



## CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.277986

**DETERMINATION OF THE RESISTANCE OF WATER-REPELLENT PROPERTIES TO ULTRAVIOLET RADIATION ON SELF-HYDROPHOBIZED SURFACE TEXTURES OF AISI 304 STEEL**

pages 6–9

**Denys Baklan**, Postgraduate Student, Department of Chemical Technology of Composition Materials, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: d.baklan@kpi.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6608-0117>

In this work, the object of the study were femtosecond laser textured steel samples. Using a femtosecond laser to texture the surface both in the direct-beam mode, which provides microtextures, and in the reflection mode, which leads to the formation of LIPSS-type nanostructures on the surface. Such hybrid complexes are optimal in terms of water repellency as they embody the principle of hierarchical textures. This approach is one of the promising ways to solve the problem of scaling the process of obtaining superhydrophobic metal surfaces. The aim of the work is to establish the stability of water-repellent properties of micro- nanotextures obtained on the surface of AISI 304 steel after spontaneous hydrophobization under the action of UV radiation. The study of the obtained textured surface by scanning electron microscopy to confirm the presence of nanotexture and by energy-dispersive X-ray spectroscopy to establish the elemental composition of the obtained microtexture were made in the work. The paper shows that the water repellency of AISI 304 steel surfaces textured at micro and nano levels by femtosecond laser after long exposure to the atmosphere increases to a superhydrophobic state with the value of contact angles up to 155°. It has been shown that such surfaces are sensitive to UV radiation. Depending on the type of structure, the loss of hydrophobicity under experimental conditions occurs in 15–45 minutes of exposure, and complete hydrophilization of the surface occurs after 100 minutes of irradiation. As a result, the obtained self-hydrophobic surfaces are not suitable for operation under the influence of sunlight. However, ultraviolet radiation can be used to pre-clean such surfaces from adsorbed organic contaminants.

**Keywords:** water contact angle, surface tension, water repellent coatings, superhydrophobicity, femtosecond laser, AISI 304 steel.

**References**

1. Webb, H. K., Crawford, R. J., Ivanova, E. P. (2014). Wettability of natural superhydrophobic surfaces. *Advances in Colloid and Interface Science*, 210, 58–64. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2014.01.020>
2. Choi, W., Tuteja, A., Mabry, J. M., Cohen, R. E., McKinley, G. H. (2009). A modified Cassie-Baxter relationship to explain contact angle hysteresis and anisotropy on non-wetting textured surfaces. *Journal of Colloid and Interface Science*, 339 (1), 208–216. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2009.07.027>
3. Cheng, B. K., Naccarato, B., Kim, K. J., Kumar, A. (2016). Theoretical consideration of contact angle hysteresis using surface-energy-minimization methods. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 102, 154–161. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.06.014>
4. Zhuang, Y. X., Hansen, O. (2009). Correlation of Effective Dispersive and Polar Surface Energies in Heterogeneous Self-Assembled Monolayer Coatings. *Langmuir*, 25 (10), 5437–5441. doi: <https://doi.org/10.1021/la804318p>
5. Gomes, D. J. C., de Souza, N. C., Silva, J. R. (2013). Using a monocular optical microscope to assemble a wetting contact angle analyser.

*Measurement*, 46 (9), 3623–3627. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.07.010>

6. Ruben, B., Elisa, M., Leandro, L., Victor, M., Gloria, G., Marina, S. et al. (2017). Oxygen plasma treatments of polydimethylsiloxane surfaces: effect of the atomic oxygen on capillary flow in the microchannels. *Micro & Nano Letters*, 12 (10), 754–757. doi: <https://doi.org/10.1049/mnl.2017.0230>
7. Fan, H., Su, Y., Song, J., Wan, H., Hu, L., Zhang, Y. (2019). Design of «double layer» texture to obtain superhydrophobic and high wear-resistant PTFE coatings on the surface of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Ni layered ceramics. *Tribology International*, 136, 455–461. doi: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2019.04.004>
8. Kietzig, A.-M., Hatzikiriakos, S. G., Englezos, P. (2009). Patterned Superhydrophobic Metallic Surfaces. *Langmuir*, 25 (8), 4821–4827. doi: <https://doi.org/10.1021/la8037582>
9. Yuan, G., Liu, Y., Ngo, C.-V., Guo, C. (2020). Rapid fabrication of anti-corrosion and self-healing superhydrophobic aluminum surfaces through environmentally friendly femtosecond laser processing. *Optics Express*, 28 (24), 35636. doi: <https://doi.org/10.1364/oe.400804>
10. Fürbacher, R., Liedl, G., Otto, A. (2022). Fast transition from hydrophilic to superhydrophobic, icephobic properties of stainless steel samples after femtosecond laser processing and exposure to hydrocarbons. *Procedia CIRP*, 111, 643–647. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.08.016>
11. San-Blas, A., Martínez-Calderon, M., Buencuerpo, J., Sanchez-Brea, L. M., del Hoyo, J., Gómez-Aranzadi, M. et al. (2020). Femtosecond laser fabrication of LIPSS-based waveplates on metallic surfaces. *Applied Surface Science*, 520, 146328. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.146328>
12. Zhang, L., Lin, N., Zou, J., Lin, X., Liu, Z., Yuan, S. et al. (2020). Super-hydrophobicity and corrosion resistance of laser surface textured AISI 304 stainless steel decorated with Hexadecyltrimethoxysilane (HDTMS). *Optics & Laser Technology*, 127, 106146. doi: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2020.106146>
13. Wang, N., Xiong, D., Deng, Y., Shi, Y., Wang, K. (2015). Mechanically Robust Superhydrophobic Steel Surface with Anti-Icing, UV-Durability, and Corrosion Resistance Properties. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 7 (11), 6260–6272. doi: <https://doi.org/10.1021/acsami.5b00558>
14. Myronyuk, O., Baklan, D., Vasilyev, G. S., Rodin, A. M., Vanagas, E. (2022). Wetting Patterns of Liquid-Repellent Femtosecond Laser Textured Aluminum Surfaces. *Coatings*, 12 (12), 1852. doi: <https://doi.org/10.3390/coatings12121852>
15. Estrada-Martínez, J., Reyes-Gasga, J., García-García, R., Vargas-Becerril, N., Zapata-Torres, M. G., Gallardo-Rivas, N. V. et al. (2017). Wettability modification of the AISI 304 and 316 stainless steel and glass surfaces by titanium oxide and titanium nitride coating. *Surface and Coatings Technology*, 330, 61–70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.09.059>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.277980

**STUDY OF LIGNITE HUMIC ACIDS HYBRID MODIFICATION TECHNOLOGY OF BIODEGRADABLE FILMS BASED ON POLYVINYL ALCOHOL**

pages 10–13

**Vladimir Lebedev**, PhD, Associate Professor, Department of Technology of Plastics and Biological Active Polymer, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, e-mail: [vladimirlebedev1980@ukr.net](mailto:vladimirlebedev1980@ukr.net), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6934-2349>

**Denis Miroshnichenko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Oil, Gas and Solid Fuel Refining Technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6335-8742>

**Tetiana Tykhomyrova**, PhD, Associate Professor, Department of Chemical Technique and Industrial Ecology, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9124-9757>

Object of article study is lignite humic acids hybrid modification technology of biodegradable films based on polyvinyl alcohol. The possibility of increasing the strength and operational properties of biodegradable polymeric materials based on polyvinyl alcohol by using its modification with the different types of humic acids from lignite is considered. Lignite humic acids hybrid modification films with antibacterial properties were obtained. The two-stage technology of lignite humic acids hybrid modification of biodegradable films based on polyvinyl alcohol was formalized. At the first stage of lignite humic acids hybrid modification technologies for hybrid-modified biodegradable materials production, lignite humic acids are received. At the second stage, hybrid modification of lignite humic acids (that are part of biodegradable polyvinyl alcohol films), which are received by watering from a solution, takes place. It has been conducted a study on determining the effect of lignite humic acids hybrid modification on the most important operational properties of biodegradable film based on polyvinyl alcohol, i. e., tensile strength, relative elongation at break and time of mold appearance. Changes in tensile strength, relative elongation at break and time of mold appearance for the lignite humic acids hybrid modified biodegradable polymeric materials based on polyvinyl alcohol were revealed depending on the content of the different types of lignite humic acids. It was also shown that the lignite humic acids hybrid modification of polyvinyl alcohol with the different types of humic acids allows preserving the biodegradability of the films along with imparting the antibacterial properties. The developed lignite humic acids hybrid modified biodegradable polyvinyl alcohol films with antibacterial properties, in terms of their operational characteristics, are superior to the known similar biodegradable films based on natural biopolymers.

**Keywords:** brown coal, humic acids, hybrid modification, polyvinyl alcohol, antibacterial properties, biodegradable films.

#### References

- Alves Dias, P., Kanellopoulos, K., Medarac, H., Kapetaki, Z., Miranda Barbosa, E., Shortall, R., Tzimas, E. (2018). EU coal regions: opportunities and challenges ahead, EUR 29292 EN. *Publications Office of the European Union*. Luxembourg. doi: <https://dx.doi.org/10.2760/064809>
- Belov, O., Shustov, O., Adamchuk, A., Hladun, O. (2018). Complex Processing of Brown Coal in Ukraine: History, Experience, Practice, Prospects. *Solid State Phenomena*, 277, 251–268. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.277.251>
- Babets, Ye. K., Bielov, O. P., Shustov, O. O., Barna, T. V., Adamchuk, A. A. (2019). The development of technological solutions on mining and processing brown coal to improve its quality. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6, 36–44. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-6/6>
- Cabrera, F. C. (2021). Eco-friendly polymer composites: A review of suitable methods for waste management. *Polymer Composites*, 42 (6), 2653–2677. doi: <https://doi.org/10.1002/pc.26033>
- Debiagi, F., Kobayashi, R. K. T., Nakazato, G., Panagio, L. A., Mali, S. (2014). Biodegradable active packaging based on cassava bagasse, polyvinyl alcohol and essential oils. *Industrial Crops and Products*, 52, 664–670. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.032>
- Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A., Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22 (6), 292–303. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004>
- Gómez-Aldapa, C. A., Velazquez, G., Gutierrez, M. C., Rangel-Vargas, E., Castro-Rosas, J., Aguirre-Loredo, R. Y. (2020). Effect of polyvinyl alcohol on the physicochemical properties of biodegradable starch films. *Materials Chemistry and Physics*, 239, 122027. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122027>
- Brandelero, R. P. H., Brandelero, E. M., Almeida, F. M. de. (2016). Biodegradable films of starch/PVOH/alginate in packaging systems for minimally processed lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, 40 (5), 510–521. doi: <https://doi.org/10.1590/1413-70542016405010516>
- Lebedev, V. V., Miroshnichenko, D. V., Savchenko, D. O., Tykhomyrova, T. S. (2022). Design and researching of hybrid eco-friendly biodegradable films with bactericidal properties. *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 3 (33 (72)), 87–91. doi: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.3/14>
- Miroshnichenko, D., Lebedeva, K., Cherkashina, A., Lebedev, V., Tsereniuk, O., Krygina, N. (2022). Study of Hybrid Modification with Humic Acids of Environmentally Safe Biodegradable Hydrogel Films Based on Hydroxypropyl Methylcellulose. *C*, 8 (4), 71. doi: <https://doi.org/10.3390/c8040071>
- EN 14995:2006 *Plastics. Evaluation of the ability to biochemical decomposition. Test procedure and technical conditions* (2018). Available at: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=80595#:~:text=%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3%20EN%2014995%3A2018%20%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BC%D0%B0%D1%81%D0%B8,EN%2014995%3A2006%2C%20IDT](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=80595#:~:text=%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3%20EN%2014995%3A2018%20%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BC%D0%B0%D1%81%D0%B8,EN%2014995%3A2006%2C%20IDT) Last accessed: 29.11.2022

## MEASURING METHODS IN CHEMICAL INDUSTRY

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.277184

### ANALYSIS OF THE ACTIVATED SLUDGE COMPOSITION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

pages 14–17

**Olga Sanginova**, PhD, Associate Professor, Department of Inorganic Substances, Water Treatment and General Chemical Technology, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: [sanginova@xtf.kpi.ua](mailto:sanginova@xtf.kpi.ua), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6378-7718>

The object of research is electron microscopic images of activated sludge, which were used to train a convolutional neural network. An

important task of the process of biological wastewater treatment is the prompt determination of quantitative and qualitative changes in activated sludge, as well as the assessment of the impact of the identified changes on the efficiency of the treatment. Microscopic examination, which is a traditional tool for controlling the quality of the water-sludge mixture, does not allow to quickly detect the deterioration of the activated sludge, which can lead to its degradation, and in difficult cases – to the death of the sludge. Violation of the microbiological composition of sludge leads to improper formation of flocs, violation of the process of formation of flakes, filamentous or sludge swelling, toxicity, etc. The combination of artificial intelligence methods with existing methods of quality control of activated sludge will increase the reliability and validity of the assessment of the quality of biological treatment.

A proposed methodology for analyzing the state of activated sludge using convolutional neural networks. For the purpose of training the network, images of activated sludge were prepared, which were classified into two categories – «flocs» and «bacteria with microorganisms». There are 4 subcategories in the «flocks» category: size, shape, structure, edge of the floc; in the category «bacteria with microorganisms» there are 2 subcategories: «individual bacteria and microorganisms» and «colonies». Data sets of 250, 500 and 1000 images were created for each category. The task of learning the image processing model and the criteria for evaluating the success of learning are formulated. The task of training the network was to find such a recognition function that, with a given degree of accuracy, approximates the unknown recognition function over the entire domain of its definition. The accuracy of image recognition is chosen as a learning success criterion. The model training results show that the image recognition accuracy reaches 99.98 %, and the training quality is affected by the sample size and training duration. The trained model can be used as a fast and efficient tool to detect problems with activated sludge.

**Keywords:** activated sludge, biological treatment, wastewater, convolutional neural networks, image processing models.

#### References

1. Astrelin, I. M., Ratnaweera, H. (Eds.) (2015). *Physico-chemical methods of water treatment. Water resources management*. Water Harony Project.
2. Baldwin, D. D., Campbell, C. E. (2001). Short-Term Effects of Low pH on the Microfauna of an Activated Sludge Wastewater Treatment System. *Water Quality Research Journal*, 36 (3), 519–535. doi: <https://doi.org/10.2166/wqj.2001.028>
3. Baldwin, D. D., Campbell, C. E. (2001). Short-Term Effects of Low pH on the Microfauna of an Activated Sludge Wastewater Treatment System. *Water Quality Research Journal*, 36 (3), 519–535. doi: <https://doi.org/10.2166/wqj.2001.028>
4. Sanginova, O., Tolstopalova, N., Bondarenko, S., Yankauskaite, V. (2021). Secondary wastewater treatment processes optimization. *Proceedings of the NTUU «Igor Sikorsky KPI». Series: Chemical Engineering, Ecology and Resource Saving*, 1, 31–37. doi: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2021.228092>
5. Degtyar, M. (2018). Intensification of wastewater purification of municipal solid waste landfills. *Technology Audit and Production Reserves*, 2 (3 (46)), 22–24. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.166312>
6. Richard, M. (2003). Activated Sludge Microbiology Problems and their Control. *20th Annual USEPA National Operator Trainers Conference*. Buffalo.
7. Abbassi, B. E. (2003). Improvement of Anaerobic Sludge Digestion by Disintegration of Activated Sludge using Vacuum Process. *Water Quality Research Journal*, 38 (3), 515–526. doi: <https://doi.org/10.2166/wqj.2003.033>
8. Devlin, T. R., Oleszkiewicz, J. A. (2018). Cultivation of aerobic granular sludge in continuous flow under various selective pressure. *Bioresource Technology*, 253, 281–287. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.01.056>
9. Obushenko, T., Tolstopalova, N., Kulesha, O., Astrelin, I. (2016). Thermodynamic Studies of Bromphenol Blue Removal from Water Using Solvent Sublimation. *Chemistry & Chemical Technology*, 10 (4), 515–518. doi: <https://doi.org/10.23939/chcht10.04.515>
10. Seo, G., Yoon, S., Kim, M., Mun, C., Hwang, E. (2021). Deep Reinforcement Learning-Based Smart Joint Control Scheme for On/Off Pumping Systems in Wastewater Treatment Plants. *IEEE Access*, 9, 95360–95371. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3094466>
11. Pande, P., Bhagat, A. (2022). Pragmatic analysis of wastewater treatment methods from a statistical perspective. *Water Practice and Technology*, 18 (1), 1–15. doi: <https://doi.org/10.2166/wpt.2022.153>
12. Hashim, H. Q., Sayl, K. N. (2020). The Application of Radial Basis Network Model, GIS, and Spectral Reflectance Band Recognition for Runoff Calculation. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 15 (3), 441–447. doi: <https://doi.org/10.18280/ij dne.150318>
13. Water Harmony Erasmus+ Project (2018). *Water Harmony Laboratory Guideline*. Available at: <http://waterh.eu/en/results-2/water-harmony-laboratory-guideline/>
14. Abadi, M., Agarwal, A., Barham, P., Brevdo, E., Chen, Z., Citro, C. et al. (2015). TensorFlow, Large-scale machine learning on heterogeneous systems. *Computer software*. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4724125>
15. Keras: Deep Learning for humans (2022). Available at: <https://github.com/keras-team/keras>

## ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.276637

### ASSESSMENT OF DEFORESTATION IMPACTS ON CARBON SEQUESTRATION IN EDO STATE SOUTH SOUTHERN NIGERIA

pages 18–24

*David Suru Awesh*, Department of Surveying and Geoinformatics, Auchi Polytechnic, Auchi, Nigeria, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7166-7832>

*Yahaya Olotu*, PhD, Department of Agricultural and Bio-Environmental Engineering, Auchi Polytechnic, Auchi, Nigeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5622-6506>, e-mail: [realyahaya@yahoo.com](mailto:realyahaya@yahoo.com)

*Rasheed Ibrahim*, Department of Agricultural and Bio-Environmental Engineering, Auchi Polytechnic, Auchi, Nigeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3261-1837>

*Linda Ngozi Izah*, Department of Surveying and Geoinformatics, Auchi Polytechnic, Auchi, Nigeria, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7836-8955>

*Arohunmolase Adeboye John*, Department of Mineral and Petroleum Engineering, Auchi Polytechnic, Auchi, Nigeria, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2097-4162>

The stocking and sequestering of increasing atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and the reduction of greenhouse gas (GHG) emissions that result from improving the carbon sink are two important ways that forested land contributes to the fight against global warming. The purpose of the study is to estimate the rate of carbon sequestration (CS) in Edo State, Nigeria, as well as the volume of deforestation and its impact on CS. To gauge the changes in carbon stock, stock-difference and gain-loss methods were employed. The gain-loss method predicts gains and losses based on off-take and growth rates, while the stock-difference approach uses actual measurements of carbon stocks over a given period of time. These two methods presuppose that changes in carbon stock and CO<sub>2</sub> flows to or from the atmosphere are equal. To quantify the decline of the forest, geographical studies and satellite imagery were used. Comparing the area covered by forest in the same region at two distinct eras allowed researchers to determine the annual rate of change. The outcome showed that tree cover loss (TCL, kg/ha) was decreased in 18 local government regions (LGAs). As a result, throughout the baseline consideration period of 2010 to 2022, Etako East (EE) and Estako West (ES), Ovia South East (OSW), and Ovia North have had the least loss in tree cover. The increased demand on human survival brought on by the expanding population may provide an explanation for this observation and discovery. As a result of this

development, forests underwent transformation and were used to produce food, build cities and homes, and generate energy. The region with the highest rates of tree cover loss and deforestation was associated with the highest CS, which was calculated at 2700 tC/ha at OSW, and the lowest CS value point at 22.2 tC/ha at Oredo Edo (OE). As a result, OSW showed that dense forests had higher biomass carbon storage than grazing land and open forests. In conclusion, the study showed that Edo State has a significant potential for raising the level of carbon sequestration in order for the state to generate a profit from the sale of carbon stock and enhance climate change mitigation efforts.

**Keywords:** deforestation, carbon sequestration, tree cover loss, forested land, climate change mitigation, Edo State.

**References**

1. Kumar, R., Nandy, S., Agarwal, R., Kushwaha, S. P. S. (2014). Forest cover dynamics analysis and prediction modeling using logistic regression model. *Ecological Indicators*, 45, 444–455. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.05.003>
2. Global Forest Resource Assessment (2005). *FAO Forestry Paper 147*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
3. Newell, J. P., Simeone, J. (2014). Russia's forests in a global economy: how consumption drives environmental change. *Eurasian Geography and Economics*, 55 (1), 37–70. doi: <https://doi.org/10.1080/15387216.2014.926254>
4. Herzog, H., Golomb, D. (2004). Carbon Capture and Storage from Fossil Fuel Use. *Encyclopedia of Energy*, 277–287. doi: <https://doi.org/10.1016/b0-12-176480-x/00422-8>
5. Righelato, R., Spracklen, D. V. (2007). Carbon Mitigation by Biofuels or by Saving and Restoring Forests? *Science*, 317 (5840), 902–902. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1141361>
6. Thurner, M., Beer, C., Santoro, M., Carvalhais, N., Wutzler, T., Schepaschenko, D., Shvidenko, A. et al. (2013). Carbon stock and density of northern boreal and temperate forests. *Global Ecology and Biogeography*, 23 (3), 297–310. doi: <https://doi.org/10.1111/geb.12125>
7. Schmidt, M. W. I., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A. et al. (2011). Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478 (7367), 49–56. doi: <https://doi.org/10.1038/nature10386>
8. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Summary for policy makers* (2007). An assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. Cambridge University Press.
9. Gibbs, H. K., Brown, S., Niles, J. O., Foley, J. A. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters*, 2 (4), 045023. doi: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/2/4/045023>
10. Phillips, O. L., Lewis, S. L., Baker, T. R., Chao, K.-J., Higuchi, N. (2008). The changing Amazon forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363 (1498), 1819–1827. doi: <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0033>
11. Smith, P., House, J. I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G. et al. (2015). Global change pressures on soils from land use and management. *Global Change Biology*, 22 (3), 1008–1028. doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.13068>
12. Lal, R. (2001). World cropland soils as a source or sink for atmospheric Carbon. *Advances in Agronomy*, 71, 145–191. doi: [https://doi.org/10.1016/s0065-2113\(01\)71014-0](https://doi.org/10.1016/s0065-2113(01)71014-0)
13. Powlson, D. S., Gregory, P. J., Whalley, W. R., Quinton, J. N., Hopkins, D. W., Whitmore, A. P. et al. (2011). Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services. *Food Policy*, 36, S72–S87. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.11.025>
14. *Carbon, Emissions, Reducing Emissions from Deforestation & Forest Degradation (REDD+), Conflict and Governance, Forest/Forestry, Land Use, Sustainable Landscapes* (2022). Global Forest Watch.

15. Puyravaud, J.-P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177 (1-3), 593–596. doi: [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(02\)00335-3](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(02)00335-3)
16. Brown, S., Braatz, B. (2008). *Methods for Estimating CO<sub>2</sub> Emissions from Deforestation and Forest Degradation*. GOFCEGOLD Reducing Greenhouse Gas Emissions from Deforestation and Degradation in Developing Countries: A Sourcebook of Methods and Procedures for Monitoring, Measuring and Reporting. GOFCEGOLD Report version COP 13-2. Alberta: GOFCEGOLD.
17. Murdiyarto, D., Skutsch, M., Guariguata, K., Luttrell, C., Verweij, P., Stella, O. (2008). *Measuring and Monitoring Forest Degradation for REDD: Implications of Country Circumstances*. Bogor: CIFOR. doi: <https://doi.org/10.17528/cifor/002596>
18. Adeyemi, A. A., Adeleke, S. O. (2020). Assessment of land-cover changes and carbon sequestration potentials of tree species in j4 section of Omo Forest Reserve, Ogun State, Nigeria. *Ife Journal of Science*, 22 (1), 137–152. doi: <https://doi.org/10.4314/ijfs.v22i1.14>
19. Dwomoh, F. K., Auch, R. F., Brown, J. F., Tollerud, H. J. (2023). Trends in tree cover change over three decades related to interannual climate variability and wildfire in California. *Environmental Research Letters*, 18 (2), 024007. doi: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acad15>
20. Solomon, N., Hishe, H., Annang, T., Pabi, O., Asante, I., Birhane, E. (2018). Forest Cover Change, Key Drivers and Community Perception in Wujig Mahgo Waren Forest of Northern Ethiopia. *Land*, 7 (1), 32. doi: <https://doi.org/10.3390/land7010032>
21. Chen, X., Hutley, L. B., Eamus, D. (2003). Carbon balance of a tropical savanna of northern Australia. *Oecologia*, 137 (3), 405–416. doi: <https://doi.org/10.1007/s00442-003-1358-5>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.278006

**ESTABLISHMENT OF TECHNOLOGICALLY FEASIBLE MODES OF ELECTROCOAGULATION PURIFICATION OF WASTEWATER FROM NICKEL IONS**

pages 25–30

*Andriy Helesh, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Chemistry and Technology of Inorganic Substances, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3310-0940>, e-mail: [andrii.b.helesh@lpnu.ua](mailto:andrii.b.helesh@lpnu.ua)*

*Petro Mudrynets, Postgraduate Student, Department of Chemistry and Technology of Inorganic Substances, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7256-3472>*

*Yaroslav Kalyon, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Chemistry and Technology of Inorganic Substances, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2990-7111>*

*Diana Kindzera, PhD, Associate Professor, Department of Chemical Engineering, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9350-1423>*

*Vira Hnatio, Department of Chemistry and Technology of Inorganic Substances, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2777-0550>*

The object of research is the technology of electrochemical purification of wastewater from heavy metal ions. The work, in particular, is devoted to the purification of effluents with a low concentration of the Nickel ion. The main task of the experimental research was to select the material of the electrodes and the mode of electrochemical dissolution of the anodes, under which the efficiency of wastewater purification will

be maximum, as well as to confirm the practical possibility of deep purification of the specified wastewater to the standards that correspond to the maximum permissible concentrations ( $MPC_{Ni}=0.5 \text{ mg/dm}^3$ ).

It was established that in the process of electrocoagulation wastewater purification there is an induction period (10 min), during which the coagulant accumulates in the electrolyzer and the degree of purification increases sharply. As a result of an increase in the current density from  $10 \text{ A/m}^2$  to  $20 \text{ A/m}^2$ , the degree of purification on iron electrodes increased from 60 to 84 % for a process duration of 20 minutes. This is explained by the intensification of the anodic dissolution of the metal and the increase in the concentration of  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Increasing the current density to  $30 \text{ A/m}^2$  practically does not affect the degree of purification, which is explained by the phenomenon of polarization of the anodes and is confirmed by the increase in the process voltage from 2.40 V ( $10 \text{ A/m}^2$ ) to 12.59 V ( $30 \text{ A/m}^2$ ). Therefore, it is impractical to increase the current density in the future. For iron anodes, it was not possible to achieve the required degree of purification ( $\geq 98.3 \%$ ), the maximum degree of purification did not exceed 85 %, and the content of  $\text{Ni}^{2+}$  ions in purified water exceeds the MPC by an order of magnitude.

It was experimentally established that it is advisable to use aluminum electrodes for the process of electrocoagulation purification of wastewater from Nickel ions. At a current density of  $20 \text{ A/m}^2$  and process duration of 40 minutes, the concentration of  $\text{Ni}^{2+}$  ions did not exceed the MPC of Ni. When using aluminum electrodes, an increase in the current density from  $15 \text{ A/m}^2$  to  $20 \text{ A/m}^2$  does not lead to polarization of the electrodes, and the process in both cases takes place at a steady state at a voltage of ~6.7 V. The technologically appropriate operating mode of the electrolyzer is chosen: aluminum electrodes at an anodic current density  $20 \text{ A/m}^2$  and the duration of the purification process  $\geq 40$  min. The obtained results can find practical use in the design of waste water purification systems of galvanic industries.

**Keywords:** wastewater purification, electrochemical purification, heavy metals, Nickel compounds, electrocoagulation, aluminum electrodes.

#### References

- Elbehiry, F., Alshaal, T., Elhawat, N., Elbasiouny, H. (2021). Environmental-Friendly and Cost-Effective Agricultural Wastes for Heavy Metals and Toxicants Removal from Wastewater. *Cost-Efficient Wastewater Treatment Technologies*, 107–127. doi: [https://doi.org/10.1007/698\\_2021\\_786](https://doi.org/10.1007/698_2021_786)
- Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all (2020). Sustainable Development Goals 6. United Nations. Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg6>
- Ferrante, M., Conti, G. O., Rasic-Milutinovic, Z., Jovanovic, D. (2013). *Health effects of metals and related substances in drinking water*. IWA Publishing.
- Nickel in drinking water: Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality (WHO/HEP/ECH/WSH/2021.6) (2021). World Health Organization, 36. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/350934>
- Rajoria, S., Vashishtha, M., Sangal, V. K. (2022). Treatment of electroplating industry wastewater: a review on the various techniques. *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (48), 72196–72246. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18643-y>
- Azimi, A., Azari, A., Rezakazemi, M., Ansarpour, M. (2017). Removal of Heavy Metals from Industrial Wastewaters: A Review. *ChemBioEng Reviews*, 4 (1), 37–59. doi: <https://doi.org/10.1002/cben.201600010>
- Rajoria, S., Vashishtha, M., Sangal, V. K. (2021). Review on the treatment of electroplating industry wastewater by electrochemical methods. *Materials Today: Proceedings*, 47, 1472–1479. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.165>
- Fu, R., Zhang, P.-S., Jiang, Y.-X., Sun, L., Sun, X.-H. (2023). Wastewater treatment by anodic oxidation in electrochemical advanced oxidation process: Advance in mechanism, direct and indirect oxidation detection methods. *Chemosphere*, 311, 136993. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136993>
- Kazeminezhad, I., Mosivand, S. (2017). Elimination of copper and nickel from wastewater by electrooxidation method. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 422, 84–92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2016.08.049>
- Guan, W., Tian, S., Cao, D., Chen, Y., Zhao, X. (2017). Electro-oxidation of nickel-ammonia complexes and simultaneous electro-deposition recovery of nickel from practical nickel-electroplating rinse wastewater. *Electrochimica Acta*, 246, 1230–1236. doi: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2017.06.121>
- Chen, G. (2004). Electrochemical technologies in wastewater treatment. *Separation and Purification Technology*, 38 (1), 11–41. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2003.10.006>
- Hakizimana, J. N., Gourich, B., Chafi, M., Stiriba, Y., Vial, C., Drogui, P., Naja, J. (2017). Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling approaches. *Desalination*, 404, 1–21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.10.011>
- Yakovlev, S. V., Krasnoborodko, I. G., Rogov, V. M. (1987). *Tekhnologiya elektrohimicheskoy ochistki vodyi*. Leningrad: Stroyizdat, 158.
- Comninellis, C., Chen, G. (Eds.) (2010). *Electrochemistry for the Environment*. New York: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-68318-8>
- Kuznetsova, T. A., Pestov, N. A., Revin, V. V. (2020). Study of the adsorption properties of plant cellulose with respect to nickel ions. *Chemistry of Plant Raw Material*, 2, 307–314. doi: <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020026573>
- Kalymon, Y. A., Znak, Z. O., Helesh, A. B., Savchuk, L. V. (2018). Investigation of the absorption process of air oxygen in a device with a continuous bubbling layer. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 5, 102–110.
- Kalymon, Ya., Helesh, A., Slyuzar, A., Kurylets, O. (2022). Choice of mass exchange apparatus for groundwater deironing. *Chemistry, Technology and Application of Substances*, 5 (1), 29–35. doi: <https://doi.org/10.23939/ctas2022.01.029>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.277784

## RECYCLING OF SILICEOUS BY-PRODUCTS TO REDUCE THEIR IMPACTS ON THE ENVIRONMENT

pages 31–36

**Soufiane Bouabdallah**, PhD, Lecturer, Abderrahmane Mira University, Bejaia, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8540-093X>

**Abdeslam Chaib**, PhD, Head of Department of Mining, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9778-013X>

**Mohamed Bounouala**, Professor, Head of Laboratory of Valorization of Mining Resources and Environment, Department of Mining, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5612-2152>

**Nadiia Doobash**, Researcher, National Scientific Centre «Institute of Agriculture of the National Academy of Agricultural Sciences», Chabany, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4741-2657>

**Aissa Benselhoub**, Associate Researcher, Environment, Modeling and Climate Change Division, Environmental Research Center (C.R.E), Annaba, Algeria, e-mail: [aissabenselhoub@cre.dz](mailto:aissabenselhoub@cre.dz), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5891-2860>

Currently, there is a tendency to use less silica rich ores given the depletion of high-quality resources. The raw kaolin treatment of Tamazert (Eastern Algeria) produces, by hydrocyclone process, approximately 80 % of siliceous by-products. These siliceous wastes, which are stored in the open air, constitute a significant environmental problem. This research work aims to improve the quality of siliceous by-products, more particularly, to a process for the elimination of iron oxides and aluminum to make this raw material usable industrially as well as solving environmental issues. The collected by-products, were characterized by different techniques, such as X-ray fluorescence (XRF) and X-ray diffraction (XRD). XRF confirmed that the by-products are siliceous, with content going up to 82 % of SiO<sub>2</sub>. The by-product resulted from the raw kaolin treatment, mainly contains varying amounts of impurities such as iron oxide, titanium oxide and alumina. In all cases, the presence of these impurities affects the color and the physical properties of the mineral, and so lowers the economic value and limits the industrial application. In this framework, the classified fraction (-500)-(+100) μm was directed to attrition scrubbing followed by magnetic separation technique and chemical treatment by sulphuric acid with different concentrations. The results of the beneficiation tests of by-product indicate that using the attrition scrubbing alone not provides a suitable product for glass manufacture. The magnetic separation was tested with attrition on the useful fraction (-500)-(+100) μm. The non-magnetic attrition fraction concentrates less than 0.45 % of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and 0.05 % of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. This low content coupled with a remarkable percentage in silica of 97.98 %. The tests by attrition and leaching with 40 % of sulphuric acid show, on the one hand, significant results with a high percentage of silica (>98.5 %) against 0.04 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and 0.66 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and on the other hand, that the enriched product meets the standards required by glass making.

**Keywords:** Tamazert raw kaolin, siliceous by-products, mineral processing, silica, glass.

#### References

- Boulos, T. R., Yehia, A., Morsi, M. B., Ibrahim, S. S. (2017). High quality fused silica from Egyptian silica sand concentrate. *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 6 (62), 160–166.
- Konev, N. N., Salo, I. P., Lezhnev, Yu. P., El'skii, V. P. (2001). Magnetic concentration of quartz sand for glass industry. *Glass and ceramics*, 58 (1-2), 57–59. doi: <https://doi.org/10.1023/a:1010997414948>
- Thio, P. R., Koffi, K. B., Konan, K. D., Yao, K. A. (2021). Production of High-Purity Silica Sand from Ivorian Sedimentary Basin by Attrition without Acid Leaching Process for Windows Glass Making. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 9 (4), 345–361. doi: <https://doi.org/10.4236/jmmce.2021.94024>
- Zhong, T., Yu, W., Shen, C., Wu, X. (2021). Research on Preparation and Characterisation of High-purity Silica Sands by Purification of Quartz Vein Ore from Dabie Mountain. *Silicon*, 14 (9), 4723–4729. doi: <https://doi.org/10.1007/s12633-021-01217-x>
- Yin, W., Wang, D., Drelich, J. W., Yang, B., Li, D., Zhu, Z., Yao, J. (2019). Reverse flotation separation of hematite from quartz assisted with magnetic seeding aggregation. *Minerals Engineering*, 139, 105873. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2019.105873>
- Tuncuk, A., Akcil, A. (2016). Iron removal in production of purified quartz by hydrometallurgical process. *International Journal of Mineral Processing*, 153, 44–50. doi: <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2016.05.021>
- Osman, R. A. (2021). Preliminary study on upgrading silica sand from the Elwadi Elgedid, Western Desert, Egypt for compatibility with various industrial applications. *Journal of Particle Science and Technology*, 7 (2), 107–117. doi: <https://doi.org/10.22104/jpst.2022.5513.1202>
- Ibrahim, S. S., Selim, A. Q., Hagrass, A. A. (2013). Gravity Separation of Silica Sands for Value Addition. *Particulate Science and Technology*, 31 (6), 590–595. <https://doi.org/10.1080/02726351.2013.800930>
- Bouabdallah, S., Bounouala, M., Idres, A., Chaib, A. (2015). Iron removal process for high-purity silica production by leaching and magnetic separation technique. *Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk*, 5, 47.
- Anas Boussaa, S., Kheloufi, A., Boutarek Zaourar, N., Bouachma, S. (2017). Iron and Aluminium Removal from Algerian Silica Sand by Acid Leaching. *Acta Physica Polonica A*, 132 (3-II), 1082–1086. doi: <https://doi.org/10.12693/aphyspola.132.1082>
- Ala'a, M. K., Bader, N. D., Khachiek, T. V., Fleah, I. K., Issa, I. G. (2011). Biobeneficiation of Silica Sand for Crystal Glass Industry from Ardhuma Location, Iraqi Western Desert. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, 7 (1), 77–86.
- Du, F., Li, J., Li, X., Zhang, Z. (2011). Improvement of iron removal from silica sand using ultrasound-assisted oxalic acid. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18 (1), 389–393. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.07.006>
- Al-Maghrabi, M. N. N. (2004). Improvement of low-grade silica sand deposits in Jeddah area. *Engineering Sciences*, 15 (2).
- Rapport interne de la mission chinoise sur Djebel Tamazert carte géologique (1986). SONAREM.
- Liu, Y., Peng, H., Hu, M. (2013). Removing iron by magnetic separation from a potash feldspar ore. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 28 (2), 362–366. doi: <https://doi.org/10.1007/s11595-013-0696-3>
- Hickin, A. S., Huntley, D. H. (2011). Attrition experiments for the beneficiation of unconsolidated sand sources of potential hydraulic fracture sand, Northeastern British Columbia. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/273765229\\_Attrition\\_experiments\\_for\\_the\\_beneficiation\\_unconsolidated\\_sand\\_sources\\_of\\_potential\\_hydraulic\\_fracture\\_sand\\_northeast\\_British\\_Columbia](https://www.researchgate.net/publication/273765229_Attrition_experiments_for_the_beneficiation_unconsolidated_sand_sources_of_potential_hydraulic_fracture_sand_northeast_British_Columbia)
- Abdel-Rahman, I. F., Elshennawy, A. A. (2012). Improvement of Low-Grade Silica Sand Deposits in Um Bogma Area-West Central Sinai, Egypt. *Nuclear Sciences Scientific Journal*, 1 (1), 167–170. doi: <https://doi.org/10.21608/nssj.2012.31027>
- Chen, L., Yang, R., Zeng, J., Shao, Y., Xiao, Q., Guo, S. (2016). A wet belt permanent high gradient magnetic separator for purification of non-metallic ores. *International Journal of Mineral Processing*, 153, 66–70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2016.06.004>

## FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.278118

### TECHNOLOGY OF PROTEIN ISOLATE FROM PEAS (*PISUM SATIVUM* VAR. *ARVENSE*)

pages 37–40

**Tetyana Golovko**, Doctor of Technical Science, Professor, Department of Meat Technology, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7059-3620>

**Mykola Golovko**, Doctor of Technical Science, Professor, Department of Chemistry, Biochemistry, Microbiology and Food Hygiene, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1778-4847>

**Olha Vasilenko**, PhD, Associate Professor, Department of Occupation Safety and Physics, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine, e-mail: [vasylenko.sumy@gmail.com](mailto:vasylenko.sumy@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1643-0702>

**Fedir Pertsevoi**, Doctor of Technical Science, Professor, Department of Food Technology, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3111-5017>

**Natalia Bolgova**, PhD, Associate Professor, Department of Food Technology and Safety, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0201-0769>

**Vasyl Tischenko**, PhD, Associate Professor, Department of Food Technology and Safety, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8149-4919>

**Vladyslav Prymenko**, PhD, Associate Professor, Department of Management and Administrating, Dnipro Faculty of Management and Business of Kyiv University of Culture, Dnipro, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7856-6678>

The object of research is pea (*Pisum sativum var. arvense*) and pea protein isolate. The chemical composition of pea (*Pisum sativum var. arvense*) was studied to determine its potential as a new raw material for obtaining protein isolate by pH-shifting treatment. The obtained results confirm the effectiveness of using peas to obtain protein isolate for use in the food industry instead of soy protein isolate. Peas are low in lipids (1.61 % on dry matter), high in crude protein (19.21 % on dry matter), ash (3.41 % on dry matter) and minerals (Se, Fe, Zn, Mn, Cu, Mg, P). The ratio of essential amino acids to replaceable amino acids (0.78), which is higher than the amount recommended by the World Health Organization. Vegetable protein is an alternative to animal protein in the food industry. Protein isolate from peas was obtained by pH-shifting treatment and its chemical composition and functional properties were determined. After pH-shifting treatment, the chemical composition of protein and mineral substances did not show significant changes. The protein content of pea protein isolate was 82.2 %, and the yield of pea protein isolate was 5.6 %. To confirm the functional properties of pea protein isolate, the indicators of moisture-holding capacity (1.05 ml/g) and fat-holding capacity (0.82 ml/g) were investigated. Peas and protein isolate from it showed high functional properties and high-quality chemical composition of proteins and minerals for use in the technology of sausage products, which should be the focus of further research.

**Keywords:** pea seeds, vegetables, protein isolate, pH-shifting treatment, sausage products, quality characteristics.

#### References

- Nikbakht Nasrabadi, M., Sedaghat Doost, A., Mezzenga, R. (2021). Modification approaches of plant-based proteins to improve their techno-functionality and use in food products. *Food Hydrocolloids*, 118, 106789. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106789>
- Kumar, M., Tomar, M., Potkule, J., Reetu, Punia, S., Dhakane-Lad, J. et al. (2022). Functional characterization of plant-based protein to determine its quality for food applications. *Food Hydrocolloids*, 123, 106986. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106986>
- Tiwari, B. K., Gowen, A., McKenna, B.; Tiwari, B. K., Gowen, A., McKenna, B. (Eds.) (2011). *Introduction. Pulse foods processing, quality and nutraceutical applications*. London: Academic Press Elsevier, 1–7. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-382018-1.00001-0>
- Gao, D., Helikh, A., Duan, Z. (2021). Functional properties of four kinds of oilseed protein isolates. *Journal of Chemistry and Technologies*, 29 (1), 155–163. doi: <https://doi.org/10.15421/082116>
- Boye, J. I., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Farnworth, E., Rajamohamed, S. H. (2010). Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*, 43 (2), 537–546. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.021>
- Toews, R., Wang, N. (2013). Physicochemical and functional properties of protein concentrates from pulses. *Food Research International*, 52 (2), 445–451. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.009>
- Adebiyi, A. P., Aluko, R. E. (2011). Functional properties of protein fractions obtained from commercial yellow field pea (*Pisum sativum L.*) seed protein isolate. *Food Chemistry*, 128 (4), 902–908. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.116>
- Helikh, A. O., Gao, D., Duan, Z. (2020). Optimization of ultrasound-assisted alkaline extraction of pumpkin seed meal protein isolate by response surface methodology. *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 2 (2), 100–104. doi: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-2/17>
- Helikh, A., Danylenko, S., Kryzhska, T., Semernia, O. (2022). Optimization of rheological indicators of yoghurt structure with addition of hemp seed protein isolate. *Food resources*, 10 (18), 51–60. doi: <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-05>
- Tiwari, B. K., Singh, N. (2012). *Pulse chemistry and technology*. Cambridge: Royal Society of Chemistry. doi: <https://doi.org/10.1039/9781839169038>
- Shand, P. J., Ya, H., Pietrasik, Z., Wanasundara, P. K. J. P. D. (2007). Physicochemical and textural properties of heat-induced pea protein isolate gels. *Food Chemistry*, 102 (4), 1119–1130. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.060>
- Shevkani, K., Singh, N., Rana, J. C., Kaur, A. (2013). Relationship between physicochemical and functional properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) protein isolates. *International Journal of Food Science & Technology*, 49 (2), 541–550. doi: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12335>
- Sathe, S. K. (2002). Dry Bean Protein Functionality. *Critical Reviews in Biotechnology*, 22 (2), 175–223. doi: <https://doi.org/10.1080/07388550290789487>
- Helikh, A., Danylenko, S., Kryzhska, T., Qingshan, L. (2021). Development of technology and research of quality indicators of yoghurt with natural filler in the preservation process. *Food Resources*, 9 (16), 69–78. doi: <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-07>
- Helikh, A., Samilyk, M., Prymenko, V., Vasylenko, O. (2020). Modeling of Craft Technology of Boiled Sausage «Firm Plus». Restaurant and Hotel Consulting. *Innovations*, 3 (2), 237–251. doi: <https://doi.org/10.31866/2616-7468.3.2.2020.219708>
- Shevkani, K., Singh, N., Kaur, A., Rana, J. C. (2014). Physicochemical, Pasting, and Functional Properties of Amaranth Seed Flours: Effects of Lipids Removal. *Journal of Food Science*, 79 (7), C1271–C1277. doi: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12493>
- Helikh, A., Danylenko, S., Kryzhska, T., Bovkun, A., Girichenko, S. (2021). Optimization of stability indicators of emulsion-type sauce with added protein isolates of plant origin. *Food Resources*, 9 (17), 54–64. doi: <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-06>
- Gao, D., Helikh, A. O., Filon, A. M., Duan, Z., Vasylenko, O. O. (2022). Effect of Ph-shifting treatment on the gel properties of pumpkin seed protein isolate. *Journal of Chemistry and Technologies*, 30 (2), 198–204. doi: <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i2.241145>
- Tang, C.-H., Sun, X. (2011). A comparative study of physicochemical and conformational properties in three vicilins from Phaseolus legumes: Implications for the structure-function relationship. *Food Hydrocolloids*, 25 (3), 315–324. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.06.009>
- Gao, D., Helikh, A., Duan, Z. (2021). Determining the effect of pH-shifting treatment on the solubility of pumpkin seed protein isolate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (113)), 29–34. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242334>
- Rui, X., Boye, J. I., Ribereau, S., Simpson, B. K., Prasher, S. O. (2011). Comparative study of the composition and thermal properties of

protein isolates prepared from nine *Phaseolus vulgaris* legume varieties. *Food Research International*, 44 (8), 2497–2504. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.008>

22. Spackman, D. H., Stein, W. H., Moore, Stanford. (1958). Automatic Recording Apparatus for Use in Chromatography of Amino Acids. *Analytical Chemistry*, 30 (7), 1190–1206. doi: <https://doi.org/10.1021/ac60139a006>
23. Mariotti, F., Tomé, D., Mirand, P. P. (2008). Converting nitrogen into protein-beyond 6.25 and Jones' factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 177–184. doi: <https://doi.org/10.1080/10408390701279749>
24. Pinheiro, C., Baeta, J. P., Pereira, A. M., Domingues, H., Ricardo, C. P. (2010). Diversity of seed mineral composition of *Phaseolus vulgaris* L. germplasm. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23 (4), 319–325. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.01.005>
25. Hu, H., Fan, X., Zhou, Z., Xu, X., Fan, G., Wang, L. et al. (2013). Acid-induced gelation behavior of soybean protein isolate with high intensity ultrasonic pre-treatments. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20 (1), 187–195. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.07.011>
26. Wang, H., Hu, D., Ma, Q., Wang, L. (2016). Physical and antioxidant properties of flexible soy protein isolate films by incorporating chestnut (*Castanea mollissima*) bur extracts. *LWT – Food Science and Technology*, 71, 33–39. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.025>
27. *Protein and amino acid requirements in human nutrition* (2007). World Health Organization technical report series. WHO, 935, 265. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43411>
28. *USDA nutrient database for standard reference* (2016). US Department of Agriculture. Available at: <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.278113

## INFLUENCE OF ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED WATER ON THE PHYSICAL PROPERTIES AND RHEOLOGICAL INDICATORS OF MEAT PATES

pages 41–46

**Andrii Marynin**, PhD, Associate Professor, Head of Problem Research Laboratory, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: [andrii\\_marynin@ukr.net](mailto:andrii_marynin@ukr.net), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6692-7472>

**Vasyl Pasichnyi**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Meat and Meat Products, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0138-5590>

**Vladyslav Shpak**, Postgraduate Student, Problem Research Laboratory, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5312-9591>

**Roman Svyatnenko**, Senior Researcher, Problem Research Laboratory, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0895-6982>

The object of research is the physical properties and rheological indicators of meat pates with corn starch suspensions prepared with activated water. Among the components of the composition of drinking water and food products, there are many substances with particularly inherent biological activity. The biological activity of water is caused by increased electronic or proton activity. Today, various ways of changing properties of water are known, but the most promising reagent-free method is the electrochemical activation of water. As a result of electrochemical treatment of water with an electric current, its electrochemical characteristics change. As a result, electrochemi-

cally activated aqueous solutions (catholyte/anolyte) are obtained; the water is saturated with oxygen, accelerates the removal of metabolic waste and promotes the most complete assimilation of nutrients.

The research was aimed at determining the influence of activated water in the composition of starch suspensions on the physical properties and rheological indicators of meat pates with their content. Activated water affects the pH value of pates, which in the meat industry indicates the freshness and quality of meat raw materials and products made from them. Before pasteurization, the pH value for all samples was practically identical. That is, at the initial stage, activated water does not affect the acidity of pates. In the process of storage, the concentration of (H<sup>+</sup>) ions increases in pates, and the pH shifts to the acidic side. Water activity indicators of pates with starch suspensions on activated water gravitate towards the indicators of pates more than to the indicators of starch, the range for which is within 0.280–0.400. The dependence of the change in shear stress on the relaxation time of pates showed that regardless of the dosage of the starch suspension, the values of the shear stress of the samples on the catholyte in the time range 0–300 s are significantly higher than the values of the samples on the anolyte and tap water. This is explained by the ability of these samples, having acquired the necessary structure, to be less exposed to the external influence of deformation and to keep the structure more intact. The creep curves of all samples testify about the trimodal nature of the classical experimental creep curve. Thus, the electrochemical activation of water modifies the properties of corn starch and significantly affects the rheological indicators of meat pates containing it.

The obtained results can be used in the development of recipes for meat pates and their production at enterprises.

**Keywords:** electrochemically activated water, anolyte, catholyte, starch suspension, rheological indicators, meat pate.

## References

1. Bolshak, Yu. V., Marynin, A. I., Sviatnenko, R. S., Shpak, V. V. (2021). Bioelektronika i zakonmirnosti nabuttia ozdorovchykh vlastyvostei pytnoiu vodoiu, zbahachenoiu molekulyamy vodniu. *Naukovi pratsi NUKhT*, 27 (5), 57–66.
2. Cejka, C., Kossl, J., Hermankova, B., Holan, V., Cejkova, J. (2017). Molecular Hydrogen Effectively Heals Alkali-Injured Cornea via Suppression of Oxidative Stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/8906027>
3. Ukrainets, A., Bolshak, Yu., Marynin, A., Shpak, V. (2019). Oxidative restoring balance of drinking water – indicator of its quality and physiological fullness. *Food Industry*, 25, 93–99. doi: <https://doi.org/10.24263/2225-2916-2019-25-14>
4. Tamaki, N., Orihuela-Campos, R. C., Fukui, M., Ito, H.-O. (2016). Hydrogen-Rich Water Intake Accelerates Oral Palatal Wound Healing via Activation of the Nrf2/Antioxidant Defense Pathways in a Rat Model. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, 1–13. doi: <https://doi.org/10.1155/2016/5679040>
5. Ignatov, I., Gluhchev, G. (2019). Effects of electrochemically activated water catholyte and anolyte on human health. *Journal of Nursing Research and Practice*, 3, 12–13.
6. McCleskey, R. B., Kirk Nordstrom, D., Ryan, J. N. (2011). Electrical conductivity method for natural waters. *Applied Geochemistry*, 26, S227–S229. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.03.110>
7. Ohta, S. (2014). Molecular hydrogen as a preventive and therapeutic medical gas: initiation, development and potential of hydrogen medicine. *Pharmacology & Therapeutics*, 144 (1), 1–11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2014.04.006>
8. Nicolson, G. L., de Mattos, G. F., Settineri, R., Costa, C., Ellithorpe, R., Rosenblatt, S. et al. (2016). Clinical Effects of Hydrogen Administration: From Animal and Human Diseases to Exercise Medicine. *International Journal of Clinical Medicine*, 7 (1), 32–76. doi: <https://doi.org/10.4236/ijcm.2016.71005>



9. Ichihara, M., Sobue, S., Ito, M., Ito, M., Hirayama, M., Ohno, K. (2015). Beneficial biological effects and the underlying mechanisms of molecular hydrogen – comprehensive review of 321 original articles. *Medical Gas Research*, 5 (1), 5–12. doi: <https://doi.org/10.1186/s13618-015-0035-1>
10. Sun, Q., Han, W., Nakao, A. (2015). Biological Safety of Hydrogen. *Hydrogen Molecular Biology and Medicine*. Dordrecht: Springer, 35–48. doi: [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9691-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9691-0_3)
11. Sviatnenko, R. S., Marynin, A. I., Ukrainets, A. I., Kochubei-Lytvynenko, O. V. (2016). Vplyv impulsnoho elektromahnytnoho polia na zhyttiezdatnist Escherichia Coli v modelnomu rozchyni vody. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Seriya: Tekhnika ta enerhetyka APK*, 252, 185–191.
12. Marynin, A., Bolshak, Y., Svyatnenko, R., Shtepa, D. (2020). Research of peculiarities of physicochemical indicators of water processed by reagent-free electrochemical method. *Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series: New Solutions in Modern Technologies*, 2 (4), 103–109. doi: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2020.02.13>
13. Hong, Y., Chen, S., Zhang, J.-M. (2010). Hydrogen as a Selective Antioxidant: A Review of Clinical and Experimental Studies. *Journal of International Medical Research*, 38 (6), 1893–1903. doi: <https://doi.org/10.1177/147323001003800602>
14. Liu, S., Sun, X., Tao, H. (2012). Hydrogen: From a biologically inert gas to a unique antioxidant. *Oxidative stress-molecular mechanisms and biological effects*, 135–144. doi: <https://doi.org/10.5772/34908>
15. Qian, J., Yan, L., Ying, K., Luo, J., Zhuang, H., Yan, W., Zhang, J., Zhao, Y. (2022). Plasma-activated water: A novel frozen meat thawing media for reducing microbial contamination on chicken and improving the characteristics of protein. *Food Chemistry*, 375, 131661. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131661>
16. Pasichny, V. N. (2007). *Nutritional supplements in food production*. Products & Ingredients, 5, 20–21.
17. Ukrainets, A., Pasichnyi, V., Shvedyuk, D., Matsuk, Y. (2017). Investigation of proteolysis ability of functional destined minced half-finished meat products. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 19 (75), 129–133. doi: <https://doi.org/10.15421/nvlvet7526>
18. Song, Y., Jane, J. (2000). Characterization of barley starches of waxy, normal, and high amylose varieties. *Carbohydrate Polymers*, 41 (4), 365–377. doi: [https://doi.org/10.1016/s0144-8617\(99\)00098-3](https://doi.org/10.1016/s0144-8617(99)00098-3)
19. Klymenko, M. M., Vinnikova, L. H., Bereza, I. H. (2006). *Tekhnologia m'iasa i m'iasnykh produktiv*. Kyiv: Vyshcha shkola, 325.
20. Kuzmyk, U., Marynin, A., Svyatnenko, R., Zheludenko, Y., Kurmach, M., Shvaiko, R. (2021). Prospects of use of vegetable raw materials in the technology of sour-milk dessert. *EUREKA: Life Sciences*, 3, 29–35. doi: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.001848>
21. Guimarães, C. F., Gasperini, L., Ribeiro, R. S., Carvalho, A. F., Marques, A. P., Reis, R. L. (2020). High-throughput fabrication of cell-laden 3D biomaterial gradients. *Materials Horizons*, 7 (9), 2414–2421. doi: <https://doi.org/10.1039/d0mh00818d>
22. Kristensen, L., Purslow, P. P. (2001). The effect of processing temperature and addition of mono- and di-valent salts on the heme-nheme-iron ratio in meat. *Food Chemistry*, 73 (4), 433–439. doi: [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(00\)00319-8](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(00)00319-8)
23. Lorenzo, J. M., Pateiro, M., Fontán, M. C. G., Carballo, J. (2014). Effect of fat content on physical, microbial, lipid and protein changes during chill storage of foal liver pâté. *Food Chemistry*, 155, 57–63. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.038>
24. Barbosa-Cánovas, G. V., Fontana, A. J., Schmidt, S. J., Labuza, T. P. (2020). *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, Inc. 406. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118765982>
25. Sánchez-Torres, E. A., Abril, B., Benedito, J., Bon, J., García-Pérez, J. V. (2021). Water desorption isotherms of pork liver and thermodynamic properties. *LWT*, 149, 111857. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111857>
26. Martín-Sánchez, A. M., Ciro-Gómez, G., Vilella-Esplá, J., Pérez-Álvarez, J. Á., Sayas-Barberá, E. (2017). Physicochemical and Sensory Characteristics of Spreadable Liver Pâtés with Annatto Extract (*Bixa orellana* L.) and Date Palm Co-Products (*Phoenix dactylifera* L.). *Foods*, 6 (11), 94. doi: <https://doi.org/10.3390/foods6110094>
27. Aykın-Dinçer, E., Erbaş, M. (2018). Drying kinetics, adsorption isotherms and quality characteristics of vacuum-dried beef slices with different salt contents. *Meat Science*, 145, 114–120. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.007>
28. Leonardo Betiol, L. F., Evangelista, R. R., Ribeiro Sanches, M. A., Basso, R. C., Gullón, B., Lorenzo, J. M. et al. (2020). Influence of temperature and chemical composition on water sorption isotherms for dry-cured ham. *LWT*, 123, 109112. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109112>
29. Karwowska, M., Ali, A. S. (2021). Spontaneously Fermented Beef Produced According to Traditional Recipe used in the Middle East without Nitrite. *Annals of Food Processing and Preservation*, 5 (1), 1029.
30. Yang, Y., Guan, E., Zhang, T., Li, M., Bian, K. (2019). Influence of water addition methods on water mobility characterization and rheological properties of wheat flour dough. *Journal of cereal science*, 89, 102791. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102791>
31. Balmforth, N. J., Bush, J. W. M., Craster, R. V. (2005). Roll waves on flowing cornstarch suspensions. *Physics Letters A*, 338 (6), 479–484. doi: <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2005.02.071>
32. Ahmed, J., Thomas, L., Al-Attar, H. (2014). Oscillatory Rheology and Creep Behavior of Barley  $\beta$ -d-glucan Concentrate Dough: Effect of Particle Size, Temperature, and Water Content. *Journal of Food Science*, 80 (1), E73–E83. doi: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12712>
33. Zhang, D.-W., Zhao, K.-F., Xie, F., Li, H., Wang, D. (2020). Effect of water-binding ability of amorphous gel on the rheology of geopolymer fresh pastes with the different NaOH content at the early age. *Construction and Building Materials*, 261, 120529. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120529>
34. Xie, J., Kayali, O. (2014). Effect of initial water content and curing moisture conditions on the development of fly ash-based geopolymers in heat and ambient temperature. *Construction and Building Materials*, 67, 20–28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.047>
35. Xu, T., Tang, C., Zhao, J., Li, L., Heap, M. J. (2012). Modelling the time-dependent rheological behaviour of heterogeneous brittle rocks. *Geophysical Journal International*, 189 (3), 1781–1796. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.2012.05460.x>
36. Sousa, P. C., Vega, E. J., Sousa, R. G., Montanero, J. M., Alves, M. A. (2016). Measurement of relaxation times in extensional flow of weakly viscoelastic polymer solutions. *Rheologica Acta*, 56 (1), 11–20. doi: <https://doi.org/10.1007/s00397-016-0980-1>

**CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS**

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.277986

**ВСТАНОВЛЕННЯ СТІЙКОСТІ ВОДОВІДШТОВХУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДО ДІЇ УЛЬТРАФІОЛЕТУ НА САМОГІДРОФОБИЗОВАНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ТЕКСТУРАХ СТАЛІ AISI 304** сторінки 6–9**Баклак Д. В.**

У даній роботі об'єктом дослідження були сталеві зразки, які були текстуровані фемтосекундним лазером. З використанням фемтосекундного лазера було виконано текстуровання поверхні як в режимі прямого променя, що забезпечує мікротекстури, так і в режимі відбиття, що призводить до формування на поверхні наноструктур типу LIPSS. Такі гібридні комплекси є оптимальними з точки зору водовідштовхувальних властивостей, оскільки втілюють принцип ієрархічних текстур. Такий підхід є одним з перспективних шляхів вирішення проблеми масштабування процесу отримання супергідрофобних металевих поверхонь. Робота була направлена на встановлення стабільності водовідштовхувальних властивостей мікро- нанотекстур, отриманих на поверхні сталі AISI 304 після спонтанної гідрофобізації під дією УФ-випромінювання. У роботі проведено дослідження отриманої текстурованої поверхні методами растрової електронної мікроскопії для підтвердження наявності нанотекстури та енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії для встановлення елементного складу отриманої мікротекстури. Показано, що водовідштовхувальна здатність поверхонь зі сталі AISI 304, текстурованих на мікро- та нанорівнях фемтосекундним лазером, після тривалої експозиції в атмосфері зростає до супергідрофобного стану зі значенням кутів змочування до 155°. Показано, що такі поверхні є чутливими до УФ-випромінювання. Залежно від типу структури втрача гідрофобності в експериментальних умовах відбувається через 15–45 хвилин експозиції, а повна гідрофілізація поверхні настає через 100 хвилин опромінення. В результаті отримані самогідрофобні поверхні, не придатні для експлуатації під впливом сонячного світла. Однак ультрафіолетове випромінювання можна використовувати для попереднього очищення таких поверхонь від адсорбованих органічних забруднень.

**Ключові слова:** кут змочування води, поверхневий натяг, водовідштовхувальні покриття, супергідрофобність, фемтосекундний лазер, сталь AISI 304.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.277980

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГІБРИДНОЇ МОДИФІКАЦІЇ ГУМІНОВИМИ КИСЛОТАМИ БУРОГО ВУГІЛЛЯ БІОДЕГРАДАБЕЛЬНИХ ПЛІВОК НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ** сторінки 10–13**Лебедєв В. В., Мірошниченко Д. В., Тихомирова Т. С.**

Об'єктом дослідження є технологія гібридної модифікації гуміновими кислотами бурого вугілля біодеградабельних плівок на основі полівінілового спирту. Розглянуто можливість підвищення міцності та експлуатаційних властивостей біодеградабельних полімерних матеріалів на основі полівінілового спирту шляхом використання їх модифікації різними типами гумінових кислот бурого вугілля. Отримані плівки з антибактеріальними властивостями шляхом гібридної модифікації гумінових кислот бурого вугілля. Формалізовано двостадійну технологію гібридної модифікації гуміновими кислотами бурого вугілля біодеградабельних плівок на основі полівінілового спирту. На першому етапі технології гібридної модифікації гумінових кислот бурого вугілля для отримання гібридно-модифікованих біодеградабельних матеріалів отримано гумінові кислоти бурого вугілля. На другому етапі відбувається гібридна модифікація гуміновими кислотами бурого вугілля біодеградабельних плівок полівінілового спирту, які отримують поливом з розчину. Проведено дослідження щодо визначення впливу гібридної модифікації бурого вугілля гуміновими кислотами на найважливіші експлуатаційні властивості біодеградабельних плівок на основі полівінілового спирту, тобто: міцність на розрив, відносне подовження при розриві та час появи цвілі. Виявлено зміни міцності на розрив, відносного подовження при розриві та часу появи плісняви для гібридних полімерних матеріалів на основі полівінілового спирту, гібридно модифікованих гуміновими кислотами бурого вугілля, залежно від вмісту їх різних типів. Також показано, що гібридна модифікація гуміновими кислотами бурого вугілля полівінілового спирту різними типами гумінових кислот дозволяє зберегти біодеградабельність плівок разом із наданням антибактеріальних властивостей. Розроблені гібридно модифіковані гуміновими кислотами бурого вугілля біодеградабельні плівки полівінілового спирту з антибактеріальними властивостями за своїми експлуатаційними характеристиками перевершують відомі аналогічні біодеградабельні плівки на основі природних біополімерів.

**Ключові слова:** буре вугілля, гумінові кислоти, гібридна модифікація, полівініловий спирт, антибактеріальні властивості, біодеградабельні плівки.

**MEASURING METHODS IN CHEMICAL INDUSTRY**

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.277184

**АНАЛІЗ СКЛАДУ АКТИВНОГО МУЛУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ** сторінки 14–17**Сангінова О. В.**

Об'єктом дослідження є електронно-мікроскопічні зображення активного мулу, які використовувались для навчання згорткової нейронної мережі. Важливим завданням процесу біологічного очищення стічних вод є оперативне визначення кількісних та якісних змін активного мулу, а також оцінювання впливу виявлених змін на ефективність очищення. Мікроскопічне дослідження, яке є традиційним інструментом контролю якості водно-мулової суміші, не дозволяє швидко виявити погіршення стану активного мулу, що може призвести до його деградації, а у складних випадках – до загибелі мулу. Порушення мікробіологічного складу мулу призводить до неправильного утворення флоків, порушення процесу утворення пластівців, ниткоподібного або шламового набухання, токсичності тощо. Поєднання методів штучного інтелекту з існуючими методами контролю якості активного мулу підвищить надійність та достовірність оцінки якості біологічного очищення.

Запропонована методологія для аналізу стану активного мулу з використанням конвуляційних нейронних мереж. З метою навчання мережі підготовлені зображення активного мулу, які класифіковані за двома категоріями – «флоки» та «бактерії з мікроорганізмів».

мами». У категорії «флоки» виділено 4 підкатегорії: розмір, форма, структура, край флокку; у категорії «бактерії з мікроорганізмами» – 2 підкатегорії: «окремі бактерії та мікроорганізми» та «колонії». Для кожної категорії сформовано набори даних по 250, 500 та 1000 зображень. Сформульовано задачу навчання моделі обробки зображень та критерії оцінювання успішності навчання. Задача навчання мережі полягала у пошуку такої функції розпізнавання, яка із заданим ступенем точності апроксимує невідому функцію розпізнавання на всій області її визначення. Точність розпізнавання зображень обрана в якості критерія успішності навчання. Результати тренування моделі свідчать, що точність розпізнавання зображень сягає 99,98 %, а на якість навчання впливає обсяг вибірки та тривалість тренування. Навчена модель може бути використана як швидкий та ефективний інструмент для виявлення проблем з активним мулом.

**Ключові слова:** активний мул, біологічне очищення, стічні води, згорткові нейронні мережі, моделі обробки зображень.

## ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.276637

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИРУБКИ ЛІСІВ НА ПОГЛИНАННЯ ВУГЛЕЦЮ В ШТАТІ ЕДО НА ПІВДНІ ПІВДЕННОЇ НІГЕРІЇ** сторінки 18–24

David Suru Awah, Yahaya Olotu, Rasheed Ibrahim, Linda Ngozi Izah, Arohunmolase Adebayo John

Зберігання та поглинання зростаючого атмосферного вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ) та скорочення викидів парникових газів (ПГ) в результаті покращення поглинання вуглецю є двома важливими способами, якими лісові землі роблять внесок у боротьбу з глобальним потеплінням. Дослідження направлено на оцінку швидкості поглинання вуглецю (CS) у штаті Едо, Нігерія, а також обсягу вирубки лісів та її впливу на CS. Щоб оцінити зміни запасів вуглецю, використовувалися методи запасів різниці та прибуток-втрати. Метод прибутків і втрат передбачає прибуток і втрати на основі темпів вилучення та зростання, тоді як підхід різниці запасів використовує фактичні вимірювання запасів вуглецю за певний період часу. Ці два методи передбачають, що зміни запасів вуглецю та потоків  $\text{CO}_2$  до атмосфери або з атмосфери однакові. Для кількісної оцінки зменшення лісу використовували географічні дослідження та супутникові знімки. Порівняння площі, вкритої лісом, в одному регіоні в дві різні епохи дозволило дослідникам визначити річну швидкість зміни. Результати показали, що втрати деревного покриву (TCL, кг/га) зменшилися у 18 регіонах місцевого самоврядування (LGA). Як наслідок, протягом базового періоду розгляду з 2010 по 2022 роки Східний Етаско (EE) та Західний Етако (ES), Південно-Східна Овія (OSW) та Північна Овія зазнали найменшої втрати деревного покриву. Збільшення потреб у виживанні людини, викликане збільшенням населення, може пояснити це спостереження та розгляд. У результаті цього дослідження вивчено ліси, що зазнали трансформації та використовувалися для виробництва їжі, будівництва міст і будинків та виробництва енергії. Регіон з найвищими темпами втрати деревного покриву та знеліснення був пов'язаний з найвищим CS, який був розрахований на рівні 2700 тС/га в OSW, і найнижчим значенням CS у розмірі 22,2 тС/га в Оредо-Едо (Oredo Edo). У результаті OSW показало, що густі ліси мають більший запас вуглецю в біомасі, ніж пасовища та відкриті ліси. На завершення дослідження показало, що штат Едо має значний потенціал для підвищення рівня поглинання вуглецю, щоб отримати прибуток від продажу запасів вуглецю та посилити зусилля щодо пом'якшення зміни клімату.

**Ключові слова:** вирубка лісів, поглинання вуглецю, втрата деревного покриву, лісові землі, пом'якшення наслідків зміни клімату, штат Едо.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.278006

**ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНО ДОЦІЛЬНИХ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ НІКОЛУ** сторінки 25–30

Гелеш А. Б., Мудрикєць П. М., Калмикон Я. А., Кіндзера Д. П., Гнатів В. М.

Об'єктом дослідження є технології електрохімічного очищення стоків від іонів важких металів. Робота зокрема присвячена очищенню стоків від низькоконцентрованих за іоном Ніколу. Головним завданням експериментальних досліджень було підібрати матеріал електродів та режим електрохімічного розчинення анодів, за якого ефективність очищення стоків буде максимальною, також підтвердити практичну можливість глибокого очищення зазначених стоків до норм, які відповідають гранично допустимим концентраціям ( $\text{ГДК}_{\text{Ni}}=0,5 \text{ мг/дм}^3$ ).

Встановлено, що в процесі електрокоагуляційного очищення стічних вод існує індукційний період часу (10 хв), протягом якого в електролізері відбувається накопичення коагулянта та різке зростання ступеня очищення. В результаті збільшення густини струму від  $10 \text{ А/м}^2$  до  $20 \text{ А/м}^2$  ступінь очищення на залізних електродах за тривалості процесу 20 хв зріс від 60 до 84 %. Це пояснюється інтенсифікацією анодного розчинення металу та зростанням концентрації  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Збільшення густини струму до  $30 \text{ А/м}^2$  практично не впливає на ступінь очищення, що пояснюється явищем поляризації анодів та підтверджується зростанням напруги процесу від 2,40 В ( $10 \text{ А/м}^2$ ) до 12,59 В ( $30 \text{ А/м}^2$ ). Тому надалі підвищувати густину струму недоцільно. Для залізних анодів не вдалось досягти необхідного ступеня очищення ( $\geq 98,3 \%$ ), максимальний ступінь очищення не перевищував 85 %, а вміст іонів  $\text{Ni}^{2+}$  в очищеній воді перевищує ГДК на порядок.

Експериментально встановлено, що для процесу електрокоагуляційного очищення стічних вод від іонів Ніколу доцільно використовувати алюмінієві електроди. За густини струму  $20 \text{ А/м}^2$  та тривалості процесу 40 хв концентрація іонів  $\text{Ni}^{2+}$  не перевищувала  $\text{ГДК}_{\text{Ni}}$ . При використанні алюмінієвих електродів, зростання густини струму з  $15 \text{ А/м}^2$  до  $20 \text{ А/м}^2$  не призводить до поляризації електродів, а процес в обох випадках проходить стаціонарно за напруги  $\sim 6,7 \text{ В}$ . Обрано технологічно доцільний режим роботи електролізера: алюмінієві електроди за анодної густини струму  $20 \text{ А/м}^2$  та тривалості процесу очищення  $\geq 40$  хв. Отримані результати можуть знайти практичне використання у проектуванні систем очищення стічних вод гальванічних виробництв.

**Ключові слова:** очищення стоків, електрохімічне очищення, важкі метали, сполуки Ніколу, електрокоагуляція, алюмінієві електроди.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.277784

**ПЕРЕРОБКА КРЕМНІЙНИХ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЇХ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ** сторінки 31–36

Soufiane Bouabdallah, Abdeslam Chaib, Mohamed Bounouala, Довбау Н. І., Aissa Benselhou, Stefano Bellucci

В даний час існує тенденція до використання менш багатих кремнеземом руд через виснаження високоякісних ресурсів. Обробка сирого каооліну в Тамазерті (Східний Алжир) утворює за допомогою гідроциклонного процесу приблизно 80 % кремнієвих побічних

продуктів. Ці кремнеземні відходи, які зберігаються під відкритим небом, становлять значну екологічну проблему. Ця дослідницька робота спрямована на покращення якості кремнеземистих побічних продуктів, зокрема, на процес усунення оксидів заліза та алюмінію, щоб зробити цю сировину придатною для промислового використання, а також вирішити екологічні проблеми. Зібрані побічні продукти були охарактеризовані різними методами, такими як рентгенівська флуоресценція (XRF) і рентгенівська дифракція (XRD), XRF підтвердила, що побічні продукти східно-кремністі, з вмістом до 82 % SiO<sub>2</sub>. Побічний продукт, отриманий в результаті обробки сирого каоліну, в основному містить різну кількість домішок, таких як оксид заліза, оксид титану та глинозем. У всіх випадках присутність цих домішок впливає на колір і фізичні властивості мінералу, а отже, знижує економічну цінність і обмежує промислове застосування. У цій структурі класифікована фракція (-500)–(+100) мкм була спрямована на очищення від стирання з подальшою технікою магнітної сепарації та хімічної обробки сірчаною кислотою з різними концентраціями. Результати випробувань на збагачення побічного продукту вказують на те, що використання самої очистки від стирання не забезпечує відповідного продукту для виробництва скла. Магнітну сепарацію перевіряли зі стиранням на корисну фракцію ((-500)–(+100) мкм). Немагнітна фракція стирання концентрує менше 0,45 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і 0,05 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Цей низький вміст поєднує чудовий відсоток вмісту кремнезему 97,98 %. Випробування на стирання та вилуговування 40 % сірчаної кислоти показали, з одного боку, значні результати з високим відсотком кремнезему (>98,5 %) проти 0,04 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і 0,66 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а з іншого боку, що збагачений продукт відповідає стандартам, необхідним для виробництва скла.

**Ключові слова:** тамазертний сирій каолін, кремнеземні продукти, переробка корисних копалин, кремнезем, скло.

## FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.278118

**ТЕХНОЛОГІЯ БІЛКОВОГО ІЗОЛЯТУ З ГОРОХУ (*PISUM SATIVUM VAR. ARVENSE*)** сторінки 37–40

**Головко Т. М., Головко М. П., Василенко О. О., Перцевої Ф. В., Болгова Н. В., Тищенко В. І., Применко В. Г.**

Об'єктом дослідження є горох (*Pisum sativum var. arvense*) та білковий ізолят гороху. Досліджено хімічний склад гороху для визначення його потенціалу, як нової сировини для отримання білкового ізоляту рН-коригуючою обробкою. Отримані результати підтверджують ефективність використання гороху для отримання білкового ізоляту для використання у харчовій промисловості замість соєвого білкового ізоляту. Горох має низький вміст ліпідів (1,61 % на суху речовину), високий вміст сирого протеїну (19,21 % на суху речовину), золи (3,41 % на суху речовину) та мінеральних речовин (Se, Fe, Zn, Mn, Cu, Mg, P). Співвідношення незамінних амінокислот до замінних (0,78), що вище за кількість рекомендовану Всесвітньою організацією охорони здоров'я. Рослинний білок є альтернативою тваринного в харчовій промисловості. Білковий ізолят з гороху отримували рН-коригуючою обробкою та визначали його хімічний склад та функціональні властивості. Після рН-коригуючої обробки хімічний склад білка та мінеральних речовин не показав суттєвих змін. Вміст протеїну у білковому ізоляті гороху склав 82,2 %, а вихід білкового ізоляту з гороху – 5,6 %. Для підтвердження функціональних властивостей білкового ізоляту з гороху були досліджені показники вологоутримуючої здатності (1,05 мл/г) та жирутримуючої здатності (0,82 мл/г). Горох та білковий ізолят з нього показали високі функціональні властивості та якісний хімічний склад білків і мінеральних речовин для використання у технології ковбасних виробів, на що мають бути спрямовані подальші дослідження.

**Ключові слова:** насіння гороху, овочі, білковий ізолят, рН-коригуюча обробка, ковбасні вироби, якісні характеристики.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.278113

**ВПЛИВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО АКТИВОВАНОЇ ВОДИ НА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ М'ЯСНИХ ПАШТЕТІВ** сторінки 41–46

**Маринін А. І., Пасічній В. М., Шлак В. В., Святненко Р. С.**

Об'єктом дослідження є фізичні показники та реологічні характеристики м'ясних паштетів з суспензіями кукурудзяного крохмалю, приготованими на активованій воді. Серед компонентів складу питної води та продуктів харчування немало речовин з особливо притаманною їм біологічною активністю. Біологічна активність води спричинена підвищеною електронною або протонною активністю. На сьогодні відомі різні способи зміни властивостей води, однак найбільш перспективним безреагентним методом є електрохімічна активація води. В результаті цього одержують електрохімічно активовані водні розчини (католіт/аноліт), вода насичується киснем, прискорює виведення метаболічних відходів і сприяє найбільш повному засвоєнню поживних речовин.

Дослідження було направлено на визначення впливу активованої води у складі крохмальних суспензій на фізичні властивості та реологічні характеристики паштетів з їхнім вмістом. Активована вода впливає на показник рН паштетів, який в м'ясній галузі вказує на свіжість і якість м'ясної сировини та продукції з неї. До пастеризації показник рН для усіх зразків був практично ідентичний. В процесі зберігання у паштетах відбувається підвищення концентрації (H<sup>+</sup>) іонів, та виникає зміщення рН в кисло сторону. Показники активності води паштетів з крохмальними суспензіями на активованій воді тяжіють до показників паштетів більше, ніж до показників крохмалю, діапазон для яких знаходиться в межах 0,280–0,400. Залежності зміни напруження зсуву від часу релаксації паштетів показали, що незалежно від дозування крохмальної суспензії значення напруження зсуву зразків на католіті в часовому діапазоні 0–300 с значно вищі за показники зразків на аноліті та водопровідній воді. Це пояснюється здатністю цих зразків, набувши необхідної структури, менше піддаватись зовнішньому впливу деформації та зберігати структуру більш цілісною. Криві повзучості усіх зразків свідчать про тримодальний характер класичної експериментальної кривої повзучості. Таким чином, електрохімічна активація води модифікує властивості кукурудзяного крохмалю та значно впливає на реологічні характеристики м'ясних паштетів з її вмістом.

Отримані результати можуть бути використані при розробленні рецептур м'ясних паштетів та їх виробництві на підприємствах.

**Ключові слова:** електрохімічно активована вода, аноліт, католіт, крохмальна суспензія, реологічні характеристики, м'ясний паштет.