

ОЧИЩЕННЯ КОНЦЕНТРОВАНИХ СТОКІВ ВИРОБНИЦТВ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

Яцков М.В., Корчик Н.М., Беседюк В.Ю.

Національний університет водного господарства та природокористування,
Рівне, Україна
v.y.besediuk@nuwm.edu.ua

Концепція екологічно безпечного виробництва молочних продуктів розглядає виробничий процес як систему, що забезпечує комплексне використання цінних компонентів молочної сировини та зменшення кількості відходів і, за потреби, їх ефективне знешкодження. [1]

Найбільш екологічно небезпечним у молочній промисловості є виробництво різних видів сирів, які включають стадію добування білкового згустку. Виробничі процеси сирів, зокрема м'яких, можуть включати три основні технологічні підсистеми: підготовки молочної сировини, добування білкового згустку та поводження з відходами (Рис.1). [2]

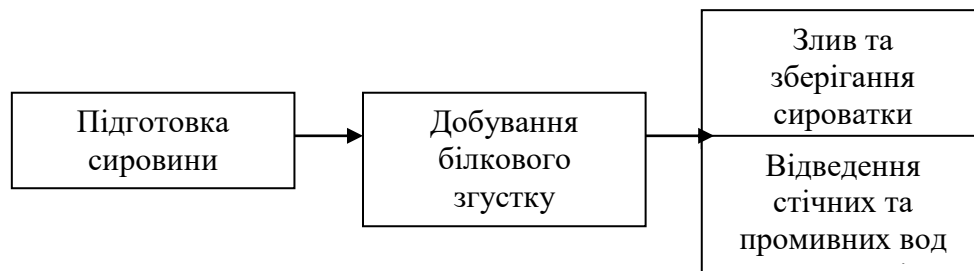


Рис.1. Основні технологічні підсистеми виробничих процесів м'яких сирів

Сироватка складає до 90% від об'єму усіх відходів, яка часто змішується з промивними водами від обладнання та потрапляє на очисні споруди, що призводить до порушення роботи споруд і до подальшого забруднення навколишнього середовища.

Дослідження показали, що після виробництва певних типів сирів сироватка може набувати кисло-відновлювальне середовище ($pH = 4,2-5,5$; $Eh = -0,05 \dots -0,2$ В) та слабо-кисло-відновлювальне середовище ($pH = 5,5-6,5$; $Eh = -0,05 \dots -0,2$ В). Сироватка з відновлювальним середовищем призводить до порушення оптимальних умов функціонування мікрофлори активного мулу як в аеробних так і анаеробних умовах, і як результат – зниження ефекту очистки (аеротенки, біофільтри). [3]

Це пояснюється високим рівнем редокс-чутливості анаеробних мікроорганізмів, що беруть участь у процесах окислення та мінералізації органічних забруднювачів стічних вод. Відновлювальне середовище інгібує процеси їх життєдіяльності та не дає можливості розвиватись мікрофлорі надалі, що у свою чергу призводить до зниження ефекту очищення в анаеробному блоці та значному збільшенні навантаження на аеробний блок, що викликає дисбаланс із запроєктованою потужністю аеробного блоку. Таким чином, порушується робота блоку біологічного очищення загалом.

Поряд з цим, сьогодні змінність концентрацій стічних вод виробництв сирів не співставляється з проектною потужністю очисних споруд, а стоки не поділяються на

потоки залежно від концентрацій домішок та значень основних параметрів, що окреслює актуальність даного питання.

Пропонується розділяти стоки за концентрацією на сильноконцентровані (з високим вмістом сироватки та розсоли після витримки згустку) зі значеннями ХСК > 1 г⁰²/дм³ та слабкоконцентровані (після миття обладнання) зі значеннями ХСК ≤ 1 г⁰²/дм³, за значеннями основних параметрів на потоки з кисло-окислювальним та з кисло-відновлювальним середовищем, тощо. Для сильноконцентрованих, здебільшого кисло-відновлювальних потоків необхідно забезпечувати попереднє індивідуальне очищення перед скидом у загальний стік.

Для попереднього індивідуального очищення сильноконцентрованих потоків було проведено дослідження за схемою, що передбачає поєднання хімічних та гідромеханічних процесів. Зокрема, по чергове внесення реагентів для регулювання кислотно-основної та окисно-відновної рівноваги водного середовища – Ca(OH)₂ та H₂O₂, залізовмісного коагулянту FeCl₃, флокулянту та наступне розділення утворених завислих речовин методом фільтрування від рідкої фази стоку. Результати проведених досліджень наведено в Табл. 1.

Таблиця 1

Процес індивідуального очищення сильноконцентрованих потоків

| Показники | Стоки на вході | Внесення 5% Ca(OH) ₂ | Внесення 20% H ₂ O ₂ | Внесення FeCl ₃ та флокулянту | Фільтрування (стоки на виході) |
|---|----------------|---------------------------------|--|--|--------------------------------|
| Об'єм, м ³ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Кількість, л/м ³ | - | 28 | 10 | - | - |
| Кількість, г/м ³ | - | - | - | 100 | - |
| ХСК, г ⁰ ² /дм ³ | 9,6 | - | - | - | 0,76 |
| pH | 5,6 | 10 | 10,3 | 9,6 | 8,15 |
| Eh, В | -0,15 | +0,08 | +0,09 | +0,13 | +0,15 |

Дані з таблиці свідчать про те, що внесення реагентів Ca(OH)₂ та H₂O₂ забезпечує зміну властивостей середовища від кисло-відновлювального (pH = 5,6, Eh = -0,015) до лужно-окислювального (pH = 10-10,3, Eh = +0,08...+0,09), що дозволяє подальшому внесенню FeCl₃ та флокулянту забезпечити утворення нерозчинних пластівців пергідроксо сполук заліза, що супроводжується подальшим окислюванням середовища (Eh = +0,13 В). Необхідно забезпечувати рециклінг та повторне використання осадів, що утворюються. Після фільтрування пластівців отримуємо вихідний стік із лужно-окислювальним середовищем та низькими значеннями ХСК = 0,76 г⁰²/дм³. Таким чином, ефект очищення за показником ХСК складає 92%.

Окремо варто зосередити увагу на зміні окисно-відновних властивостей водного середовища при попередньому очищенні, що може стати визначальним фактором впливу на блок подальшого біологічного очищення на очисних спорудах, враховуючи редокс-чутливість мікроорганізмів. Ряд проведених раніше досліджень вказують на

загальну тенденцію до зниження ефекту біологічного очищення за показником ХСК при більш низьких значеннях E_h , зокрема до 29% для зразків з різницею у 0,1-0,15 В за E_h .

Таким чином, низькі значення ХСК на виході у поєднанні з лужно-окислювальним середовищем дають підстави стверджувати про високу ефективність досліджуваної схеми попереднього очищення, що забезпечить подальшу стабільність роботи споруд та знизить поточні витрати. Попередньо очищені стоки надалі можна дозувати в загальний стік на очисні споруди.

Для подальшого очищення загального стоку пропонується типова схема, що передбачає комбінування механічних процесів з хімічними та біологічними процесами. За потреби можливо додавати допоміжний етап масообмінних процесів (адсорбція), що забезпечить комплексне очищення стічних вод виробництва сирів (Рис.2).

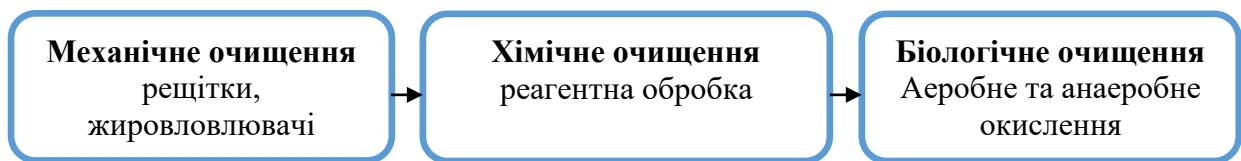


Рис.2. Типова схема очищення стічних вод виробництва сирів

Таким чином, розділення стоків на сильноконцентровані та слабкоконцентровані, забезпечення попереднього індивідуального очищення сильноконцентрованих потоків за запропонованою схемою, регулювання окисно-відновних умов середовища стоків та подальший рециклінг залишкових речовин, забезпечать підвищення екологічної безпеки виробництва сирів загалом.

Література:

1. Буркинський Б. Екологічно чисте виробництво. Наукові засади впровадження та розвитку // Вісник НАН України. – 2006. - №5. – с. 11-17.
2. Друзенко А.А., Корчик Н.М., Беседюк В.Ю. Екологічне виробництво молочних продуктів.// Харчова промисловість. – Київ: НУХТ, 2014. -№16. – с. 73-77.
3. Yatskov, M., Korchyk, N., & Besediuk, V. (2021). Design of systems for integrated processing of dairy raw materials in the cheese industry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(11 (111)), 80–87. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.234818>.