

ABSTRACT AND REFERENCES

TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311326
DEVELOPMENT OF A COMPLEX ANTIOXIDANT FOR STABILIZATION OF DRESSING ENRICHED WITH OMEGA-3 FATTY ACIDS (p. 6–14)

Serhii Stankevych

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8300-2591>

Natalia Yakymenko-Tereshchenko

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
 Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2927-7989>

Vladimir Panasenko

State Institution «State Research and Design Institute
 of Basic Chemistry», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0441-9063>

Tatiana Gontar

Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0758-1752>

Inna Zabrodina

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8122-9250>

Oleg Kolontaievskiy

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv,
 Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2210-739X>

Roman Voronov

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv,
 Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4363-4022>

Maryna Ponomarova

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8463-821X>

Viktoriiia Novikova

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0403-3590>

Oleksandr Ashtaiev

A Separate Structural Unit «Kharkiv Trade and Economic
 Vocational College State University of Trade and Economics»,
 Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4536-6608>

The solution to the problem of developing a complex antioxidant for the oxidative stabilization of emulsion systems with a high content of ω -3 polyunsaturated fatty acids (PUFAs) is considered. The object of the study is the oxidative stabilization of dressing using a complex antioxidant of plant origin. The ratio of ω -3: ω -6 PUFAs in model samples of the emulsion system was 1:5.46 and 1:2.21. The reasonable range of antioxidant ratios in the complex was substantiated. The ratio of tocopherol extract, garlic and laurel essential oils in the complex antioxidant is 1:1:1, respectively. Over 30 days of storage of the emulsion system model samples stabilized with a complex antioxidant, there is a gradual accumulation of organic acids (from 0.73 % to 0.75 %). The content of primary oxidation products increases for sample No. 2 – from 0.7 to 1.9 mmol $\frac{1}{2}$ O₂/kg, for

sample No. 3 – from 0.4 to 1.2 mmol $\frac{1}{2}$ O₂/kg. The obtained values of physicochemical parameters meet the requirements of regulatory documentation (DSTU 4561). The peculiarity of the obtained results is that the complex antioxidant showed a significant increase in the stability of the emulsion system of high nutritional value, in particular, slowed down the accumulation of organic acids and peroxides. From a practical point of view, the development can effectively stabilize food emulsion systems with a high content of oxidation-labile PUFAs. An applied aspect of the obtained scientific result is the possibility of modeling and developing new formulations of emulsion and individual fat systems with high nutritional value, containing high PUFA concentrations.

Keywords: complex antioxidant, emulsion system, polyunsaturated fatty acids, oxidative stability, shelf life.

References

- Osaili, T. M., Hasan, F., Al-Nabulsi, A. A., Olaimat, A. N., Ayyash, M., Obaid, R. S., Holley, R. (2023). A worldwide review of illness outbreaks involving mixed salads/dressings and factors influencing product safety and shelf life. *Food Microbiology*, 112, 104238. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104238>
- Wu, Z., Tan, B., Liu, Y., Dunn, J., Martorell Guerola, P., Tortajada, M. et al. (2019). Chemical Composition and Antioxidant Properties of Essential Oils from Peppermint, Native Spearmint and Scotch Spearmint. *Molecules*, 24 (15), 2825. <https://doi.org/10.3390/molecules24152825>
- Norazlina, M. R., Jahurul, M. H. A., Hasmadi, M., Mansoor, A. H., Norliza, J., Patricia, M. et al. (2021). Trends in blending vegetable fats and oils for cocoa butter alternative application: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.016>
- Belinska, A., Bliznjuk, O., Shcherbak, O., Masalitina, N., Myronenko, L., Varankina, O. et al. (2022). Improvement of fatty systems biotechnological interesterification with immobilized enzyme preparation usage. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(6(120)),6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268373>
- Lakshmayya, N. S. V., Mishra, A. K., Mohanta, Y. K., Panda, J., Naik, B., Mishra, B., Varma, R. S. (2023). Essential oils-based nano-emulsion system for food safety and preservation: Current status and future prospects. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 53, 102897. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102897>
- Demydova, A., Aksonova, O., Yevlash, V., Tkachenko, O Kameleva, N. (2022). Antioxidant activity of plants extracts of Ukrainian origin and their effect on the oxidative stability of sunflower oil. *Food Science and Technology*, 16 (3). <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2514>
- Kunisia, E., Popov, M., Gontar, T., Stankevych, S., Zabrodina, I., Stepankova, G. et al. (2024). Determination of the influence of hemp oil-based emulsion systems composition on the oxidation products content during storage. *Technology Organic and Inorganic Substances*, 3 (6 (129)), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304466>
- Felix-Sagaste, K. G., Garcia-Carrasco, M., Picos-Corrales, L. A., Gonzalez-Ruelas, T., Rodriguez-Mercado, J. A. (2023). Plant-animal extracts and biocompatible polymers forming oil-in-water emulsions: Formulations for food and pharmaceutical industries. *Hybrid Advances*, 3, 100072. <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2023.100072>

9. Kunitsia, E., Kalyna, V., Haliasnyi, I., Siedykh, K., Kotliar, O., Dikhtyar, A. et al. (2023). Development of a flavored oil composition based on hemp oil with increased resistance to oxidation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (125)), 26–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.287436>
10. Kalyna, V., Stankevych, S., Zabrodina, I., Shubina, L., Chuiko, M., Mikheeva, O. et al. (2024). Development of the composition of anoxidation-stable dressing with high nutritional value. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11 (127)), 29–37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.296621>
11. Petik, P., Stankevych, S., Zabrodina, I., Zhulinska, O., Mezentseva, I., Haliasnyi, I. et al. (2023). Determination of fat-soluble dyes influence on the oxidation induction period of their oil solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (123)), 13–21. LOCKSS. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279619>
12. Belinska, A., Bliznjuk, O., Masalitina, N., Bielykh, I., Zviahintseva, O., Gontar, T. et al. (2023). Development of biotechnologically transesterified three-component fat systems stable to oxidation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (125)), 21–28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.287326>
13. Joshi, T., Kapoor, S., Rana, S., Bala, M., Singh, A., Mahajan, B. V. C. (2024). Valorization of guava seed oil as a functional ingredient in salad dressing: implications on quality characteristics, rheological behaviour, morphology, oxidative stability and shelf life. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18 (8), 6698–6710. <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02683-8>
14. Mooliani, H., Nouri, M. (2021). Optimization of oxidative, physical stability and microbial characteristics of salad dressing emulsions based on avocado and whey protein combined with mint (*Mentha spicata* L) extract. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15 (6), 5713–5724. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01131-1>
15. Mikołajczak, N., Tańska, M., Ogorowska, D. (2021). Phenolic compounds in plant oils: A review of composition, analytical methods, and effect on oxidative stability. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 110–138. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.046>
16. Serra, J. J., Mura, J., Fagoaga, C., Castellano, G. (2023). Oxidative Stability of Margarine is Improved by Adding Natural Antioxidants from Herbs and Spices. <https://doi.org/10.20944/preprints202305.1445.v1>
17. Ali, M. A., Chew, S. C. (2022). Efficacy of exogenous natural antioxidants in stability of polyunsaturated oils under frying temperature. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17 (1), 408–429. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01601-0>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310526

INFLUENCE OF FATTY ACID COMPOSITION ON CONTACT ANGLE AND WEAR RATE OF JATROPHA CURCAS AND SUNFLOWER'S MIXTURE BY VARYING COMPOSITIONS MIXTURE (p. 15–25)

Moch. Syamsul Ma'arif

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7126-2126>

I Nyoman Gede Wardana

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

Djarot B. Darmadi

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7256-6650>

Oyong Novareza

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

Nanu Admantara

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4328-6442>

Iis Siti Aisyah

University of Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9986-2038>

United Nation Sustainable Development Goals make sustainability become common goals which drives into investments of innovative product and technology focusing on sustainability. Cutting oils are generally made from mineral oil and the renewable replacement is sought after and one of them are *Jatropha curcas* and sunflower oil or blend of them. Viscosity and adsorption will influence the properties of cutting oil. The study concern on the relationship between percentage of JCO in the mixture to anti-wear properties and contact angle measured using goniometer contact angle and pin-on-disk tribometer by varying percentage of *Jatropha curcas* oil in mixtures for 2.5 %, 5 %, 10 %, 20 %, and 30 %. Also, molecular simulation is conducted through molecular dynamic in search of dipole moment, electrostatic potential, polarizability and bond energy. The approach is employed to connect molecular interaction and non-linearity trending of experiment. The experiment shows contact angle and wear scar width and also wear rate become higher when percentage of *Jatropha curcas* oil is higher. The lowest contact angle is 26.9 deg. and the highest is 36.9 deg. of 2.5 % and 30 % *Jatropha* oil. The highest wear rate is 6.77e-7 and the lowest is 2.74e-7 of 2.5 % and 30 % *Jatropha* oil. The simulation gives supporting basis in the finding of experiment in which the viscosity is more prominent in governing wear rate than adsorption. Increases of *Jatropha curcas* percentages have inversely proportional to dipole moment, polarizability, electrostatic potential and bonding which explain why the fatty acids become more adhere to the fatty acid than to surface. The finding is restricted only for idealized conditions both of molecular structure and surface.

Keywords: wear rate, contact angle, molecular simulation, *Jatropha curcas* Linn. oil, sunflower oil.

References

1. Luna, F. M. T., Cavalcante, J. B., Silva, F. O. N., Cavalcante, C. L. (2015). Studies on biodegradability of bio-based lubricants. *Tribology International*, 92, 301–306. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2015.07.007>
2. Tang, L., Zhang, Y., Li, C., Zhou, Z., Nie, X., Chen, Y. et al. (2022). Biological Stability of Water-Based Cutting Fluids: Progress and Application. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 35 (1). <https://doi.org/10.1186/s10033-021-00667-z>
3. Afonso, I. S., Nobrega, G., Lima, R., Gomes, J. R., Ribeiro, J. E. (2023). Conventional and Recent Advances of Vegetable Oils as Metalworking Fluids (MWFs): A Review. *Lubricants*, 11 (4), 160. <https://doi.org/10.3390/lubricants11040160>
4. Milano, J., Silitonga, A. S., Tiong, S. K., Ong, M. Y., Masudi, A., Hassan, M. H. et al. (2024). A Comprehensive exploration of *jatropha curcas* biodiesel production as a viable alternative feedstock in the fuel industry – Performance evaluation and feasibility analysis. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, 4 (1), 17–37. <https://doi.org/10.31603/mesi.10610>
5. Abdul Aziz, M. A. A., Hamzah, E., Selamat, M. (2022). Performances of plant based corrosion inhibitors in controlling corrosion of mild

- steel in sodium chloride environment. *Materials Today: Proceedings*, 51, 1344–1349. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.385>
6. Zhang, X., Li, C., Zhou, Z., Liu, B., Zhang, Y., Yang, M. et al. (2023). Vegetable Oil-Based Nanolubricants in Machining: From Physico-chemical Properties to Application. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 36 (1). <https://doi.org/10.1186/s10033-023-00895-5>
 7. Narayana Sarma, R., Vinu, R. (2022). Current Status and Future Prospects of Biolubricants: Properties and Applications. *Lubricants*, 10 (4), 70. <https://doi.org/10.3390/lubricants10040070>
 8. Hermawan, A., Rahardja, I. B., Syam, M. Y., Sukismo, H., Fatah, N., Mardiono, M. (2019). Analysis of Viscosity of Lubricating Oil on Generator Machine Working Hours at KP. Macan Tutul 4203. *Journal of Applied Sciences and Advanced Technology*, 1 (3), 69–73. Available at: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/JASAT/article/view/4312>
 9. Rajasozhaperumal, G., Kannan, C. (2023). Comparative evaluation of chemically modified Jatropha oils as sustainable biolubricants in boundary lubrication regime. *Tribology International*, 186, 108594. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2023.108594>
 10. Biswas, M. A. S., Rahman, M. M., Ortega, J. A., Peña-Parás, L., Maldonado-Cortés, D., González, J. A. et al. (2022). Lubrication Performance of Sunflower Oil Reinforced with Halloysite Clay Nanotubes (HNT) as Lubricant Additives. *Lubricants*, 10 (7), 139. <https://doi.org/10.3390/lubricants10070139>
 11. Wang, Y., Li, C., Zhang, Y., Yang, M., Li, B., Jia, D. et al. (2016). Experimental evaluation of the lubrication properties of the wheel/workpiece interface in minimum quantity lubrication (MQL) grinding using different types of vegetable oils. *Journal of Cleaner Production*, 127, 487–499. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.121>
 12. Woma, T. Y., Ipilakya, T. D., Abdullahi, A. A., Okoro, U. G., Bello, A., Abutu, J. et al. (2023). Evaluation of Friction Co-efficient and Wear Performance of Jatropha Oil Using Standard Steel Ball on Aluminium Disc Tribometer. *Journal of Materials and Environmental Science*, 14 (10), 1266–1277. Available at: https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol14/vol14_N10/JMES-2023-14108-Woma.pdf
 13. Figueroa, M., García, E., Hernández, E. A. G., Vite-Torres, M. (2014). Friction and Wear of Jatropha curcas Oil Using a Four Balls Tester. *Advanced Materials Research*, 902, 76–81. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.902.76>
 14. Ma, Y., Wu, Y., Lee, J. G., He, L., Rother, G., Fameau, A.-L. et al. (2020). Adsorption of Fatty Acid Molecules on Amine-Functionalized Silica Nanoparticles: Surface Organization and Foam Stability. *Langmuir*, 36 (14), 3703–3712. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.0c00156>
 15. Ma'arif, Moch. S., Wardana, I. N. G., Darmadi, D. B., Novareza, O., Abidin, Z., Sulistyono, E., Darsono, C. H. (2024). The Influence of Eugenol in Lubrication Properties of Crude Jatropha Curcas Lin. *International Journal of Integrated Engineering*, 16 (2). <https://doi.org/10.30880/ijie.2024.16.02.017>
 16. Edem, D. O. (2002). Palm oil: Biochemical, physiological, nutritional, hematological and toxicological aspects: A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 57 (3/4), 319–341. <https://doi.org/10.1023/a:1021828132707>
 17. Designation: G 99-95a (Reapproved 2000)e1. Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus. ASTM. Available at: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/9915/022a33a120e74c24a23b628770221138/ASTM-G99-95a-2000-e1.pdf>
 18. Farrokhnia, M. (2020). Density Functional Theory Studies on the Antioxidant Mechanism and Electronic Properties of Some Bioactive Marine Meroterpenoids: Sargahydroquinonic Acid and Sargachromanol. *ACS Omega*, 5 (32), 20382–20390. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c02354>
 19. Cho, K. (2005). Polarizabilities. *Encyclopedia of Condensed Matter Physics*, 341–347. <https://doi.org/10.1016/b0-12-369401-9/00603-3>
 20. Bibi, S., Ur-rehman, S., Khalid, L., Bhatti, I. A., Bhatti, H. N., Iqbal, J. et al. (2022). Investigation of the adsorption properties of gemcitabine anticancer drug with metal-doped boron nitride fullerenes as a drug-delivery carrier: a DFT study. *RSC Advances*, 12 (5), 2873–2887. <https://doi.org/10.1039/d1ra09319c>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313095

DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF CHEMICAL TRANSESTERIFICATION TECHNOLOGY OF SUNFLOWER OIL (p. 26–33)

Mykola Korchak

Higher Educational Institution «Podillia State University»,
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8726-1881>

Anatolii Shostia

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1475-2364>

Svitlana Usenko

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9263-5625>

Liudmyla Floka

Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5429-2924>

Nadiia Hniti

Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8882-1019>

Liubov Morozova

Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9284-7951>

Vita Glavatchuk

Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9794-319X>

Larysa Marushko

Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8373-6747>

Serhii Nekrasov

Sumy State University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9157-2829>

Roman Mylostyvyi

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4450-8813>

The object of the study is the process of chemical transesterification of sunflower oil.

Liquid vegetable oils are an important component in the products of chemical, cosmetic, paint, food and other industries. Among other oils, sunflower oil is of exceptional industrial importance.

Chemical transesterification technology is used to obtain oils, fats and their mixtures with specified properties required for various industries. An important task is to develop rational conditions for the oil transesterification process using a highly efficient and safe catalyst.

The process of chemical transesterification of refined deodorized frozen sunflower oil according to DSTU 4492 (CAS Number 8001-21-6) using potassium glyceroxide was studied. The original oil has the

following parameters: peroxide value 0.2 ½ O mmol/kg, acid value 0.1 mg KOH/g, moisture mass fraction 0.03 %, crystallization temperature –18.38 °C.

The effect of transesterification parameters on the oil crystallization temperature was examined. The catalyst concentration in all experiments was 0.45 % by weight of the oil. The oil crystallization temperature was determined by differential scanning calorimetry. Rational parameters of oil transesterification were defined: temperature 110 °C, duration 1.5 hours. Under these conditions, there is a maximum increase in the oil crystallization temperature (up to –4.1 °C). The effectiveness of the rational oil transesterification parameters was confirmed by changes in the triglyceride composition by chromatography analysis.

The obtained rational conditions for the chemical transesterification of sunflower oil in the presence of the potassium glyceroxide catalyst can also be used in the processes of oil transesterification with other raw materials using this catalyst.

Keywords: chemical transesterification of sunflower oil, potassium glyceroxide catalyst, oil crystallization temperature.

References

- Korchak, M., Bragin, O., Petrova, O., Shevchuk, N., Strikha, L., Stankevych, S. et al. (2022). Development of transesterification model for safe technology of chemical modification of oxidized fats. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (6 (120)), 14–19. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266931>
- Esipovich, A., Rogozhin, A., Danov, S., Belousov, A., Kanakov, E. (2018). The structure, properties and transesterification catalytic activities of the calcium glyceroxide. *Chemical Engineering Journal*, 339, 303–316. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.01.142>
- Korchak, M., Bliznjuk, O., Nekrasov, S., Gavrish, T., Petrova, O., Shevchuk, N. et al. (2022). Development of rational technology for sodium glyceroxide obtaining. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (119)), 15–21. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265087>
- Korchak, M., Yermakov, S., Maisus, V., Oleksiyko, S., Pukas, V., Zavadskaya, I. (2020). Problems of field contamination when growing energy corn as monoculture. *E3S Web of Conferences*, 154, 01009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015401009>
- Reyero, I., Arzamendi, G., Zabala, S., Gandía, L. M. (2015). Kinetics of the NaOH-catalyzed transesterification of sunflower oil with ethanol to produce biodiesel. *Fuel Processing Technology*, 129, 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2014.09.008>
- Staroselska, N., Korchak, M., Ovsiannikova, T., Falalieieva, T., Ternovyi, O., Krainov, V. et al. (2024). Improving the technology of oxidative stabilization of rapeseed oil. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (127)), 6–12. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298432>
- Salmasi, M. Z., Kazemeini, M., Sadjadi, S. (2020). Transesterification of sunflower oil to biodiesel fuel utilizing a novel K₂CO₃/Talc catalyst: Process optimizations and kinetics investigations. *Industrial Crops and Products*, 156, 112846. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112846>
- Kadivar, S., De Clercq, N., Danthine, S., Dewettinck, K. (2016). Crystallization and polymorphic behavior of enzymatically produced sunflower oil based cocoa butter equivalents. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118 (10), 1521–1538. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201500267>
- Bootello, M. A., Chong, P. S., Máñez, Á., Garcés, R., Martínez-Force, E., Salas, J. J. (2018). Characterization of Sunflower Stearin-Based Confectionary Fats in Bulk and in Compound Coatings. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95 (9), 1139–1150. <https://doi.org/10.1002/aocs.12126>
- Zhu, T., Weng, H., Zhang, X., Wu, H., Li, B. (2018). Mechanistic insight into the relationship between triacylglycerol and crystallization of lipase-catalyzed interesterified blend of palm stearin and vegetable oil. *Food Chemistry*, 260, 306–316. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.147>
- Zhu, T., Zhang, X., Chen, Z., Li, B., Wu, H. (2020). Understanding the relationship between physical properties and crystallization behavior of interesterified blend-based fast-frozen special fat with varied triacylglycerol composition. *LWT*, 131, 109799. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109799>
- Ming, L. O., Ghazali, H. M., Chiew Let, C. (1999). Use of enzymatic transesterified palm stearin-sunflower oil blends in the preparation of table margarine formulation. *Food Chemistry*, 64 (1), 83–88. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(98\)00083-1](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(98)00083-1)
- Farmani, J., Hamed, M., Safari, M., Madadlou, A. (2007). Trans-free Iranian vanaspati through enzymatic and chemical transesterification of triple blends of fully hydrogenated soybean, rapeseed and sunflower oils. *Food Chemistry*, 102 (3), 827–833. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.015>
- Rodríguez, A., Castro, E., Salinas, M. C., López, R., Miranda, M. (2001). Interesterification of tallow and sunflower oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78 (4), 431–436. <https://doi.org/10.1007/s11746-001-0280-5>
- Salas, J. J., Bootello, M. A., Piispa, E., Hornyák, L., Venegas-Calerón, M., Martínez-Force, E., Garcés, R. (2023). The effect of enzymatic interesterification on the high oleic-high stearic sunflower oil fractionation and the physico-chemical properties of stearins. *LWT*, 184, 115042. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115042>
- Sytnik, N., Demydov, I., Kunitsa, E. (2015). Effectiveness research of new catalyst for oil and fat interesterification by using chromatographic analysis. *Technology Audit and Production Reserves*, 6 (4 (26)), 8–13. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.53285>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313889

DESIGN OF A NEW FILM WITH PREDEFINED PROPERTIES BASED ON CHITOSAN (p. 34–44)

Antonina Dubinina

National University “Zaporizhzhia Polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1241-4345>

Valentyna Zaytseva

National University “Zaporizhzhia Polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1526-2292>

Svitlana Lehnert

National University “Zaporizhzhia Polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0510-6034>

Andriy Vindyk

National University «Zaporizhzhia Polytechnic»,
Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5495-4350>

Oleksander Cherevko

State Biotechnological University,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5120-2899>

Larysa TatarState Biotechnological University,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3432-2142>**Olena Skyrda**State Biotechnological University,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1481-270X>**Svitlana Prasol**State Biotechnological University,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7616-770X>

Synthetic and chitosan-based polymer films were selected as the object of this study. Chitosan is a natural non-toxic oligosaccharide of animal origin capable of biological destruction. The task addressed in this work is to design a chitosan-based film with increased bacteriostatic properties for use in combined packaging material as a protective layer. The use of such films would provide for the biodegradability of packaging materials, which could make it possible to reduce the use of synthetic polymers in packaging and improve the environment.

A feature of the proposed method is that a decoction of yarrow grass is used as a chitosan solvent, which leads to the acquisition of bacteriostatic properties by the films. It has been established that the highest bacteriostatic effect is achieved in this case. The results of the research showed a significant growth retardation zone of *E. coli*, *B. cereus*, *B. subtilis*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *C. albicans*, *Saccharomyces* and *Lactobacillus* strains.

The set of studies made it possible to optimize the recipe composition of films based on chitosan (%): chitosan – 2.0...2.5, glycerin – 1.0...1.5, decoction of yarrow grass – 96...97 (according to the ratio of medicinal plant raw materials:water – 1:10).

It was determined that the values of indicators of the destructive stress at the rupture of the designed films (14.0...16.0 MPa) exceed the permissible minimum, which should be 13.7 MPa for polymer films.

The designed films are not intended for independent use as packaging material but should be applied as part of combined packaging as a protective layer.

The scope of application of the current research results is the packaging of food products, namely fruit and vegetable pastes and sauces.

Keywords: biopolymers, chitosan, film-forming solutions, packaging films, combined packaging, bacteriostatic properties.

References

- Hafez, A. I. (2023). Chemical Modifications of Chitosan Biopolymer as Poly Electrolyte Membranes for Full Cells: Article review. *Water, Energy and Environment Journal*, 4 (1), 1–16. Available at: <https://www.naturalspublishing.com/Article.asp?ArtcID=27249>
- Sutharsan, J., Zhao, J. (2022). Physicochemical and Biological Properties of Chitosan Based Edible Films. *Food Reviews International*, 39 (9), 6296–6323. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2100416>
- Elnaggar, E. M., Abusaif, M. S., Abdel-Baky, Y. M., Ragab, A., Omer, A. M., Ibrahim, I., Ammar, Y. A. (2024). Insight into divergent chemical modifications of chitosan biopolymer: Review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 277, 134347. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134347>
- Cazón, P., Vázquez, M. (2019). Mechanical and barrier properties of chitosan combined with other components as food packaging film. *Environmental Chemistry Letters*, 18 (2), 257–267. <https://doi.org/10.1007/s10311-019-00936-3>
- Lauriano Souza, V. G., Rodrigues, P. F., Duarte, M. P., Fernando, A. L. (2018). Antioxidant Migration Studies in Chitosan Films Incorporated with Plant Extracts. *Journal of Renewable Materials*. <https://doi.org/10.7569/jrm.2018.634104>
- Zhang, W., Li, X., Jiang, W. (2020). Development of antioxidant chitosan film with banana peels extract and its application as coating in maintaining the storage quality of apple. *International Journal of Biological Macromolecules*, 154, 1205–1214. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.275>
- Gomes, L. C., Faria, S. I., Valcarcel, J., Vázquez, J. A., Cerqueira, M. A., Pastrana, L. et al. (2021). The Effect of Molecular Weight on the Antimicrobial Activity of Chitosan from *Loligo opalescens* for Food Packaging Applications. *Marine Drugs*, 19 (7), 384. <https://doi.org/10.3390/md19070384>
- Mohammadi, A., Hashemi, M., Masoud Hosseini, S. (2016). Effect of chitosan molecular weight as micro and nanoparticles on antibacterial activity against some soft rot pathogenic bacteria. *LWT - Food Science and Technology*, 71, 347–355. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.010>
- Tan, M., Zhong, X., Xue, H., Cao, Y., Tan, G., Li, K. (2024). Polysaccharides from pineapple peel: Structural characterization, film-forming properties and its effect on strawberry preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 279, 135192. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135192>
- Khanzada, B., Akhtar, N., ul haq, I., Mirza, B., Ullah, A. (2024). Polyphenol assisted nano-reinforced chitosan films with antioxidant and antimicrobial properties. *Food Hydrocolloids*, 153, 110010. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110010>
- Dubinina, A., Letuta, T., Novikova, V. (2020). Research of the bactericidal properties and toxicity of compositions for stone fruit preservation. *Food Science and Technology*, 14 (2). <https://doi.org/10.15673/fst.v14i2.1721>
- Dubinina, A., Letuta, T., Frolova, T., Seliutina, H., Hapontseva, O. (2019). Perspectives of the use of plant raw material extracts for storage of tomatoes. *Food Science and Technology*, 12 (4). <https://doi.org/10.15673/fst.v12i4.1181>
- Dubinina, A., Letuta, T., Novikova, V. (2020). Storage of apricots using of medicinal plant extracts. *Technical Sciences and Technology*, 4 (18), 192–208. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-4\(18\)-192-208](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-4(18)-192-208)
- Supplement 11.5. European Pharmacopoeia Online. Available at: <https://pheur.edqm.eu/subhome/11-5>
- European Pharmacopoeia 10.0. Strasbourg. Available at: <https://www.scribd.com/document/508063535/European-Pharmacopoeia-10-0>
- Ricarte, R. G., Shanbhag, S. (2024). A tutorial review of linear rheology for polymer chemists: basics and best practices for covalent adaptable networks. *Polymer Chemistry*, 15 (9), 815–846. <https://doi.org/10.1039/d3py01367g>
- Tanaka, T. (2000). *Experimental Methods in Polymer Science*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/c2009-0-22460-3>
- Diblan, S., Gökkaya Erdem, B., Kaya, S. (2020). Sorption, diffusivity, permeability and mechanical properties of chitosan, potassium sorbate, or nisin incorporated active polymer films. *Journal of Food Science and Technology*, 57 (10), 3708–3719. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04403-8>
- Roldán-Ruiz, M. J., Jiménez-Riobóo, R. J., Gutiérrez, M. C., Ferrer, M. L., del Monte, F. (2019). Brillouin and NMR spectroscopic studies of aqueous dilutions of malic acid: Determining the dilution range for transition from a “water-in-DES” system to a “DES-in-water” one. *Journal of Molecular Liquids*, 284, 175–181. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.03.133>

20. Pavliuk, R. Yu., Poharska, V. V., Yanytskyi, V. V., Pavliuk, V. A., Sokolova, L. M., Korobets, N. V., Maksymova, N. F. (2013). *Tovaroznavstvo ta innovatsiyni tekhnolohiyi pererobky likarsko-tekhnichnoi roslynnoi syrovyny. Ch. 1. Seriya: Ozdorovchi naturalni dobavky ta produkty kharchuvannia.* Kharkiv: KhDUKht, KNTEU, 429.
21. de Sousa, D. P., Damasceno, R. O. S., Amorati, R., Elshabrawy, H. A., de Castro, R. D., Bezerra, D. P. et al. (2023). Essential Oils: Chemistry and Pharmacological Activities. *Biomolecules*, 13 (7), 1144. <https://doi.org/10.3390/biom13071144>
22. Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F. et al. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117 (4), 426–436. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>
23. Alves, T. F. P., Teixeira, N., Vieira, J., Vicente, A. A., Mateus, N., de Freitas, V., Souza, H. K. S. (2022). Sustainable chitosan packaging films: Green tea polyphenolic extraction strategies using deep eutectic solvents. *Journal of Cleaner Production*, 372, 133589. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133589>
24. Xuan Cuong, D., Xuan Hoan, N., Huu Dong, D., Thi Minh Thuy, L., Van Thanh, N., Thai Ha, H. et al. (2020). Tannins: Extraction from Plants. Tannins - Structural Properties, Biological Properties and Current Knowledge. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86040>
25. Fraga-Corral, M., García-Oliveira, P., Pereira, A. G., Lourenço-Lopes, C., Jimenez-Lopez, C., Prieto, M. A., Simal-Gandara, J. (2020). Technological Application of Tannin-Based Extracts. *Molecules*, 25 (3), 614. <https://doi.org/10.3390/molecules25030614>
26. Bonilla, J., Poloni, T., Lourenço, R. V., Sobral, P. J. A. (2018). Antioxidant potential of eugenol and ginger essential oils with gelatin/chitosan films. *Food Bioscience*, 23, 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.03.007>
27. Mohammed, K., Yu, D., Mahdi, A. A., Zhang, L., Obadi, M., Al-Ansi, W., Xia, W. (2024). Influence of cellulose viscosity on the physical, mechanical, and barrier properties of the chitosan-based films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 259, 129383. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129383>
28. Smoilovska, H. P., Maluhina, O. O. (2022). Doslidzhennia vmistu dubylnykh rechovny u travi dereviyu zvychainoho. *Suchasni dosiahnennia farmatsevtichnoi spravy*, 1, 221–222. Available at: <http://dspace.zsmu.edu.ua/handle/123456789/19351>
29. Wiles, J. L., Vergano, P. J., Barron, F. H., Bunn, J. M., Testin, R. F. (2000). Water Vapor Transmission Rates and Sorption Behavior of Chitosan Films. *Journal of Food Science*, 65 (7), 1175–1179. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10261.x>
30. Senra, T. D. A., Campana-Filho, S. P., Desbrières, J. (2018). Surfactant-polysaccharide complexes based on quaternized chitosan. Characterization and application to emulsion stability. *European Polymer Journal*, 104, 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2018.05.002>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.314049
CHOOSING AN EFFICIENT MASS EXCHANGE APPARATUS FOR DESORPTION OF HYDROGEN SULPHIDE FROM RESERVOIR AND DRAINAGE WATERS (p. 43–54)

Andriy Helesh

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3310-0940>

Yaroslav Kalymon

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2990-7111>

Industrial wastewater is often contaminated with hydrogen sulfide and sulfides. This poses significant risks to both the environment and human health and life as H₂S is extremely toxic. Therefore, water purification from it is vital, and the choice of an effective desorber device is an urgent issue.

This paper investigates the process of H₂S desorption from wastewater in mass exchange devices with a continuous bubbling bed (DCBB), a column with falling plates (CFP), and a horizontal device with bucket-like dispersers (HDBD). To analyze the kinetic and technological characteristics of the process, the following indicators were selected: the product of the mass exchange coefficient on the contact surface of phases (K·F), reduced to 1 m³ of the volume of the apparatus, and the degree of hydrogen sulfide desorption.

The most complete desorption of hydrogen sulfide occurs at pH≤5. For practical needs, it is suggested to acidify the water to pH=5.5..6.0. It was established that the partial pressure of H₂S increases linearly with increasing temperature, and an increase in salinity from 2...4 to 130...160 kg/m³ leads to its increase by 1.45...1.5 times.

The best desorption indicators can be achieved in HDBD at pH=4.97. The efficiency of cleaning in CFP and DCBB is significantly affected by the specific air flow rate. The highest values (K·F) per 1 m³ that were achieved in desorbers are, mol/(s·Pa·m³): HDBD – 1.94·10⁻⁵, in CFP – 5.55·10⁻⁶, DCBB – 6.9·10⁻⁶. The ratio of the product (K·F) in HDBD to CFP is 3.5, and in HDBD to DCBB 2.8. It was possible to achieve the maximum degree of desorption of 37.8 % in DCBB; in CFP, this indicator is 74.1 %, and in HDBD – 77.7 %. Experimental studies have generally confirmed the effectiveness of using HDBD, and the results obtained under production conditions on real drainage and reservoir waters could find be practically implemented in hydrogen sulfide utilization technologies.

Keywords: hydrogen sulfide, water purification, mass exchange devices, desorption rate, bubbling, solution dispersion.

References

1. Mokhatab, S., Poe, W. A., Mak, J. Y. (2019). Sulfur Recovery and Handling. *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing*, 271–305. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815817-3.00008-3>
2. Latha, A., Arivukarasi, M. C., Keerthana, C. M., Subashri, R., Vishnu Priya, V. (2018). Paper and Pulp Industry Manufacturing and Treatment Processes A Review. *International Journal of Engineering Research And*, V6 (02). <https://doi.org/10.17577/ijertcon011>
3. Hydrogen Sulfide. Hazards. Occupational Safety and Health Administration. Available at: <https://www.osha.gov/hydrogen-sulfide/hazards>
4. Simonton, D. S. (2014). Hydrogen Sulfide Exposure and Human-Health Risk in Mining-Impacted Regions. *World Environmental and Water Resources Congress 2014*, 1001–1009. <https://doi.org/10.1061/9780784413548.100>
5. Pudi, A., Rezaei, M., Signorini, V., Andersson, M. P., Baschetti, M. G., Mansouri, S. S. (2022). Hydrogen sulfide capture and removal technologies: A comprehensive review of recent developments and emerging trends. *Separation and Purification Technology*, 298, 121448. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.121448>
6. Reverberi, A. P., Klemeš, J. J., Varbanov, P. S., Fabiano, B. (2016). A review on hydrogen production from hydrogen sulphide by chemical and photochemical methods. *Journal of Cleaner Production*, 136, 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.139>

7. Mulewa, W., Tahir, M. (2024). Perspectives in the Synergetic Photocatalysis of Hydrogen Sulfide Decomposition for Hydrogen Production: A Comprehensive Review. *Energy & Fuels*, 38 (17), 15972–15997. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.4c02471>
8. Yavorskyi, V., Helesh, A., Yavorskyi, I., Kalymon, Y. (2016). A theoretical analysis of chemisorption of sulfur (IV) oxide. Rationale for the choice of an efficient mass-exchange apparatus. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (79)), 32–40. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.60312>
9. Ntagia, E., PrévotEAU, A., Rabaey, K. (2020). Electrochemical removal of sulfur pollution. *Environmental Technologies to Treat Sulphur Pollution: Principles and Engineering*, 247–276. https://doi.org/10.2166/9781789060966_0247
10. Enache, A.-F., Dan, M. L., Vaszilcsin, N. (2018). Electrochemical Oxidation of Sulphite in Neutral Media on Platinum Anode. *International Journal of Electrochemical Science*, 13 (5), 4466–4478. <https://doi.org/10.20964/2018.05.07>
11. Qi, R., Lin, T., Sheng, K., Lin, H. (2024). Insight into the effective electrocatalytic sulfide removal from aqueous solutions using surface oxidized stainless-steel anode and its desulfurization mechanism. *Science of The Total Environment*, 931, 172570. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172570>
12. Wei, J., Wu, X. (2024). The potential of coupled water electrolysis with electrochemical wastewater treatments. *International Journal of Hydrogen Energy*, 68, 745–754. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.04.308>
13. Wei, J., Wu, X. (2024). Electrochemical processes for simultaneous sulfur and energy recoveries from sulfide-containing wastewater. *Separation and Purification Technology*, 348, 127621. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.127621>
14. Wu, S., Zhang, L., Sun, B., Zou, H., Zeng, X., Luo, Y. et al. (2017). Mass-Transfer Performance for CO₂ Absorption by 2-(2-Aminoethylamino)ethanol Solution in a Rotating Packed Bed. *Energy & Fuels*, 31 (12), 14053–14059. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.7b03002>
15. Yavorskiy, V., Helesh, A. (2015). Theoretical Analysis of Efficiency of Horizontal Apparatus with Bucket-like Dispersers in the Dust Trapping System. *Chemistry & Chemical Technology*, 9 (4), 471–478. <https://doi.org/10.23939/chcht09.04.471>
16. Yavorskyi, V., Helesh, A., Yavorskyi, I. (2013). Principals for the Creation of Effective and Economically Sound Treating Processes of Industrial Emissions with Sulfur Oxide Low Content. *Chemistry & Chemical Technology*, 7 (2), 205–211. <https://doi.org/10.23939/chcht07.02.205>
17. Yavorskiy, V., Helesh, A. (2016). Waste Gases Cleaning at the Production of Ferrum Oxide Pigment Using Horizontal Apparatus with Bucket-like Dispersers. *Chemistry & Chemical Technology*, 10 (2), 193–199. <https://doi.org/10.23939/chcht10.02.193>
18. Helesh, A., Yavorskyi, V., Yavorskyi, I. (2016). Chemisorption of sulfur (IV) oxide using the horizontal apparatus with bucket-like dispersers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (80)), 46–52. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.63956>
19. Kalymon, Ya. A., Helesh, A. B., Slyuzar, A. V., Znak, Z. O. (2022). Theoretical studies of H₂S, SO₂ and O₂ absorption in mass exchanged apparatus with a continuous bubbling layer and mechanical dispersion of an absorbent. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 3, 33–43. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2022-142-3-33-43>
20. Peng, C., Mao, S., Hu, J., He, L. (2019). A Helmholtz free energy equation of state for the vapor-liquid equilibrium and PVTx properties of the H₂S H₂O mixture and its application to the H₂S H₂O NaCl system. *Applied Geochemistry*, 101, 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.12.021>
21. Tari, F., Shekarriz, M., Zarrinashne, S., Ruzbehani, A. (2018). Investigation on Solubility of Hydrogen Sulfide in Molten Sulfur Using Iodometric Back Titration Method. *Journal of Gas Technology*, 3 (1), 14–20. Available at: <https://dori.net/dor/20.1001.1.25885596.2018.3.1.2.8>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313633
DETERMINING THE IMPACT OF DIFFERENT TYPES OF BIOFUELS ON THE QUALITY OF IRON ORE PELLETS (p. 55–63)

Vadym Yefimenko

Ukrainian State University of Science and Technologies,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7566-9281>

Maxim Boyko

Technical University “Metinvest Polytechnic” LLC,
 Zaporizhzhia, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3557-9027>

Svitlana Zhuravlova

Ukrainian State University of Science and Technologies,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8519-5155>

Anatolii Marko

Boiler and Mechanical Plant LLC,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2063-1511>

Oleksandr Tanchev

Ukrainian State University of Science and Technologies,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3028-927X>

Ruslan Dutniy

Ukrainian State University of Science and Technologies,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9459-618X>

The object of this study is the process of roasting iron ore pellets. The study solves the task of replacing fossil fuel with plant-based fuel in order to reduce environmental load and ensure the stable quality of pellets, which is necessary for use in blast furnaces.

The influence of biofuel content at a given temperature and air speed on the strength of pellets after roasting was studied. As a result of the research, it was established that the fuel content has a decisive effect on the strength of pellets. Among all types of fuel that were investigated, pellets with the addition of sunflower husks and wood had the highest strength that meets the requirements for blast furnace melting of 200 kilograms. The use of wheat straw and charcoal does not make it possible to completely replace solid fuel in the layer of pellets.

The results show that the use of up to 0.36 % of sunflower husk makes it possible to increase the strength of burned pellets compared to samples without biofuel content. Adding all other considered types of fuel reduced the strength of the pellets.

These results are explained by the different content of lignin, cellulose, and hemicellulose, which determines the characteristics of the biomass. The high content of cellulose and hemicellulose allows for high hydrophilicity due to the high number of OH groups and positively affects the formation of raw pellets. Volatile

substances released during the combustion of biofuel contribute to the formation of spherical pores, as well as their uniform distribution, which prevents the propagation of cracks under load.

Research results make it possible to establish the optimal roasting mode, decrease harmful emissions, and bring down costs by reducing fossil fuel consumption.

Keywords: pellet roasting, wheat straw, sunflower husk, soft wood, charcoal.

References

- Muslemani, H., Liang, X., Kaesehage, K., Ascui, E., Wilson, J. (2021). Opportunities and challenges for decarbonizing steel production by creating markets for 'green steel' products. *Journal of Cleaner Production*, 315, 128127. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128127>
- Jarosh, Y., Kuharets, N. (2019). Estimation of the potential of raw materials of vegetable origin for the heat needs in Ukraine for 2018. *Scientific Horizons*, 3 (76), 38–47. Available at: http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/9802/3/SH_2019_3_38-47.pdf
- Kieush, L., Rieger, J., Schenk, J., Brondi, C., Rovelli, D., Echterhof, T. et al. (2022). A Comprehensive Review of Secondary Carbon Bio-Carriers for Application in Metallurgical Processes: Utilization of Torrefied Biomass in Steel Production. *Metals*, 12 (12), 2005. <https://doi.org/10.3390/met12122005>
- Sahu, S. N., Biswal, S. K. (2021). Alleviating dependency on fossil fuel by using cow-dung during iron ore pelletization; Assessment of pellet physical and metallurgical properties. *Powder Technology*, 381, 401–411. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.12.027>
- Praes, G. E., Arruda, J. D. de, Lemos, L. R., Tavares, R. P. (2019). Assessment of iron ore pellets production using two charcoals with different content of materials volatile replacing partially anthracite fines. *Journal of Materials Research and Technology*, 8 (1), 1150–1160. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.09.003>
- Tôrres Filho, A., Lange, L. C., de Melo, G. C. B., Praes, G. E. (2016). Pyrolysis of chromium rich tanning industrial wastes and utilization of carbonized wastes in metallurgical process. *Waste Management*, 48, 448–456. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.046>
- Sudhir, S., Soren, S., Chowdhury, G. M., Jaiswal, R. K., Nirala, A., Khan, M. A. et al. (2024). Utilization of rice husk substituting fossil fuel for pelletization process of goethite iron ore. *Environmental Technology & Innovation*, 34, 103597. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103597>
- Kieush, L., Koveria, A., Boyko, M., Yaholnyk, M., Hrubciak, A., Molchanov, L., Moklyak, V. (2022). Influence of biocoke on iron ore sintering performance and strength properties of sinter. *Mining of Mineral Deposits*, 16 (2), 55–63. <https://doi.org/10.33271/mining16.02.055>
- Boiko, M. M., Petrenko, V. O. (2023). The organization of iron ore agglomerate and pellets production with reduced environmental impact. *MININGMETALTECH 2023 – the mining and metals sector: integration of business, technology and education*, 1–19. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-382-8-1>
- Zhu, D., Pignatello, J. J. (2005). Characterization of Aromatic Compound Sorptive Interactions with Black Carbon (Charcoal) Assisted by Graphite as a Model. *Environmental Science & Technology*, 39 (7), 2033–2041. <https://doi.org/10.1021/es0491376>
- Rodríguez-Fabià, S., Torstensen, J., Johansson, L., Syverud, K. (2022). Hydrophobisation of lignocellulosic materials part I: physical modification. *Cellulose*, 29 (10), 5375–5393. <https://doi.org/10.1007/s10570-022-04620-8>
- Stelte, W., Clemons, C., Holm, J. K., Ahrenfeldt, J., Henriksen, U. B., Sanadi, A. R. (2011). Fuel Pellets from Wheat Straw: The Effect of Lignin Glass Transition and Surface Waxes on Pelletizing Properties. *BioEnergy Research*, 5 (2), 450–458. <https://doi.org/10.1007/s12155-011-9169-8>
- Augusto, K. S., Paciornik, S. (2018). Porosity Characterization of Iron Ore Pellets by X-Ray Microtomography. *Materials Research*, 21 (2). <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2017-0621>
- Hill, R. (1963). Elastic properties of reinforced solids: Some theoretical principles. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 11 (5), 357–372. [https://doi.org/10.1016/0022-5096\(63\)90036-x](https://doi.org/10.1016/0022-5096(63)90036-x)
- Vassilev, S. V., Baxter, D., Andersen, L. K., Vassileva, C. G., Morgan, T. J. (2012). An overview of the organic and inorganic phase composition of biomass. *Fuel*, 94, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.09.030>
- Howard, J. L. (2007). U.S. timber production, trade, consumption, and price statistics 1965 to 2005. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. <https://doi.org/10.2737/fpl-rp-637>
- Novaes, E., Kirst, M., Chiang, V., Winter-Sederoff, H., Sederoff, R. (2010). Lignin and Biomass: A Negative Correlation for Wood Formation and Lignin Content in Trees. *Plant Physiology*, 154 (2), 555–561. <https://doi.org/10.1104/pp.110.161281>
- Hua, Q., Liu, L.-Y., Karaaslan, M. A., Rennecker, S. (2019). Aqueous Dispersions of Esterified Lignin Particles for Hydrophobic Coatings. *Frontiers in Chemistry*, 7. <https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00515>
- Kumar Gupta, P., Sai Raghunath, S., Venkatesh Prasanna, D., Venkat, P., Shree, V., Chithanathan, C. et al. (2019). An Update on Overview of Cellulose, Its Structure and Applications. *Cellulose*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84727>
- Ma, Y., Li, Q., Zhang, Y., Yang, Y., Tang, Y., Jiang, T. (2023). A novel polymer-type binder to decrease bentonite dosage during iron ore pelletizing: Performance and mechanisms. *Journal of Materials Research and Technology*, 27, 6900–6911. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.11.134>
- Li, C., Bai, Y., Ren, R., Liu, G., Zhao, J. (2019). Study of the mechanism for improving green pellet performance with compound binders. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 55 (1), 153–162. Available at: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.baztech-b13c1300-6e62-4731-be28-968c9b9e74e4>

АНОТАЦІЇ
TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311326

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОГО АНТИОКСИДАНТУ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ДРЕСІНГУ, ЗБАГАЧЕНОГО ОМЕГА-3 ЖИРНИМИ КИСЛОТАМИ (с. 6–14)

С. В. Станкевич, Н. В. Якименко-Терещенко, В. О. Панасенко, Т. Б. Гонтар, І. В. Забродіна, О. П. Колонтасевський, Р. В. Воронов, М. С. Пономарьова, В. Є. Новікова, О. С. Аштаєв

Розглянуто шлях вирішення проблеми розробки комплексного антиоксиданту для стабілізації від окисного псування емульсійних систем з високим вмістом ω -3 поліненасичених жирних кислот (ПНЖК). Об'єктом дослідження є стабілізація дресінгу від окисного псування за допомогою комплексного антиоксиданту рослинного походження. Співвідношення ω -3: ω -6 ПНЖК в модельних зразках емульсійної системи становило 1:5,46 та 1:2,21. Обґрунтовано раціональний діапазон співвідношень антиоксидантів у комплексі. Співвідношення екстракту токоферолів, часникової та лаврової ефірних олій в комплексному антиоксиданті становить 1:1:1 відповідно. Протягом 30 діб зберігання модельних зразків емульсійної системи, стабілізованих комплексним антиоксидантом, відбувається поступове накопичення органічних кислот (з 0,73 % до 0,75 %). Вміст первинних продуктів окиснення збільшується для зразка № 2 – з 0,7 до 1,9 ммоль $\frac{1}{2}$ O₂/кг, для зразка № 3 – з 0,4 до 1,2 ммоль $\frac{1}{2}$ O₂/кг. Отримані величини фізико-хімічних показників відповідають вимогам нормативної документації (ДСТУ 4561). Особливістю отриманих результатів є те, що комплексний антиоксидант продемонстрував значне підвищення стабільності емульсійної системи підвищеної харчової цінності, зокрема уповільнив накопичення органічних кислот і пероксидів. З практичної точки зору розробка дозволяє ефективно стабілізувати харчові емульсійні системи з підвищеним вмістом лабільних до окиснення ПНЖК. Прикладним аспектом використання отриманого наукового результату є можливість моделювання та розробки нових рецептур емульсійних та окремих жирових систем з підвищеною харчовою цінністю, які містять високу концентрацію ПНЖК.

Ключові слова: комплексний антиоксидант, емульсійна система, поліненасичені жирні кислоти, стабільність до окиснення, термін зберігання.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310526

ВПЛИВ СКЛАДУ ЖИРНИХ КИСЛОТ НА КОНТАКТНИЙ КУТ ТА ШВИДКІСТЬ ЗНОШУВАННЯ СУМІШІ JATROPHA CURCAS ТА СОНЯШНИКУ ЗА РІЗНОГО СКЛАДУ СУМІШІ (с. 15–25)

Moch. Syamsul Ma'arif, I Nyoman Gede Wardana, Djarot B. Darmadi, Oyong Novareza, Nanu Admantara, Iis Siti Aisyah

Цілі сталого розвитку Організації Об'єднаних Націй роблять сталий розвиток загальними цілями, що спонукає до інвестицій в інноваційні продукти та технології, зосереджені на сталому розвитку. Олії для різання, як правило, виготовляються з мінеральної олії, і користуються попитом на поновлювану заміну, і одним із них є *Jatropha curcas* та соняшникова олія або їх суміш. В'язкість і адсорбція впливатимуть на властивості оливи. Дослідження стосується зв'язку між відсотковим вмістом *Jatropha curcas* у суміші та протизносними властивостями та кутом контакту, виміряним за допомогою гоніометра кута контакту та трибометра зі штифтом на диску, змінюючи відсоток олії *Jatropha curcas* у сумішах для 2,5 %, 5 %, 10 %, 20 % і 30 %. Крім того, молекулярне моделювання проводиться за допомогою молекулярної динаміки в пошуках дипольного моменту, електростатичного потенціалу, поляризованості та енергії зв'язку. Підхід використовується для зв'язку молекулярної взаємодії та нелінійності трендів експерименту. Експеримент показує, що кут контакту та ширина рубця зношування, а також швидкість зношування стають вищими, коли відсоток олії *Jatropha curcas* вищий. Найнижчий кут контакту становить 26,9 град. а найвищий – 36,9 град. 2,5 % і 30 % олії *Jatropha curcas*. Найвищий показник зносу становить 6,77e-7, а найнижчий – 2,74e-7 2,5 % і 30 % олії *Jatropha curcas*. Моделювання дає підставу для висновків експерименту, в якому в'язкість є більш помітною в регулюванні швидкості зношування, ніж адсорбція. Збільшення процентного вмісту *Jatropha curcas* обернено пропорційне дипольному моменту, поляризованості, електростатичному потенціалу та зв'язку, що пояснює, чому жирні кислоти стають більш прилипаючими до жирної кислоти, ніж до поверхні. Висновок обмежений лише ідеалізованими умовами як молекулярної структури, так і поверхні.

Ключові слова: швидкість зношування, контактний кут, молекулярне моделювання, олія *Jatropha curcas* Linn, соняшникова олія.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313095

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНОГО ПЕРЕЕТЕРИФІКУВАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ (с. 26–33)

М. М. Корчак, А. М. Шостя, С. О. Усенко, Л. В. Флока, Н. В. Гнігій, Л. П. Морозова, В. А. Главатчук, Л. П. Марушко, С. С. Некрасов, Р. В. Милостивий

Об'єктом дослідження є процес хімічного переетерифікування соняшникової олії.

Рідкі рослинні олії є важливою складовою у виробництві продукції хімічної, косметичної, лакофарбової, харчової та інших галузей промисловості. Серед інших видів олій соняшникова олія має виключне промислове значення.

Технологію хімічного переетерифікування застосовують для отримання олій, жирів та їх сумішей із заданими властивостями, необхідними для різних галузей промисловості. Важливим завданням є розробка раціональних умов процесу переетерифікування олій з використанням високоефективного та безпечного каталізатора.

Досліджено процес хімічного переетерифікування олії соняшникової рафінованої дезодорованої вимороженої згідно з ДСТУ 4492 (CAS Number 8001-21-6) із застосуванням калій гліцерату. Початкова олія має наступні показники: пероксидне число 0,2 ½ О ммоль/кг, кислотне число 0,1 мг КОН/г, масова частка води 0,03 %, температура кристалізації –18,38 °С.

Досліджено вплив параметрів переетерифікування на температуру кристалізації олії. Концентрація каталізатору у всіх дослідках складала 0,45 % від маси олії. Температуру кристалізації олії визначено методом диференційної скануючої калориметрії. Визначено раціональні параметри переетерифікування олії: температура 110 °С, тривалість 1,5 год. За цих умов відбувається максимальне підвищення температури кристалізації олії (до –4,1 °С). Ефективність застосування раціональних параметрів переетерифікування олії підтверджено за зміною тригліцеридного складу методом хроматографічного аналізу.

Отримані раціональні умови хімічного переетерифікування соняшникової олії у присутності каталізатору калій гліцерату можуть бути використані також у процесах переетерифікування олії з іншою сировиною з використанням даного каталізатору.

Ключові слова: хімічне переетерифікування соняшникової олії, каталізатор калій гліцерат, температура кристалізації олії.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313889

РОЗРОБКА НОВОЇ ПЛІВКИ З ЗАДАНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ НА ОСНОВІ ХІТОЗАНУ (с. 34–44)

А. А. Дубініна, В. М. Зайцева, С. О. Ленерт, А. В. Віндюк, О. І. Черевко, Л. В. Татар, О. Є. Скирда, С. В. Прасол

Об'єктом дослідження обрані полімерні плівки синтетичні та на основі хітозану. Хітозан є природним нетоксичним олігосахаридом тваринного походження здатним до біологічної деструкції. Проблема, яка вирішується в цій роботі, – це розробка плівки на основі хітозану з підвищеними бактеріостатичними властивостями для використання у комбінованому пакувальному матеріалі у якості захисного шару. Використання таких плівок забезпечить біорозкладуваність пакувальних матеріалів, що дасть можливість скоротити використання синтетичних полімерів у пакуванні та покращити екологію.

Особливістю запропонованого методу є те, що у якості розчинника хітозану використано відвар трави деревію, що призводить до набування плівками бактеріостатичних властивостей. Встановлено, що при цьому досягається найвищий бактеріостатичний ефект. Результати досліджень показали значну зону затримки росту мікроорганізмів штамів *E. coli*, *B. cereus*, *B. subtilis*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *C. albicans*, *Saccharomyces* та *Lactobacillus*.

Проведений комплекс досліджень дозволив провести оптимізацію рецептурного складу плівок на основі хітозану (%): хітозан – 2,0...2,5, гліцерин – 1,0...1,5, відвар трави деревію – 96...97 (за співвідношення лікарська рослинна сировина:вода – 1:10).

Визначено, що значення показників руйнівної напруги за розриву розроблених плівок (14,0...16,0 МПа) перевищують допустимий мінімум, який повинен складати для полімерних плівок 13,7 МПа.

Розроблені плівки не призначені для самостійного використання як пакувальний матеріал, а повинні використовуватися у складі комбінованого пакування у якості захисного шару.

Сферою застосування цих досліджень є упакування харчових продуктів, а саме: фруктових та овочевих паст і соусів.

Ключові слова: біополімери, хітозан, плівкоутворюючі розчини, пакувальні плівки, комбінована упаковка, бактеріостатичні властивості.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.314049

ВИБІР ЕФЕКТИВНОГО МАСООБМІННОГО АПАРАТА ДЛЯ ДЕСОРБЦІЇ СІРКОВОДНЮ ІЗ ПЛАСТОВИХ І ДРЕНАЖНИХ ВОД (с. 43–54)

А. Б. Гелеш, Я. А. Калимон

Промислові відхідні води часто забруднені сірководнем і сульфідами. Це створює значні ризики як для довкілля, так і для здоров'я та життя людей оскільки H₂S є надзвичайно токсичним. Відтак очищення води від нього є життєво необхідним, а вибір ефективного апарата десорбера – питанням актуальним.

У роботі досліджено процес десорбції H₂S з відхідних вод у масообмінних апаратах з суцільним барботажним шаром (АСБШ), колоні з провальними тарілками (КПТ) та горизонтальному апараті з ковшоподібними диспергаторами (ГАКД). Для аналізу кінетичних та технологічних характеристик процесу вибрано показники: добуток коефіцієнта масопередачі на поверхню контакту фаз (К·F), приведених до 1 м³ об'єму апарату, та ступінь десорбції сірководню.

Найповніше десорбція сірководню відбувається за рН ≤ 5. Для практичних потреб запропоновано підкислювати воду до рН = 5,5...6,0. Встановлено, що парціальний тиск H₂S із збільшенням температури прямолінійно зростає, а збільшенням солевмісту від 2...4 до 130...160 кг/м³ призводить до його зростання у 1,45...1,5 рази.

Найкращих показників десорбції можна досягнути в ГАКД за рН = 4,97. На ефективність очищення в КПТ та АСБШ відчутно впливає питомою витрати повітря. Найвищі значення (К·F) на 1 м³, яких вдалось досягти в десорберах становлять, моль/(с·Па·м³): ГАКД – 1,94·10⁻⁵, у КПТ – 5,55·10⁻⁶, АСБШ – 6,9·10⁻⁶. Відношення добутку (К·F) у ГАКД до КПТ становить 3,5, а у ГАКД до АСБШ 2,8. В АСБШ вдалось досягти максимального ступеня десорбції 37,8 %, в КПТ цей показник становить 74,1 %, а в ГАКД – 77,7 %. Експериментальні дослідження загалом підтвердили ефективність використання ГАКД, а результати, одержані у виробничих умовах на реальних дренажних і пластових водах, знайдуть практичне застосування в технологіях утилізації сірководню.

Ключові слова: сірководень, очищення води, масообмінні апарати, швидкість десорбції, барботування, диспергування розчину.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313633

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ВИДІВ БІОПАЛИВ НА ЯКІСТЬ ЗАЛІЗОРУДНИХ ОКАТИШІВ (с. 55–63)

В. В. Єфіменко, М. М. Бойко, С. В. Журавльова, А. Ф. Марко, О. А. Танчев, Р. Б. Дутній

Об'єкт дослідження – процес обпалу залізорудних окатишів. Дослідження вирішує проблему заміни викопного палива на рослинне з метою зниження екологічного навантаження на довкілля та забезпечення стабільної якості окатишів, що необхідна для використання у доменних печах.

Проведено дослідження впливу вмісту біопалива при заданій температурі та швидкості повітря на міцність окатишів після обпалу. У результаті досліджень було встановлено, що вміст палива має вирішальний вплив на міцність окатишів. Серед всіх видів палива, що було досліджено, окатиші з додаванням лушпиння соняшника та деревини мали найвищу міцність яка відповідає вимогам доменної плавки у 200 кілограм. Використання пшеничної соломи та деревного вугілля не дозволяє повністю замінити тверде паливо у шарі окатишів.

Результати показують що використання до 0,36 % лушпиння соняшнику дозволяє підвищити міцність обпалених окатишів в порівнянні зі зразками без вмісту біопалива. Додавання всіх інших розглянутих видів палива знижувало міцність окатишів.

Ці результати пояснюються різним вмістом лігніну, целюлози, геміцелюлози що визначає характеристики біомаси. Високий вміст целюлози і геміцелюлози забезпечують високу гідрофільність через високу кількість ОН-груп і позитивно впливають на формування сирих окатишів. Леткі речовини, що виділяються при згорянні біопалива, сприяють формуванню сферичних пор, а також їх рівномірному розподілу, що перешкоджає поширенню тріщин при навантаженні.

Результати досліджень дозволяють встановити оптимальний режим обпалу, знизити шкідливі викиди, знизити витрати шляхом зниження споживання викопного палива.

Ключові слова: обпал окатишів, пшенична солома, лушпиння соняшнику, м'яка деревина, деревне вугілля.