

**Mgr inż. Michał Plawgo**

**„Optymalizacja ekologicznych metod ekstrakcji związków biologicznie czynnych z *Levisticum officinale* WDJ Koch w oparciu o analizę wielokryterialną z wykorzystaniem nawigacji na zbiorach Pareto”.**

## **Streszczenie**

Ekstrakcja wodna biomasy roślinnej jest skomplikowanym procesem, na który wpływa wiele czynników. W pracy analizowano ekstrakcję opartą na ekologicznych procedurach, dla zmaksymalizowania wydajności pozyskiwania całkowitej zawartości fenoli, flawonoidów, cukrów oraz potencjału przeciwutleniającego z korzeni *Levisticum officinale*, przy wykorzystaniu wody jako rozpuszczalnika przyjaznego dla środowiska.

Celem niniejszej rozprawy był dobór metody i parametrów procesu ekstrakcji wodnej konwencjonalnej i wspomaganej mikrofalami lub ultradźwiękami dla maksymalizacji zawartości związków biologicznie czynnych z *Levisticum officinale*, z zastosowaniem teorii podejmowania decyzji opartej na modelach matematycznych i optymalizacji wieloobiektowej. W badaniach wykorzystano zmielony korzeń *Levisticum officinale*, który poddano ekstrakcji wodnej konwencjonalnej, ekstrakcji wodnej wspomaganej mikrofalami i ekstrakcji wodnej wspomaganej ultradźwiękami. Zakres pracy obejmował określenie metod i technik wspomaganie procesów ekstrakcji wodnej biomasy korzeni *Levisticum officinale*; Przeprowadzenia procesów ekstrakcji oraz badań nad związkami biologicznie aktywnymi w ekstraktach; Stworzenie i przetestowanie modeli matematycznych, które posłużyły w procedurze optymalizacyjnej. Parametrami do optymalizacji w każdej z analizowanych metod i technik (konwencjonalna, wspomagana mikrofalowo, wspomagana ultradźwiękami) były czas ekstrakcji, moc mikrofal lub ultradźwięków oraz stosunek biomasy roślinnej do rozpuszczalnika, podczas gdy kryteria oceny opierały się na całkowitej zawartości związków fenolowych, flawonoidów, cukrów redukujących i zdolności przeciwutleniającej (określonej przez DPPH) ekstraktów.

Przeprowadzone badania i optymalizacja procesu ekstrakcji związków biologicznie czynnych z korzenia *Levisticum officinale* wykazały, że wielokryterialna optymalizacja z wykorzystaniem nawigacji na zbiorach Pareto ekstrakcji wodnej jest użyteczną techniką dla określenia optymalnych warunków procesu w celu uzyskania ekstraktów z korzeni *Levisticum officinale*, charakteryzujących się maksymalnym poziomem związków biologicznie czynnych a przyjęte procedury modelowania wpływu poszczególnych czynników procesów na analizowane kryteria są poprawne, a stworzone modele w bardzo dobrym stopniu odzwierciedlają proces. Wykazano też, że ekstrakcja wodna, wspomagana mikrofalowo, jest odpowiednią metodą do ekologicznego pozyskiwania fitozwiązków z biomasy lubczyku.

Słowa kluczowe: ekstrakcja, optymalizacja, Pareto, wielokryterialna, wodna.

## Summary

Water extraction of plant biomass is a complicated process influenced by many factors. The study analyzed extraction based on ecological procedures to maximize the efficiency of obtaining the total content of phenols, flavonoids, sugars and antioxidant potential from the roots of *Levisticum officinale*, using water as an environmentally friendly solvent.

The goal of this dissertation was to select the method and parameters of the conventional and microwave- or ultrasound-assisted water extraction process to maximize the content of biologically active compounds from *Levisticum officinale*, using the decision-making theory based on mathematical models and multi-objective optimization. The research used the ground root of *Levisticum officinale*, which was subjected to conventional water extraction, microwave-assisted water extraction and ultrasonic-assisted water extraction. The scope of the work included determining methods and techniques supporting the extraction of aqueous biomass of *Levisticum officinale* roots; Carrying out extraction processes and research on biologically active compounds in extracts; Creation and testing of mathematical models used in the optimization procedure. The parameters to be optimized in each of the analyzed methods and techniques (conventional, microwave-assisted, ultrasound-assisted) were extraction time, microwave or ultrasound power and the ratio of plant biomass to solvent, while the evaluation criteria were based on the total content of phenolic compounds, flavonoids, reducing sugars. And antioxidant capacity (determined by DPPH) of the extracts.

The conducted research and optimization of the process of extraction of biologically active compounds from the roots of *Levisticum officinale* have shown that multi-criteria optimization using navigation on Pareto sets of water extraction is a useful technique for determining the optimal process conditions to obtain extracts from the roots of *Levisticum officinale*, characterized by the maximum level of biologically active compounds and the adopted procedures for modeling the impact of individual process factors on the analyzed criteria are correct, and the created models reflect the process to a very good extent. It has also been shown that microwave-assisted water extraction is an appropriate method for ecologically obtaining phytochemicals from *Levisticum officinale* biomass.

Keywords: extraction, optimization, Pareto, multi-criteria, water.