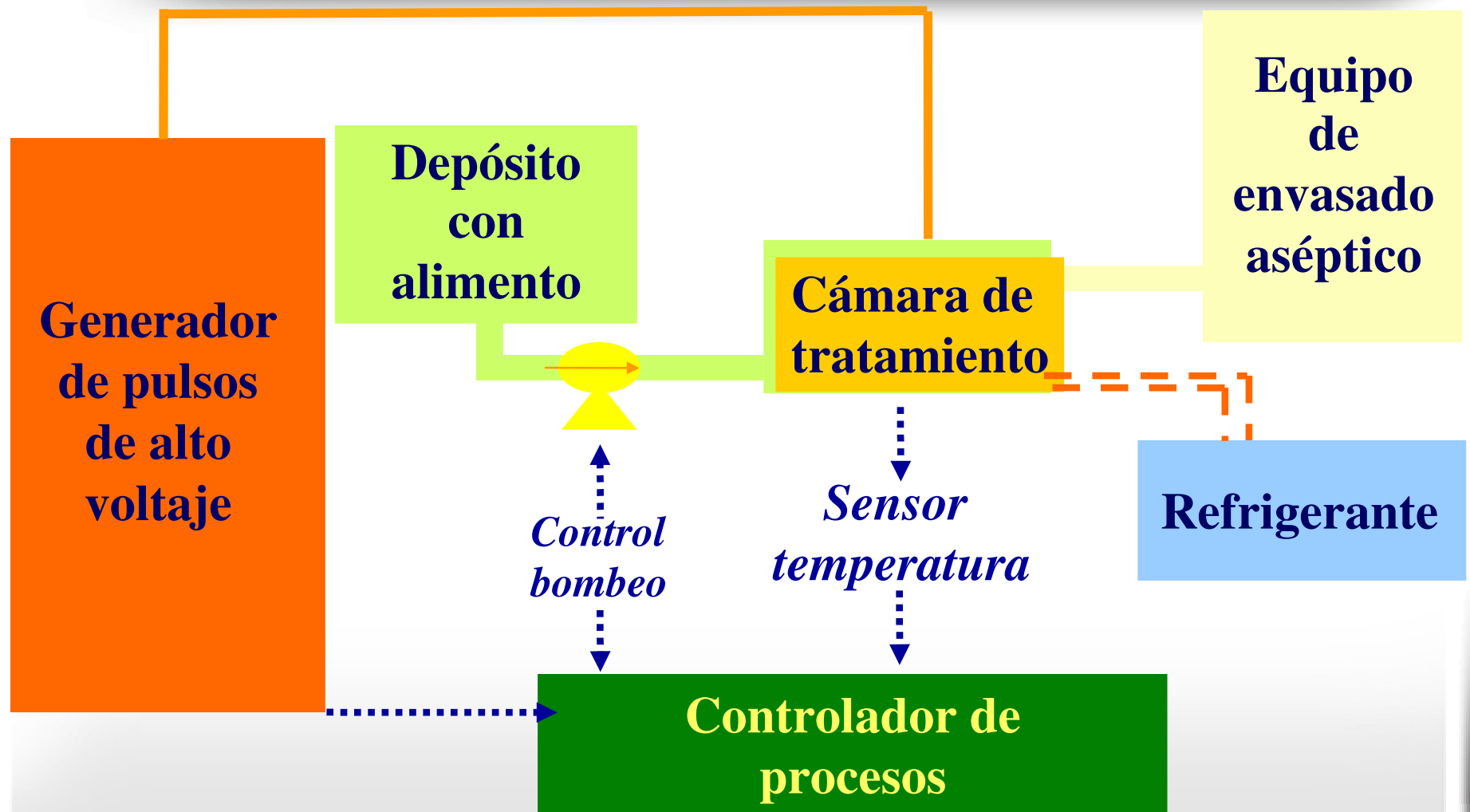


**Iniciación
del poro**

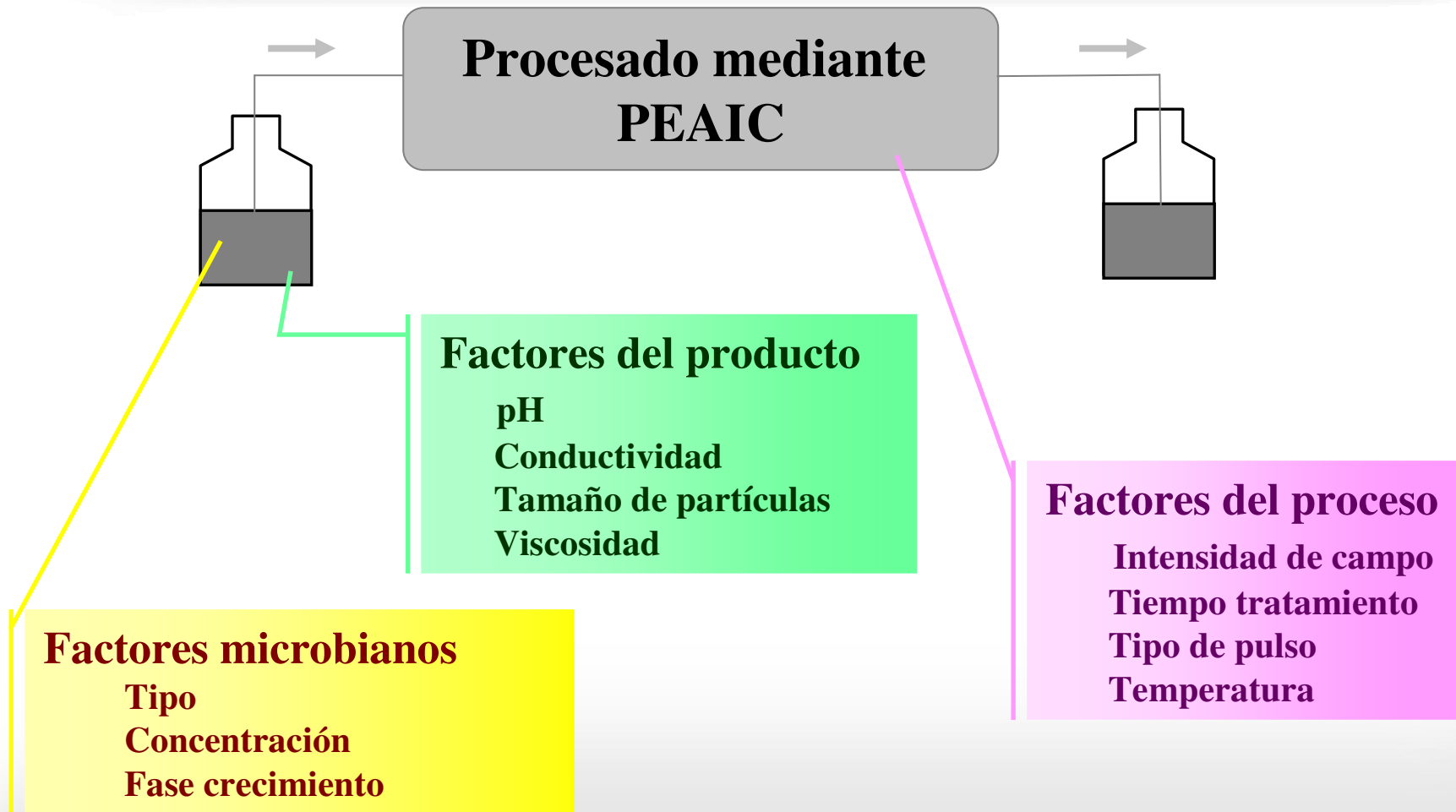
**Destrucción del
microorganismo**

Pulsos eléctricos

Esquema de un sistema de procesado en continuo



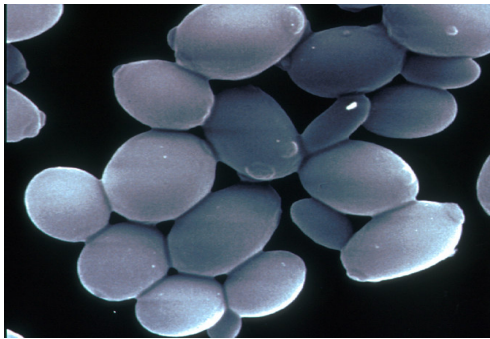
Pulsos eléctricos



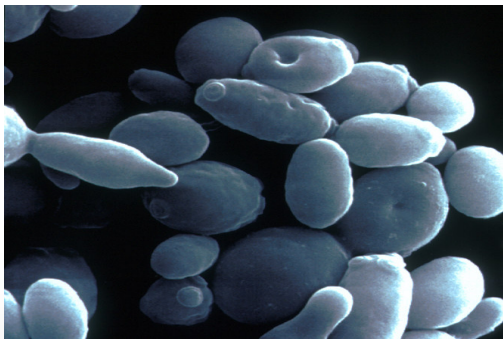
Pulsos eléctricos

Inactivación microbiana

SEM, *S. cerevisiae*

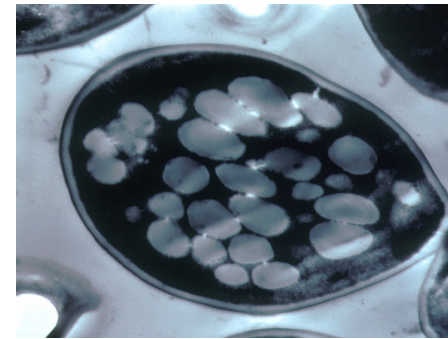


Control

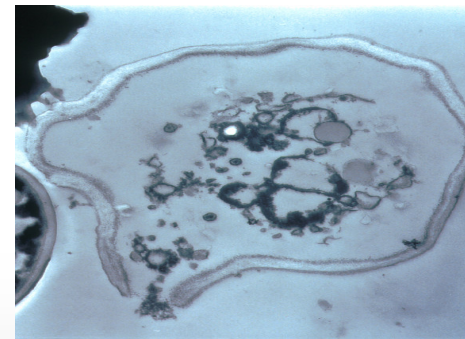


Tratado PEAIC

TEM, *S. cerevisiae*



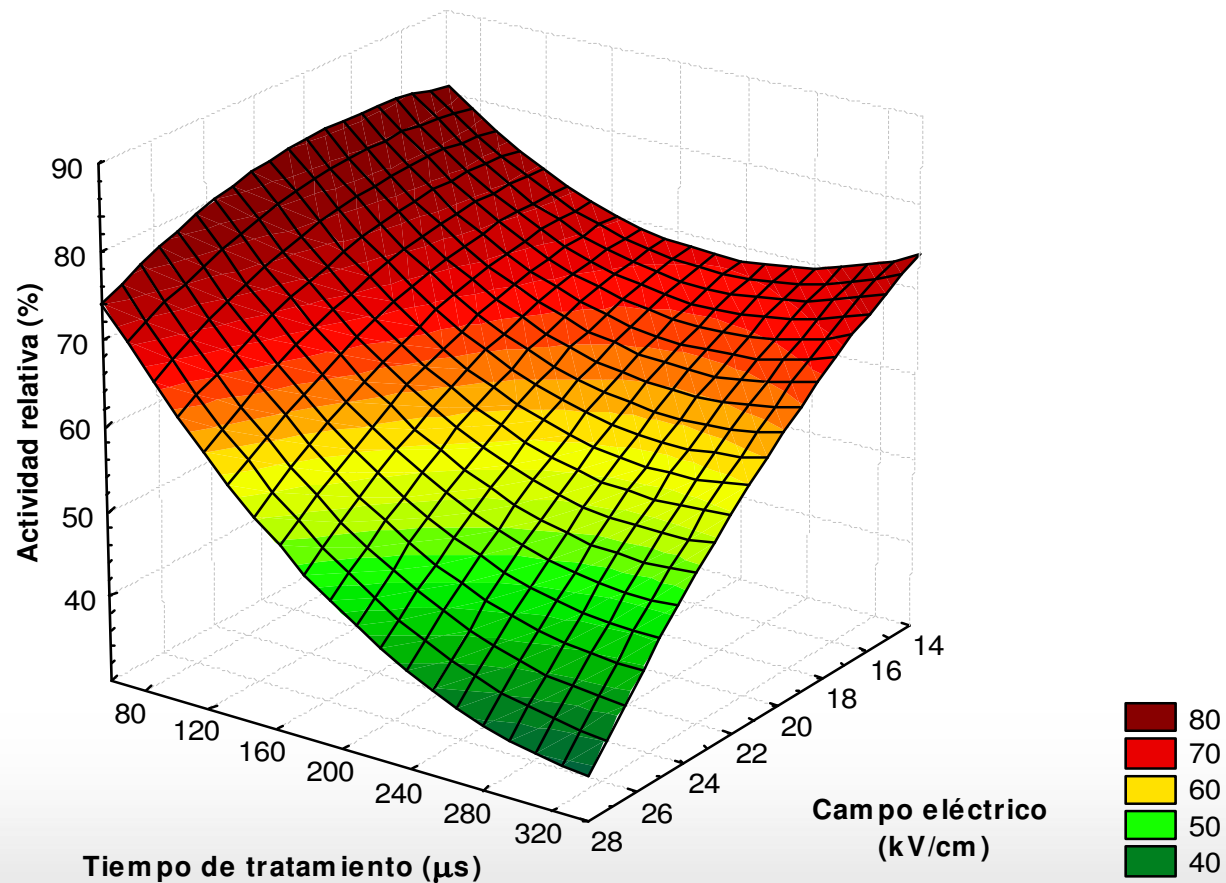
Control



Tratado PEAIC

Pulsos eléctricos

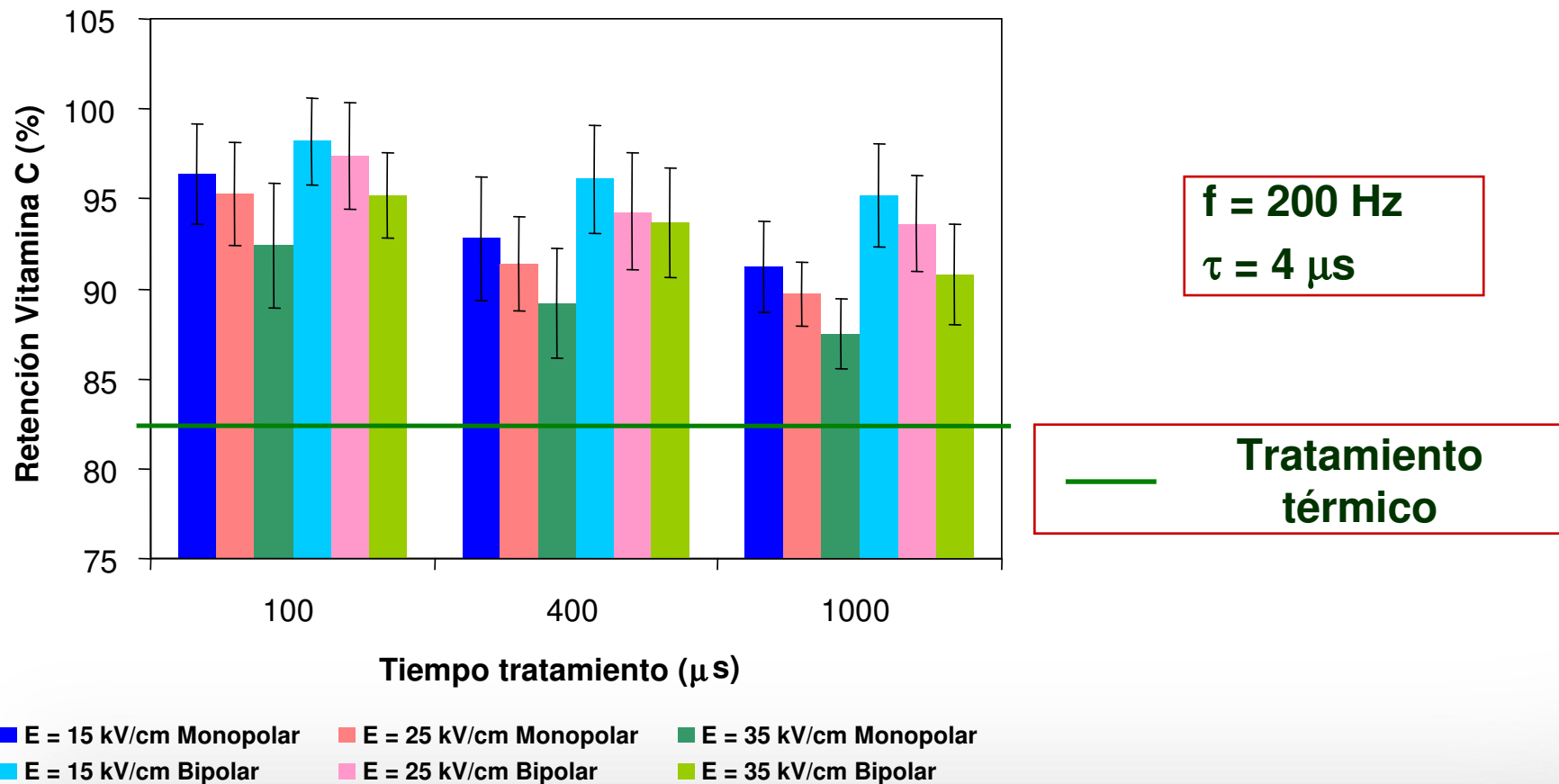
Efecto de los PEAIC sobre una lipasa de *P. fluorescens*



Soliva-Fortuny et al. (2006)

Pulsos eléctricos

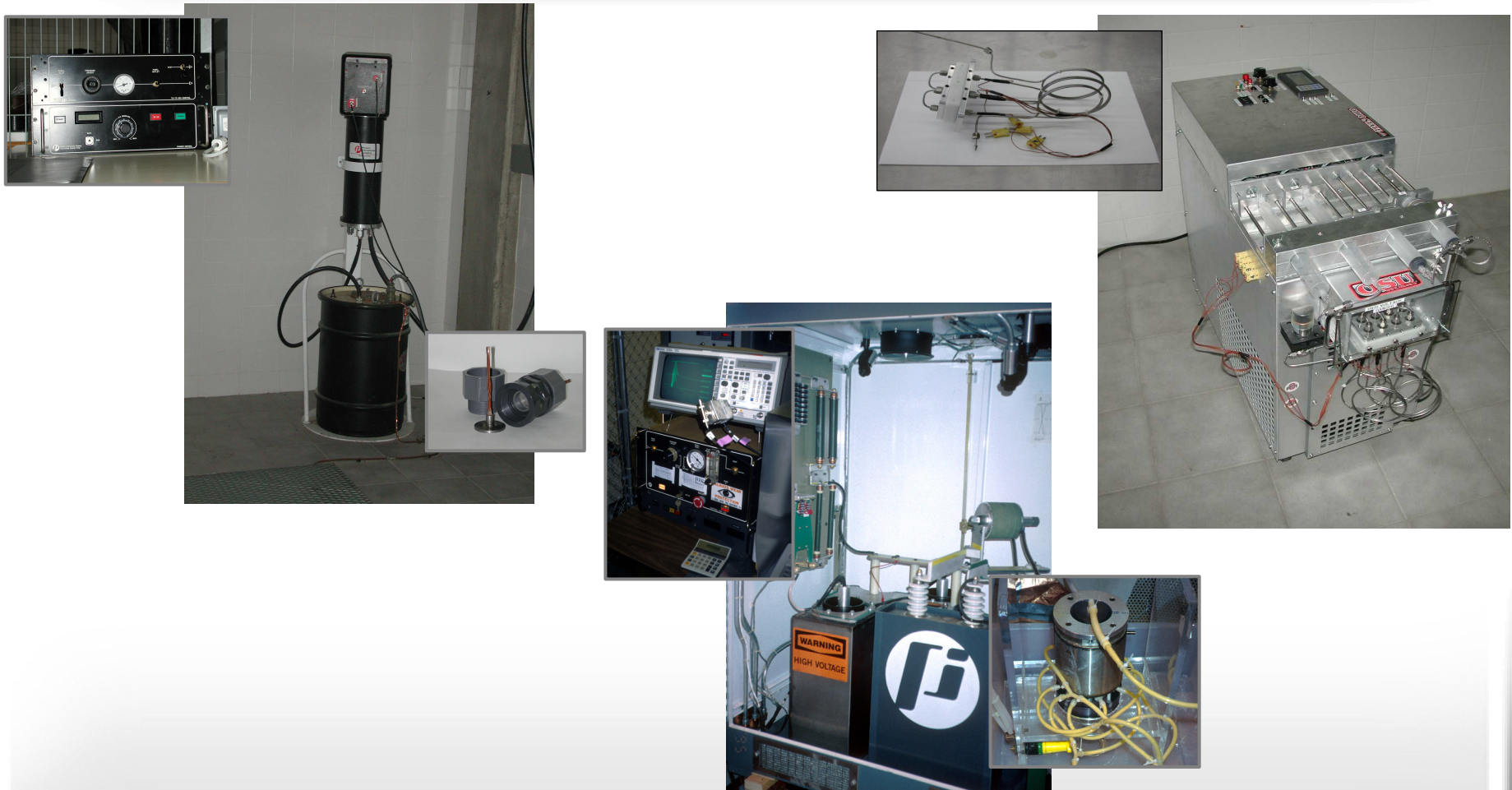
Efecto sobre la vitamina C de zumo de naranja



Elez-Martínez et al. (2004)

Pulsos eléctricos

Equipos



Pulsos eléctricos

Tendencias en el desarrollo de equipos

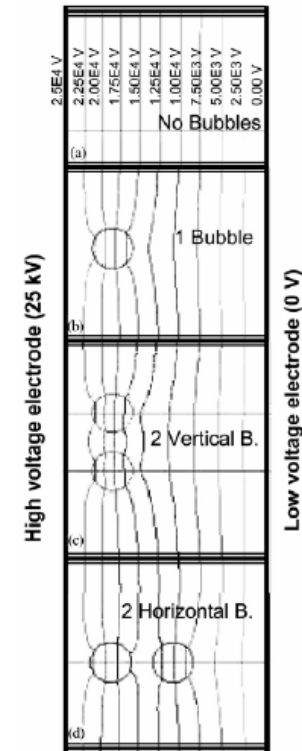
- Diseño de **cámaras** de **mayor capacidad** que las actuales
- Diseño de **cámaras** que permitan la aplicación de **campos eléctricos mayores**
- Mejora de los **sistemas de refrigeración** de las cámaras
- **Seguridad** en el manejo de los equipos



Pulsos eléctricos

Necesidades de estudio

- Confirmar mecanismos de inactivación
- Identificar microorganismos de referencia
- Desarrollar métodos de validación
- Optimizar los factores críticos del proceso
- Monitorizar y controlar
- Diseñar cámaras con campo uniforme
- Probar nuevos materiales para electrodos
- Estudiar costes



Góngora-Nieto et al. (2003)

Pulsos eléctricos

Primera aplicación comercial de los PEIAC en EEUU



Juices pasteurized by PEF are being marketed by Genesis Juice Cooperative in the Portland, Ore., area. Labels state that the product is "Processed by Pulsed Electric Field."

Clark, 2006

CONTAINS 100% JUICE
Ingredient: 88% ORGANICALLY GROWN APPLE JUICE AND 12% O.G. STRAWBERRY JUICE.

Processed by Pulsed Electric Field, Under U.S. Pat. No. 6,214,297 & 5,699,978

Manufactured & Bottled by
GENESIS JUICE CORPORATION
395 West Third, Suite B
Eugene, OR 97401-9594
(541) 344-0997 / eugenecorp.com
www.eth.org - genesis

GENESIS
ORGANICALLY GROWN
APPLE
STRAWBERRY
JUICE

SHAKE IT! REFRIGERATE

Net 18 fl. oz. (1 Pint 2oz) 532 mL
"In a glass by Itself"

Nutrition Facts	
Serving Size 8 fl oz (236 mL)	
Servings Per Container 2+	
Amount Per Serving	
Calories	110 Calories from Fat 0
% Daily Value*	
Total Fat	0g 0%
Saturated Fat	0g 0%
Cholesterol	0mg 0%
Sodium	35mg 1%
Total Carbohydrate	27g 9%
Dietary Fiber	0g 0%
Sugars	25g
Protein	0g
Vitamin A	25%
Calcium	0%
Vitamin C	35%
Iron	2%

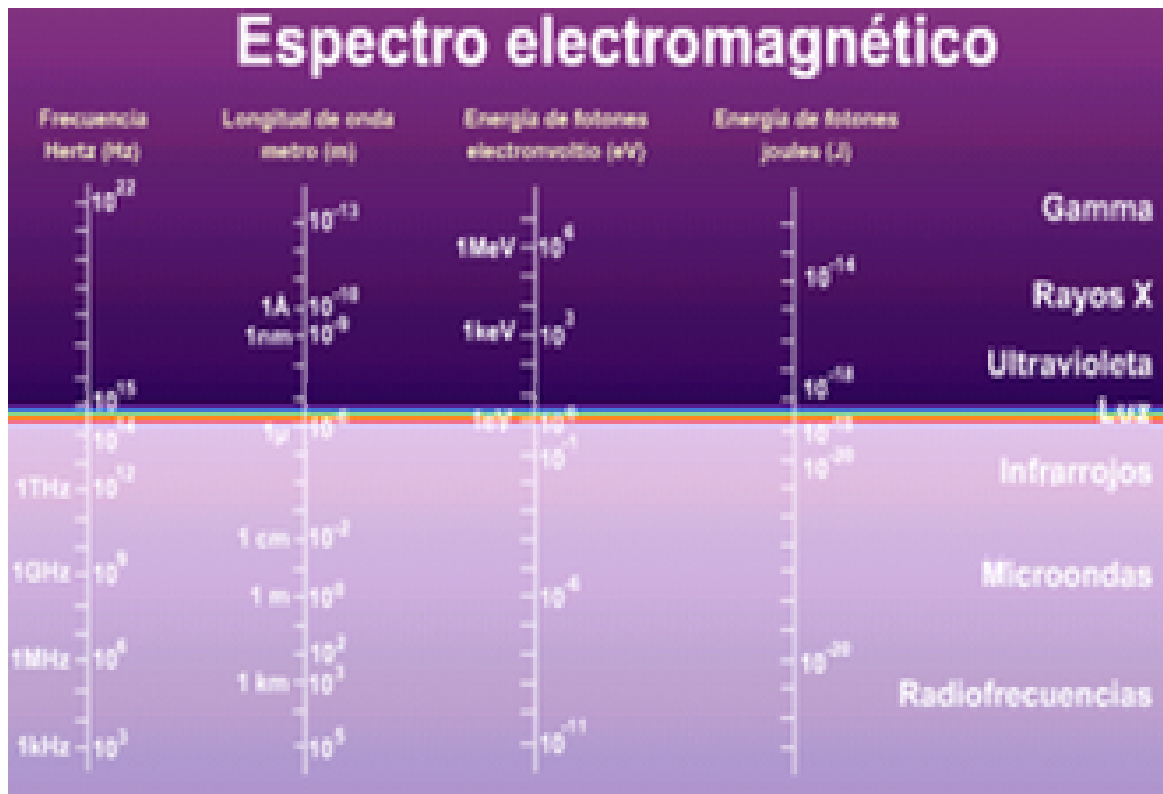
*Percent Daily Values are based on 2,000 calorie diet.

BEST IF ENJOYED BY 12/16/05

ATTENTION: This product has been cold pasteurized. Observe the clarity and freshness. No additional treatment options are available to us.

Producción de zumos de alta gama en una escala de 200 l/h.

Pulsos de luz



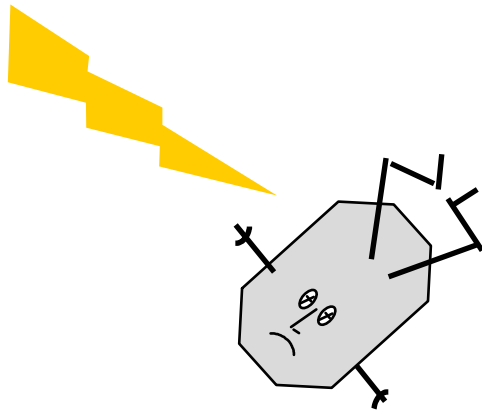
Radiación ionizante
Efectos en alteración celular

Región fotoeléctrica

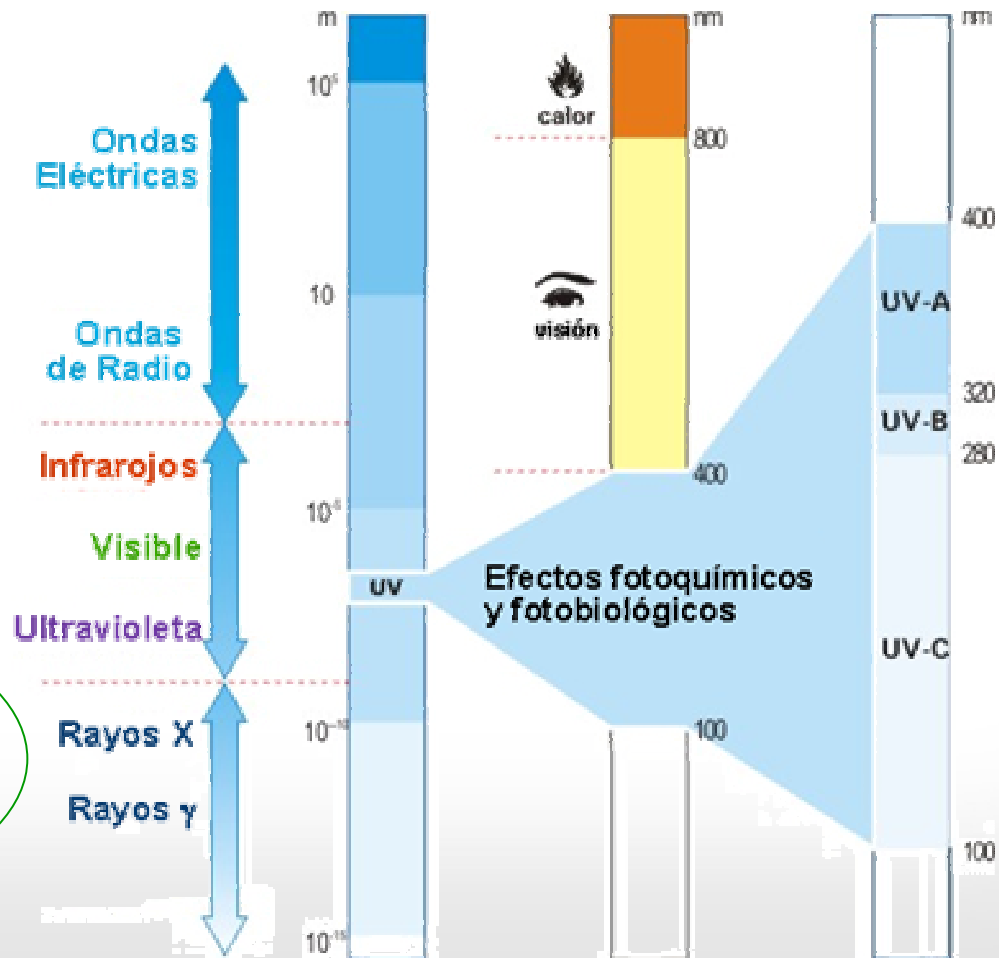
Radiación no ionizante
Efectos térmicos

Pulsos de luz

Rayos UVC (200-280 nm)



Inactivación de microorganismos por mutaciones en el DNA



Pulsos de luz

Staphylococcus aureus: Each Dish
Inoculated With 7 - One cm² Drops
Containing Serially Decreasing CFU's



CONTROL



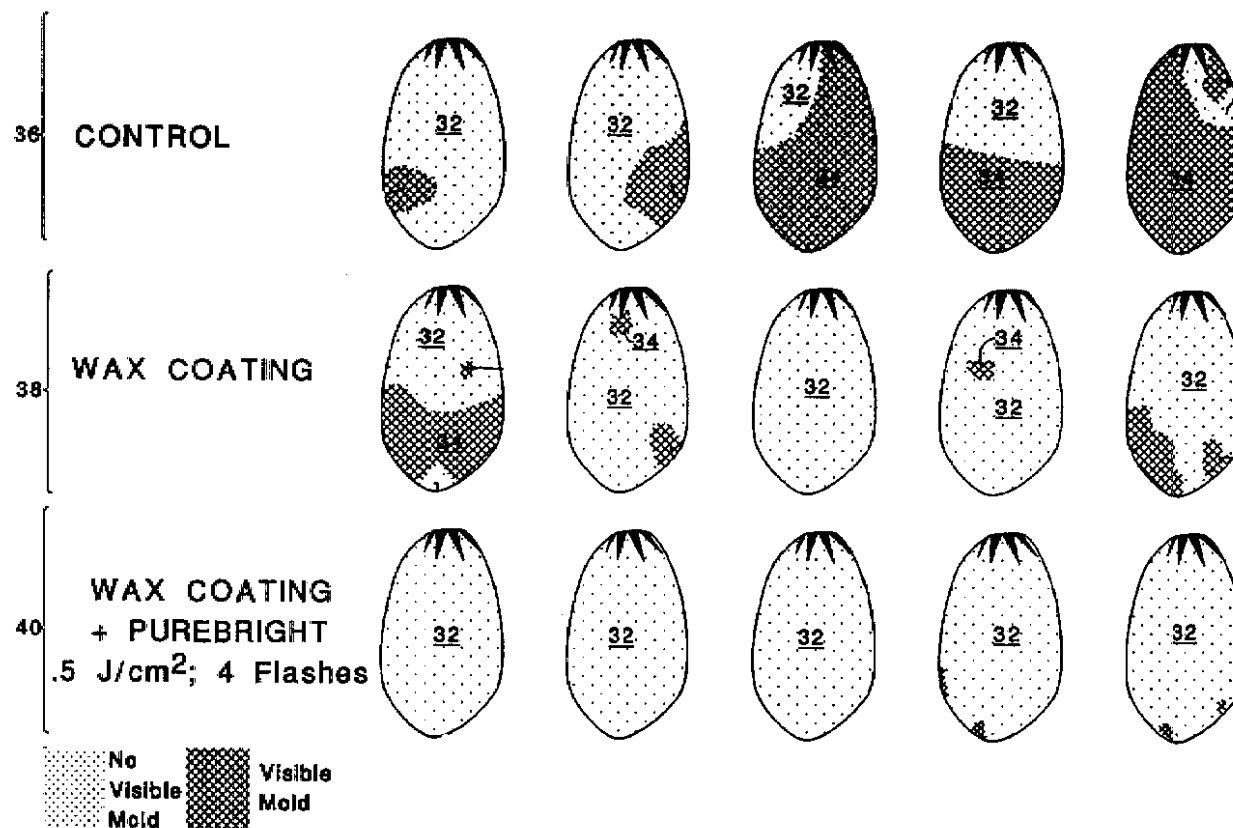
PureBright

Tratamiento con 2 pulsos
de luz de 0.72 J/cm².

Pulsos de luz

Aplicaciones

Aplicación en la conservación de fruta



Irradiación

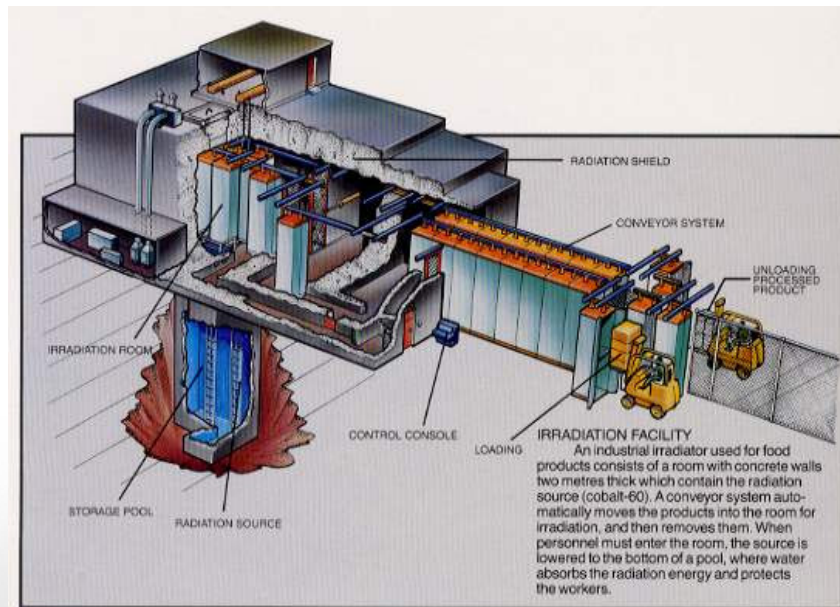
Rayos γ . C_{60} , Cs_{137} .

Electrones acelerados.

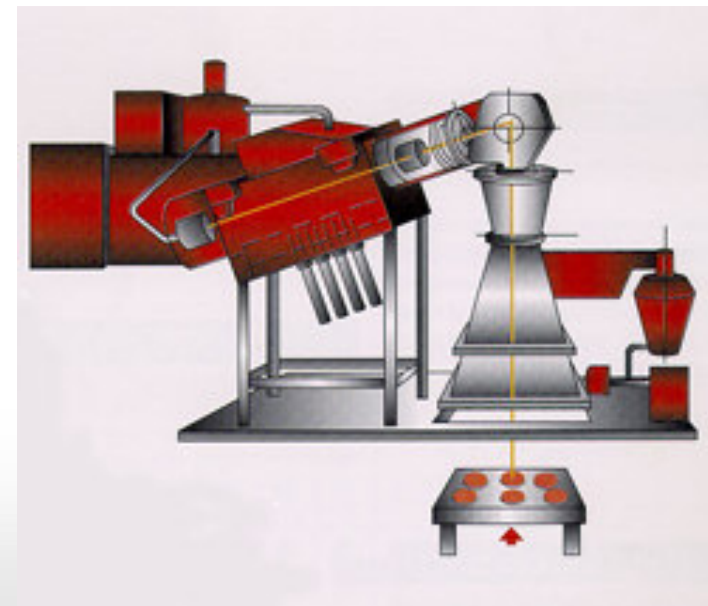
Rayos X.



Con capacidad ionizante.
Generación de iones y radicales
libres de vida corta

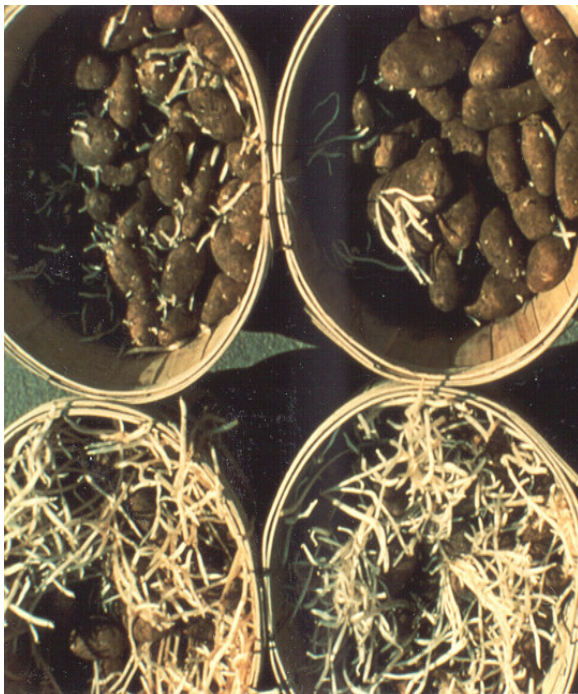


Instalación para el tratamiento con rayos γ (Co^{60})



Sistema de haz de electrones acelerados

Irradiación



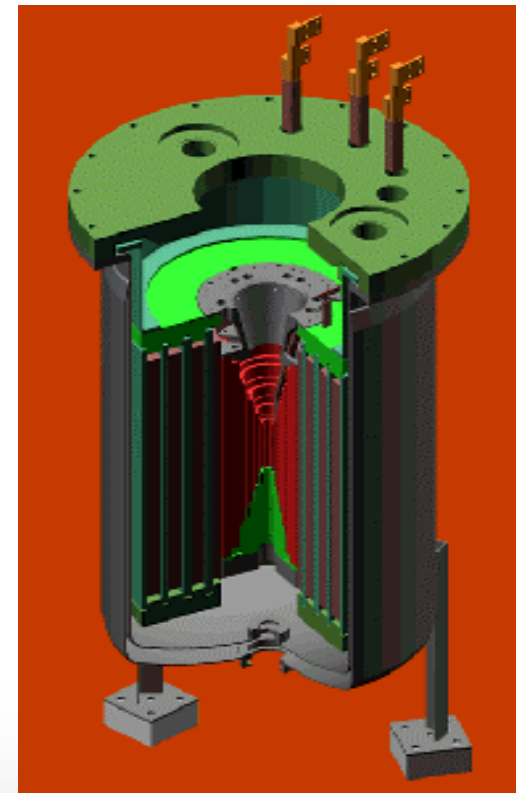
Irradiación

Efecto	Dosis (kGy)
Inhibición de germinación	0.04 – 0.10
Paralización de la reproducción de insectos	0.03 – 0.20
Destrucción de insectos	1-3
Disminución de carga microbiana	1-4
Destrucción de patógenos (pasteurización)	1-6
Esterilización	15-50

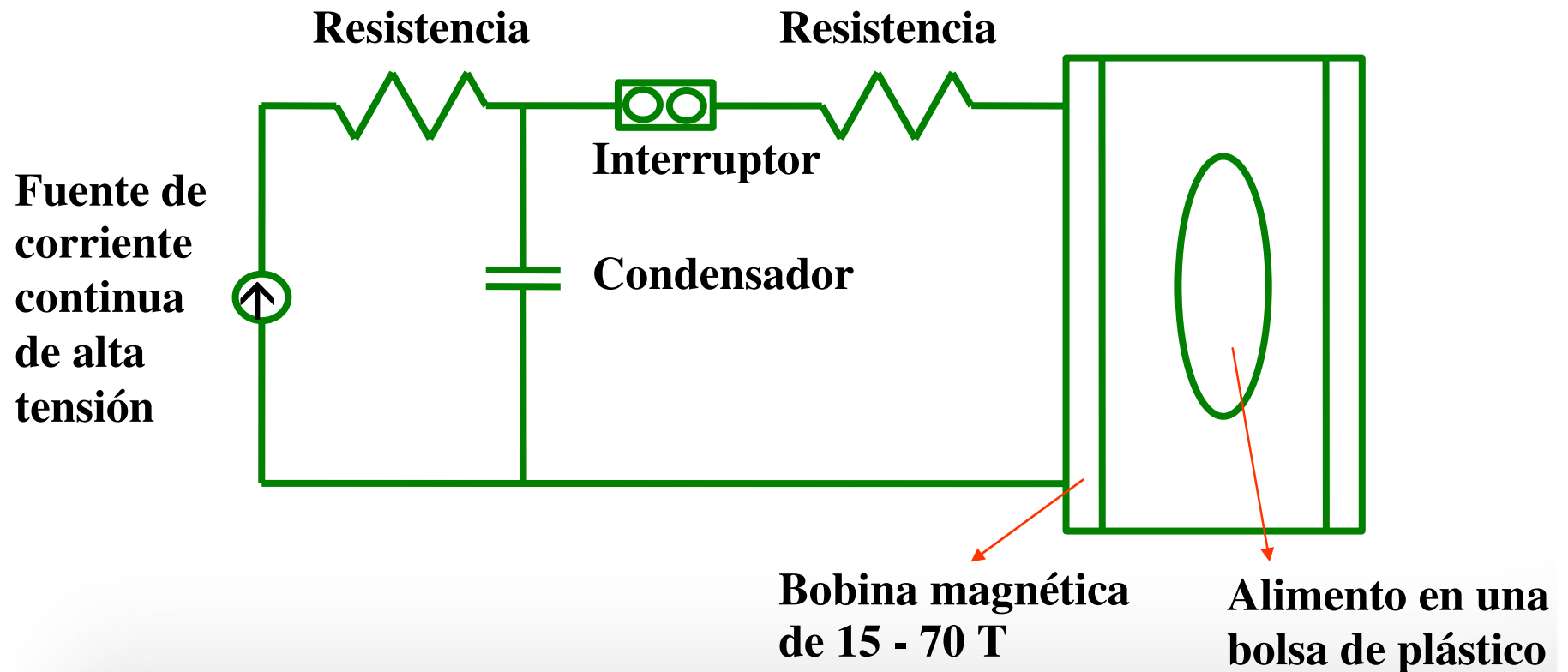
Campos magnéticos oscilantes

Generación de campos magnéticos intensos

- Bobinas superconductoras
 - Hasta 15 T
 - De 15-30 T: bobina refrigerada por agua.
- Bobinas cargadas de energía por la descarga de un condensador
 - Campos hasta 70 T



Campos magnéticos oscilantes



Campos magnéticos oscilantes

Microorganismo	Intensidad de campo (T)	Número de pulsos	Frecuencia (kHz)	Reducción población (D)
<i>Strep thermophilus</i> en leche	12	1	6	2
<i>Saccharomyces</i> sp en zumo de naranja	40	1	416	4
<i>Saccharomyces</i> sp en yogur	40	10	416	3

Campos magnéticos oscilantes

Necesidades de estudio

- Identificar los patógenos resistentes
- Establecer los efectos en la inactivación microbiana
- Estudiar cinéticas de destrucción
- Determinar el mecanismo de acción
- Determinar los factores críticos del proceso
- Validar el proceso
- Identificar microorganismos de referencia

Ultrasonidos

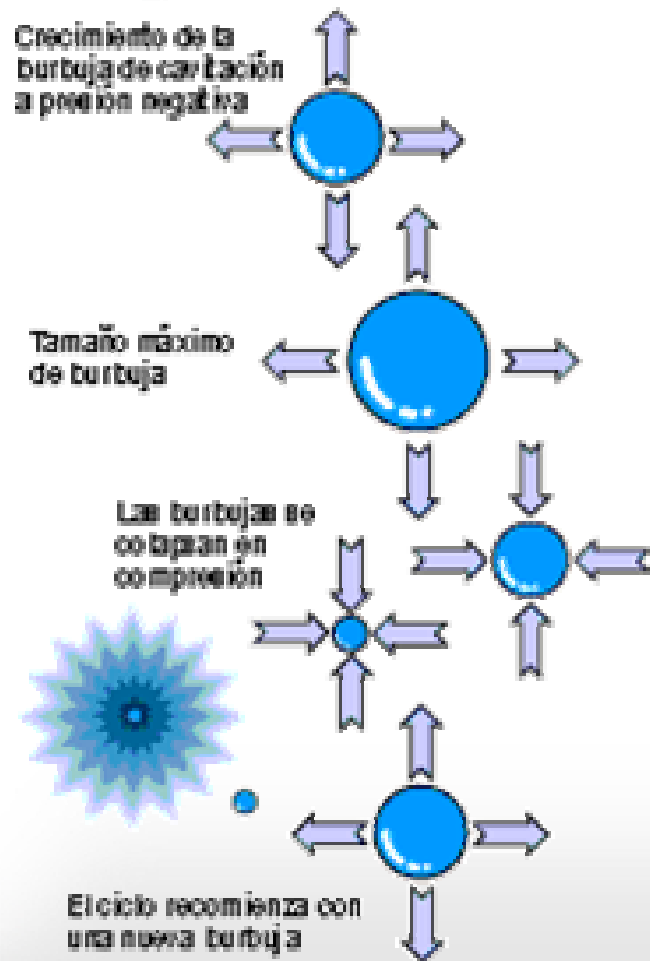
Energía generada por ondas sonoras de 20.000 o más vibraciones por segundo

Utilidades en alimentos:

- Evaluación **no invasiva** de la calidad de alimentos
- **Mejora de la monitorización de los procesos** de la industria alimentaria (textura, viscosidad, determinación de la composición de alimentos).
- **Mejora de los procesos** de limpieza de superficies, deshidratación, filtración.
- **Inactivación** de microorganismos y enzimas

Ultrasonidos

Cavitación



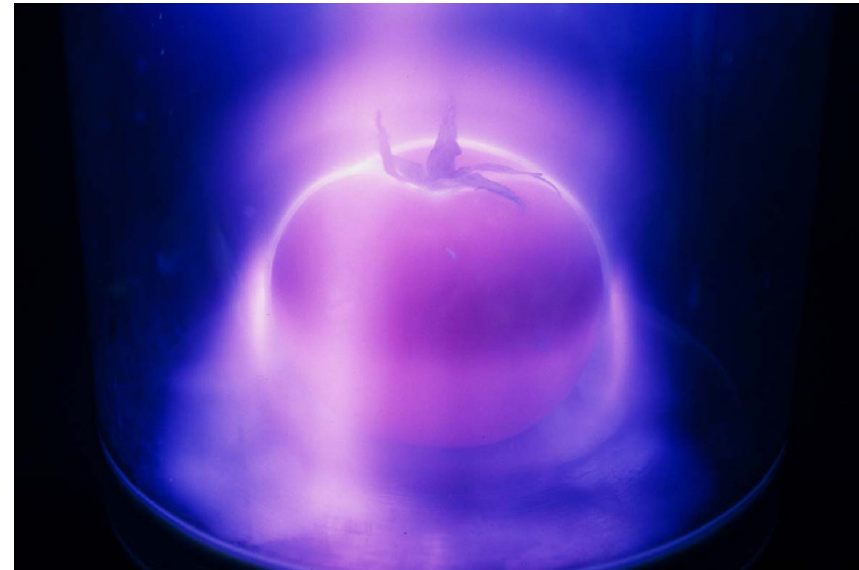
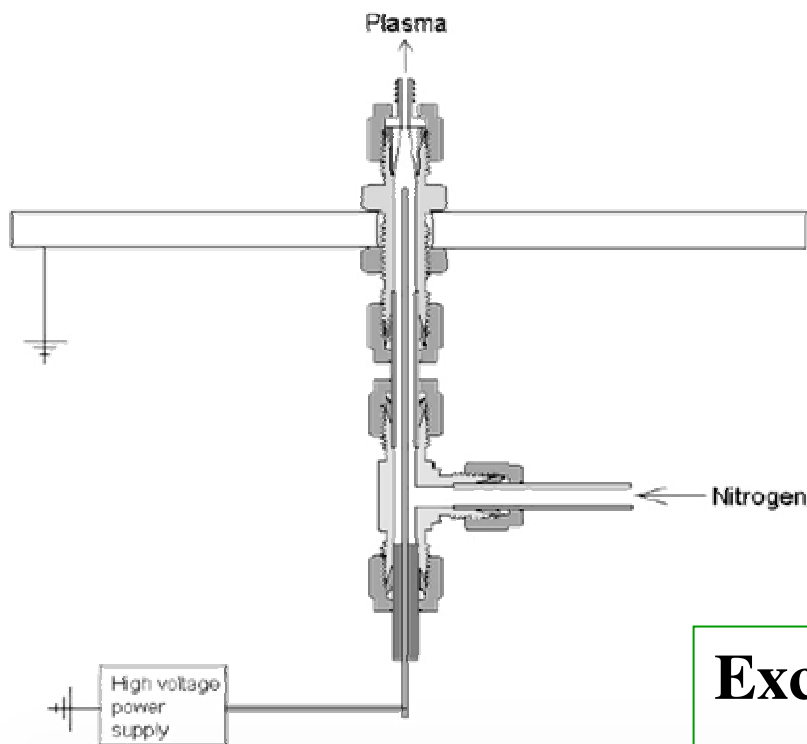
- **Frecuencia.** Influye en el tiempo dado a la burbuja para que crezca y afecte al sistema.
- **Viscosidad.** Disminuye el efecto de la cavitación.
- **Temperatura.** Su aumento provoca que la cavitación tenga lugar a intensidades acústicas menores.
- **Presión externa.** Las presiones altas comportan una mayor violencia en la colisión de las burbujas.
- **Intensidad.** En general, a mayor intensidad ultrasónica, mayor es la cavitación.

Ultrasonidos

Necesidades de estudio

- Combinación con otras tecnologías
- Identificación de los mecanismos de inactivación
- Estudiar la influencia de los factores críticos de procesado
- Estudiar el efecto sobre las propiedades de los alimentos

Plasma frío



Excitación de un gas mediante exposición a un campo eléctrico

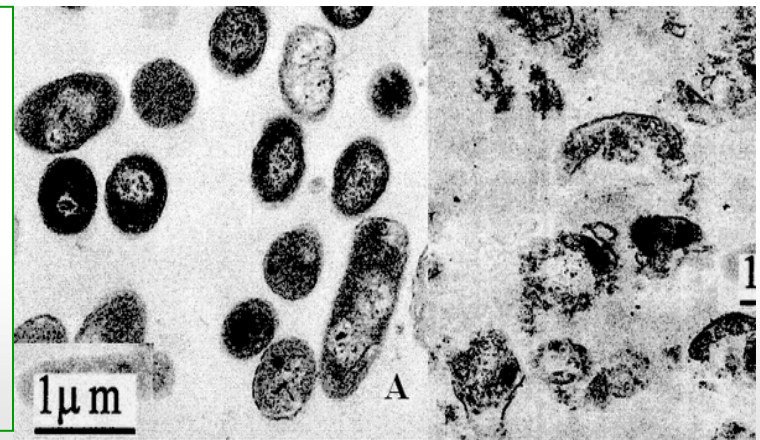
Plasma frío

Características:

- Tratamiento en fase gaseosa.
- Acción física sobre el producto tratado.
- Tratamiento superficial a baja temperatura (<40°C)

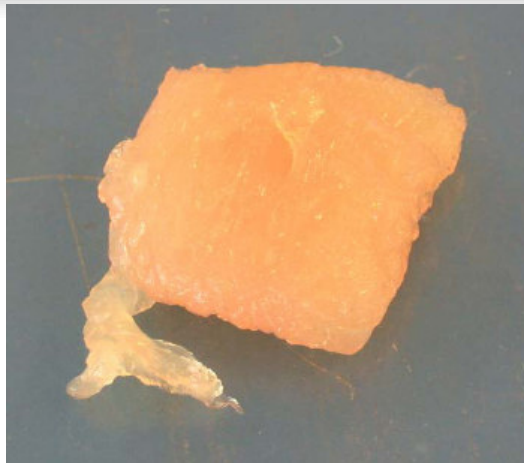
Mecanismos de inactivación microbiana:

- Fotones UV
- Radicales libres: O_2^- , OH^\bullet , H_2O_2 , O_3



Plasma frío

**Carne de pollo
sin tratar**



**Carne tratada
con plasma**

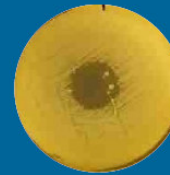


A&F, no publicado (2004)

80 mm



Control



10



20



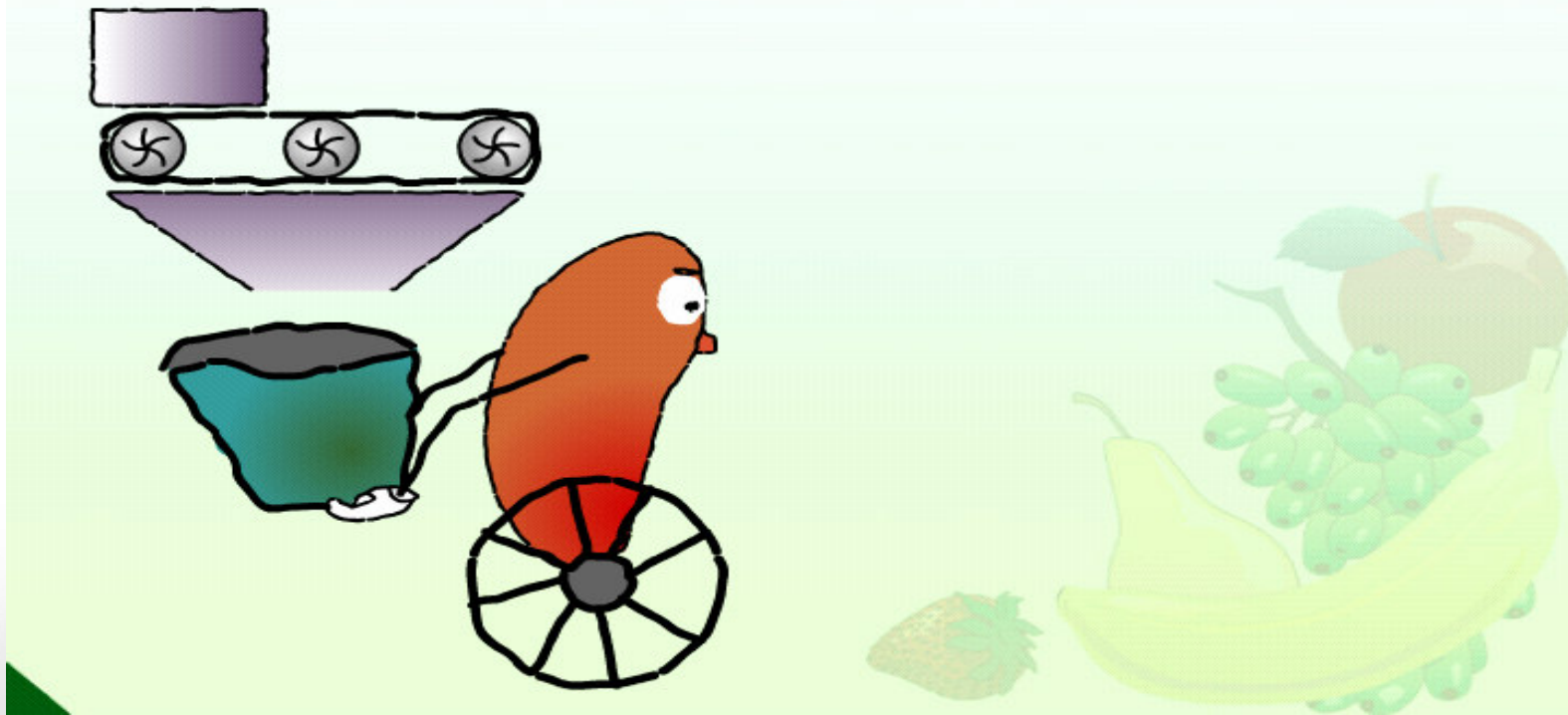
30 min

6.3×10^7 CFU/cm²
E.coli ATCC 8739

Métodos combinados



Concepto



Métodos combinados

Consideraciones

- Efectos sinérgicos usando tratamientos suaves
- Algunas técnicas están limitadas por la legislación
- Interacción y orden de aplicación
- Grado de contaminación del alimento
- Composición del alimento