

ABSTRACT AND REFERENCES

TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.278270

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF THE SYNTHESIS OF FATTY ACID MONOGLYCERIDES USING THE GLYCEROLYSIS REACTION (p. 6–12)**Dmytro Saveliev**National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4310-0437>**Olena Petrova**Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8612-3981>**Oleksandr Yashchenko**National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7129-389X>**Serhii Rudakov**National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8263-0476>**Serhii Harbuz**National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6345-6214>**Natalia Shevchuk**Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5845-2582>**Tetiana Kachanova**Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0032-3996>**Michael Gill**Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7353-9865>**Nataliia Bolhova**Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0201-0769>**Nataliia Borozenets**Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1023-4241>

The object of research is the process of fat glycerolysis in order to obtain fatty acid monoglycerides.

Monoglycerides are an important component of chemical, pharmaceutical, cosmetic, and food industry products. These substances are used as emulsifiers, structure formers, complex formers, etc. The industrial production of monoglycerides involves the use of complex technologies, as well as dangerous and unstable catalysts. An urgent task is to develop new catalysts and improve technologies for monoglycerides obtaining.

The technology for the synthesis of monoglycerides by the glycerolysis method, which involves the reaction of vegetable hydrogenated fat with glycerol, was studied. Potassium glyceroxide was used as a catalyst, which is effective and safe in terms of production and use.

Hydrogenated unrefined fat according to DSTU 5040 (CAS Number 68334-28-1) was used. The fat has non-standard parameters: the melting point is 51 °C, the mass fraction of moisture and volatile substances is 0.3 %, the acid value is 3.2 mg KOH/g, the peroxide value is 7.6 ½ O mmol/kg.

The process duration was 90 minutes, the glycerol concentration was 50 %. Rational conditions for glycerolysis were determined: catalyst concentration (1.5 %) and temperature (140 °C). Under these conditions, the product ensured the stability of the “water – sunflower oil” emulsion of 96.8 %, the concentration of monoglycerides in the system was 0.1 %. Product parameters: mass fraction of monoglycerides – 72.5 %, free glycerol – 1.5 %, acid value – 1.7 mg KOH/g.

The research results make it possible to improve the glycerolysis process using a new catalyst and obtain monoglycerides with high emulsifying ability. This will increase the profitability of the enterprise and increase the volume of production of high-quality monoglycerides for various industries.

Keywords: fatty acid monoglycerides, chemical transesterification catalyst, emulsion stability, potassium glyceroxide.

References

1. Nguyen, D. M., Nguyen, T. M. L., Colin, J., Perré, P., Nguyen, T. D., Thuc, H. H., Thuc, C. N. H. (2019). Monoglyceride as an effective and friendly modification agent for nano-layered structure of Montmorillonite. *Applied Clay Science*, 179, 105100. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2019.04.008>
2. Danchenko, Y., Andronov, V., Barabash, E., Obigenko, T., Rybka, E., Meleshchenko, R., Romina, A. (2017). Research of the intramolecular interactions and structure in epoxyamine composites with dispersed oxides. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (12 (90)), 4–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118565>
3. Kwon, C. W., Chang, P.-S. (2021). Influence of alkyl chain length on the action of acetylated monoglycerides as plasticizers for poly (vinyl chloride) food packaging film. *Food Packaging and Shelf Life*, 27, 100619. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.100619>
4. Vambol, S., Bogdanov, I., Vambol, V., Suchikova, Y., Lopatina, H., Tsybuliak, N. (2017). Research into effect of electrochemical etching conditions on the morphology of porous gallium arsenide. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5 (90)), 22–31. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118725>
5. Chen, C., Zhang, C., Zhang, Q., Ju, X., Wang, Z., He, R. (2021). Study of monoglycerides enriched with unsaturated fatty acids at sn-2 position as oleogelators for oleogel preparation. *Food Chemistry*, 354, 129534. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129534>
6. Levterov, A. M. (2018). Thermodynamic properties of fatty acid esters in some biodiesel fuels. *Functional Materials*, 25 (2), 308–312. doi: <https://doi.org/10.15407/fm25.02.308>
7. Chernukha, A., Teslenko, A., Kovalov, P., Bezuglov, O. (2020). Mathematical Modeling of Fire-Proof Efficiency of Coatings Based on Silicate Composition. *Materials Science Forum*, 1006, 70–75. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.70>
8. Elgharabawy, A. S., Sadik, W. A., Sadek, O. M., Kasaby, M. A. (2021). Glycerolysis treatment to enhance biodiesel production from low-quality feedstocks. *Fuel*, 284, 118970. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118970>
9. Petik, I., Belinska, A., Kunitsia, E., Bochkarev, S., Ovsianikova, T., Kalyna, V. et al. (2021). Processing of ethanol-containing waste of oil neutralization in the technology of hand cleaning paste. *Eastern-*

- European Journal of Enterprise Technologies, 1 (10 (109)), 23–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225233>
10. Mustafa, A., Niikura, F., Pastore, C., Allam, H. A., Hassan, O. B., Mustafa, M. et al. (2022). Selective synthesis of alpha monoglycerides by a clean method: Techno-economic and environmental assessment. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 27, 100690. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100690>
 11. Sytnik, N., Kunitsia, E., Mazaeva, V., Chernukha, A., Ostapov, K., Borodych, P. et al. (2021). Establishing rational conditions for obtaining potassium glycerate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (111)), 12–18. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231449>
 12. Teslenko, A., Chernukha, A., Bezuglov, O., Bogatov, O., Kunitsa, E., Kalyna, V. et al. (2019). Construction of an algorithm for building regions of questionable decisions for devices containing gases in a linear multidimensional space of hazardous factors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (101)), 42–49. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.181668>
 13. Chernukha, A., Chernukha, A., Ostapov, K., Kurska, T. (2021). Investigation of the Processes of Formation of a Fire Retardant Coating. *Materials Science Forum*, 1038, 480–485. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1038.480>
 14. Chernukha, A., Chernukha, A., Kovalov, P., Savchenko, A. (2021). Thermodynamic Study of Fire-Protective Material. *Materials Science Forum*, 1038, 486–491. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1038.486>
 15. Li, J., Guo, R., Bi, Y., Zhang, H., Xu, X. (2021). Comprehensive evaluation of saturated monoglycerides for the forming of oleogels. *LWT*, 151, 112061. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112061>
 16. Sytnik, N., Kunitsa, E., Mazaeva, V., Chernukha, A., Bezuglov, O., Bogatov, O. et al. (2020). Determination of the influence of natural antioxidant concentrations on the shelf life of sunflower oil. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (106)), 55–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209000>
 17. Kovaliova, O., Pivovarov, O., Kalyna, V., Tchoursinov, Y., Kunitsia, E., Chernukha, A. et al. (2020). Implementation of the plasmochemical activation of technological solutions in the process of ecologization of malt production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (107)), 26–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.215160>
 18. Dushkin, S. S., Galkina, O. P. (2019). More Effective Clarification of Circulating Water at Coke Plants. *Coke and Chemistry*, 62 (10), 474–480. doi: <https://doi.org/10.3103/s1068364x19100041>
 19. Sytnik, N., Kunitsia, E., Mazaeva, V., Chernukha, A., Kovalov, P., Grigorenko, N. et al. (2020). Rational parameters of waxes obtaining from oil winterization waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (108)), 29–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.219602>
 20. Rybalova, O., Artemiev, S. (2017). Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (89)), 67–76. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112211>
 21. Vambol, S., Vambol, V., Bogdanov, I., Suchikova, Y., Rashkevich, N. (2017). Research of the influence of decomposition of wastes of polymers with nano inclusions on the atmosphere. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (90)), 57–64. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118213>
 22. Pospelov, B., Rybka, E., Togobytska, V., Meleshchenko, R., Danchenko, Y., Butenko, T. et al. (2019). Construction of the method for semi-adaptive threshold scaling transformation when computing recurrent plots. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (100)), 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176579>
 23. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Maksymenko, N., Meleshchenko, R. et al. (2020). Mathematical model of determining a risk to the human health along with the detection of hazardous states of urban atmosphere pollution based on measuring the current concentrations of pollutants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (106)), 37–44. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210059>
 24. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Karpets, K., Pirohov, O. et al. (2019). Development of the correlation method for operative detection of recurrent states. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (102)), 39–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.187252>
 25. Loboichenko, V., Strelec, V. (2018). The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. *Water and Energy International*, 61r (9), 43–50. Available at: <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:wei&volume=61r&issue=9&article=008>
 26. Rybalova, O., Artemiev, S., Sarapina, M., Tsybal, B., Bakhareva, A., Shestopalov, O., Filenko, O. (2018). Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (92)), 4–17. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127829>
 27. Vambol, S., Vambol, V., Sychikova, Y., Deyneko, N. (2017). Analysis of the ways to provide ecological safety for the products of nanotechnologies throughout their life cycle. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (85)), 27–36. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.85847>
 28. Naik, M. K., Naik, S. N., Mohanty, S. (2014). Enzymatic glycerolysis for conversion of sunflower oil to food based emulsifiers. *Catalysis Today*, 237, 145–149. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2013.11.005>
 29. Elgharabawy, A. S., Sadik, Wagih, A., Sadek, O. M., Kasaby, M. A. (2021). Maximizing biodiesel production from high free fatty acids feedstocks through glycerolysis treatment. *Biomass and Bioenergy*, 146, 105997. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.105997>
 30. Belleli, P. G., Ferretti, C. A., Apesteguía, C. R., Ferullo, R. M., Di Cosimo, J. I. (2015). Glycerolysis of methyl oleate on MgO: Experimental and theoretical study of the reaction selectivity. *Journal of Catalysis*, 323, 132–144. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2015.01.001>
 31. Gole, V. L., Gogate, P. R. (2014). Intensification of glycerolysis reaction of higher free fatty acid containing sustainable feedstock using microwave irradiation. *Fuel Processing Technology*, 118, 110–116. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2013.08.018>
 32. Sytnik, N., Kunitsia, E., Mazaeva, V., Kalyna, V., Chernukha, A., Vazhynskyi, S. et al. (2021). Rational conditions of fatty acids obtaining by soapstock treatment with sulfuric acid. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (112)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.236984>
 33. Balsamo, N. F., Sapag, K., Oliva, M. I., Pecchi, G. A., Eimer, G. A., Crivello, M. E. (2017). Mixed oxides tuned with alkaline metals to improve glycerolysis for sustainable biodiesel production.

Catalysis Today, 279, 209–216. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2016.06.005>

34. Echeverri, D. A., Perez, W. A., Rios, L. A. (2013). Synthesis of maleated-castor oil glycerides from biodiesel-derived crude glycerol. *Industrial Crops and Products*, 49, 299–303. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.05.008>
35. Bliznjuk, O., Masalitina, N., Mezentseva, I., Novozhylova, T., Korchak, M., Haliasnyi, I. et al. (2022). Development of safe technology of obtaining fatty acid monoglycerides using a new catalyst. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (116)), 13–18. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253655>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.279619

**DETERMINATION OF FAT-SOLUBLE DYES
INFLUENCE ON THE OXIDATION INDUCTION
PERIOD OF THEIR OIL SOLUTIONS (p. 13–21)**

Pavlo Petik

Ukrainian Scientific Research Institute of Oils and Fats of the
National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1656-3574>

Serhii Stankevych

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8300-2591>

Inna Zabrodina

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8122-9250>

Oksana Zhulinska

Separate Structural Subdivision «Housing and Municipal
Professional College of O. M. Beketov National University of
Urban Economy in Kharkiv», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6003-3494>

Iryna Mezentseva

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7695-7982>

Ivan Haliasnyi

Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4195-9694>

Tatyana Hontar

Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0758-1752>

Lidiia Shubina

A separate structural unit “Kharkiv Trade and Economic
Vocational College State University of Trade and Economics”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0829-1979>

Oleh Kotliar

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4818-4967>

Svitlana Bondarenko

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8685-5928>

The object of the study is the period of induction of accelerated oxidation of oil solutions of fat-soluble dyes chlorophyll and beta-carotene. The effect of the content of fat-soluble dyes on the period

of induction of accelerated oxidation of their solutions in refined sunflower oil was studied. The peculiarity of the work consists in establishing approximate graphic and mathematical dependences of the term of the induction period of accelerated oxidation of refined sunflower oil on the content of chlorophyll and beta-carotene separately and together. This is important for predicting the shelf life of oil solutions of fat-soluble dyes.

It was determined that chlorophyll A practically does not show a pro-oxidant effect if its content is up to 0.05 g/l. The content of chlorophyll A at the level of 0.10 g/l leads to a reduction in the duration of the induction period by 14 %; 0.20 g/l – by 36 %; 0.30 g/l – by 48 %. The content of beta-carotene at the level of 0.10 g/l leads to an increase in the duration of the induction period by 35 %; 0.20 g/l – by 47 %; 0.30 g/l – by 54 %. The content in the oil system of 0.10 g/l of beta-carotene and 0.05 g/l of chlorophyll A leads to a reduction in the period of induction of accelerated oxidation by 8.4 % compared to the oil solution of 0.10 g/l of beta-carotene without chlorophyll A. The obtained data are explained by the fact that there is a compensatory effect of the antioxidant beta-carotene on the pro-oxidant effect of chlorophyll A in the oil solution. A feature of the obtained results is the possibility of predicting the shelf life of oil solutions of fat-soluble dyes. From a practical point of view, the results of the research allow to develop oil systems taking into account the separate and compatible features of reactivity to the oxidation of chlorophyll and beta-carotene. An applied aspect of using the scientific result is the possibility of expanding the assortment of oil products of increased nutritional value with different contents of chlorophyll and beta-carotene.

Keywords: chlorophyll, beta-carotene, antioxidant, prooxidant, accelerated oxidation, differential scanning calorimetry.

References

- Belinska, A., Bochkarev, S., Varankina, O., Rudniev, V., Zviahintseva, O., Rudnieva, K. et al. (2019). Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (101)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.178908>
- Saveliev, D., Hryhorenko, O., Mykhailova, E., Kravtsov, M., Kostyrkin, O., Nikitin, A. et al. (2023). Development of technology for obtaining fat compositions with increased oxidative stability. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (121)), 33–39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272210>
- Yuan, L., Xu, Z., Tan, C.-P., Liu, Y., Xu, Y.-J. (2021). Biohazard and dynamic features of different polar compounds in vegetable oil during thermal oxidation. *LWT*, 146, 111450. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111450>
- Danchenko, Y., Andronov, V., Kariev, A., Lebedev, V., Rybka, E., Melshchenko, R., Yavorska, D. (2017). Research into surface properties of disperse fillers based on plant raw materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (12 (89)), 20–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.111350>
- Abad, A., Shahidi, F. (2021). Fatty acid, triacylglycerol and minor component profiles affect oxidative stability of camelina and somphia seed oils. *Food Bioscience*, 40, 100849. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100849>
- Ma, G., Wang, Y., Li, Y., Zhang, L., Gao, Y., Li, Q., Yu, X. (2023). Antioxidant properties of lipid concomitants in edible oils: A review.

Food Chemistry, 422, 136219. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136219>

7. Wang, D., Xiao, H., Lyu, X., Chen, H., Wei, F. (2023). Lipid oxidation in food science and nutritional health: A comprehensive review. *Oil Crop Science*, 8 (1), 35–44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.02.002>
8. Ali, M. A., Nargis, A., Othman, N. H., Noor, A. F., Sadik, G., Hossen, J. (2017). Oxidation stability and compositional characteristics of oils from microwave roasted pumpkin seeds during thermal oxidation. *International Journal of Food Properties*, 20 (11), 2569–2580. doi: <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1244544>
9. Maszewska, M., Florowska, A., Dłużewska, E., Wroniak, M., Marciniak-Lukasiak, K., Żbikowska, A. (2018). Oxidative Stability of Selected Edible Oils. *Molecules*, 23 (7), 1746. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules23071746>
10. Giuliani, A. A., Cichelli, A., Tonucci, L., d'Alessandro, N. (2015). Chlorophyll photosensitized oxidation of virgin olive oil: A comparison between selected unsaturated model esters and real oil samples. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 92 (1), 25–37. Available at: https://www.researchgate.net/publication/278685152_Chlorophyll_photosensitized_oxidation_of_virgin_olive_oil_A_comparison_between_selected_unsaturated_model_esters_and_real_oil_samples
11. Li, X., Yang, R., Lv, C., Chen, L., Zhang, L., Ding, X. et al. (2018). Effect of Chlorophyll on Lipid Oxidation of Rapeseed Oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121 (4), 1800078. doi: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800078>
12. Ayu, D. F., Andarwulan, N., Hariyadi, P., Purnomo, E. H. (2016). Effect of tocopherols, tocotrienols, β -carotene, and chlorophyll on the photo-oxidative stability of red palm oil. *Food Science and Biotechnology*, 25 (2), 401–407. doi: <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0055-1>
13. Murillo, M. C., García, A. B., Lafarga, T., Melgosa, M., Bermejo, R. (2022). Color of extra virgin olive oils enriched with carotenoids from microalgae: influence of ultraviolet exposure and heating. *Grasas y Aceites*, 73 (2), e455. doi: <https://doi.org/10.3989/gya.0104211>
14. Nabi, B. G., Mukhtar, K., Ahmed, W., Manzoor, M. F., Ranjha, M. M. A. N., Kieliszek, M. et al. (2023). Natural pigments: Anthocyanins, carotenoids, chlorophylls, and betalains as colorants in food products. *Food Bioscience*, 52, 102403. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102403>
15. Nova oliya soniashnykova rafinovana TM «Oleina Presova». Umovy zberihannia. Available at: <https://oleina.ua/production/oleina-presova/>
16. Ashenafi, E. L., Nyman, M. C., Shelley, J. T., Mattson, N. S. (2023). Spectral properties and stability of selected carotenoid and chlorophyll compounds in different solvent systems. *Food Chemistry Advances*, 2, 100178. doi: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100178>
17. Setting Up a DSC Oxygen Induction Time Procedure. Available at: https://folk.ntnu.no/deng/fra_nt/other%20stuff/DSC_manuals/QDSC/Setting_Up_a_DSC_Oxygen_Induction_Time_Procedure.htm#top

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.279099

OPTIMIZATION OF THE ELECTROSTATIC COAL ADSORPTION PROCESS FOR SEA-SALT PRODUCTION FROM SEAWATER (p. 22–31)

Yurida Ekawati

Universitas Ma Chung, Malang, Jawa Timur, Indonesia
Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7759-6119>

Oyong Novareza

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4513-9690>

Putu Hadi Setyarini

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5813-021X>

Willy Satrio Nugroho

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8288-6287>

I Nyoman Gede Wardana

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3146-9517>

High sulfate content in seawater forms sulfate salts, which become impurities in sea salts. This study investigates the influence of lime juice in the adsorption of sulfate ions in seawater using commercial activated carbon. A full factorial experimental design was employed to optimize the level factors of activated carbon type, adsorbent dosage, and concentration of lime juice in response to the percentage reduction in sulfate concentration. Activated carbon (GCB) and acid-washed activated carbon (GCA) were two types of coconut shells granular activated carbon used for the experiment without further modification. The main effect and interaction effects were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and p-values to define the influence of variables affecting sulfate ions adsorption. The adsorption of sulfate ions in seawater was affected by the interaction between the activated carbon type and the dosage, and the concentration of lime juice. The lime juice factor significantly enhanced the performance of activated carbon to adsorb the sulfate ions in seawater, and the factor's contribution was 58.2 %. The optimum sulfate ions reduction from seawater was attained at levels of factors activated carbon GCB, the dosage of 50mg, and the concentration of lime juice 50 μ l. The interaction between lime juice and activated carbon pores are electrostatic. The impurities are attracted by the revealed polarity of the activated carbon pores. High electronegativity of lime juice acid pulls the negatively charged ions of the impurities. The more economical activated carbon, GCB, which performed better in sulfate ion adsorption, provides an alternative for reducing sea salt impurities. Hence, GCB can directly be mixed with the seawater to produce high quality sea-salt. Therefore, this study is suitable to improve sea salt product quality that processed with activated carbon.

Keywords: electrostatic coal adsorbent, sea-salt impurities, sulfate adsorption, lime juice, acid-wash.

References

1. Dasgupta, P. K., Liu, Y., Dyke, J. V. (2008). Iodine Nutrition: Iodine Content of Iodized Salt in the United States. *Environmental Science & Technology*, 42 (4), 1315–1323. doi: <https://doi.org/10.1021/es0719071>
2. Knowles, J. M., Garrett, G. S., Gorstein, J., Kupka, R., Situma, R., Yadav, K. et al. (2017). Household Coverage with Adequately Iodized Salt Varies Greatly between Countries and by Residence Type and Socioeconomic Status within Countries: Results from 10 National Coverage Surveys. *The Journal of Nutrition*, 147 (5), 1004S-1014S. doi: <https://doi.org/10.3945/jn.116.242586>
3. Sedivy, V. M. (2013). Environmental balance of salt production speaks in favour of solar saltworks. *Global NEST Journal*, 11 (1), 41–48. doi: <https://doi.org/10.30955/gnj.000567>

4. Byrne, R. H., Mackenzie, F. T., Duxbury, A. C. (2023). Seawater. Encyclopedia Britannica. Available at: <https://www.britannica.com/science/seawater>
5. Keene, W. C., Pszeny, A. A. P., Galloway, J. N., Hawley, M. E. (1986). Sea-salt corrections and interpretation of constituent ratios in marine precipitation. *Journal of Geophysical Research*, 91 (D6), 6647. doi: <https://doi.org/10.1029/jd091id06p06647>
6. Runtti, H., Tuomikoski, S., Kangas, T., Kuokkanen, T., Rämö, J., Lassi, U. (2016). Sulphate Removal from Water by Carbon Residue from Biomass Gasification: Effect of Chemical Modification Methods on Sulphate Removal Efficiency. *BioResources*, 11 (2). doi: <https://doi.org/10.15376/biores.11.2.3136-3152>
7. Hong, S., Cannon, F. S., Hou, P., Byrne, T., Nieto-Delgado, C. (2017). Adsorptive removal of sulfate from acid mine drainage by polypyrrole modified activated carbons: Effects of polypyrrole deposition protocols and activated carbon source. *Chemosphere*, 184, 429–437. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.06.019>
8. Zhu, M., Yin, X., Chen, W., Yi, Z., Tian, H. (2018). Removal of sulphate from mine waters by electrocoagulation/rice straw activated carbon adsorption coupling in a batch system: optimization of process via response surface methodology. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 9 (2), 163–172. doi: <https://doi.org/10.2166/wrd.2018.054>
9. Rahmati, M., Yeganeh, G., Esmaili, H. (2019). Sulfate Ion Removal From Water Using Activated Carbon Powder Prepared by Ziziphus Spina-Christi Lotus Leaf. *Acta Chimica Slovenica*, 66 (4), 888–898. doi: <https://doi.org/10.17344/acs.2019.5093>
10. Wadmare, V. B., Gadhe, K. S., Joshi, M. M. (2019). Studies on physical and chemical composition of Broccoli (*Brassica oleracea* L.). *Int. J. Chem. Stud.*, 7 (2), 825–828. Available at: <https://www.chemjournal.com/archives/2019/vol7issue2/PartO/7-1-654-563.pdf>
11. Rangel, C. N., Carvalho, L. M. J. de, Fonseca, R. B. F., Soares, A. G., Jesus, E. O. de. (2011). Nutritional value of organic acid lime juice (*Citrus latifolia* T.), cv. Tahiti. *Food Science and Technology (Campinas)*, 31 (4), 918–922. doi: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612011000400014>
12. A review of “Applied Statistics and Probability for Engineers” Douglas C. Montgomery, George C. Runger, 1994 New York, Chichester, John Wiley and Sons ISBN 0 471 01021 9. (1994). *European Journal of Engineering Education*, 19 (3), 383–383. doi: <https://doi.org/10.1080/03043799408928333>
13. Özbay, N., Yargıç, A. Ş., Yarbay-Şahin, R. Z., Önal, E. (2013). Full Factorial Experimental Design Analysis of Reactive Dye Removal by Carbon Adsorption. *Journal of Chemistry*, 2013, 1–13. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/234904>
14. Koehlert, K. (2017). Activated carbon: Fundamentals and new applications. *Chem. Eng. (United States)*, 124 (7), 32–40.
15. Liu, S. X., Chen, X., Chen, X. Y., Liu, Z. F., Wang, H. L. (2007). Activated carbon with excellent chromium(VI) adsorption performance prepared by acid–base surface modification. *Journal of Hazardous Materials*, 141 (1), 315–319. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.07.006>
16. Ilomuanya, M., Nashiru, B., Ifudu, N., Igwilo, C. (2017). Effect of pore size and morphology of activated charcoal prepared from midribs of *Elaeis guineensis* on adsorption of poisons using metronidazole and *Escherichia coli* O157:H7 as a case study. *Journal of Microscopy and Ultrastructure*, 5 (1), 32. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmau.2016.05.001>
17. Boehm, H. P. (2002). Surface oxides on carbon and their analysis: a critical assessment. *Carbon*, 40 (2), 145–149. doi: [https://doi.org/10.1016/s0008-6223\(01\)00165-8](https://doi.org/10.1016/s0008-6223(01)00165-8)
18. Shafeeyan, M. S., Daud, W. M. A. W., Houshmand, A., Shamiri, A. (2010). A review on surface modification of activated carbon for carbon dioxide adsorption. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 89 (2), 143–151. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2010.07.006>
19. Montes-Morán, M. A., Suárez, D., Menéndez, J. A., Fuente, E. (2004). On the nature of basic sites on carbon surfaces: an overview. *Carbon*, 42 (7), 1219–1225. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2004.01.023>
20. Johnson, J. S., Westmoreland, C. G., Sweeton, F. H., Kraus, K. A., Hagaman, E. W., Eatherly, W. P., Child, H. R. (1986). Modification of cation-exchange properties of activated carbon by treatment with nitric acid. *Journal of Chromatography A*, 354, 231–248. doi: [https://doi.org/10.1016/s0021-9673\(01\)87025-4](https://doi.org/10.1016/s0021-9673(01)87025-4)
21. Leon y Leon, C. A., Solar, J. M., Calemma, V., Radovic, L. R. (1992). Evidence for the protonation of basal plane sites on carbon. *Carbon*, 30 (5), 797–811. doi: [https://doi.org/10.1016/0008-6223\(92\)90164-r](https://doi.org/10.1016/0008-6223(92)90164-r)
22. Arrigo, R., Hävecker, M., Wrabetz, S., Blume, R., Lerch, M., McGregor, J. et al. (2010). Tuning the Acid/Base Properties of Nanocarbons by Functionalization via Amination. *Journal of the American Chemical Society*, 132 (28), 9616–9630. doi: <https://doi.org/10.1021/ja910169v>
23. Fujimura, Y., Iino, M. (2008). The surface tension of water under high magnetic fields. *Journal of Applied Physics*, 103 (12), 124903. doi: <https://doi.org/10.1063/1.2940128>
24. Patel, C. R. P., Tripathi, P., Vishwakarma, A. K., Talat, M., Soni, P. K., Yadav, T. P., Srivastava, O. N. (2018). Enhanced hydrogen generation by water electrolysis employing carbon nano-structure composites. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43 (6), 3180–3189. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.12.142>
25. Alfarrá, A., Frackowiak, E., B guin, F. (2004). The HSAB concept as a means to interpret the adsorption of metal ions onto activated carbons. *Applied Surface Science*, 228 (1-4), 84–92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2003.12.033>
26. Yakout, S. M., Salem, N. A., Mostafa, A. A., Abdeltawab, A. A. (2018). Relation between biochar physicochemical characteristics on the adsorption of fluoride, nitrite, and nitrate anions from aqueous solution. *Particulate Science and Technology*, 37 (1), 118–122. doi: <https://doi.org/10.1080/02726351.2017.1352633>
27. Purnami, Hamidi, N., Sasongko, M. N., Widhiyanuriyawan, D., Wardana, I. N. G. (2020). Strengthening external magnetic fields with activated carbon graphene for increasing hydrogen production in water electrolysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45 (38), 19370–19380. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.05.148>
28. Nieto-Delgado, C., Rangel-Mendez, J. R. (2011). Production of activated carbon from organic by-products from the alcoholic beverage industry: Surface area and hardness optimization by using the response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, 34 (3), 1528–1537. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.05.014>
29. Piai, L., Dykstra, J. E., Adishakti, M. G., Blokland, M., Langenhoff, A. A. M., van der Wal, A. (2019). Diffusion of hydrophilic organic micropollutants in granular activated carbon with different pore sizes. *Water Research*, 162, 518–527. doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.06.012>

30. Satrio, N. W., Winarto, Sugiono, Wardana, I. N. G. (2020). The role of turmeric and bicnat on hydrogen production in porous tofu waste suspension electrolysis. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12 (7), 2417–2429. doi: <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00803-0>
31. Li, L., Quinlivan, P. A., Knappe, D. R. U. (2002). Effects of activated carbon surface chemistry and pore structure on the adsorption of organic contaminants from aqueous solution. *Carbon*, 40 (12), 2085–2100. doi: [https://doi.org/10.1016/s0008-6223\(02\)00069-6](https://doi.org/10.1016/s0008-6223(02)00069-6)
32. Dougherty, D. A. (2012). The Cation- π Interaction. *Accounts of Chemical Research*, 46 (4), 885–893. doi: <https://doi.org/10.1021/ar300265y>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.282208

VALORIZATION OF CASHEW NUT PROCESSING BY-PRODUCT: DEVELOPMENT OF A CARDOL/STARCH BIOPOLYMER COMPOSITE WITH ELECTROCHEMICAL PROPERTIES AND TECHNOLOGICAL POTENTIAL (p. 32–41)

Alvaro Angel Arrieta

University of Sucre, Red Door neighborhood - Sincelejo, Colombia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0610-847X>

Jorge Alberto Ducuara

University of Sucre, Red Door neighborhood - Sincelejo, Colombia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5310-9443>

Enrique Miguel Combatt

Universidad de Córdoba, Montería, Colombia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8760-0089>

The problem of food agro-industry residues represents a growing concern in our society, therefore its use as a raw material to obtain biopolymers of technological interest is an attractive alternative. The objective of this work was to assess the viability of utilizing cardol, derived from cashew nut shell liquid, in the production of a biopolymer composite by combining it with cassava starch. The biopolymer composite was prepared by thermochemical method using different cardol concentrations and varying the synthesis pH. The results allowed us to demonstrate the formation of cardol/starch biopolymeric films. The infrared spectra showed possible interactions by hydrogen bonds between the cardol and the glucose units of the starch. The impedance behavior showed a similar conduction mechanism in all cases, allowing the establishment of a single equivalent circuit. The electrochemical parameters showed that the presence of cardol and the lower pH increased the values of the electrical resistance and the double layer capacitance in the biopolymers. In addition, the values of the CPE/Rre system, related to the electreactivity, were not affected by the pH, but by the presence of cardol. The biodegradability tests showed a complete decomposition of the biopolymer composite films in three stages in a period of 17 to 19 days. It could be concluded that it is possible to use the cardol extracted from the cashew nut shell liquid to elaborate a biopolymer composite with electrochemical properties when combined with cassava starch. The electrical properties of the biopolymer can be modulated by varying the synthesis pH and the amount of cardol used. The composite cardol/starch biopolymer could be used as a biopolymeric solid electrolyte in the manufacture of batteries, capacitors, etc.

Keywords: cardol, cassava, biopolymer, electrochemistry, composite, waste, cashew, nut, shell, starch.

References

1. Arya, P. S., Yagnik, S. M., Rajput, K. N., Panchal, R. R., Raval, V. H. (2022). Valorization of agro-food wastes: Ease of concomitant-enzymes production with application in food and biofuel industries. *Bioresource Technology*, 361, 127738. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127738>
2. Freitas, L. C., Barbosa, J. R., da Costa, A. L. C., Bezerra, F. W. F., Pinto, R. H. H., Carvalho Junior, R. N. de. (2021). From waste to sustainable industry: How can agro-industrial wastes help in the development of new products? *Resources, Conservation and Recycling*, 169, 105466. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105466>
3. Topare, N. S., Bokil, S. A. (2021). Adsorption of textile industry effluent in a fixed bed column using activated carbon prepared from agro-waste materials. *Materials Today: Proceedings*, 43, 530–534. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.029>
4. Asiri, F., Chu, K.-H. (2022). Valorization of agro-industrial wastes into polyhydroxyalkanoates-rich single-cell proteins to enable a circular waste-to-feed economy. *Chemosphere*, 309, 136660. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136660>
5. Paula, R. S. F., Vieira, R. S., Luna, F. M. T., Cavalcante, C. L., Figueredo, I. M., Candido, J. R. et al. (2020). A potential bio-antioxidant for mineral oil from cashew nutshell liquid: an experimental and theoretical approach. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 37 (2), 369–381. doi: <https://doi.org/10.1007/s43153-020-00031-z>
6. Adekanbi, M. L., Olugasa, T. T. (2022). Utilizing cashew nut shell liquid for the sustainable production of biodiesel: A comprehensive review. *Cleaner Chemical Engineering*, 4, 100085. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clce.2022.100085>
7. Araujo, J. T. C. de, Martin-Pastor, M., P rez, L., Pinazo, A., Sousa, F. F. O. de. (2021). Development of anacardic acid-loaded zein nanoparticles: Physical chemical characterization, stability and antimicrobial improvement. *Journal of Molecular Liquids*, 332, 115808. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115808>
8. Yang, Y., Zhang, C., Han, Y., Weng, Y. (2022). Plasticizing and thermal stabilizing effect of bio-based epoxidized cardanol esters on PVC. *Polymers for Advanced Technologies*, 34 (1), 181–194. doi: <https://doi.org/10.1002/pat.5876>
9. Masood, S., Khan, S., Ghosal, A., Alam, M., Rana, D., Zafar, F., Nishat, N. (2023). Fabrication of cardanol (a phenolic lipid) based polyamine coatings for anti-corrosive applications. *Progress in Organic Coatings*, 174, 107304. doi: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107304>
10. De Andrade, J. R., Oliveira, S. N., Soares, J. B., Soares, S. A. (2017). The effect of cardanol-formaldehyde resin in the rheological properties of the asphalt binder. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, 17 (2), 1–10. Available at: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/37355>
11. Preethi, R., Moses, J. A., Anandharamkrishnan, C. (2021). Development of anacardic acid incorporated biopolymeric film for active packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 28, 100656. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100656>
12. Liu, Z., Chen, J., Knothe, G., Nie, X., Jiang, J. (2016). Synthesis of Epoxidized Cardanol and Its Antioxidative Properties for Vegetable Oils and Biodiesel. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4 (3), 901–906. doi: <https://doi.org/10.1021/acsschemeng.5b00991>
13. Makwana, K., Ichake, A. B., Valodkar, V., Padmanaban, G., Badiger, M. V., Wadgaonkar, P. P. (2022). Cardol: Cashew nut shell liquid (CNSL) - derived starting material for the preparation of partially

- bio-based epoxy resins. *European Polymer Journal*, 166, 111029. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2022.111029>
14. Yuliana, M., Nguyen-Thi, B. T., Faika, S., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ju, Y.-H. (2014). Separation and purification of cardol, cardanol and anacardic acid from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut-shell liquid using a simple two-step column chromatography. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 45 (5), 2187–2193. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.07.012>
 15. Lv, J., Liu, Z., Zhang, J., Huo, J., Yu, Y. (2017). Bio-based episulfide composed of cardanol/cardol for anti-corrosion coating applications. *Polymer*, 121, 286–296. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2017.06.036>
 16. Paiva Filho, J. C., Morais, S. M. de, Nogueira Sobrinho, A. C., Cavalcante, G. S., Silva, N. A. da, Abreu, F. O. M. da S. (2019). Design of chitosan-alginate core-shell nanoparticules loaded with anacardic acid and cardol for drug delivery. *Polimeros*, 29 (4). doi: <https://doi.org/10.1590/0104-1428.08118>
 17. Xie, J., Hong, Y., Gu, Z., Cheng, L., Li, Z., Li, C., Ban, X. (2023). Highland Barley Starch: Structures, Properties, and Applications. *Foods*, 12 (2), 387. doi: <https://doi.org/10.3390/foods12020387>
 18. Tafa, K. D., Satheesh, N., Abera, W. (2023). Mechanical properties of tef starch based edible films: Development and process optimization. *Heliyon*, 9 (2), e13160. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13160>
 19. Núñez D, Y. E., Arrieta A, Á. A., Segura B, J. A., Bertel H, S. D. (2016). Synthesis of an air-working trilayer artificial muscle using a conductive cassava starch biofilm (*manihot esculenta*, cranz) and polypyrrole (PPy). *Journal of Physics: Conference Series*, 687, 012042. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/687/1/012042>
 20. Thieme, M., Hochmuth, A., Ilse, T. E., Cuesta-Seijo, J. A., Stoma, S., Meier, R. et al. (2023). Detecting variation in starch granule size and morphology by high-throughput microscopy and flow cytometry. *Carbohydrate Polymers*, 299, 120169. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.120169>
 21. Bangar, S. P., Scott Whiteside, W., Suri, S., Barua, S., Phimolsiripol, Y. (2022). Native and modified biodegradable starch-based packaging for shelf-life extension and safety of fruits/vegetables. *International Journal of Food Science & Technology*, 58 (2), 862–870. doi: <https://doi.org/10.1111/ijfs.16219>
 22. Guru, P. R., Kar, R. K., Nayak, A. K., Mohapatra, S. (2023). A comprehensive review on pharmaceutical uses of plant-derived biopolysaccharides. *International Journal of Biological Macromolecules*, 233, 123454. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123454>
 23. Liu, X., Guo, Q., Ren, S., Guo, J., Wei, C., Chang, J., Shen, B. (2022). Synthesis of starch-based flocculant by multi-component grafting copolymerization and its application in oily wastewater treatment. *Journal of Applied Polymer Science*, 140 (4). doi: <https://doi.org/10.1002/app.53356>
 24. Arrieta, A. A., Gañán, P. F., Márquez, S. E., Zuluaga, R. (2011). Electrically conductive bioplastics from cassava starch. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22 (6), 1170–1176. doi: <https://doi.org/10.1590/s0103-50532011000600024>
 25. Anjum, M. M., Patel, K. K., Pandey, N., Tilak, R., Agrawal, A. K., Singh, S. (2019). Development of Anacardic Acid/hydroxypropyl- β -cyclodextrin inclusion complex with enhanced solubility and antimicrobial activity. *Journal of Molecular Liquids*, 296, 112085. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.112085>
 26. Oliveira, S., Uchoa, A., Moreira, D., Petzhold, C., Weiss, C., Landfester, K., Ricardo, N. (2023). Design and Evaluation of Dual Release from Anacardic Acid-Based Polyurea Nanocapsules Components. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. doi: <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20220129>
 27. Almario, A. A., Mogollón, C. G., Caballero, E. C. (2019). Effect of elaboration pH on the electroactivity of cassava starch solid biopolymer electrolyte films. *Rasayan Journal of Chemistry*, 12 (04), 1766–1773. doi: <https://doi.org/10.31788/rjc.2019.1245302>
 28. Udhayasankar, R., Karthikeyan, B., Balaji, A. (2018). Coconut shell particles reinforced cardanol–formaldehyde resole resin biocomposites: Effect of treatment on thermal properties. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, 23 (3), 252–259. doi: <https://doi.org/10.1080/1023666x.2018.1427187>
 29. Thiyagu, T. T., J.V, S. P. K., P. G., Sathiyamoorthy, V., T. M., VR, A. P. (2021). Effect of cashew shell biomass synthesized cardanol oil green compatibilizer on flexibility, barrier, thermal, and wettability of PLA/PBAT biocomposite films. *Biomass Conversion and Biorefinery*. doi: <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01941-9>
 30. Arrieta, A. A., Nuñez de la Rosa, Y., Palencia, M. (2023). Electrochemistry Study of Bio-Based Composite Biopolymer Electrolyte–Starch/Cardol. *Polymers*, 15 (9), 1994. doi: <https://doi.org/10.3390/polym15091994>
 31. Phani Kumar, P., Paramashivappa, R., Vithayathil, P. J., Subba Rao, P. V., Srinivasa Rao, A. (2002). Process for Isolation of Cardanol from Technical Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Nut Shell Liquid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (16), 4705–4708. doi: <https://doi.org/10.1021/jf020224w>
 32. Shukur, M. F., Ithnin, R., Kadir, M. F. Z. (2013). Electrical properties of proton conducting solid biopolymer electrolytes based on starch–chitosan blend. *Ionics*, 20 (7), 977–999. doi: <https://doi.org/10.1007/s11581-013-1033-8>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.275727

THE EFFECT OF COATING CONCENTRATION OF CURCUMIN:H₂O ON COPPER WINDING CHARACTERISTICS (p. 42–55)

Zainal Abidin

Brawijaya University, Malang, Indonesia
 Universitas Islam Lamongan, Jetis, Lamongan, Indonesia
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2647-7061>

Eko Siswanto

Brawijaya University, Malang, Indonesia
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1560-8073>

Widya Wijayanti

Brawijaya University, Malang, Indonesia
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4215-5943>

Winarto

Brawijaya University, Malang, Indonesia
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7988-1132>

Each coil of copper produces a magnetic field and the total field inside the solenoid will be the sum of the fields caused by each coil of current. If the solenoid coils are very closely spaced, the internal field will be essentially parallel to the axis except at the very ends. To find out the magnitude of the magnetic field inside the solenoid, you can use Ampere's law, namely $B = \mu_0 N I$, where B is the magnetic field strength (T), μ_0 is air permeability (4×10^{-7} T m/A), N is the number of turns and I is an electric current. The value of B depends on the number of turns per unit length, N , and current I . The field is

independent of the position inside the solenoid, so the value of B is uniform. This only applies to infinite solenoids, but is a good approximation for actual points that are not near the ends of the solenoid.

The research object is 4 identical copper coils with a length of 3 cm, a coil diameter of 2 cm, a cross section of 1.5 mm² with an inductance value of 2.17 μH. Before coating curcumin on the copper winding, the initial value of the magnetic field strength was 2.54 μTesla. After the coating process of curcumin:H₂O concentration, the value of the magnetic field strength increased.

The method used was immersing 4 copper coils with an inductance value of 2.17 μH in curcumin:H₂O concentration in a 100 ml volume measuring cup, with the respective concentrations: (20 %:80 %), (40 %:60 %), (60 %:40 %), (80 %:20 %) in a certain time. Then the copper coil conductor is supplied with a 5-volt DC voltage source. Then the value of the magnetic field strength (B) and electric current is measured, the results are compared with the system before immersing the copper coil.

The measurement results showed that the values of electric current and magnetic field strength increased after curcumin coating compared to before treatment. To see the bonding performance of curcumin and copper, the FTIR test and simulation of the curcumin: copper bond were carried out using Avogadro software. In the IR test, there is a strong absorption of aromatic C-C from 1,650 cm⁻¹ to 1,500 cm⁻¹. Whereas in the simulation, the bond between copper and curcumin produces a bond energy of 164.532 kJ/mol or equivalent to 171.12×10⁻² eV.

Keywords: aromatic ring, electron spin, magnetic field, copper coil, curcumin concentration.

References

- Revathy, S., Elumalai, S., Benny, M., Antony, B. (2011). Isolation, Purification and Identification of Curcuminoids from Turmeric (*Curcuma longa* L.) by Column Chromatography. *Journal of Experimental Sciences*, 2 (7), 21–25.
- Mary, C. P. V., Vijayakumar, S., Shankar, R. (2018). Metal chelating ability and antioxidant properties of Curcumin-metal complexes – A DFT approach. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 79, 1–14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmgm.2017.10.022>
- Abdul Zahar, Z., Mohsin, H. F., Ibtisam, A. (2020). The Study on Curcuminoids in Chromatography, Spectroscopy and Regioisomerism. *Journal of Physics: Conference Series*, 1529 (2), 022035. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1529/2/022035>
- Okonogi, S., Naksuriya, O., Charumane, S., Sirithunyalug, J. (2016). Effect of Aromatic Substitution of Curcumin Nanoformulations on Their Stability. *Scientia Pharmaceutica*, 84 (4), 625–633. doi: <https://doi.org/10.3390/scipharm84040625>
- Nelson, K. M., Dahlin, J. L., Bisson, J., Graham, J., Pauli, G. F., Walters, M. A. (2017). The Essential Medicinal Chemistry of Curcumin. *Journal of Medicinal Chemistry*, 60 (5), 1620–1637. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.6b00975>
- Agne, E. B. P., Hastuti, R., Khabibi, K. (2010). Ekstraksi dan Uji Kestabilan Zat Warna Betasianin dari Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*) serta Aplikasinya sebagai Pewarna Alami Pangan. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 13 (2), 51–56. doi: <https://doi.org/10.14710/jksa.13.2.51-56>
- Barik, A., Mishra, B., Kunwar, A., Kadam, R. M., Shen, L., Dutta, S. et al. (2007). Comparative study of copper(II)–curcumin complexes as superoxide dismutase mimics and free radical scavengers. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 42 (4), 431–439. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2006.11.012>
- Bergman, J. (2022). Metal Properties: Conductivity. Available at: <https://blog.eaglegroupmanufacturers.com/metal-properties-conductivity>
- About Conductivity. Available at: <https://www.lehigh.edu/~amb4/wbi/kwardlow/conductivity.htm>
- Bowler, N., Huang, Y. (2005). Electrical conductivity measurement of metal plates using broadband eddy-current and four-point methods. *Measurement Science and Technology*, 16 (11), 2193–2200. doi: <https://doi.org/10.1088/0957-0233/16/11/009>
- Meza-Morales, W., Estévez-Carmona, M. M., Alvarez-Ricardo, Y., Obregón-Mendoza, M. A., Cassani, J., Ramírez-Apan, M. T. et al. (2019). Full Structural Characterization of Homoleptic Complexes of Diacetylcurcumin with Mg, Zn, Cu, and Mn: Cisplatin-level Cytotoxicity in Vitro with Minimal Acute Toxicity in Vivo. *Molecules*, 24 (8), 1598. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules24081598>
- Morales, N. P., Sirijaroonwong, S., Yamanont, P., Phisalaphong, C. (2015). Electron Paramagnetic Resonance Study of the Free Radical Scavenging Capacity of Curcumin and Its Demethoxy and Hydrogenated Derivatives. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 38 (10), 1478–1483. doi: <https://doi.org/10.1248/bpb.b15-00209>
- Khorasani, M. Y., Langari, H., Sany, S. B. T., Rezayi, M., Sahebkar, A. (2019). The role of curcumin and its derivatives in sensory applications. *Materials Science and Engineering: C*, 103, 109792. doi: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.109792>
- Lustiani, D. (2009). Synthesis of Curcumin analogues 3, 6-Bis-(4-Hidroksi-3-Metoksibenzilidin)-Piperazin-2.5-Dion with Catalyst HCl.
- Radi, A.-E., El-Ghany, N. A., Wahdan, T. (2016). Determination of Esomeprazole on an Electropolymerized L-arginine and β-cyclodextrin Modified Screen Printed Carbon Electrode. *Electroanalysis*, 28 (5), 1112–1118. doi: <https://doi.org/10.1002/elan.201501074>
- Furukawa, S., Fujita, M., Kanatomi, Y., Minoura, M., Hatanaka, M., Morokuma, K. et al. (2018). Double aromaticity arising from σ- and π-rings. *Communications Chemistry*, 1 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/s42004-018-0057-4>
- Zhao, H.-L. (2017). Quantum mechanical calculation of electron spin. *Open Physics*, 15 (1), 652–661. doi: <https://doi.org/10.1515/phys-2017-0076>
- Particle on a Ring. Available at: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_\(Physical_and_Theoretical_Chemistry\)/Quantum_Mechanics/05.5%3A_Particle_in_Boxes/Particle_on_a_Ring](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Quantum_Mechanics/05.5%3A_Particle_in_Boxes/Particle_on_a_Ring)
- Satrio, W., Winarto, Sugiono, Wardana, I. N. G. (2020). The effect of curcumin coated electrode on hydrogen production through water electrolysis. *E3S Web of Conferences*, 181, 01003. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018101003>
- Rauhalahti, M. (2022). Quantum Chemical Studies of Ring Currents of Aromatic Molecules. Helsinki. Available at: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/350473/Rauhalahti_Markus_dissertation_2022.pdf?sequence=1
- Electrophilic Aromatic Substitution – The Mechanism. Available at: <https://www.masterorganicchemistry.com/2017/11/09/electrophilic-aromatic-substitution-the-mechanism/>
- Benzene and Aromaticity. Available at: https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook

- Maps/Physical_Chemistry_(LibreTexts)/10%3A_Bonding_in_Polyatomic_Molecules/10.07%3A_Benzene_and_Aromaticity
23. Çakır, S., Biçer, E., Yılmaz Arslan, E. (2015). A Newly Developed Electrocatalytic Oxidation and Voltammetric Determination of Curcumin at the Surface of PdNp-graphite Electrode by an Aqueous Solution Process with Al³⁺. *Croatica Chemica Acta*, 88 (2), 105–112. doi: <https://doi.org/10.5562/cca2527>
 24. Hu, L., Shi, D., Li, X., Zhu, J., Mao, F. et al. (2020). Curcumin-based polarity fluorescent probes: Design strategy and biological applications. *Dyes and Pigments*, 177, 108320. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2020.108320>
 25. Merino, G., Heine, T., Seifert, G. (2004). The Induced Magnetic Field in Cyclic Molecules. *Chemistry - A European Journal*, 10 (17), 4367–4371. doi: <https://doi.org/10.1002/chem.200400457>
 26. University Physics. Available at: https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics
 27. Kanno, M., Hoki, K., Kono, H., Fujimura, Y. (2007). Quantum optimal control of electron ring currents in chiral aromatic molecules. *The Journal of Chemical Physics*, 127 (20), 204314. doi: <https://doi.org/10.1063/1.2806180>
 28. Mineo, H., Phan, N.-L., Fujimura, Y. (2021). Quantum Control of Coherent π -Electron Dynamics in Aromatic Ring Molecules. *Frontiers in Physics*, 9. doi: <https://doi.org/10.3389/fphy.2021.675134>
 29. Jirásek, M., Anderson, H. L., Peeks, M. D. (2021). From Macro-cycles to Quantum Rings: Does Aromaticity Have a Size Limit? *Accounts of Chemical Research*, 54 (16), 3241–3251. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.1c00323>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.278911

DEVELOPMENT OF ANNONA MURICATA LINN AS GREEN CORROSION INHIBITOR UNDER PRODUCED WATER: INHIBITION PERFORMANCE AND ADSORPTION MODEL (p. 56–65)

Ayende

PEM Akamigas, Cepu, Blora, Jawa Tengah, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5183-2581>

Rini Riastuti

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3431-0413>

Johny Wahyuadi Soedarsono

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6051-2866>

Agus Paul Setiawan Kaban

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9706-0506>

Mohammad Ikbal Hikmawan

PT Pertamina Hulu Energy, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3551-9053>

Rizal Tresna Rahmdani

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0760-6438>

This work used soursop as a green corrosion inhibitor to protect API 5L Grade A from detrimental corrodent under produced water. Despite the effectiveness of inorganic inhibitors, recent evidence on their toxicity test suggests that implementing organic inhibitors is substantial to replace synthetic corrosion inhibitors. However, sour-

sop utilization as a green corrosion inhibitor is poorly understood due to the lack of a comprehensive extraction mode and inhibitive mechanism. Several tests were conducted, including weight loss, potentiodynamic polarization, and electrochemical impedance spectroscopy (EIS), to unveil the nature of corrosion inhibition. Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy revealed the dominant functional groups to bind with the substrate. The potentiodynamic polarization results show that the inhibitor is a mixed-type inhibitor that influences the anodic and cathodic reactions. The weight loss test showcases the highest inhibition efficiency of 52.62 % upon adding 2 ml inhibitors upon eight observation days. The polarization and EIS results provide that the inhibitor reduces the corrosion rate with higher inhibition of 88.52 %. The mentioned result is associated with the attachment of non-polar and polar *Annona muricata* Linn functional groups. The primary functional group involves C=O, C–C and –O.H., which actively bonded to the metal's surface. The aromatic group at a wavenumber of 1.050 and 1.090 cm⁻¹ shows ether's presence and behaves as an adsorption center. In this work, combining three solvents, hexane, acetone, and ethanol, elicits the complete extraction of the predominant compound from soursop.

Keywords: green corrosion inhibitors, organic corrosion inhibitors, *Annona muricata* Linn, soursop adsorption inhibition.

References

1. Liu, H., Gu, T., Zhang, G., Wang, W., Dong, S., Cheng, Y., Liu, H. (2016). Corrosion inhibition of carbon steel in CO₂-containing oilfield produced water in the presence of iron-oxidizing bacteria and inhibitors. *Corrosion Science*, 105, 149–160. doi: <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2016.01.012>
2. Verma, C., Ebenso, E. E., Bahadur, I., Quraishi, M. A. (2018). An overview on plant extracts as environmental sustainable and green corrosion inhibitors for metals and alloys in aggressive corrosive media. *Journal of Molecular Liquids*, 266, 577–590. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.06.110>
3. Fakhru'l-Razi, A., Pendashteh, A., Abdullah, L. C., Biak, D. R. A., Madaeni, S. S., Abidin, Z. Z. (2009). Review of technologies for oil and gas produced water treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 170 (2-3), 530–551. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.044>
4. Ottaviano, J. G., Cai, J., Murphy, R. S. (2014). Assessing the decontamination efficiency of a three-component flocculating system in the treatment of oilfield-produced water. *Water Research*, 52, 122–130. doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.01.004>
5. Nesrine, L., Salima, K., Lamine, K. M., Belaid, L., Souad, Bk., Lamine, G. M. et al. (2020). Phylogenetic characterization and screening of halophilic bacteria from Algerian salt lake for the production of biosurfactant and enzymes. *World Journal of Biology and Biotechnology*, 5 (2), 1. doi: <https://doi.org/10.33865/wjb.005.02.0294>
6. Neff, J., Lee, K., DeBlois, E. M. (2011). Produced Water: Overview of Composition, Fates, and Effects. *Produced Water*, 3–54. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0046-2_1
7. Jiménez, S., Micó, M. M., Arnaldos, M., Medina, F., Contreras, S. (2018). State of the art of produced water treatment. *Chemosphere*, 192, 186–208. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.139>
8. Azmi, M. F., Soedarsono, J. W. (2018). Study of corrosion resistance of pipeline API 5L X42 using green inhibitor bawang dayak

- (*Eleutherine americanna* Merr.) in 1M HCl. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 105, 012061. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/105/1/012061>
9. Arlan, A. S., Subekti, N., Soedarsono, J. W., Rustandi, A. (2018). Corrosion Inhibition by a *Caesalpinia Sappan* L Modified Imidazoline for Carbon Steel API 5L Grade X60 in HCl 1M Environment. *Materials Science Forum*, 929, 158–170. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.929.158>
 10. Kaban, A. P. S., Ridhova, A., Priyotomo, G., Elya, B., Maksun, A., Sadeli, Y. et al. (2021). Development of white tea extract as green corrosion inhibitor in mild steel under 1 M hydrochloric acid solution. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (110)), 6–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224435>
 11. Kaban, A., Mayangsari, W., Anwar, M., Maksun, A., Adityawarman, T., Soedarsono, J. et al. (2022). Unraveling the study of liquid smoke from rice husks as a green corrosion inhibitor in mild steel under 1 M HCl. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (119)), 41–53. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265086>
 12. Gurjar, S., Sharma, S. K., Sharma, A., Ratnani, S. (2021). Performance of imidazolium based ionic liquids as corrosion inhibitors in acidic medium: A review. *Applied Surface Science Advances*, 6, 100170. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2021.100170>
 13. Mo, S., Li, L. J., Luo, H. Q., Li, N. B. (2017). An example of green copper corrosion inhibitors derived from flavor and medicine: Vanillin and isoniazid. *Journal of Molecular Liquids*, 242, 822–830. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.07.081>
 14. Lu, H., Huang, K., Azimi, M., Guo, L. (2019). Blockchain Technology in the Oil and Gas Industry: A Review of Applications, Opportunities, Challenges, and Risks. *IEEE Access*, 7, 41426–41444. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2907695>
 15. Hasmila, I., Natsir, H., Soekamto, N. H. (2019). Phytochemical analysis and antioxidant activity of soursop leaf extract (*Annona muricata* Linn.). *Journal of Physics: Conference Series*, 1341 (3), 032027. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1341/3/032027>
 16. Uwah, I. E., Okafor, P. C., Ebikepe, V. E. (2013). Inhibitive action of ethanol extracts from *Nauclea latifolia* on the corrosion of mild steel in H₂SO₄ solutions and their adsorption characteristics. *Arabian Journal of Chemistry*, 6 (3), 285–293. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2010.10.008>
 17. Valdez-Salas, B., Vazquez-Delgado, R., Salvador-Carlos, J., Beltran-Partida, E., Salinas-Martinez, R., Cheng, N., Curiel-Alvarez, M. (2021). *Azadirachta indica* Leaf Extract as Green Corrosion Inhibitor for Reinforced Concrete Structures: Corrosion Effectiveness against Commercial Corrosion Inhibitors and Concrete Integrity. *Materials*, 14 (12), 3326. doi: <https://doi.org/10.3390/ma14123326>
 18. Saratha, R., Vasudha, V. G. (2010). *Emblica Officinalis* (Indian Gooseberry) Leaves Extract as Corrosion Inhibitor for Mild Steel in 1N HCl Medium. *E-Journal of Chemistry*, 7 (3), 677–684. doi: <https://doi.org/10.1155/2010/162375>
 19. Okafor, P. C., Uwah, I. E., Ekerenam, O. O., Ekpe, U. J. (2009). *Combretum bracteosum* extracts as eco-friendly corrosion inhibitor for mild steel in acidic medium. *Pigment & Resin Technology*, 38 (4), 236–241. doi: <https://doi.org/10.1108/03699420910973323>
 20. Haldhar, R., Prasad, D., Bhardwaj, N. (2019). Extraction and experimental studies of *Citrus aurantifolia* as an economical and green corrosion inhibitor for mild steel in acidic media. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 33 (11), 1169–1183. doi: <https://doi.org/10.1080/01694243.2019.1585030>
 21. Abdellattif, M. H., Alrefae, S. H., Dagdag, O., Verma, C., Qurashi, M. A. (2021). *Calotropis procera* extract as an environmental friendly corrosion Inhibitor: Computational demonstrations. *Journal of Molecular Liquids*, 337, 116954. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.116954>
 22. Widyastuti, D. A., Rahayu, P. (2017). Antioxidant Capacity Comparison of Ethanolic Extract of Soursop (*Annona muricata* Linn.) Leaves and Seeds as Cancer Prevention Candidate. *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry*, 6 (1), 1. doi: <https://doi.org/10.14421/biomedich.2017.61.1-4>
 23. Riastuti, R., Setiawidiani, D., Soedarsono, J. W., Aribowo, S., Kaban, A. P. S. (2022). Development of saga (*Abrus precatorius*) seed extract as a green corrosion inhibitor in API 5L Grade B under 1m HCl solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (118)), 46–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263236>
 24. Kaban, E. E., Maksun, A., Permana, S., Soedarsono, J. W. (2018). Utilization of secang heartwood (*caesalpinia sappan* l) as a green corrosion inhibitor on carbon steel (API 5L Gr. B) in 3.5% NaCl environment. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 105, 012062. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/105/1/012062>
 25. Ayende, Rustandi, A., Soedarsono, J. W., Priadi, D., Sulistijono, Suprpta, D. N., Priyotomo, G., Bakri, R. (2014). Interaction of Purple Sweet Potato Extract with Ascorbic Acid in FeCl₃ Solution. *Applied Mechanics and Materials*, 680, 32–37. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.680.32>
 26. Xie, M. (2021). Castor-Bean Extract as an Inhibitor for Low Carbon Steel Corrosion in Simulated Oilfield Produced Water. *International Journal of Electrochemical Science*. doi: <https://doi.org/10.20964/2021.08.24>
 27. Standard Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements (1994). ASTM.
 28. Zheng, Z., Hu, J., Eliaz, N., Zhou, L., Yuan, X., Zhong, X. (2022). Mercaptopropionic acid-modified oleic imidazoline as a highly efficient corrosion inhibitor for carbon steel in CO₂-saturated formation water. *Corrosion Science*, 194, 109930. doi: <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2021.109930>
 29. Chauhan, D. S., Qurashi, M. A., Srivastava, V., Haque, J., Ibrahim, B. E. (2021). Virgin and chemically functionalized amino acids as green corrosion inhibitors: Influence of molecular structure through experimental and in silico studies. *Journal of Molecular Structure*, 1226, 129259. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.129259>
 30. Attou, A., Tourabi, M., Benikdes, A., Benali, O., Ouici, H. B., Benhiba, F. et al. (2020). Experimental studies and computational exploration on the 2-amino-5-(2-methoxyphenyl)-1,3,4-thiadiazole as novel corrosion inhibitor for mild steel in acidic environment. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 604, 125320. doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125320>
 31. Chen, Z., Wang, M., Fadhil, A. A., Fu, C., Chen, T., Chen, M. et al. (2021). Preparation, characterization, and corrosion inhibition performance of graphene oxide quantum dots for Q235 steel in 1 M hydrochloric acid solution. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 627, 127209. doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.127209>

32. Galai, M., Rbaa, M., Ouakki, M., Abousalem, A. S., Ech-chihbi, E., Dahmani, K. et al. (2020). Chemically functionalized of 8-hydroxyquinoline derivatives as efficient corrosion inhibition for steel in 1.0 M HCl solution: Experimental and theoretical studies. *Surfaces and Interfaces*, 21, 100695. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2020.100695>
33. Rekkab, S. et al. (2012). Green corrosion inhibitor from essential oil of eucalyptus globulus (Myrtaceae) for C38 steel in sulfuric acid solution. *J. Mater. Environ. Sci.*, 3 (4), 613–627. Available at: https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol3/vol3_N4/61-JMES-269-2012-Rekkab.pdf
34. Paul Setiawan Kaban, A., Mayangsari, W., Syaiful Anwar, M., Maksum, A., Riastuti, R., Aditiyawarman, T., Wahyuadi Soedarsono, J. (2022). Experimental and modelling waste rice husk ash as a novel green corrosion inhibitor under acidic environment. *Materials Today: Proceedings*, 62, 4225–4234. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.738>
35. Melo, T., Figueiredo, A. R. P., da Costa, E., Couto, D., Silva, J., Domingues, M. R., Domingues, P. (2021). Ethanol Extraction of Polar Lipids from *Nannochloropsis oceanica* for Food, Feed, and Biotechnology Applications Evaluated Using Lipidomic Approaches. *Marine Drugs*, 19 (11), 593. doi: <https://doi.org/10.3390/md19110593>
36. Tourabi, M., Nohair, K., Traisnel, M., Jama, C., Bentiss, F. (2013). Electrochemical and XPS studies of the corrosion inhibition of carbon steel in hydrochloric acid pickling solutions by 3,5-bis(2-thienylmethyl)-4-amino-1,2,4-triazole. *Corrosion Science*, 75, 123–133. doi: <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2013.05.023>
37. Baux, J., Caussé, N., Esvan, J., Delaunay, S., Tireau, J., Roy, M. et al. (2018). Impedance analysis of film-forming amines for the corrosion protection of a carbon steel. *Electrochimica Acta*, 283, 699–707. doi: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2018.06.189>
38. Chowdhury, M. A., Ahmed, M. M. S., Hossain, N., Islam, M. A., Islam, S., Rana, M. M. (2023). Tulsi and green tea extracts as efficient green corrosion inhibitor for the corrosion of aluminum alloy in acidic medium. *Results in Engineering*, 17, 100996. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.100996>
39. Vasylyev, G. S., Vorobyova, V. I., Linyucheva, O. V. (2020). Evaluation of Reducing Ability and Antioxidant Activity of Fruit Pomace Extracts by Spectrophotometric and Electrochemical Methods. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2020, 1–16. doi: <https://doi.org/10.1155/2020/8869436>
40. Bhardwaj, N., Sharma, P., Kumar, V. (2021). Phytochemicals as steel corrosion inhibitor: an insight into mechanism. *Corrosion Reviews*, 39 (1), 27–41. doi: <https://doi.org/10.1515/corrrev-2020-0046>
41. Yaro, A. S., Khadom, A. A., Wael, R. K. (2013). Apricot juice as green corrosion inhibitor of mild steel in phosphoric acid. *Alexandria Engineering Journal*, 52 (1), 129–135. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2012.11.001>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.282127

IMPROVING THE TECHNIQUE OF PROTECTING CONCRETE FLOORS IN POULTRY HOUSES (p. 66–76)

Tatiana Fotina

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5079-2390>

Volodymyr Petrov

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1594-1431>

Hryhorii Havryliuk

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7759-799X>

Yurii Liashenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2468-8316>

Liudmyla Varenyk

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7675-7216>

The object of the study was concrete floors in a poultry house with different types of litter. The paper addressed the problem of reducing microorganism contamination of concrete floors in poultry houses to prevent biological corrosion.

Corrosion of the surface of the concrete floor in the form of the formation of calcium oxalate monohydrate crystals was established by scanning electron microscopy; microscopic fungi: *A. pullulans*, *F. sporotrichioides*, and *A. niger* were detected. The TPD MS method established that concrete samples obtained in a room with straw lose moisture by 51.52 % more, with granules – by 342.42 % ($p \leq 0.05$), with shavings by 6.06 %, compared to control. CO from concrete samples is released less with sawdust litter by 86.40 %, with straw – by 83.49 %, with shavings – by 76.69 %, with granules – by 69.90 % ($p \leq 0.05$). The CO₂ content in concrete samples from the room with sawdust was lower by 86.88 % ($p \leq 0.05$), with straw – by 55.73 %, with shavings – by 38.52 %, with granules – by 23.77 %, compared to control without litter.

Microbiological studies have established that 48 hours after disinfection, the total number of colonies of microorganisms on a concrete floor with a sawdust litter likely decreased by an average of 90.19 %, straw – by 91.62 %, shavings – by 79.76 %, granules – by 82.88 % ($p \leq 0.05$), in the control – by 83.73 %. It can be argued that the disinfectant destroys microorganisms on the concrete surface regardless of the type of substrate.

The peculiarity of the experiment was the use of scanning electron microscopy and TPD MS methods to study structural changes in concrete. The research is distinguished by the use of a powdered disinfectant to reduce microbial damage to a concrete floor with different types of litter.

The results of the experiment could be used in the aggressive environment of poultry houses to reduce the impact on concrete structures.

Keywords: floor, microorganisms, litter, destruction, concrete.

References

1. Maraveas, C. (2020). Durability Issues and Corrosion of Structural Materials and Systems in Farm Environment. *Applied Sciences*, 10 (3), 990. doi: <https://doi.org/10.3390/app10030990>
2. Barbhuiya, S., Kumala, D. (2017). Behaviour of a Sustainable Concrete in Acidic Environment. *Sustainability*, 9 (9), 1556. doi: <https://doi.org/10.3390/su9091556>
3. Huber, B., Hilbig, H., Drewes, J. E., Müller, E. (2017). Evaluation of concrete corrosion after short- and long-term exposure to chemically and microbially generated sulfuric acid. *Cement and Concrete Research*, 94, 36–48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.01.005>
4. Jacob, J. de S., Mascelani, A. G., Steinmetz, R. L. R., Costa, F. A. D., Dalla Costa, O. A. (2018). Use of silica fume and nano-silica in mortars attacked by acids present in pig manure. *Procedia Structural Integrity*, 11, 44–51. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2018.11.007>

5. Grengg, C., Mittermayr, F., Ukrainczyk, N., Koraimann, G., Kienesberger, S., Dietzel, M. (2018). Advances in concrete materials for sewer systems affected by microbial induced concrete corrosion: A review. *Water Research*, 134, 341–352. doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.01.043>
6. Shkromada, O., Fotina, T., Dudnyk, Y., Petrov, R., Levytska, V., Chivanov, V. et al. (2022). Reducing the biogenic corrosion of concrete in a pigsty by using disinfectants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (118)), 57–66. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263310>
7. Ahamed, M. S., Guo, H., Taylor, L., Tanino, K. (2019). Heating demand and economic feasibility analysis for year-round vegetable production in Canadian Prairies greenhouses. *Information Processing in Agriculture*, 6 (1), 81–90. doi: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.08.005>
8. Pilotto, F., Rodrigues, L., Santos, L., Klein, W., Colussi, F., Nascimento, V. (2007). Antibacterial efficacy of commercial disinfectants on dirt floor used in poultry breeder houses. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 9 (2), 127–131. doi: <https://doi.org/10.1590/s1516-635x2007000200009>
9. Brągoszewska, E., Mainka, A., Pastuszka, J., Lizończyk, K., Desta, Y. (2018). Assessment of Bacterial Aerosol in a Preschool, Primary School and High School in Poland. *Atmosphere*, 9 (3), 87. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos9030087>
10. Wang, Y., Zhang, R., Duan, J., Shi, X., Zhang, Y., Guan, F. et al. (2022). Extracellular Polymeric Substances and Biocorrosion/Biofouling: Recent Advances and Future Perspectives. *International Journal of Molecular Sciences*, 23 (10), 5566. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms23105566>
11. Huber, B., Herzog, B., Drewes, J. E., Koch, K., Müller, E. (2016). Characterization of sulfur oxidizing bacteria related to biogenic sulfuric acid corrosion in sludge digesters. *BMC Microbiology*, 16 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s12866-016-0767-7>
12. Wei, J., Wang, Z., Sun, W., Yang, R. (2023). Durability Performance and Corrosion Mechanism of New Basalt Fiber Concrete under Organic Water Environment. *Materials*, 16 (1), 452. doi: <https://doi.org/10.3390/ma16010452>
13. Qiu, L., Dong, S., Ashour, A., Han, B. (2020). Antimicrobial concrete for smart and durable infrastructures: A review. *Construction and Building Materials*, 260, 120456. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120456>
14. Hilal, A. A. (2016). Microstructure of Concrete. *High Performance Concrete Technology and Applications*. doi: <https://doi.org/10.5772/64574>
15. Murphy, C. J., Ardy Nugroho, F. A., Härelind, H., Hellberg, L., Langhammer, C. (2020). Plasmonic Temperature-Programmed Desorption. *Nano Letters*, 21 (1), 353–359. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.0c03733>
16. Bozhokin, M. S., Bozhkova, S. A., Rubel, A. A., Sopova, J. V., Nashchekina, Y. A., Bilyug, N. B., Khotin, M. G. (2021). Specificities of Scanning Electron Microscopy and Histological Methods in Assessing Cell-Engineered Construct Effectiveness for the Recovery of Hyaline Cartilage. *Methods and Protocols*, 4 (4), 77. doi: <https://doi.org/10.3390/mps4040077>
17. Hanišáková, N., Vítězová, M., Rittmann, S. K.-M. R. (2022). The Historical Development of Cultivation Techniques for Methanogens and Other Strict Anaerobes and Their Application in Modern Microbiology. *Microorganisms*, 10 (2), 412. doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020412>
18. Suwannarach, N., Kumla, J., Zhao, Y., Kakumyan, P. (2022). Impact of Cultivation Substrate and Microbial Community on Improving Mushroom Productivity: A Review. *Biology*, 11 (4), 569. doi: <https://doi.org/10.3390/biology11040569>
19. Shkromada, O., Paliy, A., Nechyporenko, O., Naumenko, O., Nechyporenko, V., Burlaka, O. et al. (2019). Improvement of functional performance of concrete in livestock buildings through the use of complex admixtures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(6(101)), 14–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.179177>
20. Yakovleva, G., Sagadeev, E., Stroganov, V., Kozlova, O., Okunev, R., Ilinskaya, O. (2018). Metabolic Activity of Micromycetes Affecting Urban Concrete Constructions. *The Scientific World Journal*, 2018, 1–9. doi: <https://doi.org/10.1155/2018/8360287>
21. van de Veerdonk, F. L., Gresnigt, M. S., Romani, L., Netea, M. G., Latgé, J.-P. (2017). *Aspergillus fumigatus* morphology and dynamic host interactions. *Nature Reviews Microbiology*, 15 (11), 661–674. doi: <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.90>
22. Ortega-Morales, B. O., Narváez-Zapata, J., Reyes-Estebanez, M., Quintana, P., De la Rosa-García, S. del C., Bullen, H. et al. (2016). Bioweathering Potential of Cultivable Fungi Associated with Semi-Arid Surface Microhabitats of Mayan Buildings. *Frontiers in Microbiology*, 7. doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00201>
23. Van Wylick, A., Monclaro, A. V., Elsacker, E., Vandeloek, S., Rahier, H., De Laet, L. et al. (2021). A review on the potential of filamentous fungi for microbial self-healing of concrete. *Fungal Biology and Biotechnology*, 8 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40694-021-00122-7>
24. Thomas, K. M., de Glanville, W. A., Barker, G. C., Benschop, J., Buza, J. J., Cleaveland, S. et al. (2020). Prevalence of *Campylobacter* and *Salmonella* in African food animals and meat: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Food Microbiology*, 315, 108382. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108382>
25. Shkromada, O., Fotina, T., Petrov, R., Nagorna, L., Bordun, O., Barun, M. et al. (2021). Development of a method of protection of concrete floors of animal buildings from corrosion at the expense of using dry disinfectants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (112)), 33–40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.236977>
26. Newell, D. G., Elvers, K. T., Dopfer, D., Hansson, I., Jones, P., James, S. et al. (2011). Biosecurity-Based Interventions and Strategies To Reduce *Campylobacter* spp. on Poultry Farms. *Applied and Environmental Microbiology*, 77 (24), 8605–8614. doi: <https://doi.org/10.1128/aem.01090-10>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.279918

DESIGNING ENGOBE COATINGS FOR CERAMIC BRICKS (p. 77–87)

Olena Khomenko

Ukrainian State University of Chemical Engineering, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3753-3033>

Liudmyla Tsyhanenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6628-3635>

Hennadii Tsyhanenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3335-4804>

Artem Borodai

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4221-0332>

Dmytro Borodai

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0771-9769>

Serhii Borodai

Limited Liability Company “ARS-Design”, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1281-7766>

This paper reports research into the development of compositions of engobe coatings for ceramic bricks and investigating the influence of technological production factors on their physical and mechanical properties. The results of this work make it possible to solve the task of expanding the range and improving the operational properties of building ceramics.

The data obtained have made it possible to establish physicochemical processes occurring during the formation of the phase composition and structure of engobe coatings. This has revealed the possibilities for designing engobe for various types of ceramic bricks, which differ in technological parameters of production and operational properties.

The charge compositions were designed in a three-component system “refractory clay – quartz sand – cullet”, taking into account the possibility of their practical implementation in large-tonnage production. It has been established that the most important condition for obtaining high-quality products is the correlation of shrinkage and temperature coefficients of linear expansion of the ceramic shard and engobe coating. To prevent various defects, these indicators should vary by no more than 10 %.

The crystal-phase composition of engobe is represented by β -quartz and a small amount of devitrite, which are evenly distributed in a vitreous dense layer of coating on the surface of the ceramic shard.

Distinctive features of the results relate to the fact that a solution to the problem of designing engobe coatings for ceramic bricks has been proposed and the physicochemical bases of production have been highlighted. This paper also suggests ways to achieve coordination of finely dispersed coatings with coarse-grained ceramic masses by shrinkage and thermal processes.

The results reported here could be applied in typical production of face, clinker, and in some cases – ordinary brick or ceramic stone with firing temperatures of 950–1150 °C.

Keywords: engobe, rheological properties, ceramic brick, thermal expansion, crystal phase, shrinkage.

References

- Muneron, L. M., Hammad, A. W., Najjar, M. K., Haddad, A., Vazquez, E. G. (2021). Comparison of the environmental performance of ceramic brick and concrete blocks in the vertical seals' subsystem in residential buildings using life cycle assessment. *Cleaner Engineering and Technology*, 5, 100243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100243>
- Khomenko, O. S., Datsenko, B. M., Fomenko, G. V. (2022). Determination of approaches to the development of ceramic compositions for the manufacture of facial bricks. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 6, 98–107. doi: <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2022-145-6-98-107>
- Pavlova, I. A., Sapozhnikova, M., Farafontova, E. P. (2020). The Effect of Manganese-Containing Pigment on the Strength of Ceramic Bricks. *Materials Science Forum*, 989, 329–334. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.989.329>
- Khomenko, O., Datsenko, B., Sribniak, N., Nahorny, M., Tsyhanenko, L. (2019). Development of engobe coatings based on alkaline kaolins. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (6 (102)), 49–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.188126>
- Mangone, A., Caggiani, M. C., Giannossa, L. C., Eramo, G., Redavid, V., Laviano, R. (2013). Diversified production of red figured pottery in Apulia (Southern Italy) in the late period. *Journal of Cultural Heritage*, 14 (1), 82–88. doi: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2012.03.011>
- Dal Bó, M., Bernardin, A. M., Hotza, D. (2014). Formulation of ceramic engobes with recycled glass using mixture design. *Journal of Cleaner Production*, 69, 243–249. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.088>
- Jaramillo Nieves, L. J., Nastri, S., Lot, A. V., Melchiades, F. G., Marsola, G. A., Flauzino, I. S. et al. (2022). Influence of engobe and glaze layers on the evolution of porosity and permeability of single-fired porcelain tiles. *Applied Clay Science*, 228, 106635. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2022.106635>
- Kavanova, M., Kloužková, A., Kloužek, J. (2017). Characterization of the interaction between glazes and ceramic bodies. *Ceramics – Silikaty*, 61 (1), 267–275. doi: <https://doi.org/10.13168/cs.2017.0025>
- Nandi, V. S., Raupp-Pereira, F., Montedo, O. R. K., Oliveira, A. P. N. (2015). The use of ceramic sludge and recycled glass to obtain engobes for manufacturing ceramic tiles. *Journal of Cleaner Production*, 86, 461–470. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.091>
- Tarhan, M., Tarhan, B. (2019). Development of waterproof engobe layer for ceramic wall tiles. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 140 (2), 555–565. doi: <https://doi.org/10.1007/s10973-019-08893-3>
- Samoilenko, N., Shchukina, L., Baranova, A. (2019). Development of engobe composition with the use of pharmaceutical glass waste for glazed ceramic granite. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (100)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175922>
- Koleda, V. V., Mikhailyuta, E. S., Alekseev, E. V., Tsybul'ko, É. S. (2009). Technological particularities of clinker brick production. *Glass and Ceramics*, 66 (3-4), 132–135. doi: <https://doi.org/10.1007/s10717-009-9129-3>
- Subashi De Silva, G. H. M. J., Hansamali, E. (2019). Eco-friendly fired clay bricks incorporated with porcelain ceramic sludge. *Construction and Building Materials*, 228, 116754. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116754>
- Benahsina, A., El Haloui, Y., Taha, Y., Elomari, M., Bennouna, M. A. (2022). Substitution of natural clay by Moroccan solid mining wastes to manufacture fired bricks. *Materials Today: Proceedings*, 58, 1324–1330. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.211>
- Luangnaem, C., Sathonsaowaphak, A., Kamon-In, O., Pimraksa, K. (2014). Development of Engobe Samples for Dan Kwian Ceramic Body. *Key Engineering Materials*, 608, 325–330. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.608.325>
- Johnson, L. A., McCauley, R. A. (2005). The thermal behavior of albite as observed by DTA. *Thermochimica Acta*, 437 (1-2), 134–139. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2005.06.039>
- Governatori, M., Cedillo-González, E.I., Manfredini, T., Siligardi, C. (2022). Solar reflective properties of porcelain tiles for UHI mitigation: effect of highly reflective frits in the engobe's formulation. *Materials Today Sustainability*, 20, 100255. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2022.100255>
- Ferrari, C., Muscio, A., Siligardi, C. (2016). Development of a Solar-reflective Ceramic Tile Ready for Industrialization. *Proce-*

- dia Engineering, 169, 400–407. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pro-eng.2016.10.049>
19. Zorigt, S., Jadamba, Ts., Tsevel, S. (2012). Synthesis and structural studies of face engobe layer's mass. Proceedings 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST. doi: <https://doi.org/10.1109/ifost.2012.6357603>
 20. Yatsenko, N. D., Rat'kova, É. O. (2009). Engobes for ceramic brick. Glass and Ceramics, 66 (3-4), 93–94. doi: <https://doi.org/10.1007/s10717-009-9144-4>
 21. Janus, M., Zając, K. (2019). Self-cleaning efficiency of nanoparticles applied on facade bricks. Nanotechnology in Eco-Efficient Construction, 591–618. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102641-0.00024-4>
 22. Becker, E., Jiusti, J., Minatto, F. D., Delavi, D. G. G., Montedo, O. R. K., Noni Jr., A. de. (2017). Use of mechanically-activated kaolin to replace ball clay in engobe for a ceramic tile. Cerâmica, 63 (367), 295–302. doi: <https://doi.org/10.1590/0366-69132017633672077>
 23. Bernasconi, A., Diella, V., Pagani, A., Pavese, A., Francescon, F., Young, K. et al. (2011). The role of firing temperature, firing time and quartz grain size on phase-formation, thermal dilatation and water absorption in sanitary-ware vitreous bodies. Journal of the European Ceramic Society, 31 (8), 1353–1360. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2011.02.006>
 24. Gültekin, E. E., Topateş, G., Kurama, S. (2017). The effects of sintering temperature on phase and pore evolution in porcelain tiles. Ceramics International, 43 (14), 11511–11515. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.06.024>
 25. Shaikh, S. M. R., Nasser, M. S., Hussein, I., Benamor, A., Onaizi, S. A., Qiblawey, H. (2017). Influence of polyelectrolytes and other polymer complexes on the flocculation and rheological behaviors of clay minerals: A comprehensive review. Separation and Purification Technology, 187, 137–161. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.06.050>
 26. Khomenko, O. S. (2018). Choice of ceramic masses for the manufacture of electrical ceramics. Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii, 1, 92–95. Available at: <http://vhht.dp.ua/wp-content/uploads/pdf/2018/1/Khomenko.pdf>
 27. Kakisawa, H., Nishimura, T., Yokoi, T., Yamaguchi, N., Kitaoka, S. (2022). Measurement of the in-plane coefficient of thermal expansion of ceramic protective coatings from room temperature to 1400 °C. Surface and Coatings Technology, 439, 128427. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2022.128427>
 28. Venturelli, C., Paganelli, M. (2006). Thermo-mechanical behaviour of technical ceramic bricks, felt boards and fibres. CFI Ceramic Forum International, 83, 4, E18–E22. Available at: <https://www.expertlabservice.it/en/publication/thermo-mechanical-behaviour-of-technical-ceramic-bricks-felt-boards-and-fibres/>
 29. Goncalves, R. A., Dal-Pont, G., Werneke, A. S. W. Riella, H. G., Mamede, W. F. (2000). Determination of mohs hardness of glazed tiles by scratching tests. Ceramic Technology Center, 67–71. Available at: <https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0032170e.pdf>
 30. Li, J., Lin, H., Li, J., Wu, J. (2009). Effects of different potassium salts on the formation of mullite as the only crystal phase in kaolinite. Journal of the European Ceramic Society, 29 (14), 2929–2936. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2009.04.032>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.280067

THE ROLE OF ADDITION OF CALCIUM ALGINATE MICROCAPSULES ON PERMANENT DEFORMATION OF AC–WC NATURAL ASPHALT BUTON STONE IN INDONESIA (p. 88–95)

Melly Dwi Desvita

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3971-4492>

Ludfi Djakfar

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2812-9263>

Wisnumurti

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2939-2170>

Muhammad Syarif Prasetya

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7872-6635>

Muhammad Chaidar Febriansyah

Alauddin Islamic State University, South Sulawesi, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8715-3508>

This paper discusses natural asphalt deposits of Buton stone (asbuton) in Indonesia are very abundant, but the characteristics of asbuton are not yet suitable for road applications. So that the use of asbuton as a binder needs to be added with additives that can react independently to overcome the permanent deformation such as the addition of calcium alginate microcapsules to the asphalt mixture. The purpose of this study was to determine the effect of adding calcium alginate microcapsules to the permanent deformation of AC-WC with asbuton.

The current problem is that road pavements are not able to heal themselves when cracks start to occur, so additional materials are needed that can stimulate self-healing to occur so that the cracks that have started to occur can be closed again even though it takes time so that the self-healing process can occur.

The microcapsules are made with the main ingredients of water, sunflower oil, sodium alginate ($C_6H_7O_6Na$) and calcium chloride solvent ($CaCl_2$), which are encapsulated and embedded in the asphalt mixture as a material that can restore the structural function by a healing method self healing. The research method uses true experimentally. Specimen variations in the study were the addition of calcium alginate microcapsules of 0 %, 1 %, 1.5 %, 2 %. Wheel Tracking Testing was carried out with the AASHTO Standard: T 32-11 and CAL Testing with the Tex-245-F 2014 standard. The results showed that with the addition of calcium alginate microcapsules, there was no significant contribution; better than microcapsules, the mixture decreases in the number of passes so that the mixture is easy to change shape rutting. However, adding calcium alginate microcapsules can reduce the value of weight loss, causing the adhesion of the asphalt mixture to increase.

Keywords: buton asphalt, calcium alginate, microcapsule, permanent deformation, cantabro abrasion loss.

References

1. Nascimento, F. A. C., Guimarães, A. C. R., Castro, C. D. (2021). Comparative study on permanent deformation in asphalt mixtures from indirect tensile strength testing and laboratory wheel tracking.

- Construction and Building Materials, 305, 124736. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124736>
2. Xu, S., Tabaković, A., Liu, X., Palin, D., Schlangen, E. (2019). Optimization of the Calcium Alginate Capsules for Self-Healing Asphalt. *Applied Sciences*, 9 (3), 468. doi: <https://doi.org/10.3390/app9030468>
 3. Micaelo, R., Al-Mansoori, T., Garcia, A. (2016). Study of the mechanical properties and self-healing ability of asphalt mixture containing calcium-alginate capsules. *Construction and Building Materials*, 123, 734–744. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.095>
 4. Tabaković, A., Schuyffel, L., Karač, A., Schlangen, E. (2017). An Evaluation of the Efficiency of Compartmented Alginate Fibres Encapsulating a Rejuvenator as an Asphalt Pavement Healing System. *Applied Sciences*, 7 (7), 647. doi: <https://doi.org/10.3390/app7070647>
 5. Cheng, Y., Chai, C., Liang, C., Chen, Y. (2019). Mechanical Performance of Warm-Mixed Porous Asphalt Mixture with Steel Slag and Crumb-Rubber–SBS Modified Bitumen for Seasonal Frozen Regions. *Materials*, 12 (6), 857. doi: <https://doi.org/10.3390/ma12060857>
 6. Sun, D., Li, B., Ye, F., Zhu, X., Lu, T., Tian, Y. (2018). Fatigue behavior of microcapsule-induced self-healing asphalt concrete. *Journal of Cleaner Production*, 188, 466–476. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.281>
 7. Inozemtcev, S., Korolev, E. (2018). Technological Features of Production Calcium-Alginate Microcapsules for Self-Healing Asphalt. *MATEC Web of Conferences*, 251, 01008. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825101008>
 8. Chung, K., Lee, S., Park, M., Yoo, P., Hong, Y. (2015). Preparation and characterization of microcapsule-containing self-healing asphalt. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 29, 330–337. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.04.011>
 9. Li, B., Sun, G., Sun, D., Lu, T., Ma, J., Deng, Y. (2020). Survival and activation behavior of microcapsules in self-healing asphalt mixture. *Construction and Building Materials*, 260, 119719. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119719>
 10. Xu, S., Tabaković, A., Liu, X., Schlangen, E. (2018). Calcium alginate capsules encapsulating rejuvenator as healing system for asphalt mastic. *Construction and Building Materials*, 169, 379–387. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.046>
 11. Mirzamojeni, M., Aghayan, I., Behzadian, R. (2023). Evaluation of field aging effect on self-healing capability of asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 369, 130571. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130571>
 12. Yang, L., Tao, L., Zenglin, T., Jianzhong, P., Mingliang, Z., Zhen-guo, W. (2023). Research on self-healing behavior of asphalt modified by polyurea elastomer containing dynamic disulfide/diselenide bond. *European Polymer Journal*, 189, 111990. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2023.111990>
 13. Zhang, L., Hoff, I., Zhang, X., Yang, C. (2022). Investigation of the self-healing and rejuvenating properties of aged asphalt mixture containing multi-cavity Ca-alginate capsules. *Construction and Building Materials*, 361, 129685. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129685>
 14. Yang, H., Ouyang, J., Jiang, Z., Ou, J. (2023). Effect of fiber reinforcement on self-healing ability of asphalt mixture induced by microwave heating. *Construction and Building Materials*, 362, 129701. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129701>
 15. Prasetya, M. S., Djakfar, L., Wisnumurti, Sabarudin, A. (2022). Marshall Tests For Asphalt Concrete Wearing Course Asb Lawele Containing Capsule Calcium Alginate as Self-Healing Additive. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1117 (1), 012005. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1117/1/012005>
 16. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan (General Specifications of Bina Marga 2018 for Road Works and Bridges).
 17. Chaturabong, P., Bahia, H. U. (2017). The evaluation of relative effect of moisture in Hamburg wheel tracking test. *Construction and Building Materials*, 153, 337–345. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.133>
 18. Ruiz-Riancho, N., Saadon, T., Garcia, A., Grossegger, D., Hudson-Griffiths, R. (2021). Optimisation of self-healing properties for asphalts containing encapsulated oil to mitigate reflective cracking and maximize skid and rutting resistance. *Construction and Building Materials*, 300, 123879. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123879>
 19. Al-Mansoori, T., Micaelo, R., Artamendi, I., Norambuena-Contreras, J., Garcia, A. (2017). Microcapsules for self-healing of asphalt mixture without compromising mechanical performance. *Construction and Building Materials*, 155, 1091–1100. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.137>
 20. Xu, S., Liu, X., Tabaković, A., Schlangen, E. (2019). Investigation of the Potential Use of Calcium Alginate Capsules for Self-Healing in Porous Asphalt Concrete. *Materials*, 12 (1), 168. doi: <https://doi.org/10.3390/ma12010168>
 21. Aurilio, R., Aurilio, M., Baaj, H. (2020). High-Performance Pavements: A Focus on Self-healing Asphalt Technologies. 2020 Canadian Technical Asphalt Association Conference. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Aurilio/publication/346045879_High-Performance_Pavements_A_Focus_on_Self-healing_Asphalt_Technologies/links/6022d38ba6fdcc37a815cae9/High-Performance-Pavements-A-Focus-on-Self-healing-Asphalt-Technologies.pdf

АНОТАЦІЇ
TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.278270

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СИНТЕЗУ МОНОГЛЦЕРИДІВ ЖИРНИХ КИСЛОТ З ВИКОРИСТАННЯМ РЕАКЦІЇ ГЛЦЕРОЛІЗУ (с. 6–12)

Д. І. Савельєв, О. І. Петрова, О. А. Яценко, С. В. Рудаков, С. В. Гарбуз, Н. П. Шевчук, Т. В. Качанова, М. І. Гиль, Н. В. Болгова, Н. С. Борозенець

Об'єктом дослідження є процес гліцеролізу жиру з метою отримання моногліцеридів жирних кислот.

Моногліцериди є важливою складовою продукції хімічної, фармацевтичної, косметичної, харчової галузей промисловості. Ці речовини застосовуються як емульгатори, структуроутворювачі, комплексоутворювачі тощо. Промислове одержання моногліцеридів передбачає використання складних технологій, а також небезпечних та нестабільних каталізаторів. Актуальним завданням є розробка нових каталізаторів та удосконалення технологій отримання моногліцеридів.

Досліджено технологію синтезу моногліцеридів методом гліцеролізу, що передбачає реагування рослинного гідрогенізованого жиру з гліцерином. Як каталізатор використано калій гліцерат, який є ефективним та безпечним з точки зору отримання та використання.

Застосовано жир гідрогенізований нерафінований за ДСТУ 5040 (CAS Number 68334-28-1). Жир має нестандартні показники: температура плавлення 51 °С, масова частка вологи та летких речовин 0,3 %, кислотне число 3,2 мг КОН/г, пероксидне число 7,6 ½ О ммоль/кг.

Тривалість процесу складала 90 хв., концентрація гліцерину – 50 %. Встановлено раціональні умови гліцеролізу: концентрацію каталізатору (1,5 %) та температуру (140 °С). За цих умов продукт забезпечив стійкість емульсії «вода – олія соняшникова» 96,8 %, концентрація моногліцеридів в системі складала 0,1 %. Показники продукту: масова частка моногліцеридів – 72,5 %, вільного гліцерину – 1,5 %, кислотне число – 1,7 мг КОН/г.

Результати досліджень дають можливість удосконалити процес гліцеролізу з використанням нового каталізатору та отримувати моногліцериди з високою емульгуючою здатністю. Це підвищить рентабельність підприємства та збільшить обсяг випуску якісних моногліцеридів для різних галузей промисловості.

Ключові слова: моногліцериди жирних кислот, каталізатор хімічного переестерифікування, стійкість емульсії, калій гліцерат.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.279619

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВМІСТУ ЖИРОРОЗЧИННИХ БАРВНИКІВ НА ПЕРІОД ІНДУКЦІЇ ОКИСНЕННЯ ЇХНІХ ОЛІЙНИХ РОЗЧИНІВ (с. 13–21)

П. Ф. Петік, С. В. Станкевич, І. В. Забродіна, О. В. Жулінська, І. О. Мезенцева, І. В. Галясний, Т. Б. Гонтар, Л. Ю. Шубіна, О. В. Котляр, С. В. Бондаренко

Об'єктом дослідження є період індукції прискореного окиснення олійних розчинів жиророзчинних барвників хлорофілу та бета-каротину. Досліджено вплив вмісту жиророзчинних барвників на період індукції прискореного окиснення їхніх розчинів в олії соняшникової рафінованій. Особливість роботи полягає у встановленні апроксимаційних графічних та математичних залежностей терміну періоду індукції прискореного окиснення рафінованої соняшникової олії від вмісту хлорофілу і бета-каротину окремо та сумісно. Це є важливим для прогнозування термінів придатності олійних розчинів жиророзчинних барвників.

Визначено, що хлорофіл А практично не виявляє прооксидантної дії за умови його вмісту до 0,05 г/л. Вміст хлорофілу А на рівні 0,10 г/л призводить до зменшення терміну періоду індукції на 14 %; 0,20 г/л – на 36 %; 0,30 г/л – на 48 %. Вміст бета-каротину на рівні 0,10 г/л призводить до збільшення терміну періоду індукції на 35 %; 0,20 г/л – на 47 %; 0,30 г/л – на 54 %. Вміст в олійній системі 0,10 г/л бета-каротину і 0,05 г/л хлорофілу А призводить до зменшення терміну періоду індукції прискореного окиснення на 8,4 % порівняно з олійним розчином 0,10 г/л бета-каротину без хлорофілу А. Отримані дані пояснюються тим, що існує компенсуючий вплив антиоксиданту бета-каротину на прооксидантну дію хлорофілу А в олійному розчині. Особливістю отриманих результатів є можливість прогнозування термінів придатності олійних розчинів жиророзчинних барвників. З практичної точки зору результати досліджень дозволяють розробляти олійні системи з урахуванням окремої та сумісної особливостей реакційної здатності щодо окиснення хлорофілу і бета-каротину. Прикладним аспектом використання наукового результату є можливість розширення асортименту олійної продукції підвищеної харчової цінності з різним вмістом хлорофілу і бета-каротину.

Ключові слова: хлорофіл, бета-каротин, антиоксидант, прооксидант, прискорене окиснення, диференційна скануюча калориметрія.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.279099**ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОЇ АДСОРБЦІЇ ХОЛ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МОРСЬКОЇ СОЛІ З МОРСЬКОЇ ВОДИ (с. 22–31)****Yurida Ekawati, Oyong Novareza, Putu Hadi Setyarini, Willy Satrio Nugroho, I Nyoman Gede Wardana**

Високий вміст сульфату в морській воді утворює сульфатні солі, які стають домішками в морській солі. У цьому дослідженні досліджується вплив соку лайма на адсорбцію сульфатних іонів у морській воді за допомогою комерційного активованого вугілля. Було використано повний факторний експериментальний план для оптимізації факторів рівня типу активованого вугілля, дозування адсорбенту та концентрації соку лайма у відповідь на процентне зниження концентрації сульфату. Активоване вугілля (GCB) і промивне кислотою активоване вугілля (GCA) були двома типами гранульованого активованого вугілля зі шкаралупи кокосового горіха, які використовувалися для експерименту без подальших модифікацій. Основний ефект і ефекти взаємодії аналізували за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA) і р-значень для визначення впливу змінних, що впливають на адсорбцію сульфат-іонів. На адсорбцію сульфат-іонів у морській воді впливала взаємодія між типом активованого вугілля та дозуванням, а також концентрацією соку лайма. Фактор соку лайма значно підвищив продуктивність активованого вугілля щодо адсорбції іонів сульфату в морській воді, і внесок фактора становив 58,2%. Оптимальне відновлення сульфат-іонів з морської води було досягнуто при рівнях факторів активованого вугілля GCB, дозуванні 50 мг і концентрації соку лайма 50 мкл. Взаємодія між соком лайма та пори активованого вугілля є електростатичною. Домішки притягуються виявленою полярністю пор активованого вугілля. Висока електронегативність кислоти соку лайма притягує негативно заряджені іони домішок. Більш економічне активоване вугілля, GCB, яке показало кращі результати в адсорбції сульфатних іонів, є альтернативою для зменшення домішок морської солі. Отже, GCB можна безпосередньо змішувати з морською водою для отримання високоякісної морської солі. Таким чином, це дослідження підходить для покращення якості морської солі, обробленої активованим вугіллям.

Ключові слова: електростатичний вугільний адсорбент, домішки морської солі, сульфатна адсорбція, сік лайма, кислотна промивка.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.282208**ВАЛОРИЗАЦІЯ ПОБІЧНОГО ПРОДУКТУ ПЕРЕРОБКИ ГОРІХІВ КЕШ'Ю: РОЗРОБКА БІОПОЛІМЕРНОГО КОМПОЗИТУ КАРДОЛ/КРОХМАЛЬ З ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ І ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПОТЕНЦІАЛОМ (с. 32–41)****Alvaro Arrieta-Almario, Jorge Ducuara, Enrique Combatt**

Проблема харчових відходів агропромислового комплексу викликає все більшу занепокоєність в нашому суспільстві, тому їх використання в якості сировини для отримання біополімерів, що представляють технологічний інтерес, є привабливою альтернативою. Метою даної роботи була оцінка доцільності використання кардолу, одержуваного з рідини шкаралупи горіхів кеш'ю, при виробництві біополімерного композиту шляхом його поєднання з крохмалем маніюки. Біополімерний композит отримували термохімічним методом з використанням різних концентрацій кардолу і варіюванням рН синтезу. Отримані результати дозволили продемонструвати утворення біополімерних плівок кардол/крохмаль. Інфрачервоні спектри показали можливі взаємодії водневими зв'язками між кардолом та глюкозними ланками крохмалю. Поведінка імпедансу показала подібний механізм провідності у всіх випадках, що дозволило встановити єдину еквівалентну схему. Електрохімічні параметри показали, що присутність кардолу і більш низький рівень рН збільшують значення електричного опору та ємності подвійного шару в біополімерах. Крім того, вплив на значення системи SPE/R_{ge} , пов'язані з електричною активністю, надав не рН, а присутність кардолу. Випробування на біорозкладаність показали повне розкладання біополімерних композитних плівок у три етапи протягом 17–19 днів. Можна зробити висновок, що кардол, вилучений з рідини шкаралупи горіхів кеш'ю, може бути використаний для одержання біополімерного композиту з електрохімічними властивостями у поєднанні з крохмалем маніюки. Електричні властивості біополімеру можна регулювати шляхом зміни рН синтезу та кількості використовуваного кардолу. Композитний біополімер кардол/крохмаль може бути використаний в якості біополімерного твердого електроліту при виготовленні акумуляторів, конденсаторів тощо.

Ключові слова: кардол, маніюка, біополімер, електрохімія, композит, відходи, кеш'ю, горіх, шкаралупа, крохмаль.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.275727**ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПОКРИТТЯ КУРКУМІН:Н₂O НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МІДНОЇ ОБМОТКИ (с. 42–55)****Zainal Abidin, Eko Siswanto, Widya Wijayanti, Winarto**

Кожна мідна котушка створює магнітне поле, і загальне поле всередині соленоїда дорівнюватиме сумі полів, що утворюються кожною котушкою струму. Якщо соленоїдні котушки розташовані дуже близько одна до одної, внутрішнє поле буде по суті паралельним осі, за винятком самих кінців. Для визначення величини магнітного поля всередині соленоїда можна скористатися законом Ампера, а саме $B = \mu_0 \cdot N \cdot I$, де B – напруженість магнітного поля (Тл), μ_0 – повітропроникність (4×10^{-7} Тл м/А), N – кількість витків,

I – електричний струм. Значення B залежить від кількості витків на одиницю довжини, N і струму I . Поле не залежить від положення всередині соленоїда, тому значення B є постійним. Це стосується лише нескінчених соленоїдів, але є хорошим наближенням для фактичних точок, які не знаходяться поблизу кінців соленоїда.

Об'єктом дослідження є 4 однакові мідні котушки довжиною 3 см, діаметром котушки 2 см, перерізом $1,5 \text{ мм}^2$ та величиною індуктивності 2,17 мкГн. Перед нанесенням куркуміну на мідну обмотку початкове значення напруженості магнітного поля становило 2,54 мкТл. Після процесу покриття концентрації куркуміну: H_2O значення напруженості магнітного поля збільшилися.

Використовуваний метод полягав у зануренні 4 мідних котушок зі значенням індуктивності 2,17 мкГн у концентрацію куркумін: H_2O у мірній склянці об'ємом 100 мл з відповідними концентраціями: (20 %:80 %), (40 %:60 %), (60 %:40 %), (80 %:20 %) протягом певного часу. Потім на провідник мідної котушки подається 5-вольтове джерело постійної напруги. Далі вимірюється значення напруженості магнітного поля (B) та електричного струму, результати порівнюються з системою перед зануренням мідної котушки.

Результати вимірювань показали збільшення значень електричного струму та напруженості магнітного поля після покриття куркуміном порівняно зі значеннями до обробки. Для оцінки ефективності зв'язування куркуміну та міді було проведено FTIR-випробування та моделювання зв'язку куркумін: мідь за допомогою програмного забезпечення Avogadro. При ІЧ-випробуванні спостерігається сильне поглинання ароматичного C-C у межах від 1650 см^{-1} до 1500 см^{-1} . Тоді як при моделюванні зв'язок між міддю та куркуміном дає енергію зв'язку $164,532 \text{ кДж/моль}$, що еквівалентно $171,12 \times 10^{-2} \text{ eV}$.

Ключові слова: ароматичне кільце, спин електрона, магнітне поле, мідна котушка, концентрація куркуміну.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.278911

РОЗРОБКА *ANNONA MURICATA* LINN В ЯКОСТІ ЗЕЛЕНОГО ІНГІБІТОРА КОРОЗІЇ У ПЛАСТОВІЙ ВОДІ: ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНГІБУВАННЯ ТА МОДЕЛЬ АДСОРБЦІЇ (с. 56–65)

Ayende, Rini Riastuti, Johny Wahyuadi Soedarsono, Agus Paul Setiawan Kaban, Mohammad Iqbal Hikmawan, Rizal Tresna Rahmdani

У даній роботі аннона колюча використовувалася в якості зеленого інгібітора корозії для захисту сталі API 5L марки А від шкідливого впливу корозії у пластовій воді. Незважаючи на ефективність неорганічних інгібіторів, останні дані їх випробувань на токсичність показують, що застосування органічних інгібіторів є суттєвим для заміни синтетичних інгібіторів корозії. Однак використання аннони колючої в якості зеленого інгібітора корозії погано вивчено через відсутність комплексного способу екстракції та механізму інгібування. Для виявлення природи інгібування корозії було проведено кілька випробувань, включаючи визначення втрати маси, потенціодинамічну поляризацію та електрохімічну імпедансну спектроскопію (EIS). За допомогою інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є виявлено зв'язування домінуючих функціональних груп з субстратом. Результати потенціодинамічної поляризації показують, що інгібітор є інгібітором змішаного типу, що впливає на анодну та катодну реакції. Випробування на втрату маси демонструє найвищу ефективність інгібування 52,62 % при додаванні 2 мл інгібіторів протягом восьми днів спостереження. Результати поляризації та EIS показують, що інгібітор знижує швидкість корозії з більш високим показником інгібування 88,52 %. Зазначений результат пов'язаний з приєднанням неполярних та полярних функціональних груп *Annona muricata* Linn. Основна функціональна група включає в себе C=O, C–C та –O. Н., які активно пов'язані з поверхнею металу. Ароматична група при хвильовому числі 1050 і 1090 см^{-1} показує присутність ефіру і виступає в якості центру адсорбції. У даній роботі поєднання трьох розчинників, гексану, ацетону і етанолу, забезпечує повну екстракцію переважаючої сполуки з аннони колючої.

Ключові слова: зелені інгібітори корозії, органічні інгібітори корозії, *Annona muricata* Linn, адсорбційне інгібування аннони колючої.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.282127

УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ЗАХИСТУ БЕТОННИХ ПІДЛОГ У ПТАХІВНИЧИХ БУДІВЛЯХ (с. 66–76)

Т. І. Фотіна, В. В. Петров, Г. Ю. Гаврилук, Ю. В. Ляшенко, Л. В. Вареник

Об'єктом дослідження були бетонні підлоги у пташнику з різними типами підстилки. В дослідженні вирішувалась проблема зменшення контамінації мікроорганізмами бетонних підлоги у пташничих приміщеннях для попередження біологічної корозії.

Встановлено методом скануючої електронної мікроскопії корозію поверхні бетонної підлоги у вигляді утворення кристалів моногодрату оксалату кальцію та виявлені мікроскопічні гриби: *A. pullulans*, *F. sporotrichioides* та *A. niger*. Методом TPD MS встановлено, що зразки бетону отримані у приміщенні з солом'яною втрачають вологу на 51,52 % більше, з гранулою – на 342,42 % ($p \leq 0,05$), зі стружкою на 6,06 %, порівняно з контролем. CO зі зразків бетону виділяється менше з підстилкою тирса на 86,40 %, з солом'яною – на 83,49 %, зі стружкою – на 76,69 %, з гранулою – на 69,90 % ($p \leq 0,05$). Вміст CO_2 у зразках бетону з приміщення з тирсою був менший на 86,88 % ($p \leq 0,05$), з солом'яною – на 55,73 %, зі стружкою – на 38,52 %, з гранулою – на 23,77 %, порівняно з контролем без підстилки.

Мікробіологічними дослідженнями встановлено, що через 48 годин після проведення дезінфекції загальна кількість колоній мікроорганізмів на бетонній підлозі з підстилкою тирса вірогідно зменшилась в середньому на 90,19 %, солом'яна – на 91,62 %, стружка – на 79,76 %, гранула – на 82,88 % ($p \leq 0,05$), в контролі – на 83,73 %. Можна стверджувати, що дезінфектант знищує мікроорганізми на поверхні бетону не залежно від виду підстилки.

Особливістю експерименту є застосування методів скануючої електронної мікроскопії та TPD MS для дослідження структурних змін в бетоні. Проведене дослідження відрізняється застосуванням порошкоподібного дезінфектанту для зменшення мікробного ураження бетонної підлоги з різними типами підстилок.

Результати експерименту можна застосовувати в умовах агресивного середовища птахівничих приміщень для зменшення впливу на бетонні конструкції.

Ключові слова: підлога, мікроорганізми, підстилка, деструкція, бетон.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.279918

РОЗРОБКА АНГОВНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ (с. 77–87)

О. С. Хоменко, Л. А. Циганенко, Г. М. Циганенко, А. С. Бородай, Д. С. Бородай, С. П. Бородай

Дослідження стосуються розробки складів ангобних покриттів для керамічної цегли та дослідження впливу технологічних факторів виробництва на їх фізико-механічні властивості. Результати роботи дозволяють вирішити проблему розширення асортименту та підвищення експлуатаційних властивостей будівельної кераміки.

Отримані дані дозволили встановити фізико-хімічні процеси, що протікають при формуванні фазового складу та структури ангобних покриттів. Це розкрило можливості проектування ангобів для різноманітних видів керамічної цегли, які відрізняються технологічними параметрами виробництва та експлуатаційними властивостями.

Розробку шихтових складів здійснено у трикомпонентній системі «глина вогнетривка – пісок кварцовий – скlobій» з огляду на можливість їх практичної реалізації у крупнотонажному виробництві. Встановлено, що найголовнішою умовою отримання якісної продукції є співвіднесення усадок і температурних коефіцієнтів лінійного розширення керамічного черепка та ангобного покриття. Для запобігання різноманітним дефектам ці показники мають різнитись не більше, ніж на 10 %.

Кристалозафазовий склад ангобів представлений β -кварцом та в невеликій кількості – девітримом, які рівномірно розподілені у склоподібному щільному шарі покриття на поверхні керамічного черепка.

Відмінні риси отриманих результатів у тому, що запропоновано вирішення проблеми розробки ангобних покриттів для керамічної цегли та висвітлено фізико-хімічні основи виробництва. Також у роботі запропоновано шляхи досягнення узгодження тонкодисперсних покриттів з грубозернистими керамічними масами за усадочними і термічними процесами.

Отримані результати можуть бути застосовані на типових виробництвах лицьової, клінкерної, а в окремих випадках – рядової цегли або керамічного каменю з температурами випалу 950–1150 °С.

Ключові слова: ангоб, реологічні властивості, керамічна цегла, термічне розширення, кристалічна фаза, усадка.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.280067

РОЛЬ ДОДАВАННЯ МІКРОКАПСУЛ АЛЬГІНАТУ КАЛЬЦІУ В ПЕРМАНЕНТНІЙ ДЕФОРМАЦІЇ АС–WC НАТУРАЛЬНОГО АСФАЛЬТУ В ІНДОНЕЗІЇ (с. 88–95)

Melly Dwi Desvita, Ludfi Djakfar, Wisnumurti, Muhammad Syarif Prasetya, Muhammad Chaidar Febriansyah

У цьому документі розглядаються природні поклади асфальтового каменю Buton (асбутон), які в Індонезії дуже рясні, але характеристики асбутону ще непридатні для дорожніх застосувань. Таким чином, використання асбутону як сполучного необхідно додавати з добавками, які можуть реагувати незалежно, щоб подолати постійну деформацію, наприклад, додавання мікрокапсул альгінату кальцію до асфальтової суміші. Метою цього дослідження було визначити вплив додавання мікрокапсул альгінату кальцію на остаточну деформацію АС–WC за допомогою асбутону.

Поточна проблема полягає в тому, що дорожнє покриття не здатне самостійно загоюватися, коли починають з'являтися тріщини, тому потрібні додаткові матеріали, які можуть стимулювати самозагоєння, щоб тріщини, які почали з'являтися, можна було знову закрити, навіть якщо для цього потрібен час щоб міг відбутися процес самовідновлення.

Мікрокапсули виготовлені з основних інгредієнтів води, соняшникової олії, альгінату натрію ($C_6H_7O_6Na$) і розчинника хлориду кальцію ($CaCl_2$), які інкапсульовані та вбудовані в асфальтобетонну суміш як матеріал, який може відновити структурну функцію методом самовідновлення загоєння. Варіаціями зразків у дослідженні були додавання мікрокапсул альгінату кальцію 0 %, 1 %, 1,5 %, 2 %. Тестування колеса було проведено за стандартом AASHTO: T 32-11, а випробування CAL – за стандартом Tex-245-F 2014. Результати показали, що з додаванням мікрокапсул альгінату кальцію не було значного впливу. Краще, ніж мікрокапсули, суміш зменшується в кількості проходів, так що суміш легко змінює форму колії. Однак додавання мікрокапсул альгінату кальцію може зменшити значення втрати ваги, спричиняючи підвищення адгезії асфальтової суміші.

Ключові слова: бутон асфальт, альгінат кальцію, мікрокапсула, остаточна деформація, кантабровтратта від абразії.