

UDK 664.34:633.854.54]:66.094.3-048.44

OXIDATIVE STABILITY OF LINSEAM OIL: CHALLENGES AND SOLUTIONS

Olexandra MYKHAYLOVA, Olha SUMSKA
Kherson State agrarian and economic University

Flaxseed oil contains up to 50–60% alpha-linolenic acid (ALA), an omega-3 fatty acid with three double bonds. The presence of multiple double bonds makes the carbon-hydrogen bonds highly susceptible to free radical attack. Exposure to light, heat, and oxygen triggers a chain reaction (autoxidation), leading to: rancidity - formation of volatile compounds (aldehydes, ketones) causing off-flavors and odors; nutritional loss - degradation of beneficial omega-3; toxic byproducts - potential formation of primary (hydroperoxides) and secondary oxidation products.

Effective solutions and strategies: dark packaging - using amber glass or opaque containers to block UV light; cold pressing - maintaining low temperatures during extraction to prevent initial thermal damage: chemical stabilization - adding synthetic (BHA, BHT) or natural antioxidants (Tocopherols, Rosemary extract, Ascorbyl palmitate), mixing flaxseed oil with more stable oils (e.g., sesame or high-oleic sunflower oil).

Advanced technology: Coating oil droplets in a protective wall material (maltodextrin, proteins) to shield them from the environment and Improving stability and bioavailability through specialized delivery systems.

The industry is currently shifting away from synthetic additives toward "Clean Label" solutions, focusing on plant-derived polyphenols and innovative encapsulation techniques to maintain the oil's integrity without compromising its "natural" appeal.

Plant polyphenols are secondary metabolites characterized by the presence of one or more hydroxyl groups attached to aromatic rings. In the context of oils like linseed (flaxseed), they serve as a powerful alternative to synthetic antioxidants.

Polyphenols combat lipid oxidation through three primary pathways. Radical Scavenging (Hydrogen Donation). They donate a hydrogen atom to lipid radicals, converting them into stable non-radical forms and breaking the oxidation chain reaction. Some polyphenols can deactivate singlet oxygen, which is particularly vital for preventing photo-oxidation in oils exposed to light [1].

Most potent polyphenols are naturally water-soluble (hydrophilic) and do not dissolve easily in 100% fat systems. Lipophilization (attaching a fatty acid chain to the polyphenol) or the use of phospholipid-based emulsifiers to carry the extract into the oil [2].

Current research focuses on synergistic blends—for example, combining rosemary extract with ascorbyl palmitate (fat-soluble Vitamin C) to create a "multi-barrier" defense system that protects the oil at different stages of the oxidation process.

References:

1. Xianqing Huang, Nan Wang, Yan Ma, Xiaoyong Liu, Hongtao Guo, Lianjun Song, Qiuyan Zhao, Dan Hai, Yongxia Cheng, Ge Bai, Qi Guo, Flaxseed polyphenols: Effects of varieties on its composition and antioxidant capacity, Food Chemistry: X, Volume 23, 2024, 101597, <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101597>.
2. Chen Cheng, Xiao Yu, David Julian McClements, Qingde Huang, Hu Tang, Kun Yu, Xia Xiang, Peng Chen, Xintian Wang, Qianchun Deng, Effect of flaxseed polyphenols on physical stability and oxidative stability of flaxseed oil-in-water nanoemulsions, Food Chemistry, Volume 301, 2019, 125207, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125207>.

УДК 621.9:620.178.16:664

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ТА ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

Юлія ДАНИЛЕНКО, Анастасія РОЖКОВА, Наталя БИКАДОРОВА
ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка»

У сучасних умовах розвитку харчових та переробних виробництв експлуатаційна стійкість деталей обладнання визначається не лише механічною міцністю матеріалу, але й його здатністю протидіяти зношуванню, корозії, дії мийних і дезінфікувальних середовищ, а також забезпечувати належний санітарно-гігієнічний стан робочих поверхонь. Особливого значення набувають деталі насосів, змішувачів, транспортерів, подрібнювачів, дозувальних пристроїв, ємностей, трубопроводів і вузлів тертя, які працюють у контакті з харчовою сировиною або агресивними технологічними середовищами.

Одним із базових напрямів підвищення довговічності є раціональний вибір конструкційних матеріалів. У харчовій промисловості широко застосовують нержавіючі сталі, зокрема AISI 316 та AISI 316L, завдяки їхній корозійній стійкості, технологічності та придатності до очищення; MDPI-дослідження також підкреслює їх поширення у робочих поверхнях, пастеризаторах, резервуарах, трубопроводах, насосах і арматурі харчового обладнання [1].

Важливою умовою підвищення експлуатаційної стійкості є керування станом поверхневого шару. Шорсткість, мікрорельєф, залишкові напруження, наявність мікродефектів і характер обробки визначають інтенсивність тертя, зношування, корозійного пошкодження та можливість накопичення забруднень. Дослідження [2-4] показують, що параметри поверхневої топографії, контактний тиск, умови змащування та деформація матеріалу істотно впливають на коефіцієнт тертя й поведінку контактної пари.

Комплексний підхід має включати застосування фінішної обробки, полірування, зміцнювальних технологій та захисних покриттів. Для деталей, які працюють в умовах абразивного, адгезійного або корозійно-механічного зношування, доцільним є використання поверхневого зміцнення, функціональних покриттів, а також матеріалів із підвищеною твердістю та стабільністю поверхневого шару. Огляд [5] щодо зносостійкості компонентів сільськогосподарської техніки підкреслює ефективність поєднання оптимізації конструкції, вибору зносостійких матеріалів і нанесення покриттів для продовження ресурсу деталей.

Не менш важливим є правильний вибір умов тертя та змащування. Роботи Т. Trzeciecki та співавторів, присвячені тертю у процесах формоутворення металів, показують, що тип мастила, контактний тиск, швидкість ковзання та стан поверхні істотно впливають на коефіцієнт тертя і якість поверхні після обробки [6, 7]. Для харчових виробництв це особливо важливо, оскільки мастильні матеріали повинні поєднувати трибологічну ефективність із екологічною та санітарною безпечністю.

Перспективним напрямом є використання цифрового контролю стану поверхонь і вузлів тертя. Застосування методів візуального контролю, аналізу шорсткості, моніторингу зношування, оцінювання морфології пошкоджень і прогнозування ресурсу дозволяє перейти від планово-періодичного ремонту до більш ефективної системи технічного обслуговування за фактичним станом. У роботі [8] щодо взаємодії сталевих компонентів із рисовим середовищем показано доцільність багаторівневого підходу, який поєднує трибологічні випробування, моделювання зношування та аналіз поверхні.

На кафедрі професійної освіти, ресторанного і туристичного бізнесу факультету технологій та інформаційних систем ЛНУ імені Тараса Шевченка проводяться дослідження та систематизація матеріалів, присвячених комплексному підходу до підвищення експлуатаційної стійкості деталей [9-12].

Отже, підвищення експлуатаційної стійкості деталей для харчових та переробних виробництв повинно базуватися на комплексному поєднанні матеріалознавчих,

технологічних, трибологічних і санітарно-гігієнічних рішень. Найбільш ефективними є: вибір корозійностійких матеріалів, оптимізація шорсткості поверхні, застосування зносостійких покриттів, використання безпечних мастильних матеріалів, контроль умов тертя та впровадження цифрового моніторингу технічного стану деталей.

Література:

1. Di Cerbo, A.; Mescola, A.; Rosace, G.; Stocchi, R.; Rossi, G.; Alessandrini, A.; Preziuso, S.; Scarano, A.; Rea, S.; Loschi, A.R.; et al. Antibacterial Effect of Stainless Steel Surfaces Treated with a Nanotechnological Coating Approved for Food Contact. *Microorganisms* 2021, 9, 248. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9020248>
2. Trzepieciński, T.; Fejkiel, R. On the influence of deformation of deep drawing quality steel sheet on surface topography and friction. *Tribology International* 2017, 115, 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.05.007>
3. Trzepieciński, T.; Bochnowski, W.; Witek, L. Variation of surface roughness, micro-hardness and friction behaviour during sheet-metal forming. *International Journal of Surface Science and Engineering* 2018, 12(2), 119–136. <https://doi.org/10.1504/IJSURFSE.2018.091229>
4. Trzepieciński, T.; Lemu, H.G. Determination of frictional resistances of deep drawing quality steel sheets in bending under tension test. *Acta Mechanica Slovaca* 2018, 22(4), 12–17. Available online: <https://www.actamechanica.sk/pdfs/ams/2018/04/02.pdf>
5. Wang, Y.; Li, D.; Nie, C.; Gong, P.; Yang, J.; Hu, Z.; Li, B.; Ma, M. Research Progress on the Wear Resistance of Key Components in Agricultural Machinery. *Materials* 2023, 16, 7646. <https://doi.org/10.3390/ma16247646>
6. Trzepieciński, T.; Lemu, H.G. Recent Developments and Trends in the Friction Testing for Conventional Sheet Metal Forming and Incremental Sheet Forming. *Metals* 2020, 10, 47. <https://doi.org/10.3390/met10010047>
7. Szpunar, M.; Trzepieciński, T.; Żaba, K.; Ostrowski, R.; Zwolak, M. Effect of Lubricant Type on the Friction Behaviours and Surface Topography in Metal Forming of Ti-6Al-4V Titanium Alloy Sheets. *Materials* 2021, 14, 3721. <https://doi.org/10.3390/ma14133721>
8. Zhang, H.; Tang, Z.; Gu, X.; Zhang, B. Understanding the Lubrication and Wear Behavior of Agricultural Components Under Rice Interaction: A Multi-Scale Modeling Study. *Lubricants* 2025, 13, 388. <https://doi.org/10.3390/lubricants13090388>
9. Балицький О.І., Колесніков В.О., Еліаш Я. Дослідження руйнування ненаводнених та наводнених сплавів в умовах тертя кочення // Проблеми тертя та зношування № 58, 2012. С. 32–37.
10. Балицький О.І., Колесніков В.О., Хмель Я., Лопаткін І.О., Черняхів П.І. Дослідження зносостійкості матеріалів для деталей транспорту // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 60-64.
11. Балицький О.І., Колесніков В.О., Бикадорова Н. О., Рожкова А.Ю. Комп'ютерне моделювання ортогонального точіння жароміцного нікелевого сплаву. Нові сталі та сплави і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів: зб. наук. праць Міжнар. наук.-техн. конф. 8-9 лист. 2022. Запоріжжя: Національний університет Запорізька політехніка з УкрНДІСпецСталь, 2022. С. 84–86.
12. Рожкова А.Ю., Бурдун В.В., Колесніков В.О., Бикадорова Н.О., Ревякіна О.О. Приклади застосування деяких композиційних матеріалів на автомобільному транспорті. Частина 2. Пробл та персп. розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 278–281.