

РАДІОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ЩІЛЬНОСТІ ПОПУЛЯЦІЇ МІКРООРГАНІЗМІВ

*Перегудов С. М., к.т.н., доц ; Ступаренко А. В., магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігора Сікорського», м. Київ, Україна*

Відомо, що радіометричні методи широко застосовуються у багатьох областях науки і техніки. Особливе місце серед них займають ті, що використовують високочутливі приймальні системи (радіометри) міліметрового діапазону для реєстрації власного випромінювання об'єктів, що спостерігаються [1]. Даний підхід, через особливості поширення міліметрових хвиль у водовмісних середовищах, дозволяє досліджувати характеристики поверхневих шарів різноманітних фізичних та біологічних об'єктів. У той же час, контроль стану рідких біосередовищ є невід'ємною складовою частиною технологічного процесу у виробництві та інших галузях життєдіяльності людини. Наприклад, в харчовій промисловості, коли застосовуються процеси бродіння, здійснюється контроль стану мікрофлори на поверхні продуктів [2]. Як правило, він базується на використанні біохімічних і біофізичних методів, які передбачають безпосередній контакт з об'єктом спостережень, що може впливати на розвиток вище зазначених процесів і, як наслідок, на якість продукції. Тому, на наш погляд, є доцільним застосування радіометричних, як безконтактних, методів для проведення такого контролю. Крім того, на відміну від традиційних, вони є більш оперативними, оскільки не передбачають окремого аналізу показників у спеціальних умовах. У даній роботі проведені дослідження електромагнітних показників мікрофлори молочнокислого середовища радіометричним методом з метою з'ясування доцільності його використання як одного з методів контролю технологічних процесів у харчовій промисловості, а також інших сферах народного господарства.

Якщо розглядати процес виготовлення молочнокислих продуктів, то біохімічні реакції, що відбуваються, є переважно екзотермічними і супроводжуються виділенням тепла. Такою, наприклад, є реакція бродіння. Крім того, процеси перетворення АТФ, як джерела енергії у живих клітинах, також супроводжуються теплообміном з навколишнім середовищем. Частина теплової енергії, що виділяє популяція мікроорганізмів, за законом Планка, перетворюється в електромагнітне випромінювання, у тому числі міліметрового діапазону. Воно має шумовий спектр, а спектральна щільність потужності шуму (СЩПШ) буде пропорційна кількості мікроорганізмів на поверхні контрольованого середовища, тобто буде характеризувати інтенсивність процесів, що супроводжують розвиток мікрофлори. Таким чином, представляється можливість використання радіометричних засобів для моніторингу стану мікрофлори у харчовій промисловості, або інших галузях.

В якості досліджуваних об'єктів були зразки не пастеризованого та пастеризованого молока. За рівнем випромінювання вони порівнювались з дистильованою водою. У кожному наборі зразків було по 5 екземплярів. Вимірювання величини СЩПШ кожного зразка проводилось за допомогою високочутливої радіометричної системи на частоті 45 ГГц. Вважаючи, що за технологією виготовлення молочнокислих продуктів температура середовища дорівнює 35-40°C, перед вимірами об'єкти досліджень витримувались в термостаті при температурі $40 \pm 1^\circ\text{C}$ протягом 1 години, а температура чутливих елементів радіометричної системи становила 20-25°C. Це забезпечувало необхідний надлишкової СЩПШ теплового випромінювання зразків у міліметровому діапазоні довжин хвиль. Слід зазначити, що власне випромінювання мікроорганізмів може складатися з теплового, рівноважного, що спричиняється простим нагрівом середовища мікрофлори, та з нерівноважного [1], причиною якого є нетеплові процеси, що вимушують коливатися заряджені частинки. Для розмноження в молоці різних бактерій, включаючи так звані бактеріальні культури, мають значення такі фактори, як тривалість періоду розмноження і наявність у середовищі поживних речовин. Розмноження мікроорганізмів в молоці відбувається в кілька фаз, які характеризуються різною щільністю популяції мікроорганізмів: а – фаза адаптації; б – фаза прискореного розвитку; в – фаза логарифмічного розмноження; г – фаза уповільнення; д – стаціонарна фаза; е – фаза відмирання (рис. 1) [2, 3]. Тому якщо зроблені авторами припущення вірні, часова СЩПШ експериментальних зразків матиме подібну форму.

Результати експериментальних досліджень (рис. 2) показали, що рівень електромагнітного випромінювання для зразків з молочною мікрофлорою через певний проміжок часу починає значно перевищувати рівень випромінювання контрольного зразка (дистильованої води). Це пов'язано з розвитком мікрофлори молока та збільшенням кількості мікроорганізмів. З часом випромінювання зменшується, у зв'язку з уповільненням процесів життєдіяльності та відмиранням мікроорганізмів.

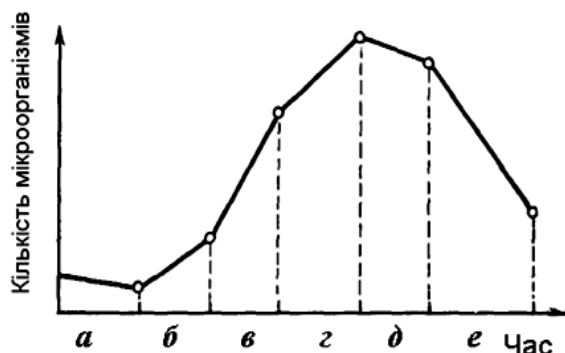


Рис. 1 – Крива розмноження мікроорганізмів в молоці (за даними роботи [2]).

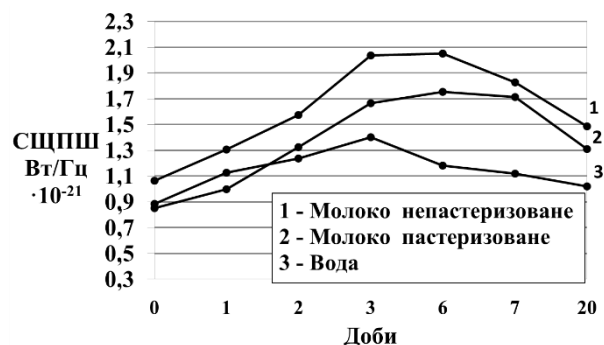


Рис. 2 – Усереднене значення СЩПШ експериментальних зразків.

Крім того, за формою отримана часова залежність СЩПШ нагадує часову зміну чисельності популяції молочної мікрофлори, що приводиться в літературі, наприклад, [2] (див. рис. 1).

Порівнюючи отримані результати з вже відомими даними по технології молочної промисловості [2], можна зробити висновок, що радіометричний метод дозволяє відслідковувати зміни стану мікрофлори, і може застосовуватися як безконтактний, достатньо оперативний метод контролю чисельності мікроорганізмів у певних технологічних процесах, наприклад, у харчовій промисловості, зокрема при виготовленні молочної продукції та виновиробів, де застосовуються процеси бродіння.

Автори вдячні проф. Яненку О.П. за цінні поради та надання можливості проведення досліджень в лабораторії мікрохвильової радіометрії та НВЧ вимірювань, яку він очолює.

Перелік посилань

1. Микроволновая радиометрия физических и биологических объектов / [Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф., Манойлов В.Ф. и др.] ; под общ. ред. Ю.А. Скрипника. – Житомир, 2003. – 408с.

2. Степаненко П. П. Микробиология молока и молочных продуктов: Учебник/ П.П. Степаненко. – Сергиев Посад: ООО «Все для Вас-Подмосковье», 1999. – 415 с.

3. Бурьян Н.И. Микробиология виноделия/ Н.И.Бурьян, Л.В.Тюрина – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 272 с.

4. Thuery J. Microwaves: Industrial, Scientifics, and Medical Applications/ Jacques Thuery. – Boston, London: Artech House, 1992. – 642 p

Анотація

Робота присвячена дослідженню власного випромінювання мікроорганізмів у рідкому, живильному середовищі. Проведені експериментальні дослідження, результати яких підтверджують залежність інтенсивності випромінювання від щільності популяції мікроорганізмів і можливість її контролю за допомогою радіометричних засобів.

Ключові слова: радіометричний метод, власне випромінювання, мікрофлора.

Анотация

Работа посвящена исследованию собственного излучения микроорганизмов в жидкой, питательной среде. Проведены экспериментальные исследования, результаты которых подтверждают зависимость интенсивности излучения от плотности популяции микроорганизмов и возможность ее контроля с помощью радиометрических методов.

Ключевые слова: радиометрический метод, собственное излучение, микрофлора.

Abstract

This work is devoted to the own radiation of microorganisms in nutrient fluid researching. The result of experiment confirms relation between own radiation intensity and the density of microorganisms population. The ability to control it using radiometric methods is confirmed.

Keywords: radiometric method , own radiation, microflora.