

METODE ELECTROMAGNETICE ÎN TEHNOLOGIILE DE EXTRAȚIE PENTRU UNELE SUBSTANȚE ORGANICE

Student doctorand: Florin SĂFTOIU

Conducător de doctorat: Prof. Dr. Ing. Alexandru-Mihail MOREGA

Rezumatul tezei în limba română:

Teza propune un cadru integrat, pentru intensificarea extracției compușilor bioactivi din matrici vegetale (lavandă și cafea) prin tehnologii bazate pe câmpuri electrice și electromagnetice: câmp electric pulsat (CEP / PEF), microunde (EAM / MAE) și ultrasunete (EAU / UAE). Lucrarea combină modelarea numerică multi - fizică (electromagnetică / acustică - termică - hidrodinamică), formulând reguli de proiectare care convertesc avantajele fizice în performanță reproductibilă, scalabilă și sustenabilă. Pentru CEP, se dezvoltă un model cuplat câmp electric - conductivitate dependentă de câmp - transfer termic (Maxwell - Wagner), demonstrând că geometriile cu secțiuni eliptică și rotația electrozilor cresc volumul permeabilizat la câmpuri mai mici, menținând regimul „aproape non-termic”. Pentru EAU, se abordează lanțul piezoelectric - acustic - de curgere: un traductor piezoelectric acordat (~ 28,5 kHz) cu un sonotron optimizat focalizează energia acustică, însă stabilizarea curgerii impune durate extinse sau omogenizare suplimentară a câmpului. Controlul amplitudinii și managementul termic previn degradările locale. Pe plan operațional, tehnicile moderne reduc drastic timpii (minute în loc de zeci de minute / ore), păstrând integritatea compușilor sensibili. Integrarea energetică este demonstrată printr-un subsistem fotovoltaic cu management termic PV / T: convecția naturală este insuficientă ($\approx 99\text{ }^{\circ}\text{C}$), în timp ce răcirea forțată cu o singură serpentină sau în contracurent stabilizează panoul ($\approx 23\text{ }^{\circ}\text{C} - 22\text{ }^{\circ}\text{C}$), ridică PMPP și permite recuperarea a sute de wați termici, cu compromis între beneficiul electric și lucrul mecanic de pompare. Contribuția tezei constă în: (i) un cadru comparativ al metodelor de separare clasice versus metodele ce utilizează câmpuri (CEP, EAM, EAU); (ii) modele multi-fizice cuplate (electric - conductiv - termic pentru CEP și piezoelectric - acustic - hidrodinamic - termic pentru EAU) care furnizează hărți de câmp, estimări de volum activ și profile de temperatură; (iii) reguli de proiectare pentru celule / reactoare și management termic (geometrii eliptice, distanțe între electrozi, rotația electrozilor; potrivirea impedanței și focalizarea acustică), menite să uniformizeze distribuția energiei și să protejeze compușii sensibili; (iv) integrarea energetică PV / T pentru alimentarea echipamentelor de extracție, cu strategii de răcire (convecție forțată, contracurent, regim în pulsuri) care stabilizează temperatura panoului, cresc P_{MPP} și permit recuperarea utilă a căldurii. Rezultatele susțin fezabilitatea liniilor modulare de extracție alimentate fotovoltaic, cu control activ al distribuției energiei și trasabilitate operațională.

ELECTROMAGNETIC METHODS IN EXTRACTION TECHNOLOGIES FOR SOME ORGANIC SUBSTANCES

Abstract of the PhD thesis in English:

The thesis proposes an integrated framework for intensifying the extraction of bioactive compounds from plant matrices (lavender and coffee) using field - based electrical and electromagnetic technologies: pulsed electric fields (PEF), microwave - assisted extraction (MAE), and ultrasound - assisted extraction (UAE). The work combines multiphysics numerical modeling (electromagnetic / acoustic - thermal - hydrodynamic), formulating design

rules that translate physical advantages into reproducible, scalable, and sustainable performance. For PEF, a coupled model of the electric field – field dependent conductivity - heat transfer (Maxwell - Wagner) is developed, showing that elliptical cross - section geometries and electrode rotation increase the permeabilized volume at lower field strengths while maintaining an “almost non-thermal” regime. For UAE, the piezoelectric - acoustic - flow chain is addressed: a tuned piezoelectric transducer (~ 28.5 kHz) with an optimized sonotrode focuses acoustic energy, but flow stabilization requires extended durations or additional field homogenization. Amplitude control and thermal management prevent local degradation. Operationally, modern techniques drastically shorten processing times (minutes instead of tens of minutes / hours) while preserving the integrity of heat sensitive compounds. Energy integration is demonstrated via a photovoltaic subsystem with PV / T thermal management: natural convection is insufficient ($\approx 99\text{ }^{\circ}\text{C}$), whereas forced cooling with a single stream or in counter-flow stabilizes the panel ($\approx 23\text{ }^{\circ}\text{C} - 22\text{ }^{\circ}\text{C}$), raises the maximum power point tracking (M_{PPT}), and enables recovery of hundreds of watts of thermal power, with a trade-off between electrical benefit and pumping work. The thesis contributes: (i) a comparative framework contrasting classical separation methods with field-based methods (PEF, MAE, UAE); (ii) coupled multiphysics models (electric - conductive - thermal for PEF and piezoelectric - acoustic - hydrodynamic - thermal for UAE) that provide field maps, active volume estimates, and temperature profiles; (iii) design rules for cells / reactors and thermal management (elliptical geometries, electrode spacing, electrode rotation; impedance matching and acoustic focusing) aimed at homogenizing energy distribution and protecting sensitive compounds; (iv) PV / T energy integration for powering extraction equipment, with cooling strategies (forced convection, counter-flow, pulsed operation) that stabilize panel temperature, increase the M_{PPT} , and allow useful heat recovery. The results support the feasibility of modular, photovoltaic powered extraction lines with active control of energy distribution and operational traceability.