

УДК 621.372.82

НАДВИСОКОЧАСТОТНИЙ ПАСТЕРИЗАТОР РІДКИХ ПРОДУКТІВ.

Бідар Педрам

Запропоновано конструкцію та розглянуто режими роботи пристрою пастеризації рідини. Встановлені необхідні концентрації енергії в зоні взаємодії рідини з електромагнітним полем.

Незважаючи на визначені причини, через які НВЧ пастеризація не набула широкого застосування, зацікавленість в розвитку даного напрямку не зникає. Пояснюється це можливістю створити в НВЧ пристроях енергетичний режим, який неможливий в традиційних теплових пастеризаторах - висока концентрація енергії в малих об'ємах і короткий час дії на об'єкт. Крім того, вплив НВЧ енергії на мікроорганізми має специфіку, яка полягає в розігріванні мікроорганізму з середини і одночасній силовій дії на клітинні мембрани і на весь організм, що призводить до його швидкого руйнування. Чим вища концентрація енергії, тим швидше руйнуються і гинуть мікроорганізми. Нижня межа щільності енергії в активній зоні, при якій згаданий процес реалізується, становить 680...700 Вт/см³. При розробці НВЧ пастеризаторів необхідно враховувати, що щільність енергії в активній зоні пристрою має бути не менше зазначеної і, що забезпечити таку щільність необхідно джерелами НВЧ енергії, потужність яких не перевищує 2000 Вт, бо саме такі джерела (магнетрони) випускаються серійно. Необхідно також врахувати, що магнетрони досить чутливі до коефіцієнта стоячої хвилі (КСХ), і при $КСХ \geq 1,2$ енергія, що генерується магнетроном, може суттєво зменшуватися.

Процес пастеризації в теплових і НВЧ пастеризаторах

В молоці, що надходить безпосередньо з ферм, в більшості випадків, налічується біля 500 000 бактерій в 1 мл. Традиційною тепловою пастеризацією (в трубчатих, пластинчатих пастеризаторах) знищується до 90% бактерій. Залишається в молоці приблизно 50 000 бактерій в 1 мл. Для високоякісного молока, особливо того, що призначено для дитячого харчування, залишкова кількість мікроорганізмів не повинна перевищувати 100-200 в 1мл. Швидкість нагрівання рідини, в згаданих вище пастеризаторах, не перевищує 1-4⁰С в секунду. Щоб знищити більше 90% бактерій при такій швидкості нагрівання, необхідна тривала, декілька хвилин, витримка при температурі рідини близько 100⁰С (зазвичай 94-96⁰С). Такий режим негативно впливає на споживчі характеристики продукту, так як при цьому руйнується більша частина важливих біологічно активних ферментів, збільшуються розміри жирових шариків, тощо. В активній зоні НВЧ пастеризатора, завдяки високій концентрації енергії (800-1000 Вт/см³) електромагнітного поля, темп нагрівання становить 200-400⁰С в секунду і більше,

достатній час витримки становить 0,05-0,08 секунди, при цьому середня температура рідини не перевищує 65 °С. Як згадувалося раніше, цей режим забезпечує 99,9% знищення бактерій і іншої мікрофлори, залишаючи неушкодженими важливі компоненти продукту.

Варіант пристрою, що досліджується наведено на рис. 1. Основою НВЧ частини пристрою є відрізок прямокутного хвилеводу 2 з розмірами поперечного перетину 90x45, закороченого з обох сторін. На кінцях хвилеводу розташовані два магнетрони 1 та 5 потужністю 2000 Вт НВЧ енергії кожен і узгоджені з ним шляхом підбору положення стінки, що утворює коротке замикання. Для підвищення щільності енергії і, відповідно, напруженості електричного поля в активній зоні використано металеву вставку 3 та металеву пластинку 6, що перетворюють прямокутний хвилевод на два П-подібні хвилеводи. В зоні розташування радіопрозорих трубок 4, по яких рухається рідина, що пастеризується, концентрація енергії підвищується в декілька раз в залежності від розмірів c та l металеві вставки. Кінці металеві вставки мають в перехідній частині клиновидну або ступінчасту форму. Довжина переходу вибирається так, щоб в межах $\pm 2\%$ від середньої частоти КСХ вставки не перевищувало 1,1. Радіопрозорі трубки 4 розташовані під кутом α до подовжньої осі хвилеводу на відстані $\lambda_{xв}/4$ одна від одної ($\lambda_{xв}$ - довжина хвилі в хвилеводі). Кут $\alpha = \arctg(d/L)$ і розраховується з умови мінімального значення КСХ. При малих внутрішніх діаметрах трубок $D \leq 1$ см, $L \approx \lambda_{xв}/4$; тоді $\alpha = \arctg 2(c+b)/\lambda_{xв}$.

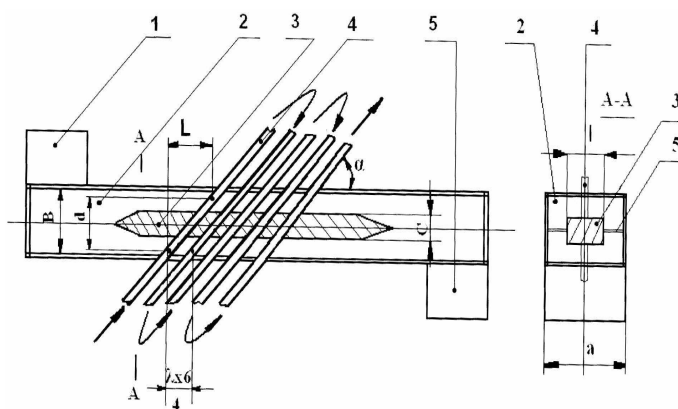


Рис. 1.

Таким чином, якщо відстань між металевією вставкою і широкою стінкою хвилеводу, що визначається як $(b-c)/2$, дорівнює 1см і внутрішній діаметр радіо прозорих кварцових трубок не більше 1см, а $l=(3...4)$ см, то при потужності магнетрона 2 кВ, концентрація енергії в зоні першої трубки досягає 1000 Вт/см^3 , тобто умови, необхідні для ефективно пастеризації будуть виконуватися, якщо система трубок з рідиною узгоджена так, що КСХ не перевищує 1,2. Магнетрони, що випускаються для промислового використання, мають розбіжності генерованого сигналу по частоті в межах 50МГц ($\pm 1\%$), то НВЧ пристрій має бути узгоджений в дещо ширшій смузі $\pm 50\text{МГц}$, або $\pm 2\%$.

Характеристики пристрою

Характеристики КСХ, як функції частоти в діапазоні частот від 2350 до

2550 МГц і в залежності від кількості радіо прозорих трубок з рідиною приведені на рис.2. Крива 1 відповідає системі з двох трубок, крива 2 знята при наявності 4 трубок і крива 3 відноситься до системи, в якій застосовано 6 трубок. В останньому випадку КСХ в діапазоні 2400 – 2500 МГц не перевищує 1,2. При застосуванні двох, включених зустрічно, магнетронів, необхідно запобігти взаємному впливу і максимально використати їх НВЧ енергію, що підвищить надійність роботи і коефіцієнт корисної дії пристрою. Для цього необхідно, щоб електромагнітна хвиля, яка рухається в одному напрямку, повністю поглиналася. Очевидно, що поглинання електромагнітної енергії залежить від кількості трубок і характеризується коефіцієнтом передачі.

Залежність коефіцієнта передачі від частоти і кількості трубок в пристрої наведена на рис. 3. Як і на рис. 2 крива 1 відповідає двом трубкам, крива 2 – чотирьом і крива 3 – шести. Очевидно, що при наявності в пристрої більше шести трубок електромагнітна хвиля практично повністю поглинається рідиною. Якщо з'єднати всі трубки послідовно, то рідина, що пастеризується (стерилізується), при наявності шести трубок в пристрої, 12 раз проходить зону високої концентрації поля, що гарантує високу ступінь знезараження рідини. Швидкість проходження рідини через активну зону розраховується так, щоб загальний час дії НВЧ енергії не перевищував 0,1- 0,15 секунди.

1. Для ефективної пастеризації рідини, необхідно створити в активній зоні пастеризатора щільність енергії, що перевищує $680-700 \text{ Вт/см}^3$.

2. При НВЧ потужності магнетронів 2000 Вт, наведених в тексті розмірах хвилеводу, металевій вставці і радіо прозорих трубок, та при відповідному узгодженні ефективний режим пастеризації забезпечується

3. Для досягнення необхідного значення КСХ і ефективної розв'язки магнетронів в робочій смузі частот, кількість радіо прозорих трубок повинна бути не менше шести.

Література

1. Остапенко А.М., Абу-Тавахин Методика расчёта режимов сверхвысокочастотной пастеризации плодово-ягодных соков и винодельческой продукции.// Виноград и вино России. № 1, 1995.
2. Панасенок В.Н. Применение микроволнового нагрева для инактивации микроор-

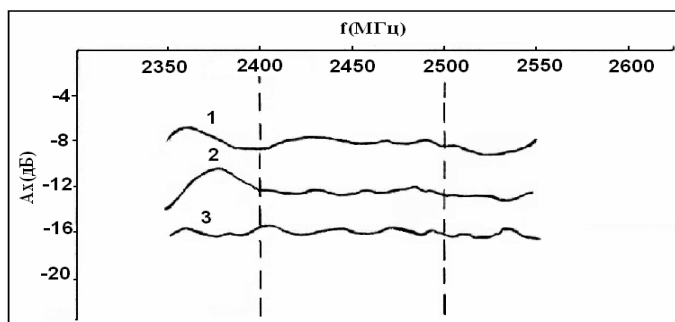
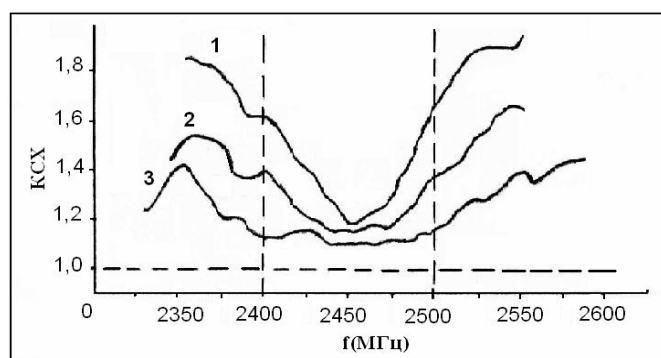


Рис. 3

- ганизмов. VI Всесоюзная научно-техническая конференция "Электрические методы обработки пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья". М.: 1989.
3. Патень України №25505, Н05В6/64, // Мікрохвильовий пристрій знезараження води, рідкого мулу, пастеризації молока та інших рідких речовин. Бюл. № 12, 2007.

Ключові слова: пастеризація, СВЧ пристрої для пастеризації	
Бидар Педрам	Bidar Pedram
Сверхвысокочастотный пастеризатор жидких продуктов	Microwave pasteurization of the liquid foods
Предложена конструкция и рассмотрена работа устройства пастеризации жидкостей. Установлены необходимые концентрации энергии в зоне взаимодействия жидкости с электромагнитным полем	Constriction devices for pasteurization of the liquid foods are proposed. Concentration energy that is necessary in region interaction of liquid with electromagnetic field are determined.