



УДК 637.133.3

DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-9

АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖУВАННЯ МОЛОКА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ

Кунденко М. П., д. т. н., <http://orcid.org/0000-0002-5841-4367>
Єгорова О. Ю., к. т. н., <http://orcid.org/0000-0001-8593-1557>
Бородай І. І., к. т. н., <http://orcid.org/0000-0003-1045-4076>
Кунденко О. М., аспірант*,
Шинкаренко І. М., інженер <http://orcid.org/0000-0002-1318-3323>
*Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка*
E-mail: n.p.kundenko@ukr.net, тел.: (057)712-28-33

Анотація - проведено огляд існуючих способів і технічних засобів для знезараження рідини з використанням електрофізичних факторів для теплової обробки молока, при цьому системний аналіз літературних джерел в області розробки технологічного обладнання для пастеризації і стерилізації, дозволив удосконалити процес знезараження молока і виявити ефективну модель пастеризаційної установки.

Ключові слова: молоко, ультразвук, електромагнітні хвилі, пастеризація, бактерії, випромінювання, інтенсивність.

Постановка проблеми. Виробництво молока в світі стійко збільшується. Використання традиційної технології пастеризації в теплообмінниках, без додаткового впливу, стає неефективним. Тому використовують технічні пристрої з різними фізичними факторами. Виявлено, що найбільш рентабельно знезараження такого молока проводити безпосередньо на молочнотоварних фермах. Відомо, що при використанні джерел ультрафіолетового (УФ) та інфрачервоного (ІЧ) випромінювання для знезараження молока, мікроорганізми залишаються життєздатними, так як стерилізується лише поверхнево. Питомі енергетичні витрати при використанні актінізатора (УФ-ІЧ впливу) становить 17,8 .. 18,6 кВт·год. /т.

Аналіз останніх досліджень. Використання НВЧ випромінювань в технології обробки молока відкриває великі перспективи. Удосконалення установок і систем для пастеризації молока на тваринницьких фермах і комплексах пов'язане з впровадженням більш продуктивних і ефективних агрегатів. В даний час поліпшення процесу пастеризації молока досягається в основному за рахунок:

© Кунденко М. П., Єгорова О. Ю., Бородай І. І., Кунденко О. М.,
Шинкаренко І. М.
Науковий керівник – Черенков О. Д., д.т.н., професор



- застосування поліпшених пластинчастих теплообмінних апаратів;
- ефективного використання тепла і холоду в технологічних лініях;
- застосування нових методів обробки молока [1, 2].

Головна функція надвисокочастотної установки використовуваної в лінії пастеризації молока - знизити кількість бактерій в молоці в процесі його пастеризації за допомогою пластинчастого теплообмінника. При цьому відбувається глибинне знезараження молока в кожній елементарній частинці, і бактеріальна мікрофлора досягає летального результату.

Метою роботи є аналіз системи знезараження молока в процесі пастеризації на фермах, що забезпечує поліпшення мікробіологічних показників.

Основні матеріали дослідження. Одним з найбільш перспективних методів обробки молока є застосування інфрачервоного і ультрафіолетового випромінювань, а також енергії електромагнітних випромінювань спектра радіохвиль. Це забезпечує безконтактну передачу енергії від джерела випромінювання до оброблюваної рідини. Експериментальна перевірка перших промислових апаратів для обробки молока із застосуванням ІЧ і УФ випромінювань, розроблених за кордоном, показала значну економічну ефективність і високу якість обробки молока [3, 4, 5].

Спосіб обробки молока електромагнітним випромінюванням (ЕМ) має переваги перед традиційною обробкою. Молоко служить гарним живильним, середовищем для різних мікроорганізмів: молочнокислих бактерій, кишкової палички, а також патогенної мікрофлори (туберкульозні палички, бруцельозні віруси та ін.). Для придушення мікрофлори вдаються до теплової пастеризації молока, яка складається в нагріванні до температури 65 ... 85 °С і витримки від 30 хв. до 10 с в залежності від температури [8, 9].

Режим пастеризації молока повинен забезпечити придушення патогенних мікроорганізмів, при збереженні всіх його якостей. При стерилізації знищуються всі мікроорганізми, що містяться в продукті. Найбільша збереження і якість молока досягаються при його обробці безпосередньо в місцях отримання, в господарствах.

Були проведені дослідження впливу інфрачервоного випромінювання в процесах пастеризації молока. Установка УОМ-ІК-1 забезпечує пастеризацію молока продуктивністю 1 т / год. при початковій його температурі від 6 до 35 °С і температурі пастеризації 78 ... 80 °С. Питома витрата електроенергії становить 0,016 ... 0,02 кВт·год./ т. Встановлена потужність 20 кВт. До складу установки входять зрівняльний бак, електрогідравлічний перепускний клапан, пульт управління, молочний насос, інфрачервоний пастеризатор, трубчастий витримувач, пластинчастий апарат з секціями



теплообміну. Секції інфрачервоного нагріву мають шістнадцять Ц-образних трубок кварцового скла, на яких навито спіралі з ніхрому, включених в електричний ланцюг паралельно. З них десять основних, чотири регулюючих режим пастеризації, дві запасні [1, 2].

Технологічний процес розпочинається з надходження молока в зрівняльний бак. Насос подає молоко в секцію рекуперації, де відбувається теплообмін його з гарячим пастеризованим молоком, далі на пастеризацію в секцію інфрачервоного опромінення і при температурі 80 ... 85 °С через перепускний клапан проходить в витримувач. Потім молоко направляється в рекуператор, де віддає теплоту, потоку холодного молока. Охолоджене в секції рекуперації молоко надходить послідовно через обидві секції охолоджувача і далі в резервуар для зберігання. При зниженні температури пастеризації молока нижче 77 °С, пропускний канал переводить потік молока на повторний обігрів. У Франції розроблені інфрачервоні пастеризатори (актінатори) для молока та інших харчових рідин. Дія їх заснована на високій поглинальній здатності молока до інфрачервоних променів. При опроміненні в тонкому шарі нагрів молока відбувається дуже швидко при невисоких витратах електроенергії, термін зберігання молока зростає в 1,5 рази. У процесах пастеризації молока набули розповсюдження електродні пастеризатори, які прості за принципом дії, але експлуатація цих пастеризаторів пов'язана з цілим рядом труднощів, наприклад, відбувається відкладення на електродах молочного каменю. При електродах з нержавіючої сталі допустима щільність струму не повинна перевищувати 0,1 А / см. Титанові електроди покриваються відкладеннями навіть при щільності струму, в 3 ... 5 разів перевищує допустиме значення.

Місцевий перегрів молока можливий при утворенні в камері нагрівання застійних зон, що свідчить про недосконалість обраної електродної системи. Класичним прикладом апаратів подібного типу є електродний пастеризатор професора Атена (Голландія). Пастеризатор складається з 6 окремих скляних циліндрів, 7 графітових пластинчастих електродів з отворами і працює на напрузі від 0,22 до 3 кВ. Для регулювання кінцевої температури молока від 70 до 85 °С, змінюють швидкість його протікання. В апараті низької напруги (220 В), при продуктивності 300 ... 500 л / год. і нагріванні від 10 до 70 °С, витрата електроенергії становить 0,071 кВт год./ т [4].

Розглянемо роботу високочастотної пастеризації, яка відрізняється швидкодією і рівномірністю прогріву молока, що забезпечує мінімальні зміни його фізико-хімічних властивостей. Високочастотний пастеризатор Е. П. Виноградова проточного типу мав циліндричну камеру з ізолюючого матеріалу, яку охоплювали з двох сторін обкладання високочастотного конденсатора [7].



За дослідженнями Е. П. Виноградова, найкращі результати пастеризації досягаються при частотах 35 ... 50 МГц і швидкості нагріву 40 °С в секунду. На відміну від низькочастотних (електродних) пастеризаторів, в яких теплоутворення відбувається в основному в водяній частині молока, при високочастотній пастеризації відбувається прямий нагрів і інших складових молока і, зокрема, мікроорганізмів, що дозволяє здійснювати селективний нагрів і за рахунок цього знижувати температуру пастеризації до 50 °С, підібравши частоту, найбільш згубну для мікроорганізмів. Витрата електроенергії в високочастотних пастеризаторах досить висока і становить 0,05 ... 0,06 кВт·год. / т.

Знезараження молока ультрафіолетовим і інфрачервоним опроміненням (актінізація) здійснюють за допомогою установок актінізаторів, що встановлюються в потокову технологічну лінію первинної обробки молока [5, 6]. Попередньо очищене і нормалізоване молоко молочним насосом подається з ємності в секцію регенерації і підігрівається теплом молока, що пройшов пастеризаційний цикл. Далі підігріте молоко надходить в картер ультрафіолетового опромінення, де, проходячи по кварцовим трубах, опромінюється ультрафіолетовим спектром променів. Під дією цього опромінення в молоці з провітамінів утворюється вітамін. Збагачене вітаміном молоко з картера ультрафіолетового опромінення надходить в іншу секцію - регенерації, додатково підігрівається і подається для пастеризації в картер інфрачервоного випромінювання, де встановлено шість інфрачервоних випромінювачів з циліндричними відбивачами. У цьому картері по трубах з кварцового скла турбулентним потоком протікає молоко зі швидкістю 2 ... 2,5 м / с і нагрівається інфрачервоним опроміненням до заданої температури 80 ... 85 °С. Інфрачервоні промені проникають через кварцове скло, не нагріваючи його, і всю енергію віддають молоку. Далі процес протікає за традиційною схемою.

Розроблено установки на основі впливу ультразвукових коливань. Для технічних цілей найбільшого поширення набув діапазон частот в межах від 16 до 1600 кГц [6]. Основні елементи системи ультразвукових коливань - це перетворювач, акустичний трансформатор швидкості і деталі кріплення. Найбільше поширення набули електричні джерела з п'єзоелектричними і магнітострикційними перетворювачами. В основі бактерицидної дії ультразвуку лежить механічна дія на бактерії, що викликає їх роздроблення. Руйнівна дія інтенсивних ультразвукових коливань в рідині обумовлена в основному явищем кавітації. Зона кавітації, в якій спостерігається бактерицидний ефект, називається зоною ефективної обробки [3, 5, 6].



Розглянемо знезараження молока бактерицидним випромінюванням. Є промислові установки для знезараження рідини з використанням бактерицидних ламп УФ випромінювань.

Установка бактерицидної обробки молока (УБТ-М) містить блок стерилізації, гідрозатвор, елементи приєднання молокопроводів і блок управління, які змонтовані в закритому й опечатаному корпусі.

Установка УБТ-М проста і надійна в експлуатації; налаштовується на будь-яку продуктивність від 1 до 3 т/год. Питома енергоємність становить 16,6 Вт·год. / л. Джерело живлення змінний струм 220 В, 50 Гц. Маса установки 50 ... 80 кг.

Достатня ефективність процесу пастеризації молока досягається впливом електромагнітного поля високої частоти. Для цього розроблені варіанти проточних і непроточних високочастотних пастеризаторів. При конструюванні систем електродів завдання зводиться до підвищення рівномірного розподілу напруженості електричного поля в оброблюваній рідині. Вони забезпечують мінімальні зміни його фізико-хімічних властивостей.

Головне завдання - це отримання високоякісного молока з більш тривалим терміном зберігання. Тому нами проаналізовані фізичні способи, які ми маємо сьогодні в сучасній технології. Це: магнітна обробка, інфрачервоні пастеризатори і електродні пастеризатори і т. д. Є технології знезараження молока УФ та ІЧ опроміненням, актінізатором. Після секції регенерації в цій технологічній лінії використовується УФ опромінення. Під дією цього опромінення в молоці з провітамінів утворюється вітамін Д, тобто поліпшується якість. Термічна обробка відбувається за допомогою інфрачервоного опромінення, а агентом нагріву є ІЧ промені, а не пар. Такий метод не ефективний при високому бактеріальному обсіменінні.

Висновок. Одним з найбільш перспективних методів обробки молока є застосування інфрачервоного і ультрафіолетового випромінювань, а також енергії електромагнітних випромінювань спектра радіохвиль. Це забезпечує безконтактну передачу енергії від джерела випромінювання до оброблюваного матеріалу. Найбільш перспективні апарати УФ та ІЧ опромінь молока закритого типу, що передбачають обмеження потоку молока і забезпечують турбулентний режим руху рідини, що сприяє кращому перемішуванню всієї маси молока. Використання таких апаратів дає можливість при розрахунках користуватися середньою дозою опромінення по перетину потоку молока, середньою швидкістю руху його, визначати ступінь знищення бактерій в процесі опромінення за усередненим значенням цих величин і часу опромінення. Спосіб обробки молока УФ -ІЧ-випромінюванням має переваги перед термічною обробкою, так як для здійснення процесу не потрібно котлів-пароутворювачів, окремих



приміщень. Тому, заміна екзогенного тепла на ендогенне тепло, актуальна. Використання УФ - НВЧ випромінювань в технології обробки молока відкриває великі перспективи. Однак цей метод не отримав ще широкого практичного застосування в нашій країні. НВЧ нагрів має значні переваги, що за рахунок перерозподілу енергії електромагнітного поля у всьому об'ємі продукту між клітинами мікроорганізмів і середовищем можна здійснити такі режими термообробки, при яких клітини будуть нагріватись швидше, ніж їх навколишнє середовище. Стерилізацію молока можна зробити при менших температурах і за коротший час.

Список використаних джерел

1. Кунденко М. П. Розробка нового обладнання для теплової обробки молока. *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Сер. Проблеми енергозабезпечення в АПК України*. Харків, 2001. № 6. С. 464-467.

2. Кунденко М. П., Кіптеле Л. В., Романченко М. А. Удосконалення інфрачервоного пастеризатора. Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування на підприємствах харчування. *Економічні проблеми торгівлі*. Харків, 2001. Ч. 1. С. 386-391.

3. Кунденко Н. П. Особенности распространения ультразвука в биологической среде. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2011. Вип. 11, т. 4. С. 181-186.

4. Кунденко М. П., Єгорова О. Ю., Бородай І. І., Шинкаренко І. М. Аналіз впливу ультразвукових полів на біологічні об'єкти. *Сучасний рух науки: матеріали VI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (м. Дніпро, 4-5 квітня 2019 р.). Дніпро, 2019. С. 606-611.

5. Кунденко М. П. Застосування акустичних полів в сільському господарстві. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. Харків, 2010. Вип. 102. С. 123-124.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

**Кунденко Н. П., Егорова О. Ю., Бородай И. И.,
Кунденко А. Н., Шинкаренко И. Н.**

Аннотація - проведено обзор существующих способов и технических средств для обеззараживания жидкости с использованием электрофизических факторов для тепловой обработки молока, системный анализ литературных



источников по технологическому оборудованию для пастеризации и стерилизации, позволил усовершенствовать процесс обеззараживания молока и выявить эффективную модель пастеризационной установки.

Ключевые слова: молоко, ультразвук, электромагнитные волны, пастеризация, бактерии, излучение, интенсивность.

ANALYSIS OF METHODS AND TECHNICAL MEANS FOR DISINFECTING MILK USING ELECTROPHYSICAL FACTORS

M. Kundenko, O. Yegorova, I. Boroday, O. Kundenko, I. Shynkarenko

Summary

One of the most promising methods of milk processing is the use of infrared and ultraviolet radiation, as well as the energy of electromagnetic radiation of the spectrum of radio waves, which provides contactless transmission of energy from the radiation source to the treated material. The most promising ultraviolet and inflammatory apparatuses of closed-type milk, which provide for limiting the flow of milk and provide a turbulent flow of fluid, facilitates better mixing of the whole milk mass. The use of such devices makes it possible, when calculations, to use the average dose of irradiation through the flow of milk, the average speed of its movement, to determine the degree of destruction of bacteria in the process of irradiation by the average value of these values and the time of irradiation. The method of milk processing with UV-IR radiation has advantages over heat treatment, since for the implementation of the process does not require boilers-steam generators, separate premises. Therefore, the replacement of exogenous heat with endogenous heat is relevant. The use of UV-UHF radiation in milk processing technology offers great prospects. However; This method has not yet received wide practical application in our country. Microwave heating has significant advantages that due to the redistribution of the energy of the electromagnetic field in the entire volume of the product between the cells of microorganisms and the environment, it is possible to make such heat treatment regimes, in which the cells will heat up faster than their environment. Sterilization of milk can be done at lower temperatures and in a shorter time. In most cases, the milk is heated by transferring heat from the outside to the inside: due to thermal conductivity. By rational selection of the oscillation frequency and parameters of the chambers, where microwave energy is converted into heat, it is possible to ensure a relatively uniform heat release over the volume of milk. It should be noted the ease of supplying microwave energy to any part of the heated milk.

Selective heating is based on the dependence of losses in milk on the wavelength, i.e. dependences of the dielectric loss tangent as a function of length, wave. In this case, in a multicomponent mixture of milk only those parts will be heated where the tangent of the dielectric loss angle is high. Traditionally, heat transfer occurs through convection, thermal conductivity and radiation; From here, the temperature gradient from the surface to the depth of the product is inevitable, and the greater, the lower the thermal conductivity. With the help of microwave energy, it is possible not only to evenly heat the milk in its volume, but also to obtain any given temperature distribution; Therefore, when microwave heating speeds up the technological process of milk processing.

Keywords: milk, ultrasound, electromagnetic waves, pasteurization, bacteria, radiation, intensity