

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi**

**Departamentul Inginerie Mecanică**

**Admis la susținere**

**Șef departament Inginerie Mecanică:**

**Balan Mihail conf. univ., dr.**

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025

**Analiza procesului de distilare în vid pentru obținerea  
uleiurilor esențiale**

**Teză de master**

**Student: Caraman Vasile,  
gr. IM-231**

**Conducător: Balan Mihail, dr., conf.univ.**

Chișinău, 2025

## Adnotare

Caraman Vasile „, **Analiza procesului de distilare în vid pentru obținerea uleiurilor esențiale**”. Teza de masterat în, Chișinău, 2025. Introducere, 4 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie – 29 surse citate, 78 pagini, 1 tabele, 25 figuri.

**Cuvinte-cheie:** Uleiuri esențiale, Tehnologie de extracție, Metode de purificare, Coloană de distilare, Condensarea vaporilor, Regim de temperatură, Optimizare proces.

**Domeniul de studiu:** Inginerie Mecanică.

**Scopul lucrării:** Constă în investigarea procesului de distilare în vid într-un distilator și obținerea unei substanțe concentrate.

**Obiectivele de bază ale lucrării:** Un studiu aprofundat al procesului de distilare. Studiul și analiza echipamentelor și a calculelor legate de procesul de distilare.

**Capitolul 1:** Distilarea în vid este un proces de separare termică utilizat pentru a separa componentele unui amestec pe baza punctelor lor de fierbere, dar sub presiuni reduse. Aceasta este o tehnică esențială în situațiile în care componentele termolabile sau cele cu puncte de fierbere ridicat nu pot fi distilate eficient la presiune atmosferică, deoarece s-ar putea descompune sau deteriora.

**Capitolul 2:** Transferul de căldură și masă în timpul contracurentului de vapori și lichid în canale cu elemente ordonate este un aspect esențial în optimizarea proceselor de separare în coloanele de distilare. În astfel de sisteme, eficiența transferului depinde de mai mulți factori, cum ar fi geometria canalului, proprietățile fizico-chimice ale lichidului și vaporilor, precum și condițiile de operare.

**Capitolul 3:** Secțiunea Materiale și metode de cercetare în distilare include, de obicei, o descriere a substanțelor utilizate, a echipamentelor, a condițiilor experimentale și a tehnicilor.

**Capitolul 4:** Simularea 3D a procesului de distilare în mediu vidat. Realizarea simulărilor 3D pentru analiza câmpurilor de temperatură, presiune și curgere în interiorul instalațiilor de distilare reprezintă un instrument esențial în optimizarea proceselor industriale.

## Annotation

Caraman Vasile „**Analysis of the vacuum distillation process to obtain essential oils**”. Master thesis in, Chisinau, 2025. Introduction, 4 chapters, conclusions and recommendations, bibliography - 29 sources cited, 78 pages, 1 tables, 25 figures.

**Keywords:** Extraction technology, essential oil, purification methods, distillation column, vapour condensation, process optimization.

**Field of study:** mechanical engineering.

**Aim of the work:** It consists in investigating the process of vacuum distillation in a distiller and obtaining a concentrated substance.

**Basic objectives of the paper:** An in-depth study of the distillation process. Study and analysis of equipment and calculations related to the distillation process. **Chapter 1:** Vacuum distillation is a thermal separation process used to separate the components of a mixture on the basis of their boiling points, but under reduced pressures. It is an essential technique in situations where thermolabile components or those with high boiling points cannot be efficiently distilled at atmospheric pressure, as they may decompose or deteriorate.

**Chapter 2:** The heat and mass transfer during the counter-current of vapor and liquid in channels with ordered elements is an essential aspect in the optimization of separation processes in distillation columns. In such systems, the transfer efficiency depends on several factors, such as the channel geometry, the physico-chemical properties of the liquid and vapor, and the operating conditions.

**Capitolul 3:** Secțiunea Materiale și metode de cercetare în distilare include, de obicei, o descriere a substanțelor utilizate, a echipamentelor, a condițiilor experimentale și a tehnicilor.

**Chapter: 4** 3D simulation of the vacuum distillation process. Performing 3D simulations to analyze temperature, pressure and flow fields inside distillation plants is an essential tool in industrial process optimization.

## CUPRINS

Introducere .....	11
Capitolul 1 Aspecte teoretice ale procesului de distilare în vid. ....	12
1.1 Noțiuni teoretice ale procesului de distilare. ....	12
1.2 Stadiul actual de dezvoltare a tehnologiilor de distilare. ....	16
1.2.1 Eficiența energetică și intensificarea proceselor .....	16
1.2.2 Distilarea durabilă și ecologică .....	16
1.2.3 Sisteme avansate de simulare și control .....	16
1.2.4. Desalinizarea și purificarea apei .....	17
1.2.5. Distilarea moleculară și extractivă .....	17
1.2.6. Materiale avansate și proiectare .....	17
1.2.7. Decarbonizarea și integrarea energiei regenerabile .....	17
1.2.8. Sisteme hibride și sinergii de proces .....	18
1.2.9. Tehnologia gemenilor digitali și integrarea industriei .....	18
1.3 Produse supuse procesului de distilare pentru obținerea uleiurilor esențiale. ....	19
1.4 Direcții noi de optimizare a procesului de distilare. ....	19
1.4.1 Utilizarea distilării hibride .....	20
1.4.2 Controlul avansat al procesului .....	20
1.4.3 Utilizarea distilării cu consum redus de energie .....	20
1.4.4 Aplicarea inteligenței artificiale și a tehnologiilor de învățare automată .....	20
1.4.5 Distilare îmbunătățită .....	20
1.4.6 Distilarea termică oscilantă .....	20
1.4.7 Sisteme avansate de recuperare a căldurii .....	20
1.4.8 Coloane de distilare în mai multe etape .....	21
1.4.9 Materiale avansate de ambalare a coloanelor .....	21

1.4.10 Sisteme de simulare și optimizare a proceselor .....	21
1.4.11 Concluzii la capitolul I. ....	21
Capitolul 2 Transferul de căldură și masă în timpul contracurentului de vapori și lichid în canale cu elemente ordonate în coloane de distilare. ....	22
2.1 Procesul de transfer de căldură și masă în condiții de mișcare contrară a vaporilor și lichidelor.....	22
2.3 O modalitate de demonstrare a datelor privind separarea amestecurilor. ....	26
Determinarea valorilor HEP și VETT .....	26
3.4 Influența înălțimii duzei .....	32
3.5 Influența raportului dintre debitul de lichid și debitul de vapori .....	34
3.6 Concluzii la capitolul 2. ....	35
Capitolul 3 Materiale și metode de cercetare. ....	35
3.1 Descrierea instalației de distilare .....	35
3.2 Elaborarea conceptului 3D al instalației de distilare în vid. ....	41
3.2.1 Principiul de funcționare a instalației de distilare în vid .....	42
3.2.2 Descrierea subansamblurilor instalației de distilare în vid. ....	43
3.2.3 Cubul de distilare .....	44
2.2.4 Coloană de vid .....	46
3.2.5 Deflegmator de vid .....	48
3.2.6 Frigider cu vid .....	50
3.2.7 Pompă de vid .....	51
3.2.8 Malaxor .....	54
3.2.9 Supapă de vid .....	55
3.3 Elemente de calcul termic digital.....	57
3.4 Metode de aplicare a instrumentelor digitalizate pentru reducerea pierderilor de căldură la instalațiile de distilare .....	65

Concluzii la capitolul 3. ....	68
Capitolul 4 Simularea 3D a procesului de distilare în mediu vidat. ....	69
4.1 Analiza prin simulare 3D a câmpului de temperatură în interiorul camerei de distilare.....	69
4.2 Analiza câmpului de temperatură Spirale .....	69
4.3 Analiza prin simulare 3D a câmpului de presiune în interiorul instalației de distilare. ....	72
4.4 Concluzie .....	74
Concluzii.....	76
Bibliografie.....	78

## Introducere

Metodele utilizate pentru obținerea uleiurilor esențiale pot fi clasificate ca distilare simplă, fracționată, în vid, cu abur de apă și hidrodistilare asistată de microunde. Metodele de distilare se bazează în principal pe diferența de grad de fierbere a solventului și efectul de transport al apei-vapoare. Vacuumul poate fi utilizat pentru accelerarea procesului. Succesul metodelor este legat de prezența compușilor indezirabili, cum ar fi ceară, flavonoide, cumarone și rata de deteriorare a compușilor activi din orice motiv. Temperatura scăzută distilarea cu apă și abur poate evita deteriorările, dar nu poate bloca prezența compușilor indezirabili. Hidrodistilarea asistată de microunde este o metodă nouă care duce la un grad ridicat de puritate. Dar această metodă nu a fost bine plasată în producția comercială de uleiuri esențiale. Uleiurile esențiale care au un potențial ridicat de a fi utilizate în îngrijirea medicală și în industria alimentară sunt, de asemenea, utilizate ca supliment alimentar cu efecte antimicrobiene și antioxidante. Scopul prezentei lucrări este de a discuta despre avantajele și dezavantajele metodelor de distilare una față de cealaltă și efectele acestora asupra cantității și calității substanțelor active în această analiză. În industria chimică și petrochimică, se formează amestecuri omogene sau eterogene ca urmare a reacțiilor chimice sau a transformărilor fizice. Separarea fizică a amestecurilor omogene gaze, lichide sau solide, în care substanțele (componentele) sunt introduse sau eliminate din amestec, se numește operație de transfer de masă, iar procesele care au loc în cadrul acestor operații se numesc procese de transfer de masă sau de difuzie. Procesul de transfer de masă este transferul de materie de la o fază la o altă fază în contact. Schimbul de materie între fazele în contact implică mișcarea relativă a componentelor din fiecare fază, numită difuzie. Direcția mișcării este determinată de direcția de schimbare a concentrației componentelor din fazele respective. Difuzarea are loc prin suprafața de contact (interfața) formată în punctul de contact direct dintre cele două faze. Difuzarea poate fi moleculară, rezultând din deplasarea moleculelor, sau convectivă, rezultând din deplasarea părților macroscopice ale masei lichide în mișcare turbulentă. Difuzarea convectivă este întotdeauna însoțită de difuzie moleculară. Procesele de transfer de masă sunt procese reversibile, adică o substanță poate trece de la o fază la alta în funcție de concentrația sa între cele două faze și de condițiile de echilibru. Următoarele operațiuni de transfer de masă sunt utilizate în industria chimică masa absorbția, distilarea, extracția, fluidizarea, adsorbția, cristalizarea, sublimarea și uscarea. operațiuni de transfer de masă sunt utilizate în industria chimică masa absorbția, distilarea, extracția, fluidizarea, adsorbția, cristalizarea, sublimarea și uscarea.

## Bibliografie:

1. Golmakani MT, Rezaei K (2008). Comparison of microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. *Food Chem* 109: 925–930.
2. Grassmann J, Elstner EF (2003). Essential oils/properties and uses. *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition* (Elsevier Science Ltd.) 2177-2184.
3. Kaufmann B, Christen P (2002). Recent extraction techniques for natural products: microwave-assisted extraction and pressurized solvent extraction. *Phytochemistry Analysis* 13: 105-113.
4. Kılıç A (2008). Uçucu yağ elde etme yöntemleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 10: 37-45.
5. Konanc K, Ozturk E (2016). Effects of in-ovo injection of propolis ethanol extract to the hatching eggs and its addition to offspring diets at post-hatching period on the immune system, intestinal microflora and fattening performance. 5th Mediterranean Poultry Summit of WPSA, October 20-25, 2016, Italy-Spain-France. *Proceedings, Supplement to World's Poultry Science Journal*. 72 (Suppl 1):36.
6. POPESCU, Victor; BEȘLEAGA, Igor; BALAN, Mihail; ȚISLINSCAIA, Natalia; URSATII, Nicolai; VIȘANU, Ion; VOINESCU, Dinu. Studiul privind creșterea eficienței energetice în cadrul întreprinderilor mici de procesare cu aplicarea surselor regenerabile. In: *Știința Agricolă*. 2024, nr. 1, pp. 91-96. ISSN 1857-0003. DOI: <https://doi.org/10.55505/sa.2024.1.10>
7. Küçükylmaz K, Kıyma Z, Akdağ A, Çetinkaya M, Atalay H, Ateş A, Gürsel FE, Bozkurt M (2017). Effect of lavender (*Lavandula stoechas*) essential oil on growth performance, carcass characteristics, meat quality and antioxidant status of broilers. *South African J Anim Sci* 47(2): 178-186.
8. Lucchesi ME, Chemat F, Smadja J (2004). Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A* 1043: 323–327.
9. POPESCU, Victor; ȚISLINSCAIA, Natalia; VIȘANU, Ion; MELENCIUC, Mihail; BALAN, Mihail; VIȘANU, Vitali. Regimurile energoeficiente de deshidratare a fructelor în atmosferă modificată. In: *Problemele Energeticii Regionale*. 2024, nr. 3(63), pp. 71-80. ISSN 1857-0070. DOI: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2024.3-63.06>



10. Luque de Castro MD, Jimenez CMM, Fernandez-Prez V (1999). Towards more rational techniques for the isolation of valuable essential oils from plants. *Trends Anal Chem* 19: 708-716.
11. POPESCU, Victor; URSATII, Nicolai; BALAN, Mihail; VIȘANU, Ion; GÎDEI, Igor; TODIRAȘ, Tatiana. Sporirea eficienței energetice în cadrul întreprinderilor de prelucrare a produselor agricole în baza utilizării sistemelor de alimentare hibride Increasing. In: *Intellectus*. 2024, nr. 1, pp. 198-203. ISSN 1810-7079. DOI: <https://doi.org/10.56329/1810-7087.24.1.19>
12. Mostafa, K, Yodallah Y, Fatemah S, Naader B (2004). Comparison of essential oil composition of *Carum copticum* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food Chem* 86: 587-591.
13. POPESCU, Victor; VIȘANU, Vitali; BALAN, Mihail; MELENCIUC, Mihail; VOLCONOVICI, Onorin; BALAN, Tatiana. Энергоэффективные режимы обезвоживания семечковых плодов с помощью СВЧ-обработки в сочетании с конвекцией. Региональные энергетические проблемы. 2023, № 3(59), с. 99-108. ISSN 1857-0070. DOI: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2023.3-59.09>
14. Öztekin S, Soysal Y (1998). Extraction methods in medicinal and aromatic plants. *Tarımsal Mekanizasyon* 18. Ulusal Kongresi, Tekirdağ.
15. Sacildi E, Ozturk E (2018). Effects of garlic and aged garlic extract on broiler performance and shelf life of the meat. 2nd International Animal Nutrition Conference, 1-4th November 2018, Kemer, Turkey.
16. Sahin HA, Ozturk E (2018). Effects of raw propolis or water and ethanol extract of propolis on performance, immune system and some blood parameters of broiler breeders. *Revista Brasileira de Zootecnia* 47: e20170161.
17. BALAN, Mihail; VIȘANU, Vitali; ȚISLINSCAIA, Natalia; IVANOV, Leonid; BALAN, Tatiana; MELENCIUC, Mihail; POPESCU, Victor; GÎDEI, Igor; SANDU, Andrei Victor; NETREBA, Natalia; BOEȘTEAN, Olga; ȚURCANU, Dinu. Capitolul IV. Modelarea matematică și optimizarea proceselor de deshidratare a produselor vegetale. In: *Teoria și Arta Educației Fizice în Școală*. 2012, nr. 4, pp. 89-112. ISSN 1857-0615. [https://ibn.idsi.md/vizualizare\\_articol/206195](https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/206195)
18. Stashenko EE, Jaramillo BE, Martinez JR (2004). Analysis of volatile secondary metabolites from Colombian *Xylopia aromatic* (Lamarck) by different extraction and headspace methods and gas chromatography. *Journal of Chromatography A* 1025: 105-113.
19. Tongnuanchan P, Benjakul S (2014). Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of Food Science* 79(7): 231-249.

20. POPESCU, Victor; STIOPCA, Oleg; BALAN, Mihail; VIȘANU, Vitali; MELENCIUC, Mihail; BALAN, Tatiana; VOLCONOVICI, Onorin. Increasing the Efficiency of the Drying Process of Seeded Fruit Products with the Application of Microwave Tunnel Treatment. In: *Sielmen 14 International Conference on Electromechanical and Energy Systems*. Ediția 14. 2023. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.. p. 0. ISBN 979-835031524-0. DOI: <https://doi.org/10.1109/SIELMEN59038.2023.10290745>
21. Wang Z, Ding L, Li T, Zhou X, Wang L, Zhang H, Liu L, Li Y, Liu Z, Wang H, Zeng H, He H (2006). Improved solvent free microwave extraction of essential oil from dried *Cuminum cyminum* L. and *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. *Journal of Chromatography A* 1102: 11-17.
22. Бараненко, В. И. Эрозионно-коррозионный износ элементов трубопроводных систем АЭС [Текст] / В. И. Бараненко, Ю. А. Янченко // Теплоэнергетика. — 2008.— № 5.— С. 27–35.
23. POPESCU, Victor; BALAN, Mihail; BEȘLEAGA, Igor; NESTERENCO, Constantin; BALAN, Tatiana; DICHII, Alexandru. Studiul privind instalația pentru uscarea semințelor în strat suspendat. In: *Știința Agricolă*. 2022, nr. 1, pp. 103-107. ISSN 1857-0003. DOI: <https://doi.org/10.55505/sa.2022.1.15>
24. Томаров, Г. В. Эрозионно-коррозионный вынос железосодержащих соединений— источник отложений в парогенераторах АЭС с ВВЭР [Текст] / Г. В. Томаров, А. А. Шипков // Теплоэнергетика.— 2011.— № 3.— С. 54–61.
25. Терехов, В. И. Моделирование турбулентного газодисперсного потока при внезапном расширении в трубе [Текст] / В. И. Терехов, М. А. Пахомов // Теплофизика и аэромеханика.— 2008.— Т. 15, № 4.— С. 629–642.
26. VIȘANU, Vitali; ȚISLINSKAIA, Natalia; DODON, Adelina; BALAN, Mihail; MELENCIUC, Mihail. Determinarea parametrilor tehnici optimi la uscarea prin convecție și cu aplicarea microundelor în procesul deshidratării piersicilor. In: *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*. 2022, nr. 2(65), pp. 37-44. ISSN 1857-0461. DOI: <https://doi.org/10.52673/18570461.22.2-65.01>
27. Электрохимические методы исследования процессов переноса в жидкостях [Текст] / Р. Ш. Нигматулин, Б. А. Кадер, В. С. Крылов, Л. А. Соколов // Успехи химии.— 1975.— Т. 44, № 11.— С. 2008–2034.
28. POPA, Sergiu; VIȘANU, Vitali; BALAN, Mihail; MELENCIUC, Mihail; MALAI, Cristian. Sistem pentru deshidratarea fructelor cu eficiență energetică înaltă. In: *Știința Agricolă*. 2022, nr. 1, pp. 97-102. ISSN 1857-0003. DOI: <https://doi.org/10.55505/sa.2022.1.14>

29. POPESCU, Victor; TÎRȘU, Mihai; ȚISLINSCAIA, Natalia; VIȘANU, Vitali; BALAN, Mihail; MELENCIUC, Mihail. Sporirea eficienței procesului de uscare a fructelor tratate cu SHF. In: *Problemele Energeticii Regionale*. 2022, nr. 3(55), pp. 130-139. ISSN 1857-0070. DOI: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.3-55.10>