

CZU: 542:637

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p152-158

**OPTIMIZAREA SCHEMELOR TEHNOLOGICE DE PRE-TRATARE CHIMICĂ
PENTRU ELIMINAREA SUBSTANȚELOR FLOTANTE DIN APELE UZATE
ÎN INDUSTRIA ALIMENTARĂ**

**OPTIMIZING CHEMICAL PRE-TREATMENT SCHEMES FOR THE REMOVAL
OF FLOATING SUBSTANCES FROM WASTEWATER IN THE FOOD INDUSTRY**

Vişnevschi Alexandru, cerc. şt., USM, Institutul de Chimie
Spătaru Petru, dr., cerc. şt. coord., USM, Institutul de Chimie
Spînu Oxana, cerc. şt., USM, Institutul de Chimie
Povar Igor, dr. hab., şef lab., USM, Institutul de Chimie

Visnevschi Alexandru, scientific researcher Moldova State University, Institute of Chemistry
ORCID: 0000-0003-2049-8312

Spătaru Petru, PhD, Moldova State University, Institute of Chemistry
ORCID: 0000-0003-0589-1386

Spînu Oxana, scientific researcher Moldova State University, Institute of Chemistry
ORCID: 0000-0002-3166-1931

Povar Igor, dr. hab., head of laboratory, Moldova State University, Institute of Chemistry, email:
ORCID: 0000-0003-2536-6706, ipovar@yahoo.ca

Rezumat. Studiul se concentrează pe optimizarea schemelor tehnologice de pre-epurare pentru eliminarea substanțelor flotante din apele uzate din industriile de preparare a cărnii de pui și lactatelor. Metodele de flotare pneumatică și pre-tratarea chimică au fost elaborate și recomandate de prestatorii de servicii din industrie. Pentru ajustarea pH-ului au fost utilizate substanțe chimice precum sulfatul de aluminiu, floculantul cationic "Dry Flock 650" și hidroxidul de sodiu. În cazul industriei de lactate, testele și experimentele au determinat cantitățile optime necesare de coagulant, floculant și sodă caustică pentru tratarea a 120-130 m³ de apă zilnic, generând economii semnificative în comparație cu propunerile existente. În cadrul industriei de preparare a cărnii de pui, s-au obținut rezultate similare, cu economii de costuri considerabile prin implementarea schemei tehnologice propuse. Implementarea acestor scheme tehnologice a dus la o scădere semnificativă a costurilor operaționale, reprezentând economii efective de 508 mii lei pe an pentru industria lactatelor și 2088 mii lei pe an pentru industria cărnii de pui. Studiul subliniază eficacitatea și viabilitatea acestor scheme tehnologice în contextul specific al celor două industrii, oferind o soluție sustenabilă și economică pentru tratarea apelor uzate.

Cuvinte-cheie: ape uzate, flotare pneumatică, industria de lactate, industria de preparare a cărnii de pui, schemă tehnologică, substanțe flotante.

Abstract. This study focuses on optimizing pre-treatment technological schemes for the removal of floating substances from wastewater in the poultry and dairy processing industries. The methods of pneumatic flotation and chemical pre-treatment have been developed and recommended by service providers in the industry. Chemical substances such as aluminum sulfate, cationic flocculant "Dry Flock 650," and sodium hydroxide were used for pH adjustment. In the dairy industry, tests and experiments determined the optimal quantities of coagulant, flocculant, and caustic soda needed for treating 120-130 m³ of water daily, resulting in significant savings compared to existing proposals. Similar results were obtained in the poultry processing industry, with considerable cost savings through the implementation of the proposed technological scheme. The implementation of these technological schemes led to a significant reduction in operational costs, representing effective savings of 508 thousand lei per year for the dairy industry and 2088 thousand lei per year

for the poultry industry. This study emphasizes the effectiveness and viability of these technological schemes in the specific context of both industries, providing a sustainable and economical solution for wastewater treatment.

Keywords: *wastewater, pneumatic flotation, dairy industry, poultry processing industry, technological scheme, floating substances.*

Introducere

În domeniul gestionării apelor uzate industriale, optimizarea schemelor tehnologice de pre-epurare reprezintă un efort esențial pentru a aborda preocupările ambientale și a asigura practici durabile. Studiul efectuat se adâncește în rafinarea acestor scheme, vizează în mod specific îndepărtarea substanțelor flotante din apele uzate, generate în industria procesării cărnii de pui și a laptelui [1-12]. Metodologiile utilizate se concentrează pe flotarea pneumatică și pre-tratarea chimică, elaborate și recomandate de furnizorii de servicii din industrie. Arsenalul chimic implicat în aceste procese include sulfatul de aluminiu, floclantul cationic "Dry Flock 650" și hidroxidul de sodiu, utilizate strategic pentru ajustarea nivelului de pH al apelor uzate. Două sectoare industriale distincte, industria laptelui și industria procesării cărnii de pui, au fost supuse unor teste și experimente meticuloase pentru a determina cantitățile optime de coagulant, floclant și sodă caustică necesare pentru tratarea zilnică a unor volume de apă cuprinse între 120-130 m³ în sectorul laptelui și 200 m³ în procesarea cărnii de pui. Rezultatele relevă beneficii economice semnificative obținute în urma implementării schemelor tehnologice propuse. Acest studiu subliniază eficacitatea și viabilitatea schemelor tehnologice optimizate în contextele unice ale industriei laptelui și a celei de procesare a cărnii de pui, oferind o soluție durabilă și economică pentru tratarea apelor uzate. Pe măsură ce ne aventurăm în această explorare, accentul rămâne pe echilibrarea productivității industriale cu responsabilitatea față de mediu, deschizând calea către un viitor mai verde și mai eficient în gestionarea apelor uzate.

Rezultate și discuții

În cadrul schemelor tehnologice de pre-epurare, care utilizează atât metoda de flotare pneumatică pentru apele uzate, cât și cea de pre-tratare chimică, elaborate și recomandate de prestatorii de servicii din industria de procesare a cărnii de pui S.R.L. „Floreni” și industria lactică S.R.L. „Sandriliona”, s-a reliefat utilizarea unor substanțe chimice esențiale. Printre acestea se numără sulfatul de aluminiu sub formă de pulbere (50% Al₂O₃), un floclant cationic denumit „Dry Flock 650” și hidroxidul de sodiu (sodă caustică sub formă de solzi), acestea fiind implicate în ajustarea nivelului de pH.

În ceea ce privește industria de lactate S.R.L. „Sandriliona”, rezultatele testelor și experimentelor, efectuate de autorii lucrării prezente, au relevat că, pentru o zi de funcționare, este necesar 40 kg de coagulant, 0.3 kg de floclant și aproximativ 45-50 kg de sodă caustică pentru tratarea unui volum zilnic de apă de 120-130 m³. În industria prelucrării cărnii de pui S.R.L. „Floreni”, cantitățile necesare de coagulant, floclant și sodă caustică pentru tratarea apelor uzate au fost estimate la 300 kg, 0.6 kg și, respectiv, aproximativ 146 kg, în contextul unui volum zilnic de apă tratată de 200 m³. Aceste constatări subliniază importanța și specificul substanțelor chimice utilizate în procesul de epurare, oferind perspective asupra necesităților operaționale și eficienței schemei tehnologice în fiecare dintre aceste industrii distincte.

În scopul optimizării consumului de reactivi, au fost efectuate multiple titrări potențimetrice, relevând că apele uzate provenite din industria de lactate manifestă o capacitate de tamponare semnificativă în intervalul de pH 6.3-6.5. În consecință, este necesară o cantitate considerabilă de

sodă caustică în fiecare zi pentru a ajusta pH-ul la valorile critice de 7.8-8.0, esențiale pentru eficiența coagulantului $Al_2(SO_4)_3$.

Au fost investigate proprietățile altor coagulanți disponibili pe piața reagenților industriali, precum $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, $Al_n(OH)_{(3n-m)}Cl_m$ (clorură de polialuminiu), în intervalul de valori eficiente ale pH-ului. De asemenea, au fost efectuate teste de probă pentru procesele de coagulare-floculare în asociere cu diferiți floculanți, cum ar fi „SuperFlock”, „DryFlock” și „FR8564”, la diverse niveluri de pH. Figurile 1 și 2 ilustrează câteva dintre experimentele de laborator.

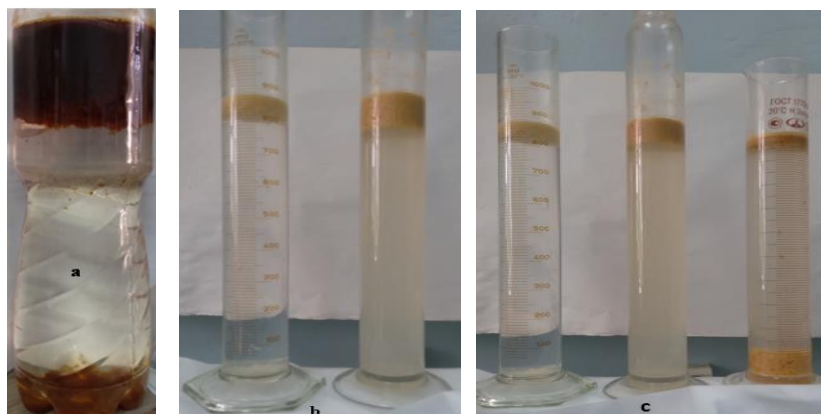


Fig. 1. Teste de floculare și flotare efectuate cu apa uzată provenită de la fabrica de înghețată S.R.L. „Sandrilionă”



Fig. 2. Teste de floculare și flotare realizate cu apa uzată provenită de la procesarea cărnii de pui la S.R.L. „Floreni”

În procesul analizei proprietăților coagulare-floculare și a testelor practice, s-a elaborat o recomandare pentru schema tehnologică de pre-tratare chimică, cu scopul de a elimina substanțele flotante din apele uzate generate de producția întreprinderii S.R.L. „Sandrilionă”. Această recomandare include utilizarea coagulantului $Al_n(OH)_{(3n-m)}Cl_m$, cu un interval eficient de pH între 5 și 9, în asociere cu floculantul „FR8564”. În situații excepționale, în care pH-ul scade sub 5.5 (situații rare, dar luate în considerare în cadrul experimentelor), se sugerează adăugarea de sodă caustică.

Studiul a fost implementat pe instalația industrială de flotare instalată la S.R.L. „Sandrilionă” ce funcționează la un debit de $8.8 \text{ m}^3/\text{h}$ ($210 \text{ m}^3/\text{zi}$). Rezultatele testelor industriale au evidențiat că schema tehnologică propusă permite o reducere semnificativă a poluanților din apele uzate în comparație cu rata propusă de alt prestator de servicii tehnologice, în special în ceea ce privește Consumul Chimic de Oxigen (CCO_{Cr}) și Consumul Biochimic de Oxigen (CBO_5). Detaliile acestor rezultate sunt disponibile în Tabelele 1 și 2. Schema tehnologică de pre-tratare chimică, elaborată și recomandată de echipa de cercetători din Laboratorul „Metode Fizico-chimice de Cercetare și

Analiză" (LMFCCA) al Institutului de Chimie al Universității de Stat din Moldova, implică utilizarea unor substanțe specializate. Coagulantul selectat este clorură de polialuminiu în formă de soluție (cu un conținut de 18% Al_2O_3), acompaniat de flocculantul cationic denumit „FR8564” sub formă de pulbere și de hidroxid de sodiu (sodă caustică în formă de solzi) pentru ajustarea pH-ului. În rezultatul testelor și experimentelor efectuate pe instalație, s-a constatat că pentru o zi de funcționare se impune o cantitate de 43 kg de coagulant, 0.25 kg de flocculant, iar utilizarea sodei caustice este practic exclusă (fiind necesară doar în cazurile rare de pH sub 5.5, cu un consum neglijabil), pentru un volum zilnic de apă tratată de 120-130 m³.

Implementarea schemei tehnologice propuse la întreprinderea S.R.L. „Sandriliona” a generat o reducere semnificativă a costurilor operaționale asociate achiziției reactivelor pentru procesele de coagulare și flocculare. Costurile au fost reduse de la 1898 lei/zi la 506 lei/zi, reprezentând astfel o economie efectivă de 508 mii lei pe an.

Tabelul 1. Indicii testelor Consumului Chimic de Oxigen și Consumului Biochimic de Oxigen

Testele de încercare	Indicatori de calitate			
	Materii în suspensie (MS)	Consum chimic de oxigen (CCO _{Cr})	Consum biochimic de oxigen (CBO ₅)	Grăsimi
*Influentul, mg/L	838.6	3060.3	1550.3	371
**Efluentul E, mg/L	251.58	2448.24	1240.24	74.2
Randament de tratare, %	70	20	20	80
***Efluentul R ₁ , mg/L	255	1820	1010	82
Randament de tratare, %	70	41	35	78
****Efluentul R ₂ , mg/L	247.4	751.9	710.2	23.2
Randament de tratare, %	70	75	54	94
Randament mediu de tratare după metoda recomandată, %	70	58	45	86

* indicii testelor conform raportului de încercare al Laboratorului investigații de mediu (amonte stației de pre-epurare).

**conform Randamentului de tratare prevăzut de producătorul utilajului și tehnologiei instalat la S.R.L. "Sandriliona" (în aval de stația de pre-epurare).

*** indicii testelor conform raportului de încercare al Laboratorului investigații de mediu (în aval de stația de pre-epurare).

**** indicii testelor conform raportului de încercare al Laboratorului central de ape uzate S.A. "Apă-Canal Chișinău" (în aval de stația de pre-epurare).

Tabelul 2. Compararea eficienței tratamentului

Indicatori de calitate	Randament de tratare la S.R.L. "Sandriliona"	Randament de tratare propus
Materii solide în suspensie (MSS)	80-70%	70%
Consum chimic de oxigen (CCO _{Cr})	20%	58%
Consum biochimic de oxigen (CBO ₅)	20%	45%
Grăsimi	90-50%	86%

Pentru industria de procesare a cărnii de pui, S.R.L. „Floreni”, s-au examinat proprietățile altor coagulanți disponibili pe piața reactivelor industriale, cum ar fi $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$ și clorură de polialuminiu, în intervalul de pH la care aceștia își manifestă eficacitatea. În plus, au fost efectuate teste de probă pentru procesele de coagulare-flocculare, utilizând diverși flocculanți, precum

„SuperFlock”, „DryFlock” și „FR8564”, la diferite niveluri de pH, cu scopul identificării celui mai eficient proces de tratare a apelor uzate. În urma analizei proprietăților de coagulare-floculare și a testelor practice, s-a elaborat o recomandare pentru optimizarea schemei tehnologice de pre-tratare chimică, cu scopul de îndepărtare a substanțelor flotante din apele uzate generate în cadrul producției la întreprinderea S.R.L. „Floreni”. Această recomandare presupune utilizarea FeCl_3 ca agent coagulant, având un pronunțat efect decolorant și oxidant asupra substanțelor coloidale, în combinație cu floculantul „SUPERFLOC C-495HMW”. Rezultatele acestui studiu au fost validate pe instalația industrială de flotare instalată la S.R.L. „Floreni” cu un debit de $35 \text{ m}^3/\text{h}$ ($200\text{-}500 \text{ m}^3/\text{zi}$).

În concluzie, schema tehnologică de pre-tratare chimică, dezvoltată și recomandată de grupul de cercetători din Laboratorul „Metode Fizico-chimice de Cercetare și Analiză” al Institutului de Chimie al Universității de Stat din Moldova, implică utilizarea unor substanțe specifice. Coagulantul identificat este FeCl_3 sub formă de soluție (cu o concentrație de 40%), însoțit de floculantul cationic denumit „SUPERFLOC C-495HMW” sub formă de pulbere. În urma testelor și experimentelor efectuate pe instalație, s-a constatat că volumul necesar de coagulant pentru o zi de funcționare este de 120 kg, cantitatea de floculant necesară este de 1.2 kg, iar utilizarea de sodă caustică este practic exclusă la un volum zilnic de apă tratată de 200 m^3 .

Rezultatele testelor industriale au confirmat că schema tehnologică propusă aduce o reducere semnificativă a costurilor pentru substanțele de pre-tratare chimică, menținând eficacitatea eliminării poluanților din apele uzate, în special în ceea ce privește *Materiile în Suspensie*, *Fosforul total* și agenții de suprafață anionici, la care rata de utilizare se înregistrează în mod semnificativ. Detaliile acestor rezultate pot fi consultate în Tabelul 3.

Tabelul 3. Rezultatele investigațiilor de laborator și rata de eliminare a poluanților

Parametrul de calitate, mg/L	În conformitate cu schema existentă la S.R.L. "Floreni"			În conformitate cu schema propusa de Institutul de Chimie al USM		
	Influent	Efluent	Rata de eliminare	Influent	Efluent	Rata de eliminare
pH	6.89	6.58	4.5	6.75	6.26	7.3
Materii în suspensie	1078.5	248.2	77.0	564	33	94.1
Consum chimic de oxigen CCO_{Cr}	5381.3	1079.2	79.9	2744.1	785.1	71.4
Consum biochimic de oxigen, CBO_5	2526.1	611.1	75.8	1281	376	70.6
Cloruri, (Cl^-)	981.3	811.9	17.3	616.7	832.1	-34.9
Azot amoniacal, (NH_4^+)	120.1	51	57.5	85	35.6	58.1
Fosfor total, (P_{tot})	27.4	2.5	90.9	26	0.55	97.9
Agent de suprafață anionic	3.69	1.32	64.2	0.52	0.14	73.1

Implementarea schemei tehnologice propuse de echipa LMFCCA de la Institutul de Chimie al USM la întreprinderea S.R.L. „Floreni” a dus la o reducere semnificativă a costurilor operaționale legate de achiziționarea reactivelor pentru coagulare și floculare. Astfel, costurile au fost reduse de la 7862 lei pe zi la 1170 lei pe zi, ceea ce se traduce printr-o economie efectivă de 2088 mii lei pe an.

Concluzii

Studiul axat pe optimizarea schemelor tehnologice de pre-epurare pentru eliminarea substanțelor flotante din apele uzate provenite din industriile de preparare a cărnii de pui și lactatelor evidențiază eficacitatea și viabilitatea abordării propuse.

În vederea ajustării pH-ului, s-au utilizat substanțe chimice precum sulfatul de aluminiu, floculantul cationic „Dry Flock 650” și hidroxidul de sodiu, contribuind la eficiența proceselor de epurare.

În industria lactatelor, testele și experimentele au permis determinarea cantităților optime de coagulant, floculant și sodă caustică pentru tratarea a 120-130 m³ de apă zilnic, generând economii semnificative în comparație cu propunerile anterioare. Industria de preparare a cărnii de pui a înregistrat rezultate similare, cu economii notabile prin implementarea schemei tehnologice propuse.

Implementarea schemelor tehnologice elaborate a condus la o reducere semnificativă a costurilor operaționale, reflectând economii efective de 508 mii lei pe an pentru industria lactatelor și 2088 mii lei pe an pentru industria cărnii de pui.

În concluzie, acest studiu subliniază nu doar eficacitatea schemelor tehnologice elaborate și utilizate, ci și viabilitatea lor în contextul specific al celor două industrii, oferind o soluție sustenabilă și economică pentru tratarea eficientă a apelor uzate.

Lucrarea a fost realizată în cadrul Programului instituțional de cercetare al Universității de Stat din Moldova pentru perioada 2024-2027, subprogramul „Cercetări avansate în chimia computațională și ecologică, identificarea procedeelelor tehnologice de tratare, formare a calității și cantității apelor”, Cod 010603.

Bibliografie:

1. SHRIVASTAVA, V.; ALI, I., MARJUB, M. M.; RENE, E. R.; & SOTO, A. M. F. Wastewater in the food industry: Treatment technologies and reuse potential. *Chemosphere*. 2022, 293, 133553. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133553>
2. HAN, J.; BYUN, J.; KWON, O. & LEE, J. Climate variability and food waste treatment: Analysis for bioenergy sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022, 160, 112336. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112336>
3. STASINAKIS, A. S.; CHARALAMBOUS, P. & VYRIDES, I. Dairy wastewater management in EU: Produced amounts, existing legislation, applied treatment processes and future challenges. *Journal of Environmental Management*. 2022, 303, 114152. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114152>
4. ANKOLIYA, D.; MUDGAL, A.; SINHA, M. K.; PATEL, V. & PATEL, J. Application of electrocoagulation process for the treatment of dairy wastewater: A mini review. *Materials Today: Proceedings*. 2023, 77, p. 117-124. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.10.254>
5. MALOLLARI, I.; PINGULI, L.; BUZO, R.; LAJQI, V.; MAKOLLI, S. & CANI, X. H. Actual situation of wastewater from food industry and a case study of their treatment. *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 2019, 20 (1), 432-438.
6. BEIU, M.; MELENTIEV, E. Dinamica modificărilor nutrienților în procesul de epurare a apelor uzate. In: *Cercetarea și inovarea educației din perspectiva exigențelor actuale ale pieții muncii*. 2021. p. 48-54.
7. ŠUŠTERŠIČ, V.; NEŠOVIĆ, A.; GORDIĆ, D.; ĐONOVIĆ, K. & TERZIĆ, I. An overview of wastewater treatment from the milk and dairy industry-case study of Central Serbia. *Desalination and Water Treatment*. 2018, 133, p. 10-19. doi: 10.5004/dwt.2018.23006
8. ONET, C.; TEUSDEA, A.; ONET, A.; PANTEA, E.; SABAU, N. C.; LASLO, V.; ... & AGUD, E. Comparative study of dairy and meat processing wastewater characteristics. *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 2018, 19 (2), p. 508-514.

9. ALEKSIC, N.; NEŠOVIĆ, A.; ŠUŠTERŠIČ, V.; GORDIĆ, D. & MILOVANOVIĆ, D. Slaughterhouse water consumption and wastewater characteristics in the meat processing industry in Serbia. *Desalination Water Treatment*, 2020, 190, p. 98-112. doi: 10.5004/dwt.2020.25745
10. PANTEA, E. V. *Studiul proceselor de epurare a apelor reziduale provenite de la unitățile alimentare*. PhD Thesis. Timișoara: Editura Politehnica, 2010.
11. ONEȚ, C. & ONEȚ, A. Management of the wastewater discharged by the milk and meat processing factories. *Analele Universității din Oradea, Fascicula: Protecția Mediului*. 2011, 16, p. 430-434.
12. TOMMASO, G. Effluents from the food industry. In: *Hygienic design of food factories*. Woodhead Publishing, 2011, pp. 606-622.