



## Радиочастотные инновационные системы стерилизации

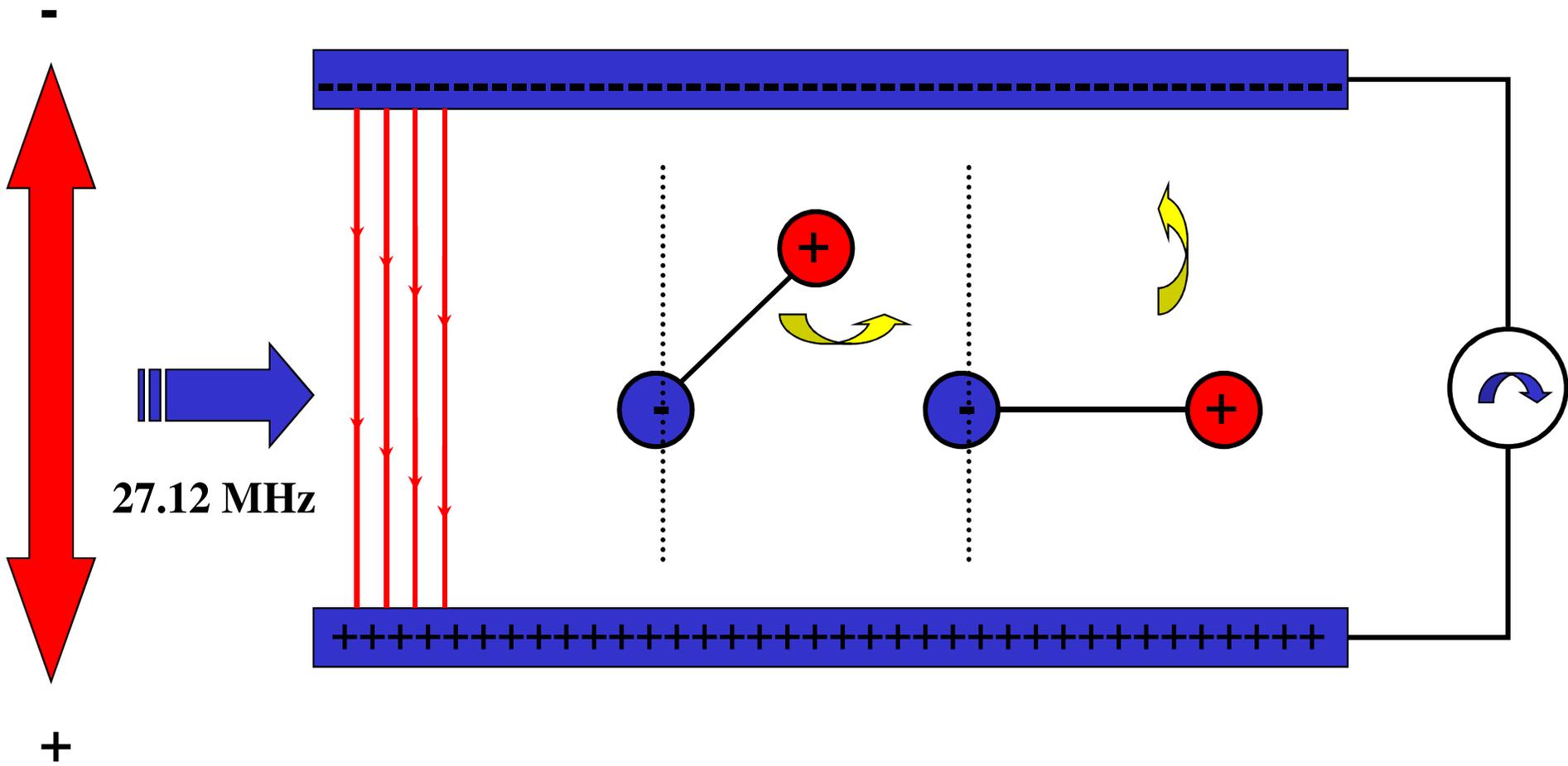
# ПРИНЦИП ТЕХНОЛОГИИ

Радиочастотная техника заключается в представлении изделия в работе с помощью электромагнитных волн длиной и частотой, типичной для радио волн (27.12MHz).

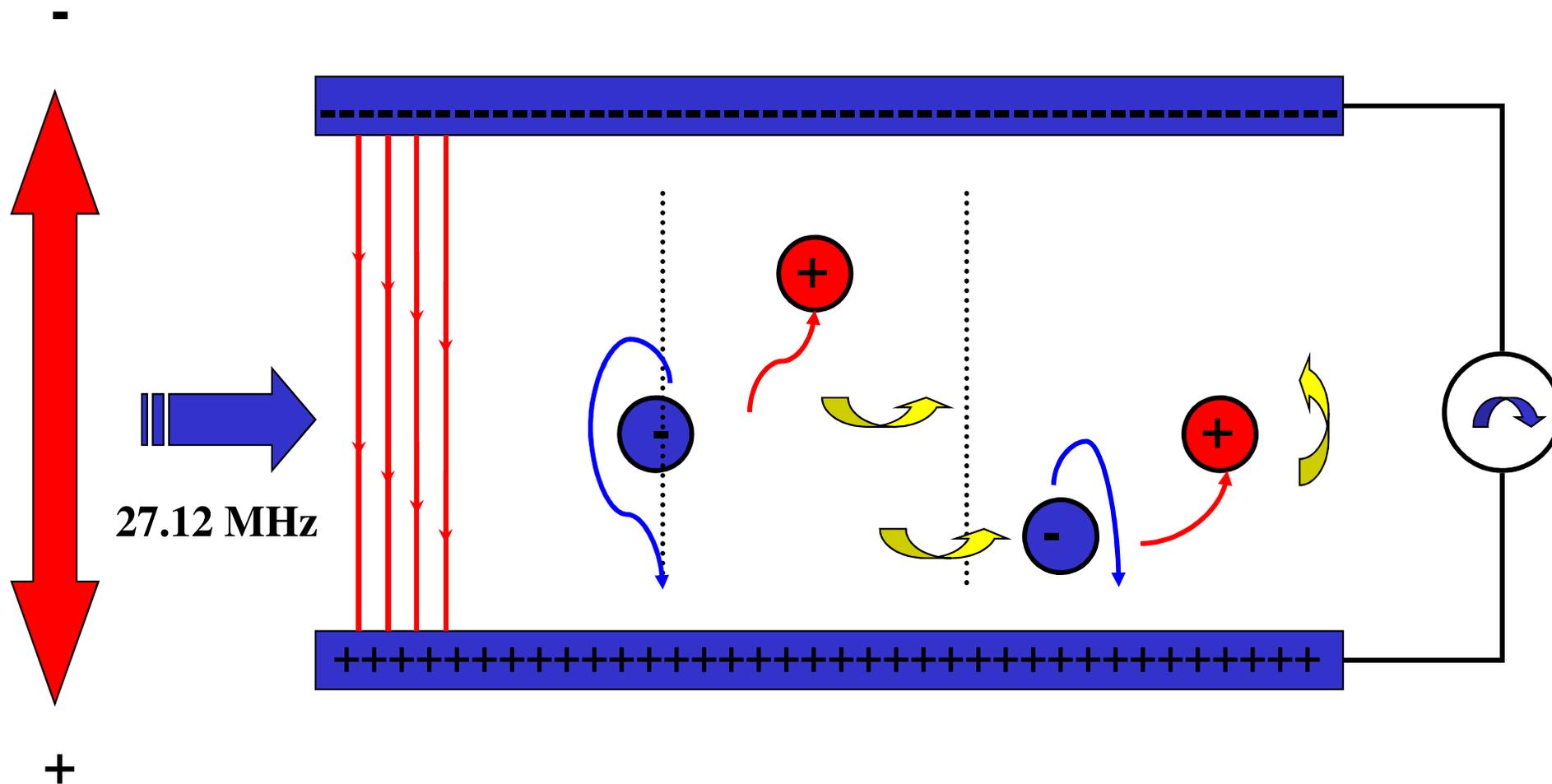
Механизмов в основе данной технологии главным образом два: диэлектрический и ионический, с различным обратным вкладом, позволяя таким образом увеличение гаммы изделий по сравнению с омическим.

Продукт подвержен электрическому полю с установленной частотой. Под этим действием молекулы воды пытаются сориентироваться в одном и том же направлении электрического поля, вырабатывая ответное электрическое поле. Непрерывная инверсия полярности электрического поля вырабатывает столкновения, то есть кинетическую энергию и, следовательно, разогревание (диэлектрический механизм). В то же время ионы, возможно присутствующие, также стремятся ориентироваться, вырабатывая разогревание (ионический механизм).

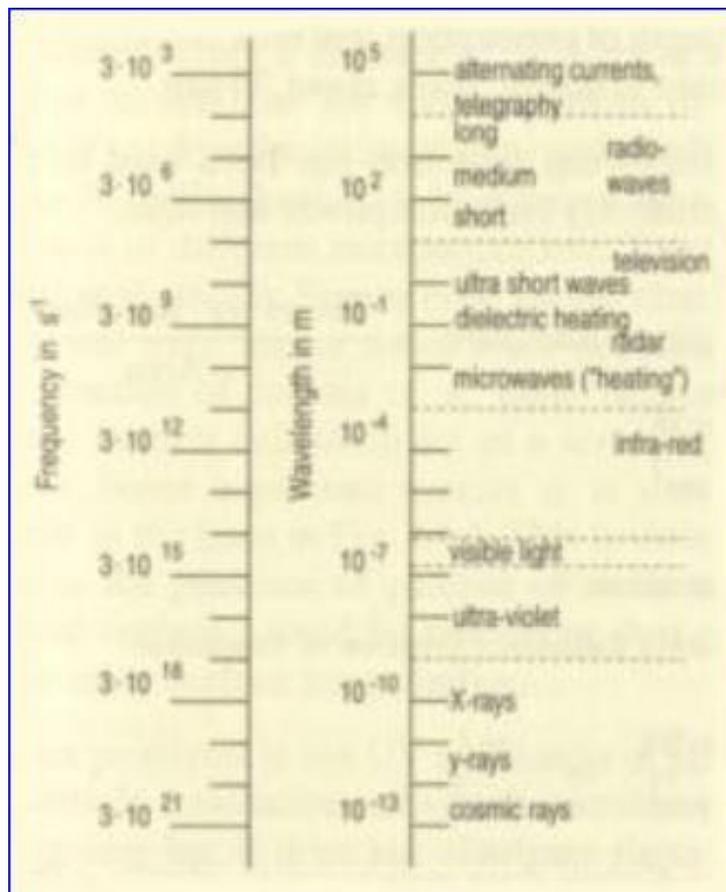
# МЕХАНИЗМ НАГРЕВАНИЯ: ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ



# МЕХАНИЗМ НАГРЕВАНИЯ: ИОНИЧЕСКИЙ



# БЕЗОПАСНОСТЬ: Радиация



**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ:**

**РЧ:** 1 MHz – 300 MHz

**МИКРО ВОЛНЫ:** 300 MHz – 300 GHz

**Эта машина была спроектирована и реализована в соответствии с директивом CEI EN 55011**

**ЧАСТОТЫ, ДОПУЩЕННЫЕ К ПРОМЫШЛЕННОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ**

|                    | <b>Частоты</b>                |
|--------------------|-------------------------------|
| <b>Радио</b>       | <b>13.56 MHz ± 6.68 kHz</b>   |
|                    | <b>27.12 MHz ± 160.00 kHz</b> |
|                    | <b>40.68 MHz ± 20.00 kHz</b>  |
| <b>Микро волны</b> | <b>915 MHz ± 13 MHz</b>       |
|                    | <b>2450 MHz ± 50 MHz</b>      |
|                    | <b>5800 MHz ± 75 MHz</b>      |
|                    | <b>24125 MHz ± 125 MHz</b>    |

**Federal Communications Commission (FCC)**

# МЕХАНИЗМ НАГРЕВАНИЯ

- **ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ** H<sub>2</sub>O является биполярной и следует магнитным полям, присоединенным радиомангнитными радиациями: колебания молекул воды производят тепло.
- **ИОНИЧЕСКИЙ** Колебательные миграции ионов в продуктах питания вырабатывают тепло под действием электрических колебательных полей.



ТЕПЛО, ПРОИЗВОДИМОЕ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫМ ТРЕНИЕМ

$$P = \pi f E^2 \epsilon_0 \epsilon_r \tan \delta$$

$$\tan \delta = \epsilon_r'' / \epsilon_r'$$

P : тепло, производимое на единицу объема (W/m<sup>3</sup>)

F : частота в Hz

E : мощность электрического поля (V/m)

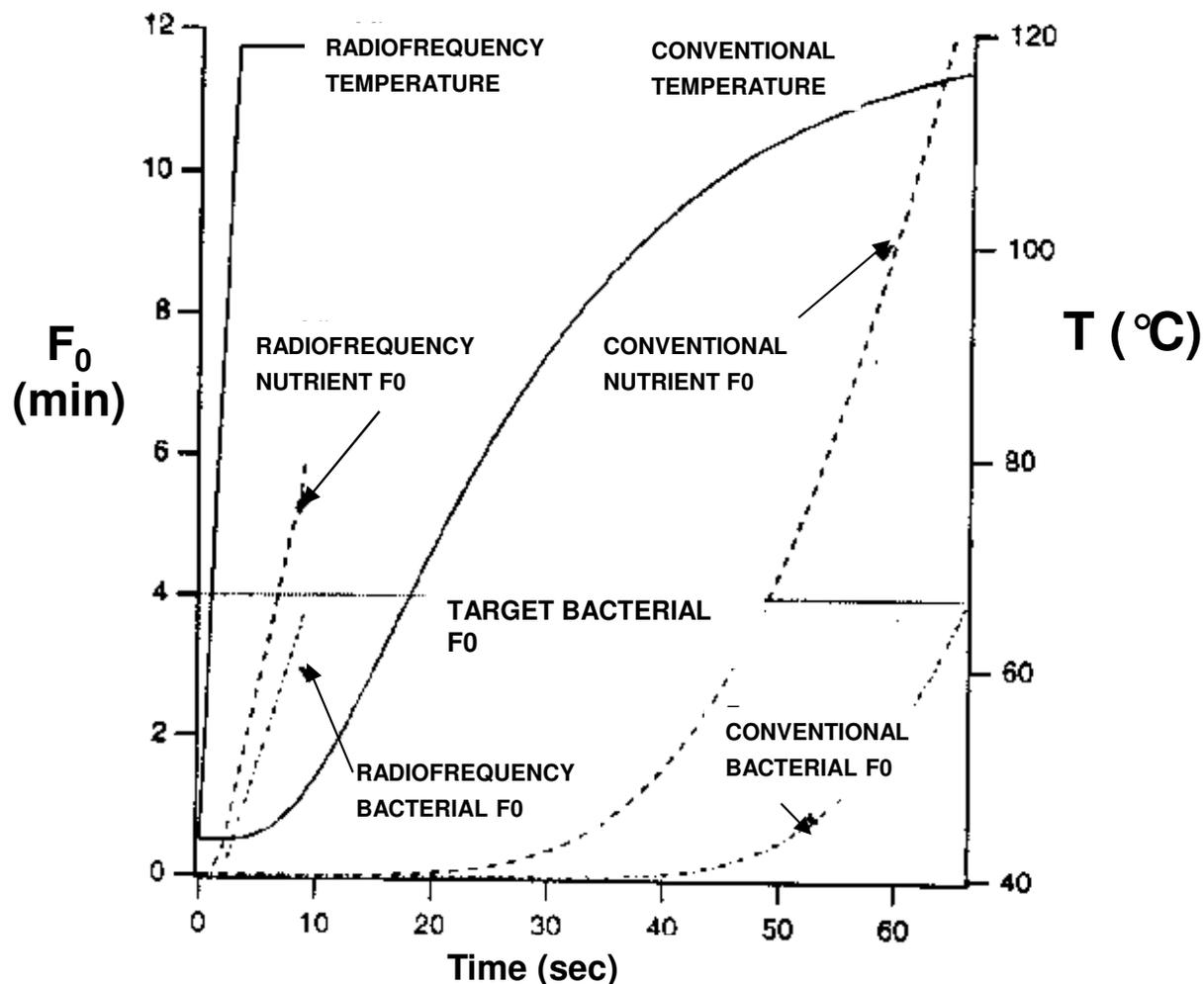
$\epsilon_0$  : диэлектрическая постоянная по отношению к вакууму (8.854 10<sup>-12</sup> F/m)

$\epsilon_r$  : относительная диэлектрическая постоянная (способность материала накапливать электрическую энергию)

$\epsilon_r''$  : коэффициент потерь (способность изделия конвертировать электрическую энергию в тепло)

$\delta$  : физическая разница между направлением поляризации диполей и направлением полюсов

# РАДИОЧАСТОТА И ТРАДИЦИОННОЕ НАГРЕВАНИЕ

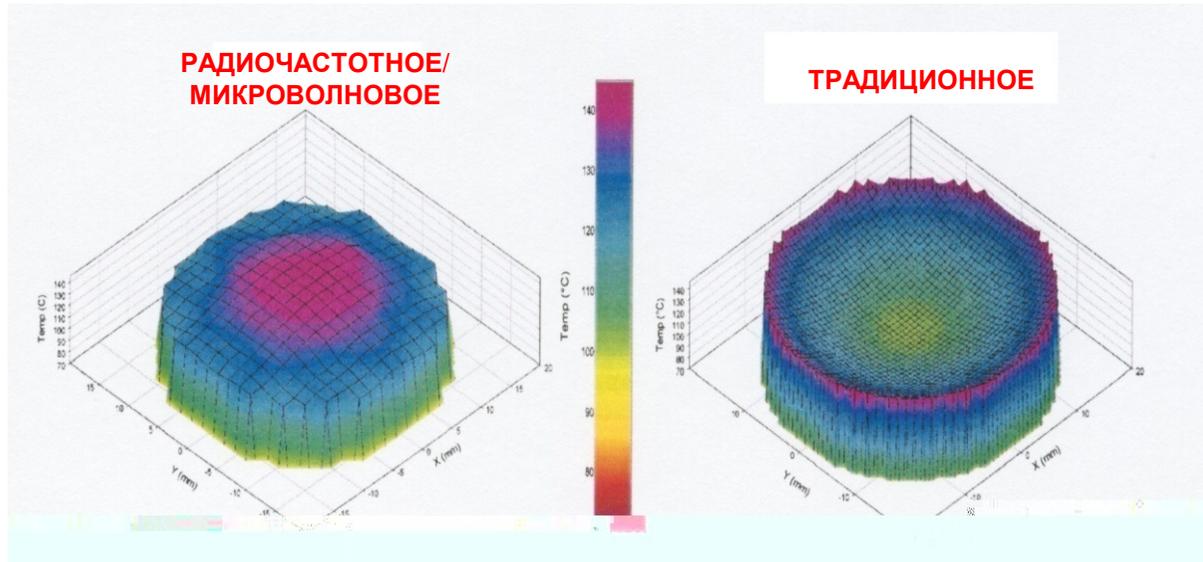


(Datta and Hu 1992).

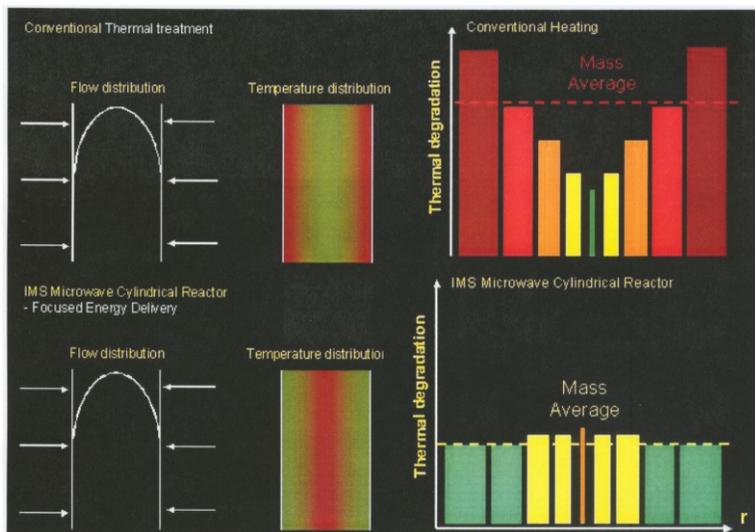
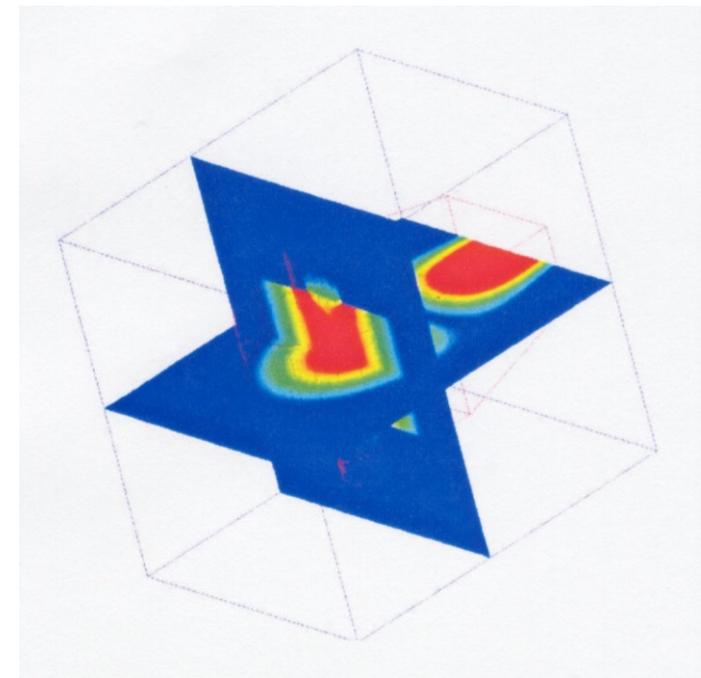
-Радиочастотное или микроволновое нагревание для пастеризации и стерилизации предпочтительны по сравнению с обычными методами нагревания. Основным мотивом является то, что эти методы более быстрые и требуют меньше времени для достижения желаемой температуры.

-Эти методы могут комбинировать пользу обработки при высокой температуре и коротком времени, что позволяет получить разрушение бактерий во то время как термическое разрушение желаемых компонентов максимально сокращено.

# РАДИОЧАСТОТА: ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ(\*)

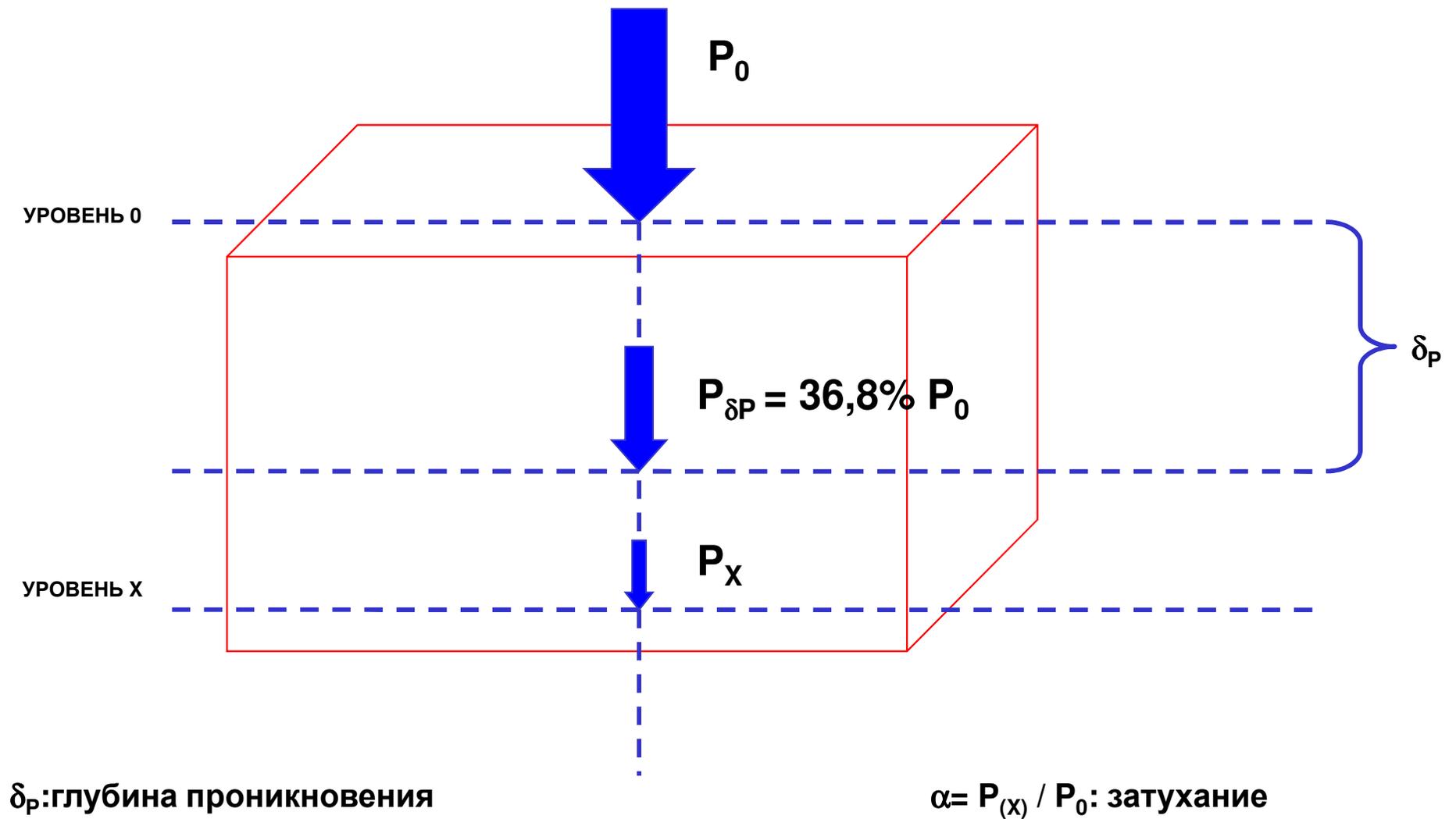


**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВОГО ПОЛЯ**

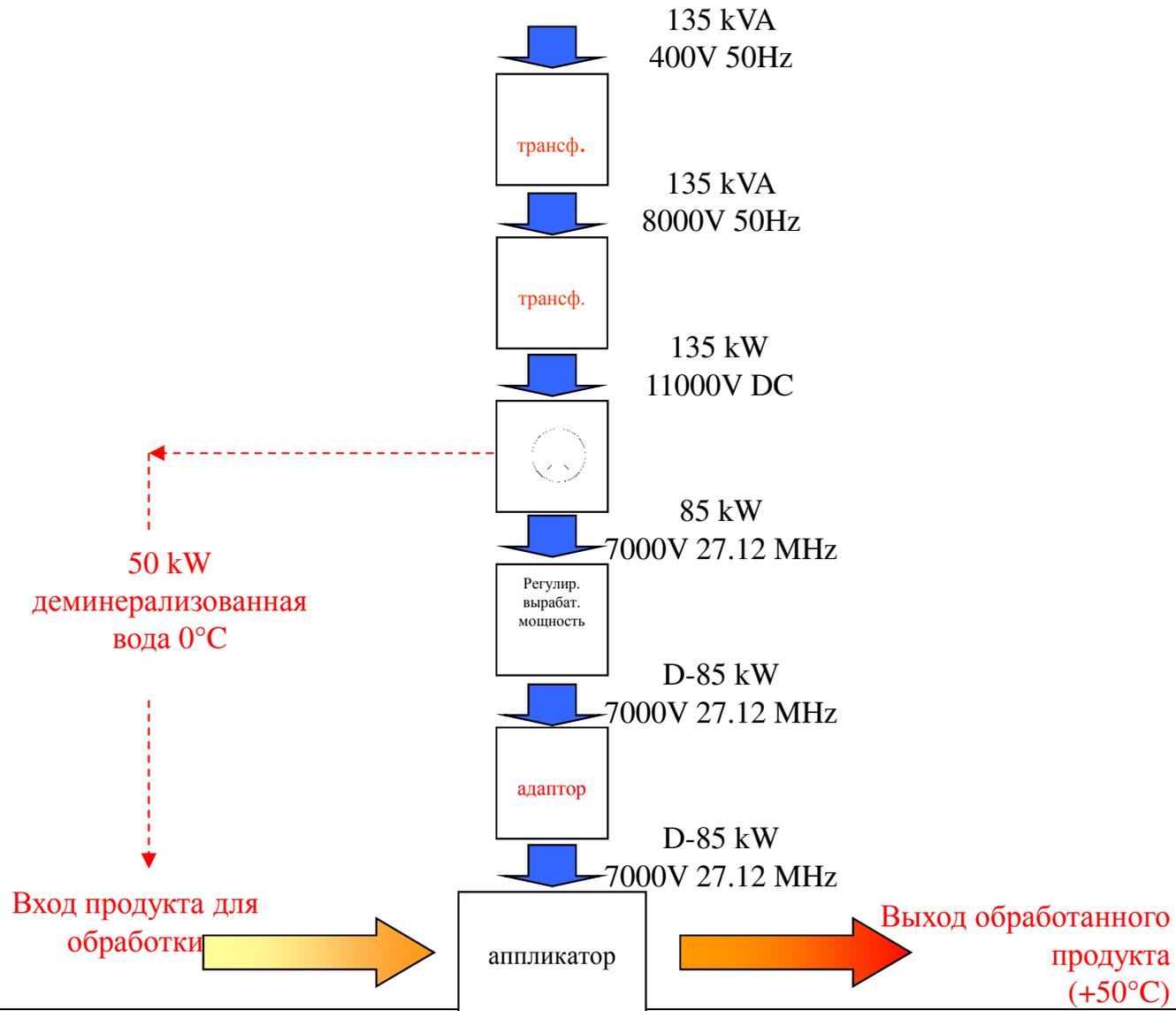


(\*): NORTH CAROLINE STATE UNIVERSITY

# ОДНОРОДНОСТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МОЩНОСТИ



# ДИАГРАММА РАДИОЧАСТОТЫ

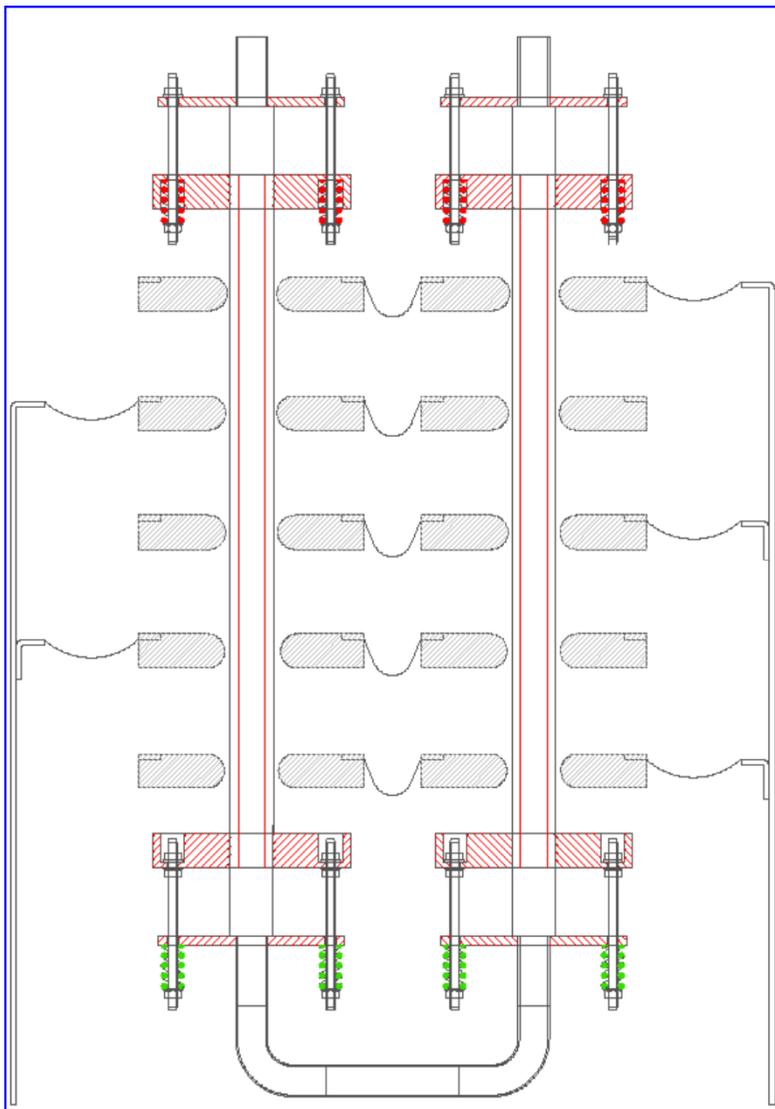


# Радиочастота: СТРУКТУРА ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ



**ГЕНЕРАТОР  
РАДИОЧАСТОТЫ**

# Радиочастота: АППЛИКАТОР



**ДАННЫЕ, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ МОЛОКУ (3300 Л/ч  $\Phi=39$  мм)**

$$V_{RF} = 0,38 \text{ l} \quad \tau_{RF} = 0,42 \text{ s}$$

$$v = 0,8 \text{ m/s}$$

$$V_{\Sigma-RF} = 2,48 \text{ l} \quad \tau_{\Sigma-RF} = 2,71 \text{ s}$$

$$\Delta t = 20^\circ\text{C}$$

**ДАННЫЕ, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ МОЛОКУ (3300 Л/ч  $\Phi=25$  мм)**

$$V_{RF} = 0,16 \text{ l} \quad \tau_{RF} = 0,17 \text{ s}$$

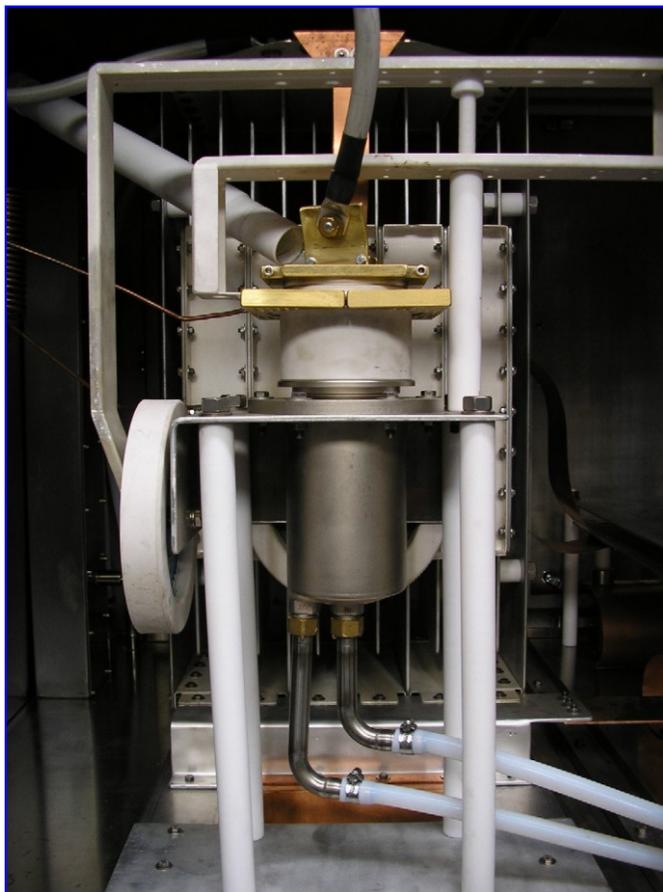
$$v = 1,9 \text{ m/s}$$

$$V_{\Sigma-RF} = 1,02 \text{ l} \quad \tau_{\Sigma-RF} = 1,11 \text{ s}$$

$$\Delta t = 20^\circ\text{C}$$

Патент  
PCT/IB2006/00529

# Радиочастота: ВНУТРЕННИЕ КОМПОНЕНТЫ



**ТРИОД**

**ТРАНСФОРМАТОР**



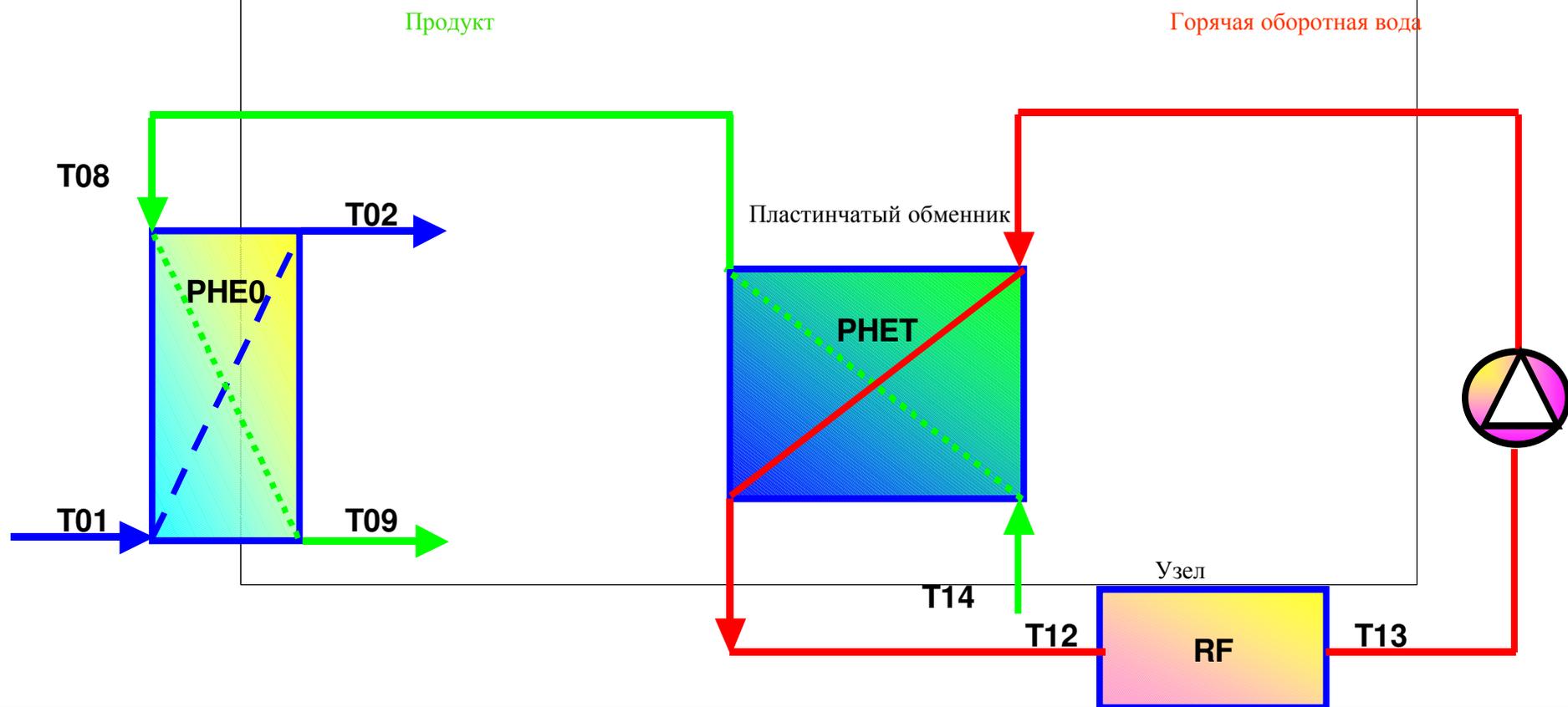
**ВОДНЫЙ НАСОС  
ОХЛАЖДЕНИЕ  
ТРИОДА**

**РЕГУЛЯТОР  
МОЩНОСТИ**



# Как повысить производительность...?

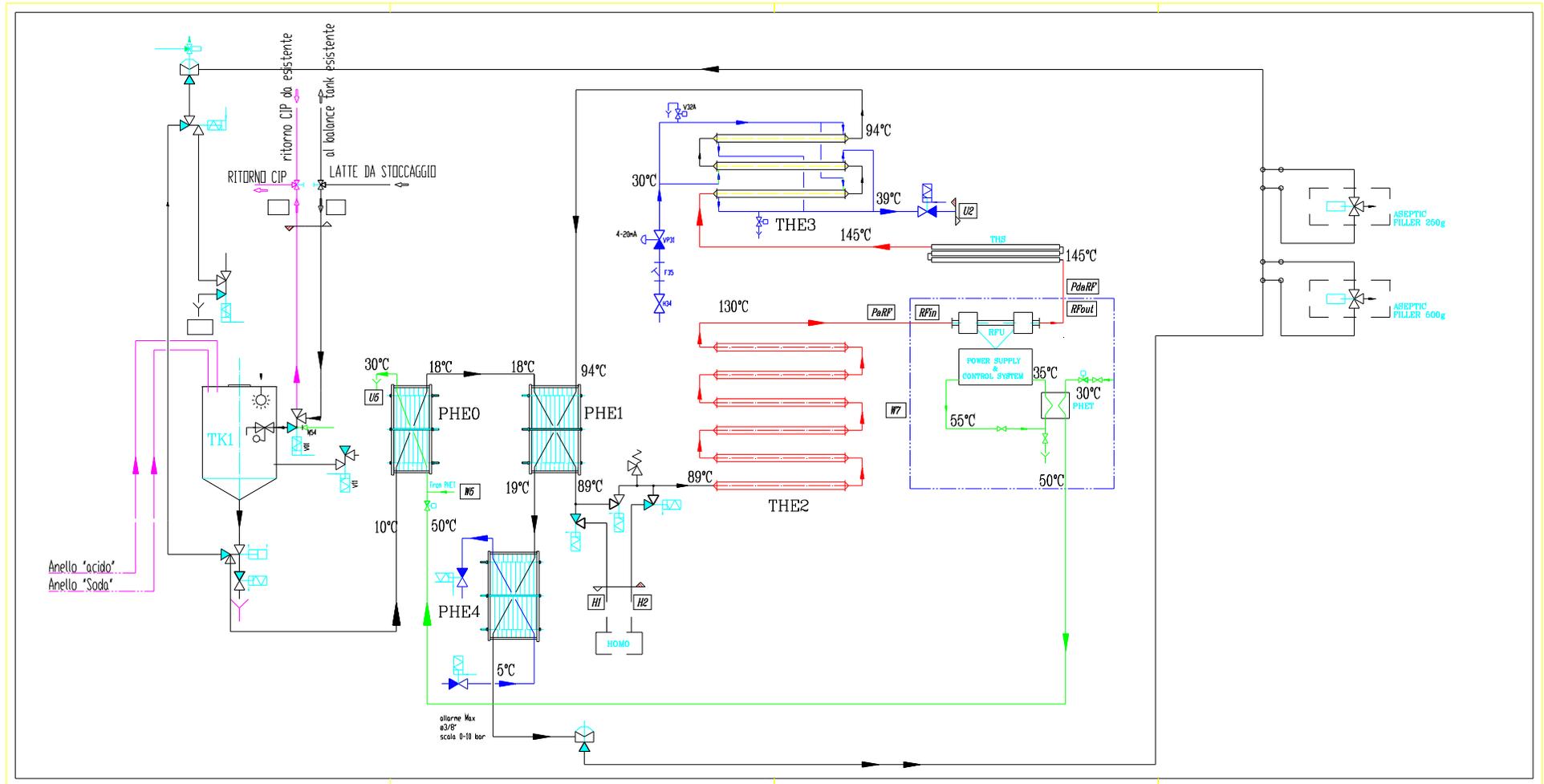
Охлаждая триод водой, а не воздухом повышается эффективная отдача до  $\approx 85-90\%$



# НАПРАВЛЯЮЩАЯ УСТАНОВКА



# ПРОМЫШЛЕННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ МОЛОКА



Производительность с Молоком: 3300 Л/ч

Начальная Температура: 120 °C

Температура Стерилизации: 140 °C

Мощность Узел РЧ: 130 kW

Макс Используемая Мощность: 120 kW (103.000 ккал/ч)

# Преимущества Радиочастотного нагрева продуктов питания

Стерилизация при значительно более низких температурах производит заметное улучшение в органолептическом качестве обрабатываемого продукта благодаря меньшей термической деградации.

Более долгий срок годности

Нагревание - моментальное ( $30^\circ \Delta t$  за 0,2 секунды) и совершается равномерно по всей массе продукта без перепадов, которые бывают при слоевом нагревании.

Таким образом, более низкое накопление остатков в установке позволяет получить ощутимое сокращение очистки, в противном случае необходимой: как следствие - повышенная производительность самой установки.

Проста модернизация старых установок с добавлением к ним радиочастотного генератора в нижней части.

## Применение к продуктам:

- Кубики Фруктов и Овощей
- Варенье и Джем
- Варенье из фруктов для Йогурта и Кондитерских изделий
- Крем на основе молока
- Молоко и происходящие из Молока
- Напитки растительного происхождения
- Пюре из Легких Фруктов
- Легкие Соки
- Сырые Яйца
- Соусы и Кремы из овощей

# ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ: РАВНОМЕРНОЕ НАГРЕВАНИЕ



ПОРЕЗАННЫЕ

ФРУКТЫ И РАСТИТЕЛЬНЫЕ

ВРЕМЯ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ  
МИКРООРГАНИЗМОВ

ВРЕМЯ НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ РАВНОМЕРНОГО  
НАГРЕВАНИЯ

Порезанные:  $\frac{3}{4}$ "  $\frac{3}{4}$ " 1" : 2,5 мин

$\frac{1}{2}$ "  $\frac{1}{2}$ "  $\frac{3}{4}$ " : 2 мин



CUBETTI DI PATATE mm 25x10x10  
PERCENTUALE % 70 / 30  
STRISCIE DI COTENNA mm 15x15x5



FUSILLI mm 30 x ø 20  
CUBETTI DI CARNE mm 15x10x5  
PERCENTUALE % 90 / 10

# Применение РАДИОЧАСТОТ к МОЛОКУ

- 1. Учитывая характеристики объемного нагревания радиочастотой тепло, вырабатываемое в продуктах питания является результатом преобразования электромагнитной энергии, общая термическая обработка массы продукта должна быть более однородна по сравнению с традиционным процессом.**
- 2. Эта система может быть максимально выгодна для таких жидкостей как молоко, где загрязнение труб происходит по причине перенагревания продукта, находящегося в контакте со стенками трубы. (*Kudra и другие, 1991*).**
- 3. Молоко нагревается быстрее воды, когда подвергается действию Радиочастоты, протеины и ионы, присутствующие в молоке, принимают участие в действии нагревания. Жиры и сахар обладают менее значительным эффектом и поэтому молоко с отличным содержанием жиров может быть нагрето с одинаковой продуктивностью. (*Kudra и другие, 1991*).**
- 4. Результаты термической обработки молока в системе непрерывных микроволн было изучено *Lopez-Fandiño и другие (1996)*.**
- 5. *Villamiel и другие (1996a, b, 1998)* продемонстрировали, что пастеризование молока с помощью микроволн производило очень низкие уровни денатурирования протеинов сыворотки молока по сравнению с традиционными термическими процессами. Выявился также более низкий микробный уровень и более низкая изомеризация лактозы.**
- 6. *Valero и другие (2000)* изучали результаты чувствительных свойств обработанного микроволнами молока во время хранения. Результаты показали, что чувствительные характеристики молока, обработанного микроволнами можно сравнить с характеристиками, полученными при традиционной термической обработке после 15 дней хранения.**
- 7. North Carolina State University researches: Continuous-flow Tubular Microwave System (*Coronel, Simunovic, Sandeep – Journal Food of Science , Vol. 68, Nr.6, 2003*)**

# Результаты испытаний применения РЧ на молоко УНТ

При 140 градусах молоко - микробиологически стабильно: примерно 15 ° ниже актуального термического цикла с инъекциями пара и примерно 6/8 ° ниже актуального лимита стерильности. Выявляется заметное улучшение цвета по сравнению с техникой инъекцией пара также в равенстве с термическим циклом.

При 140° содержание фуросина и лактозы значительно ниже по отношению к молоку, обработанному с инъекциями пара.

С проведения испытаний, сделанных через 43 дня хранения при 4°, выявлено, что молоко, обработанное при 115° и при 127 ° представляет одинаковые исходные органолептические свойства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЯ РЧ НА МОЛОКЕ УНТ

Нагревание независимо от проводимости и морфологии продукта

Нагревание максимально быстрое и равномерное

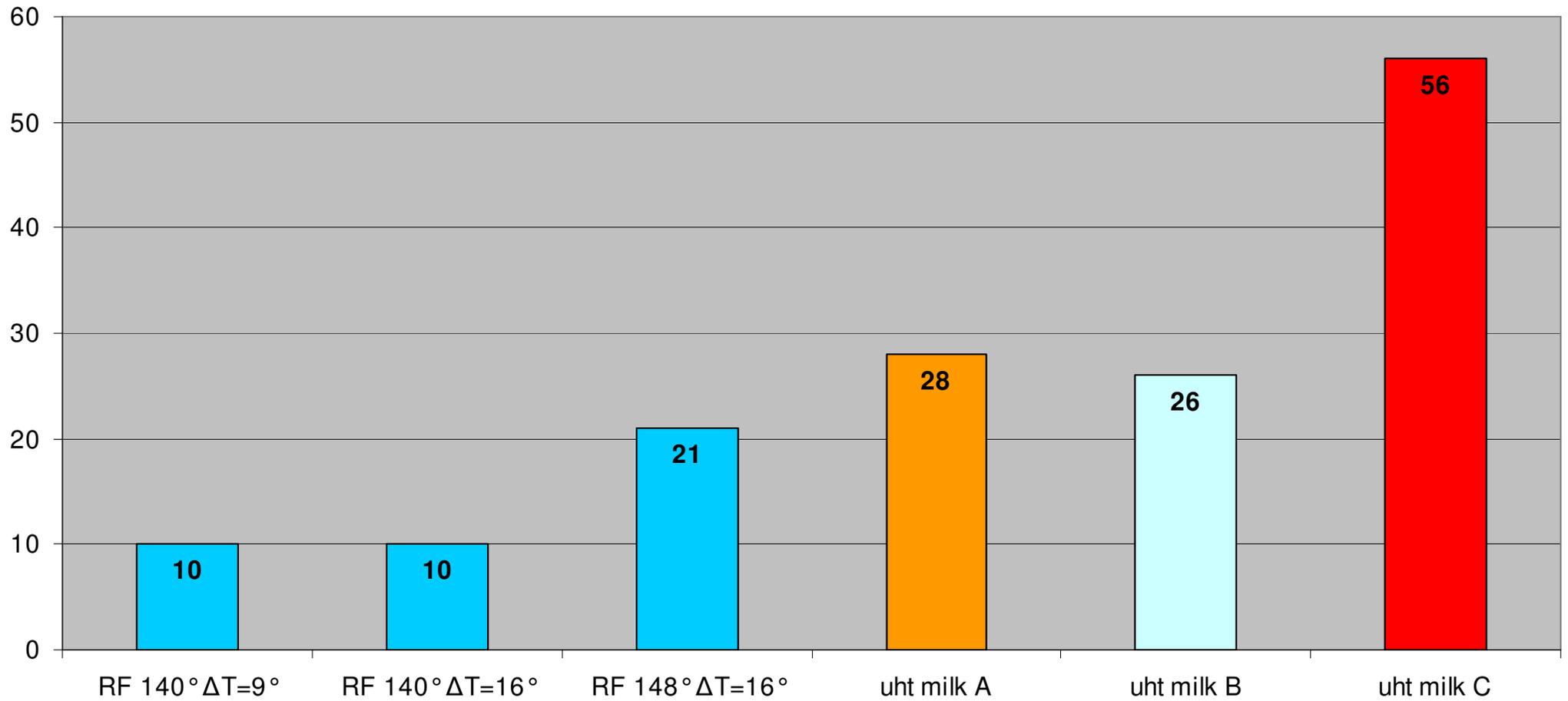
Значительное улучшение цвета и органолептических свойств

Возможность сократить термические традиционные циклы

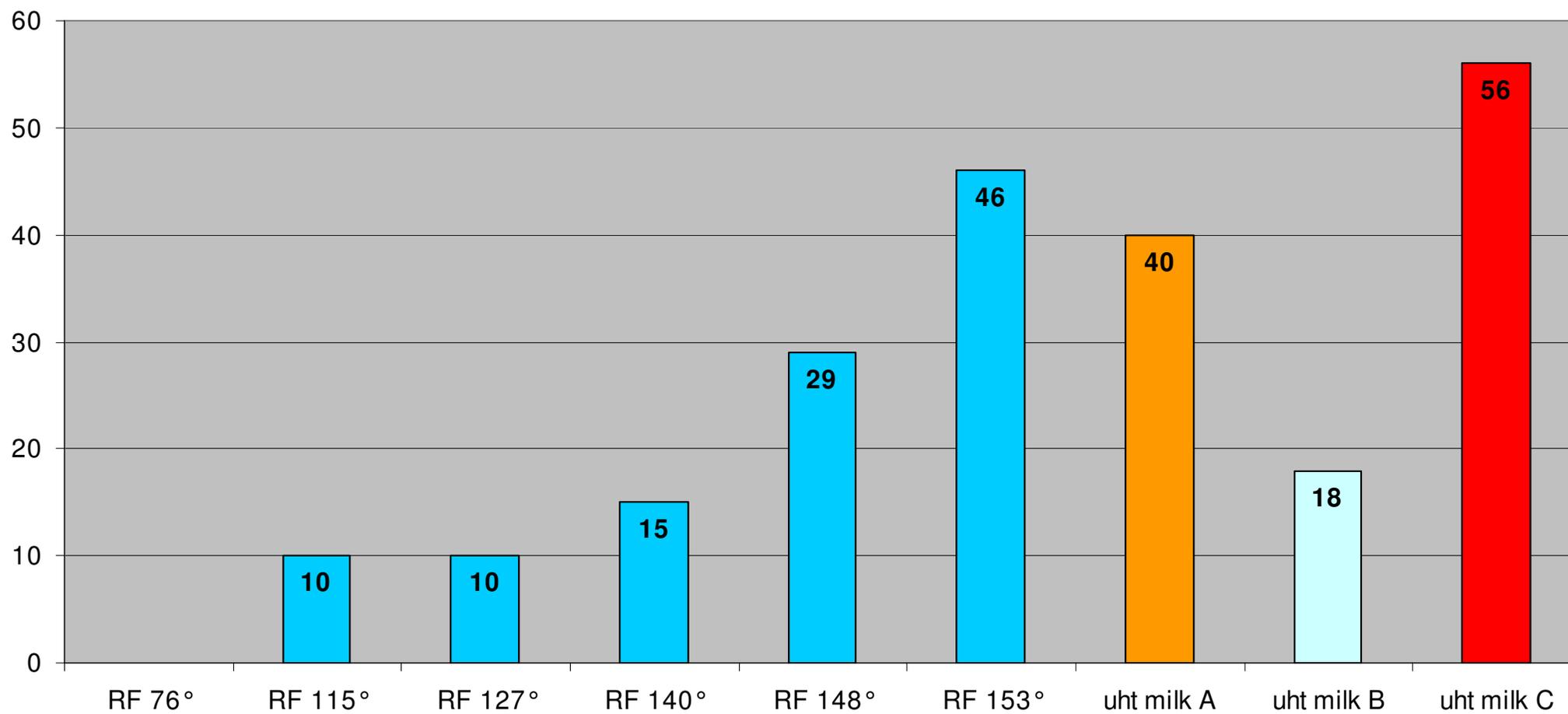
Возможность получить молоко ESL (высокой пастеризации при 115°) долгой консервации

Возможность получить молоко uht с прекрасными органолептическими свойствами, сохраняющимися во времени

## LACTULOSE (mg/100g)

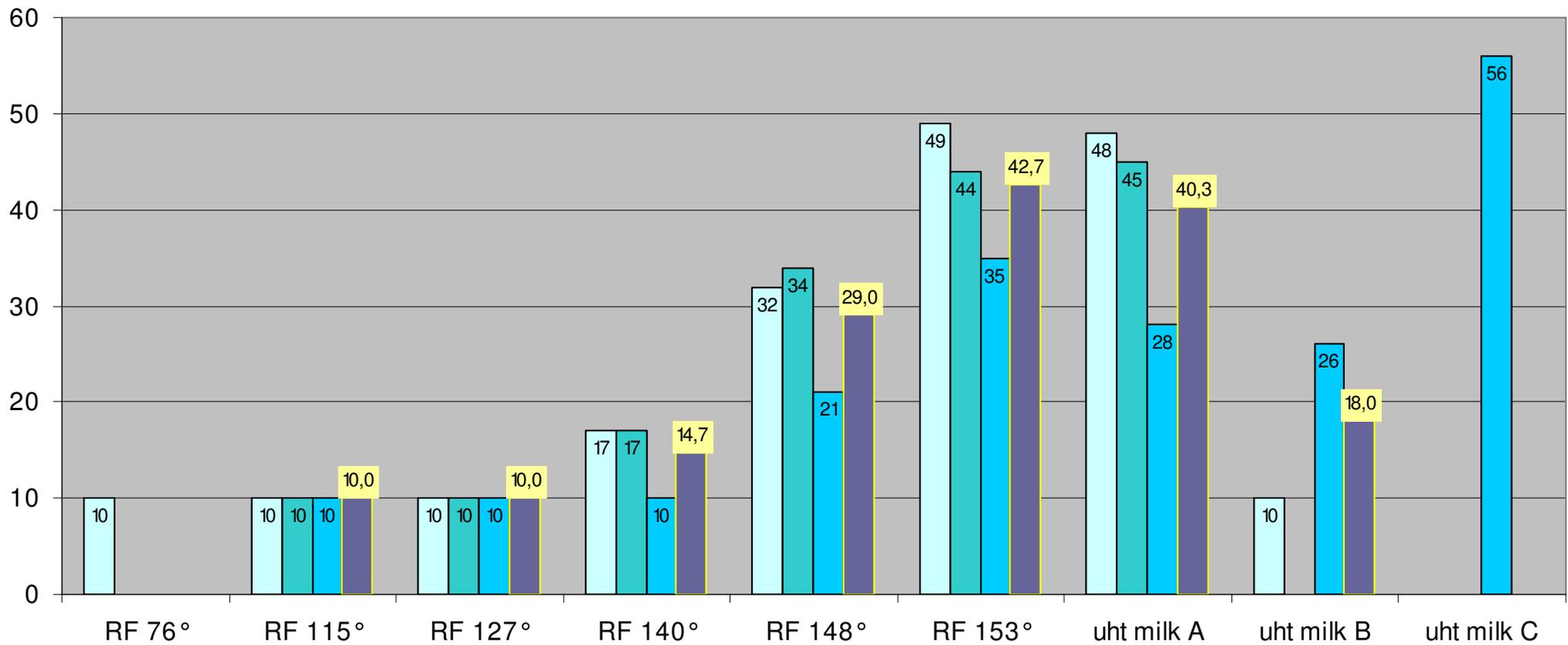


## LACTULOSE (mg/100g)

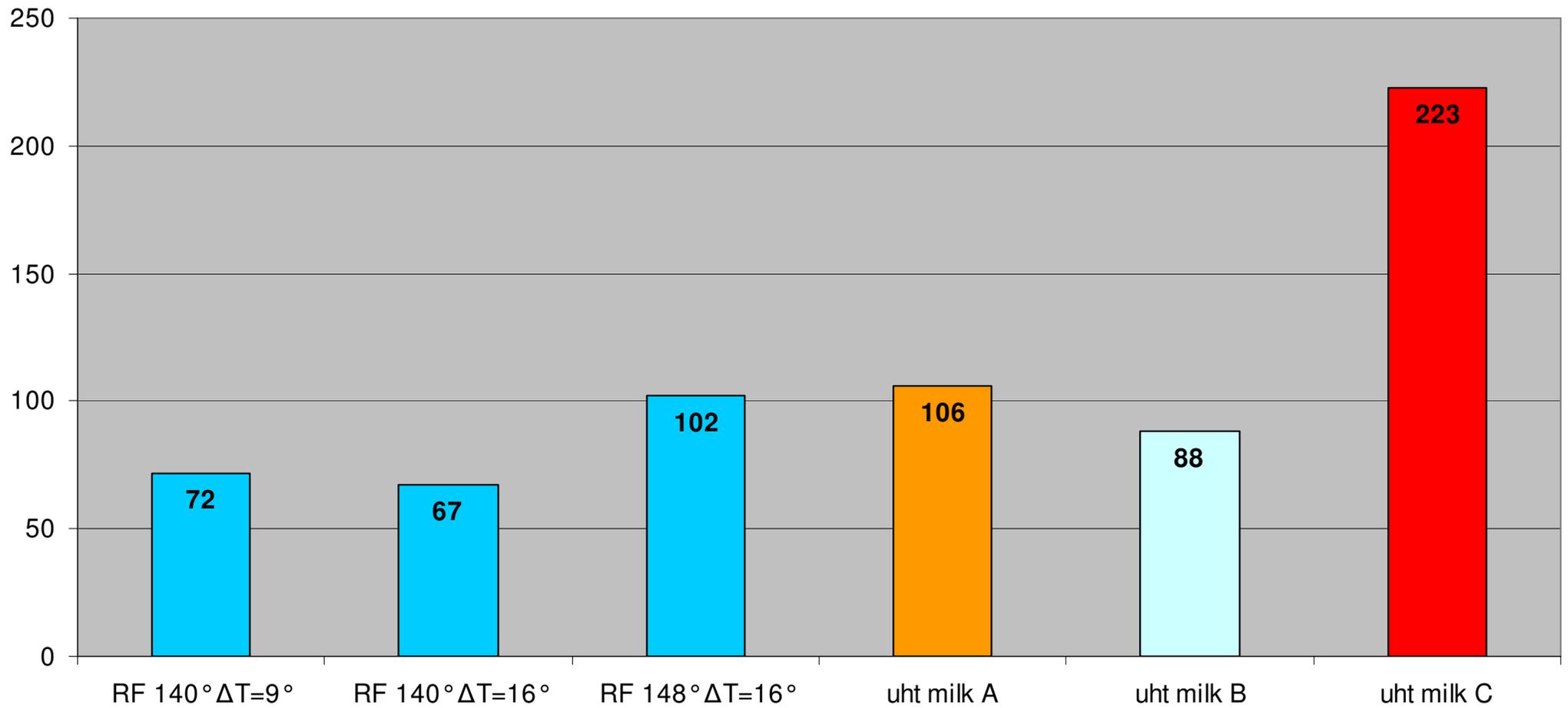


## LACTULOSE (mg/100g)

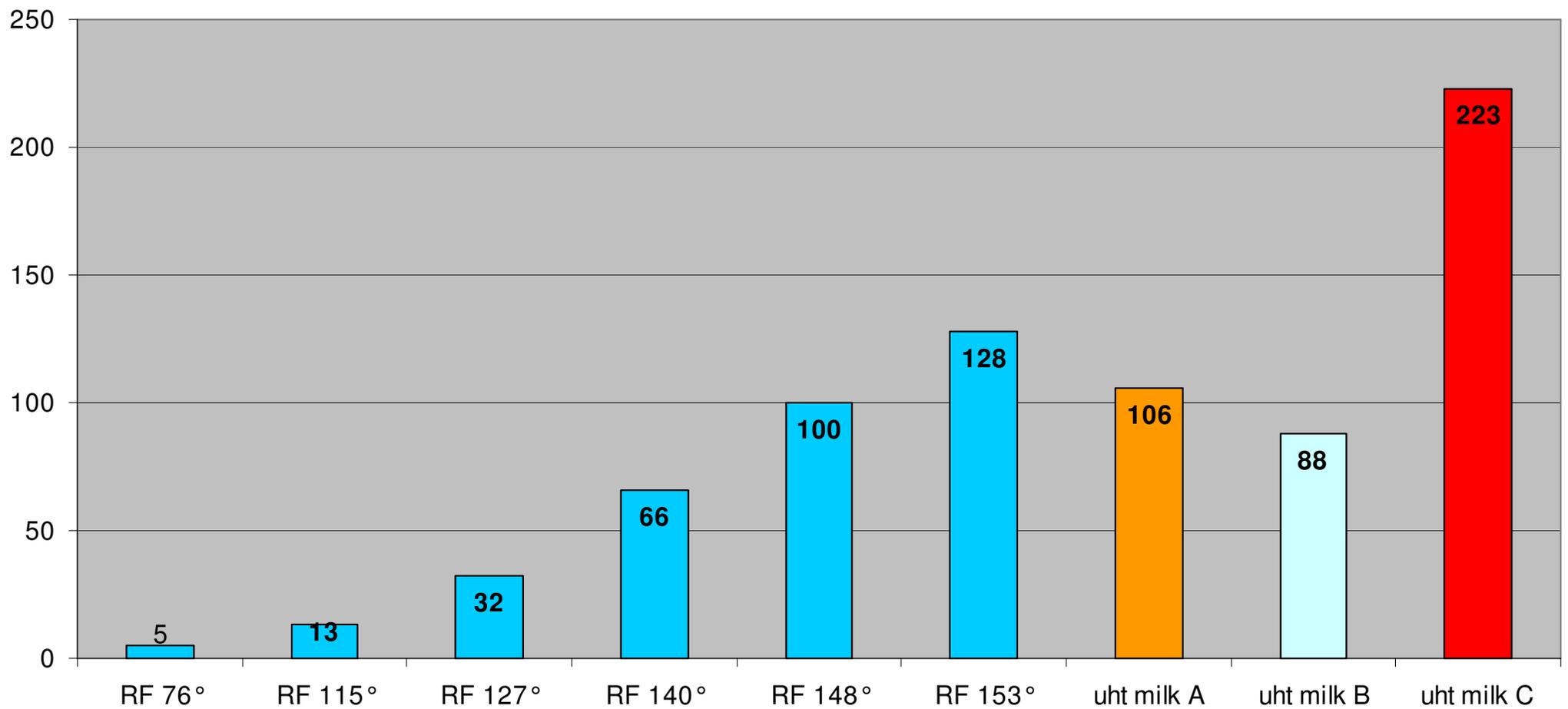
1° TEST 2° TEST 3° TEST MEDIA



## FUROSINE (mg/100g)

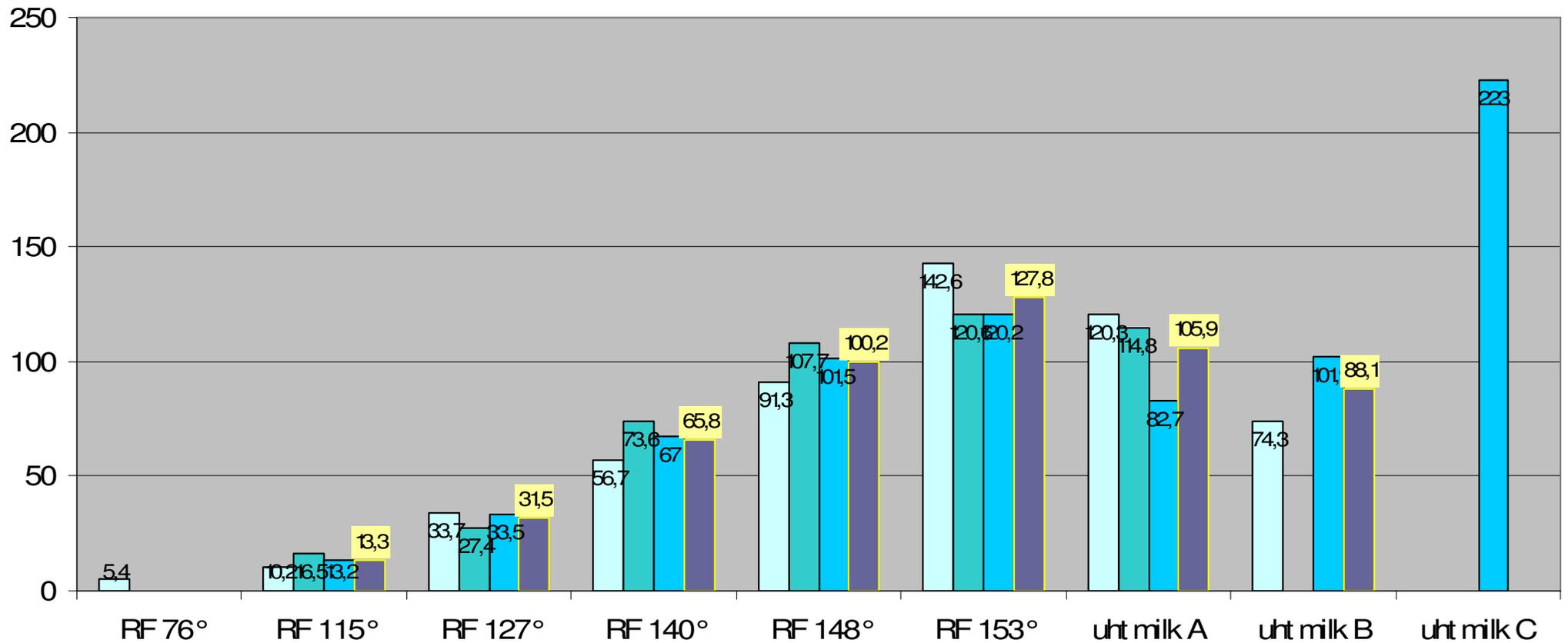


## FUROSINE (mg/100g)



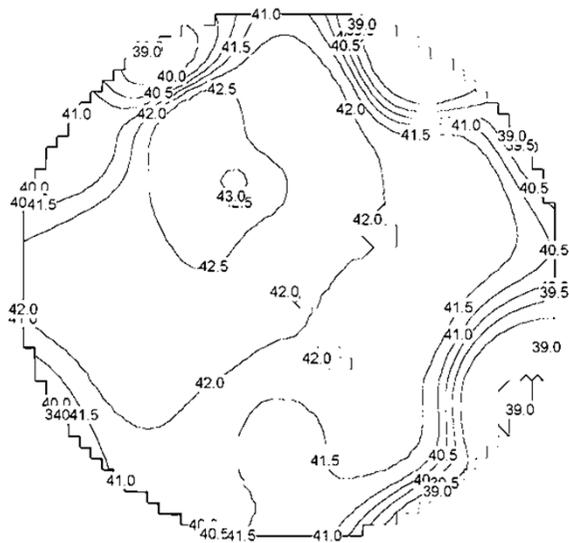
# FUROSINE (mg/100g)

1° TEST 2° TEST 3° TEST MEDIA



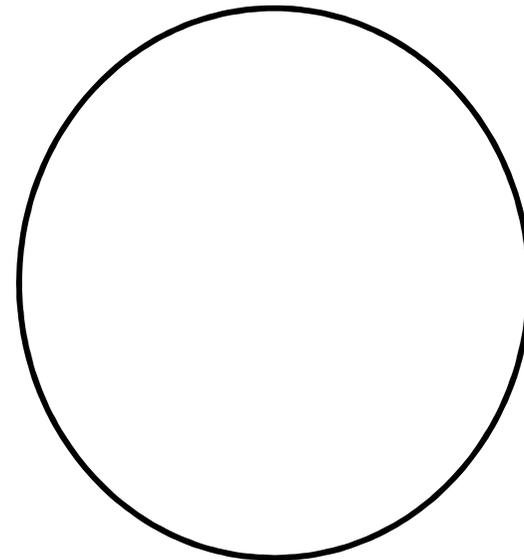
# МИКРО ВОЛНЫ и РАДИО ВОЛНЫ, примененные на МОЛОКЕ: СРАВНЕНИЕ

*Coronel, Simunovic, Sandeep – Journal Food of Science , Vol. 68, Nr.6, 2003*



**f = 915 MHz**  
**v = 0,042 m/s**  
 **$\Phi$  = 39 mm**  
**Re= 830**  
 **$\Delta T = 3.7 - 3^{\circ}\text{C}$**

*SIG Manzini – Cartigliano test (2003)*



**f = 27.12 MHz**  
**v = 0,233 m/s**  
 **$\Phi$  = 39 mm**  
**Re= 6700**  
 **$\Delta T \leq 0,3^{\circ}\text{C}$**

## Испытания применения РЧ на СОКАХ и ПЮРЕ

Нагревание получается однородным независимо от электрической проводимости и морфологии продукта

Вариации перепада температур не значительны

Выявляется значительное улучшение цвета в следствии применения радио волн. Термические полезные действия могут достигнуть значение 85/90% с энергетической компенсацией.

### ЗАКЛЮЧЕНИЯ РЧ НА СОКАХ И ПЮРЕ

Нагревание независимо от проводимости и морфологии продукта

Нагревание максимально быстрое и однородное (15-20°c/s для соков)

Значительное улучшение цвета и органолептических свойств

Возможность сократить термические традиционные циклы

# ЭЛЕМЕНТ ИЗДЕРЖЕК НА ГОТОВЫЙ ПРОДУКТ

Разница элемента издержек производства между РЧ и инъекцией паром:

| описание                             | € / л         | £ / л      |
|--------------------------------------|---------------|------------|
| Стоимость электроэнергии (РЧ)        | 0,0014        | 2,8        |
| Стоимость пара (инъекция паром)      | 0,0026        | 5,2        |
| <b>Сэкономленная разница на литр</b> | <b>0,0012</b> | <b>2,4</b> |

Подсчеты совершены, учитывая разницу температуры 10° на основании до настоящего времени совершенных испытаний, (инъекции пара 147° - РЧ 137°), на установке 7000 Л/ч с 9°Δt.

Учитывая экономию €0,0012 на литре, на установке 7000 Л/ч экономится 8,4 €/ч. (примерно 77,00 € за один рабочий день); Общая амортизация установки