



The Extraction of Essential Oil from Kaffir Lime Peel via Ultrasonic-Assisted Extraction

Kingsadingthongkham Vongdeth^{1,2}, Minyan Chen¹, Phouthakone Thepvongsa³,

Phimphone Keobounham², Sengsavanh Khanthavong², Shaogang Liu¹, and Chunli Jiang^{1*}

¹School of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi Minzu University, Nanning 530008, Guangxi, China, ²Department of Chemistry, Faculty of Natural Sciences, National University of Laos, Lao PDR, ³Department of Biology and Chemistry Teacher Education, Bankeun Teachers Training College

*Corresponding Author:

Chunli Jiang, School of Chemistry
and Chemical Engineering,
Guangxi Minzu University, Nan-
ning 530008, Guangxi, China,
Tel: +86 15277116982,
Email: chunlijiang@gxmzu.edu.cn;
kvongdeth@gmail.com

Abstract

Essential oil from kaffir lime (*Citrus hystrix* DC.) peel is a high-value natural product widely utilized in the cosmetic and herbal medicine industries. Currently, the extraction of kaffir lime essential oil still relies on traditional methods, such as hydro-distillation and steam distillation. However, traditional extraction methods are typically time-consuming, energy-intensive, and involve high temperatures ($\geq 100^\circ\text{C}$), which may alter or degrade the structure of certain aromatic compounds, such as monoterpenes. In contrast, ultrasound-assisted extraction (UAE) can achieve higher yields in a shorter time while better preserving the chemical composition and natural aroma, as it avoids prolonged exposure to high temperatures. Therefore, this study aims to investigate the chemical composition of essential oil from kaffir lime peel using a green extraction technique via UAE. The chemical constituents and their concentrations are analyzed using gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS) by comparison with the NIST Library. The GC–MS analysis demonstrated that UAE efficiently extracted and resolved the major volatile constituents, revealing a highly unique chemotype characterized by two codominant monoterpene hydrocarbons: D–Limonene (22.73%) and β -Phellandrene (21.16%). These were followed by Citronellal (10.07%), α -Pinene (7.15%), α -Terpineol (3.71%), and Terpinen-4-ol (3.17%). Notably, the mild conditions of the UAE process successfully preserved the intact biosynthetic cascade of oxygenated monoterpenes, particularly thermolabile esters, including Isopulegol (2.53%), Citronellyl acetate (2.12%), Citronellyl propionate (2.09%), and Citronellyl butyrate (1.81%). The findings indicate that UAE is a highly efficient, rapid, and sustainable green extraction method capable of preserving the native chemical profile and biosynthetic integrity of kaffir lime peel essential oil. The distinctive chemical profile obtained in this study suggests significant potential for downstream application and value-added product development in the aromatherapy, nutraceutical, and cosmetic sectors, thereby supporting sustainable community-based bio-economies.

Keywords: Kaffir lime, Essential oil, Ultrasound-Assisted Extraction, Gas Chromatography–Mass Spectrometry, D–Limonene

Article Info:

Submitted: August 24, 2026

Revised: September 22, 2026

Accepted: September 29, 2026

1. ພາກສະເໜີ

ນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍ (Essential oils) ແມ່ນສານປະສົມທຳມະຊາດທີ່ລະເຫີຍງ່າຍ ແລະ ມີໂຄງສ້າງທາງເຄມີທີ່ຊັບຊ້ອນ ເຊິ່ງສາມາດພົບໄດ້ໃນສ່ວນຕ່າງໆຂອງພືດ ເຊັ່ນ: ໃບ, ດອກ, ເປືອກ, ຮາກ ແລະ ໝາກ (Adams, 2007). ການວິໄຈໃນປັດຈຸບັນໄດ້ເນັ້ນໃຫ້ເຫັນເຖິງຄວາມຫຼາກຫຼາຍຂອງອົງປະກອບເຄມີພືດ (Phytochemical compounds) ພາຍໃນນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍ ເຊິ່ງຍົກໃຫ້ເຫັນເຖິງຄວາມສຳຄັນຂອງພວກມັນ

ໃນອຸດສາຫະກຳຢາ, ເຄື່ອງສຳອາງ ແລະ ອາຫານ (Bolouri et al., 2022). ນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍເຫຼົ່ານີ້ສາມາດສະກັດໄດ້ຈາກພືດຫຼາກຫຼາຍຕະກູນ, ໂດຍສະເພາະແມ່ນພືດໃນຕະກູນສີ່ມ (Rutaceae) ທີ່ມີຊື່ສຽງໂດດເດັ່ນໃນດ້ານຄຸນສົມບັດຂອງກິ່ນຫອມ ແລະ ມີຫຼາຍສາຍພັນທີ່ຖືກນຳໃຊ້ຢ່າງກວ້າງຂວາງໃນອຸດສາຫະກຳ (Shi et al., 2023). ສານປະກອບຫຼັກໃນນ້ຳມັນກຸ່ມນີ້ ສ່ວນໃຫຍ່ແມ່ນສານປະກອບເທີພິນທີ່ລະເຫີຍງ່າຍ (Volatile terpene compounds) ເຊັ່ນ : ໂມ ໂນ ເ ທີ ພິ ນ

(Monoterpenes), ເຊສຄີເທີພິນ (Sesquiterpenes) ແລະ ໄດເທີພິນ (Diterpenes) (Edogbanya et al., 2019).

ໝາກຂີ້ຫູດ (*Citrus hystrix*) ເປັນພືດຕະກູນສີ່ມ ທີ່ເປັນພືດ ທ້ອງຖິ່ນ ແລະ ມີການປູກຢ່າງກວ້າງຂວາງໃນຂົງເຂດ ອາຊີຕາເວັນອອກສຽງໃຕ້ ລວມທັງ ສປປ ລາວ. ໝາກຂີ້ຫູດບໍ່ພຽງແຕ່ເປັນ ສ່ວນປະກອບສຳຄັນໃນອາຫານພື້ນເມືອງເທົ່ານັ້ນ, ແຕ່ເປັນໝາກຂີ້ຫູດ ຍັງເປັນແຫຼ່ງອຸດົມສົມບູນຂອງນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍທີ່ມີມູນຄ່າທາງ ເສດຖະກິດສູງ ແລະ ມີກິ່ນຫອມສົດຊື່ນເປັນເອກະລັກ (Chanthaphon et al., 2008).

ນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍຈາກເປືອກໝາກຂີ້ຫູດ ປະກອບດ້ວຍສານ ກຸ່ມໂມໂນເທີພິນຫຼາຍຊະນິດ, ໂດຍມີອົງປະກອບຫຼັກທີ່ສຳຄັນແມ່ນ ລີໂມ ນິນ (Limonene), ເບຕ້າ-ພິເນນ (β -Pinene) ແລະ ຊີໂຕເນລລາລ (Citronellal) (Waikedre et al., 2010). ສານປະກອບເຫຼົ່ານີ້ເຮັດ ໃຫ້ນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍໝາກຂີ້ຫູດມີຄຸນສົມບັດທາງຊີວະພາບທີ່ໂດດ ເດັ່ນ ເຊັ່ນ: ການຕ້ານອະນຸມຸນອິດສະຫຼະ, ຕ້ານເຊື້ອພະຍາດໃນທາງເດີນ ຫາຍໃຈ, ຕ້ານມະເຮັງ, ປັບປຸງການໄຫຼວຽນຂອງເລືອດ ແລະ ຍັງມີລິດໄລ່ ແມງໄມ້ (Aguir et al., 2021). ດ້ວຍເຫດນີ້, ມັນຈຶ່ງຖືກນຳໃຊ້ຢ່າງ ກວ້າງຂວາງໃນອຸດສາຫະກຳນ້ຳຫອມ, ເຄື່ອງສຳອາງ, ສະບູ, ຜະລິດຕະພັນ ສະເປໄລ່ຍຸງ ແລະ ການບຳບັດດ້ວຍກິ່ນຫອມ (Tadtong et al., 2014).

ໃນປັດຈຸບັນ, ມີຫຼາຍເຕັກນິກທີ່ນຳໃຊ້ເພື່ອສະກັດນ້ຳມັນຫອມລະ ເຫີຍຈາກພືດ ເຊັ່ນ: ການກັ່ນດ້ວຍນ້ຳ (Hydro distillation), ການກັ່ນ ດ້ວຍອາຍນ້ຳ (Steam distillation), ການສະກັດດ້ວຍທາດພາລະລາຍ (Solvent extraction) (Vongdeth et al., 2024) ແລະ ການປັບເປັນ (Cold pressed) (Ou, 2015). ນອກຈາກນັ້ນ ຍັງມີວິທີການທີ່ທັນສະໄ ໝ ເຊັ່ນ: ການສະກັດດ້ວຍນ້ຳຮ້ອນພາຍໃຕ້ຄວາມດັນ (Hydrothermal extraction) (Norkaew, 2013), ການສະກັດໂດຍມີໄມໂຄຣເວຟຊ່ວຍ (Microwave-assisted extraction) (Hien, 2020), ການໃຊ້ຄື້ນ ສຽງຄວາມຖີ່ສູງຊ່ວຍ (Ultrasonic-assisted method) (Liew, 2020) ແລະ ວິທີການສະກັດດ້ວຍ CO_2 ໃນສະພາວະເໜືອວິກິດ (Wang et al., 2025). ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມ, ປະລິມານ ແລະ ສານ ປະກອບຂອງນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍທີ່ສະກັດໄດ້ນັ້ນ ອາດມີຄວາມແຕກຕ່າງ ກັນ ໂດຍຂຶ້ນກັບວິທີການສະກັດທີ່ໃຊ້ (Stratakos & Koidis, 2016). ການສະກັດດ້ວຍ UAE ຊ່ວຍໃຫ້ໄດ້ຜົນຜະລິດສູງຂຶ້ນໃນເວລາທີ່ສັ້ນລົງ; ຮັກສາອົງປະກອບທາງເຄມີ ແລະ ກິ່ນທຳມະຊາດໄດ້ດີກວ່າ ເພາະບໍ່ຖືກ ຄວາມຮ້ອນສູງເປັນເວລາດົນ, ເຊິ່ງຕອບໂຈດຢ່າງຍິ່ງສຳລັບການວິເຄາະ ວິໄຈ ແລະ ການພັດທະນາຜະລິດຕະພັນມູນຄ່າສູງ ແລະ ເປັນມິດຕໍ່ ສິ່ງແວດລ້ອມ (Green Extraction Technology).

ການສະກັດນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍໝາກຂີ້ຫູດໃນປັດຈຸບັນ ຍັງຄົງ ອາໄສວິທີດັ້ງເດີມ ເຊັ່ນ: ການກັ່ນດ້ວຍນ້ຳ (Hydro distillation) (Chemat et al., 2017). ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມ, ວິທີນີ້ຕ້ອງໃຊ້ເວລາສະກັດ ດົນ (3–6 ຊົ່ວໂມງ) ແລະ ໃຊ້ຄວາມຮ້ອນສູງ ຕິດພັນກັບການໃຊ້ ພະລັງງານຫຼາຍ ເຊິ່ງອາດສົ່ງຜົນໃຫ້ອົງປະກອບເຄມີທີ່ລະເຫີຍງ່າຍ ແລະ

ໄວຕໍ່ຄວາມຮ້ອນ ເກີດການປ່ຽນແປງ ຫຼື ສະຫຼາຍຕົວ, ສົ່ງຜົນໃຫ້ຄຸນ ນະພາບດ້ານກິ່ນຂອງນ້ຳມັນຫູດລົງ (Aziz et al., 2018). ດັ່ງນັ້ນ, ຈຶ່ງນຳ ໃຊ້ເຕັກນິກການສະກັດດ້ວຍຄື້ນສຽງຄວາມຖີ່ສູງ (Ultrasound-Assisted Extraction, UAE) ເຊິ່ງເປັນວິທີທີ່ທັນສະໄໝ, ເປັນມິດຕໍ່ ສິ່ງແວດລ້ອມ, ປະຢັດເວລາ (ໃຊ້ເວລາບໍ່ເກີນ 45 ນາທີ) ແລະ ພະລັງງານ ພາຍໃຕ້ຫຼັກການ “ເຄມີສີຂຽວ (Green chemistry)” ເພື່ອຮັກສາຄຸນ ນະພາບຂອງນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍໃຫ້ດີທີ່ສຸດ (Picó, 2013). ໂດຍອາໄສ ຫຼັກການການເກີດ ແລະ ແຕກຕົວຂອງຟອງອາກາດຂະໜາດນ້ອຍ (Cavitation) ທີ່ສ້າງແຮງດັນມະຫາສານໃນລະດັບໂມເລກູນ ປ່ຽນແທນ ການໃຊ້ຄວາມຮ້ອນສູງ, ວິທີນີ້ຈຶ່ງມີຈຸດດີໃນດ້ານການຮັກສາຄຸນນະພາບ ສານ ແລະ ສາມາດດຶງນ້ຳມັນອອກມາໄດ້ໃນອຸນຫະພູມຕ່ຳ ເຊິ່ງເໝາະສົມ ທີ່ສຸດສຳລັບສານທີ່ໄວຕໍ່ຄວາມຮ້ອນ ເຊັ່ນ: Citronellal. ພ້ອມດຽວກັນ ນັ້ນ, ຈະໄດ້ນຳໃຊ້ເຕັກນິກ GC–MS ເຂົ້າມາເປັນຕົວວິເຄາະ ແລະ ຊີ້ວັດ ອົງປະກອບທາງເຄມີຢ່າງຊັດເຈນ.

ດັ່ງນັ້ນ, ບົດວິໄຈນີ້ຈຶ່ງມີຈຸດປະສົງເພື່ອສຶກສາອົງປະກອບເຄມີ ຂອງນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍຈາກເປືອກໝາກຂີ້ຫູດ ໂດຍນຳໃຊ້ເຕັກນິກການ ສະກັດແບບສີຂຽວ ດ້ວຍຄື້ນສຽງຄວາມຖີ່ສູງ, ວິເຄາະໂຄງສ້າງ ແລະ ປະລິມານຂອງອົງປະກອບເຄມີດ້ວຍເຕັກນິກ ແກັສໂຄຣມາໂຕກຣາຟີ– ແມັສສະເປັກໂຕຣເມຕຣີ (GC–MS) ໂດຍປຽບທຽບກັບຖານຂໍ້ມູນ NIST Library. ຜົນການວິໄຈນີ້ຈະກາຍເປັນກະແຈສຳຄັນໃນການຍົກ ລະດັບຮູບແບບການຜະລິດແບບດັ້ງເດີມ ໃຫ້ກາຍເປັນການຜະລິດທີ່ມີ ວິ ທະ ຍາ ສາ ດ ຮ ອ ງ ຮ ັ ບ ເ ພ ື ອ ສ ັ ງ ມູ ນ ຄ່າ ເ ພ ື ມ ໃ ຫ້ ແ ກ່ ຊັ ບ ພະ ຍາ ກອ ນ ທຳ ມະ ຊາ ດ ແລະ ເສີມສ້າງຄວາມເຂັ້ມແຂງໃຫ້ແກ່ ເສດຖະກິດຖານຄວາມຮູ້ໃນ ສປປ ລາວ ຢ່າງຍືນຍົງ.

2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ

2.1 ວັດຖຸດິບ ແລະ ທາດເຄມີ

ເປືອກໝາກຂີ້ຫູດສົດ, ນ້ຳກັ່ນ (Distilled water, H_2O), ໂຊດຽມຊັລເຟຕ (Anhydrous Sodium Sulfate, Na_2SO_4), ເຮັກ ເຊນ (n-Hexane, C_6H_{14}) ແລະ ເມທານອລ (Methanol, CH_3OH) HPLC grade.

2.2 ເຄື່ອງມື

ເຄື່ອງສະກັດຄື້ນສຽງຄວາມຖີ່ສູງ (Ultrasonic Extractor) ຍີ່ຫໍ້ Yujie, ລຸ້ນ: AK040SD, ຄວາມຖີ່ຂອງຄື້ນສຽງ: 40 kHz, ການປະ ເມີນພະລັງງານທັງໝົດ: 690 W. ເຄື່ອງມື Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC–MS) ລຸ້ນ: Agilent 8890 GC System ທີ່ເຊື່ອມຕໍ່ກັບເຄື່ອງກວດວັດມວນສານ (MSD) ລຸ້ນ Agilent 5977B. ເຄື່ອງລະເຫີຍສູນຍາກາດ (Rotary Evaporator) ແລະ ຈວຍແຍກ (Separatory Funnel).

2.3 ຂັ້ນຕອນການທົດລອງ

1). ການກຽມຕົວຢ່າງ

ນຳໝາກຂີ້ຫູດມາລ້າງໃຫ້ສະອາດ, ປອກເອົາສະເພາະເປືອກຜິວ ຊັ້ນນອກ, ຜິ່ງໃຫ້ແຫ້ງພໍໝາດໆ (ຂະບວນການດັດແປງຈາກບົດຄົ້ນຄວ້າ

ຂອງ Suksamrarn et al. (2015), ແລ້ວນຳມາບິດໃຫ້ມີຂະໜາດນ້ອຍ ປະມານ 2–3 mm ເພື່ອເພີ່ມເນື້ອທີ່ຜິວສຳຜັດ (Bousbia et al., 2009).

2). ການສະກັດ

ຊັງຕົວຢ່າງເບືອກໝາກຂີ້ຫູດທີ່ກຽມໄວ້ 50 g ໃສ່ລົງໃນແກ້ວຮູບ ຈວຍ, ຈາກນັ້ນຕື່ມທາດພາລະລາຍ (ນ້ຳກັ່ນ) ລົງໄປ 150 g ຫຼື ອັດຕາ ສ່ວນ 1:3 (ວັດຖຸດິບ 1 ສ່ວນ ຕໍ່ທາດພາລະລາຍ 3 ສ່ວນ), ບິດປາກຂວດ , ນຳໄປວາງໃສ່ໃນເຄື່ອງສະກັດຄື້ນສຽງຄວາມຖີ່ສູງ ໂດຍຄວບຄຸມກຳລັງ ໄຟຟ້າຂອງຄື້ນສຽງ ແລະ ອຸນຫະພູມບໍ່ເກີນ 50°C ພ້ອມທັງຄວບຄຸມ ເວລາໃນການສະກັດ 45 ນາທີ (Wen et al., 2018). ກິນໄກດັ່ງກ່າວ ອາໄສປາກົດການການເກີດ ແລະ ແຕກຕົວຂອງຟອງອາກາດ (Acoustic Cavitation) ເພື່ອທຳລາຍຕ່ອມນ້ຳມັນຂອງເບືອກໝາກຂີ້ຫູດ (Khajeh et al., 2020). ເມື່ອສິ້ນສຸດການສະກັດ, ນຳທາດລະລາຍໄປຕອງ ແລະ ແຍກນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍອອກ ໂດຍໃຊ້ຈວຍແຍກ (Separatory Funnel), ຈາກນັ້ນຄິດໄລ່ສ່ວນຮ້ອຍຜົນຜະລິດ (% Yield). ການຄິດໄລ່ ສ່ວນຮ້ອຍຜົນຜະລິດ ແມ່ນຄິດໄລ່ຈາກສູດ:

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{ນ້ຳໜັກນ້ຳມັນ (g)}}{\text{ນ້ຳໜັກວັດຖຸດິບ (g)}} \times 100$$

2.4 ວິທີການວິເຄາະຂໍ້ມູນ

ປັບຕໍ່ນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍທີ່ສະກັດໄດ້ ມາເຈືອຈາງດ້ວຍເມທາ ນອລ ໃນອັດຕາສ່ວນ 1:100, ແລ້ວຕອງຜ່ານແຜ່ນຕອງຂະໜາດ 0.22 μm , ຈາກນັ້ນນຳໄປວິເຄາະດ້ວຍ GC–MS. ການຕັ້ງຄ່າເຄື່ອງມືດັ່ງນີ້: Column: HP5MS ຫຼື Column ທີ່ມີລັກສະນະໃກ້ຄຽງ. Carrier Gas: Helium (He) ດ້ວຍອັດຕາການໄຫຼ 1.0 mL/min. Temperature Program: ເລີ່ມຈາກ 60°C ຄ້າງໄວ້ 2 ນາທີ, ແລ້ວເພີ່ມຂຶ້ນ 5°C /min ຈົນຮອດ 240°C. ເມື່ອ Chromatogram ຂອງນ້ຳມັນຫອມລະ ເຫີຍປະກົດອອກມາແລ້ວ ກໍລະບຸແຕ່ລະສານທີ່ເປັນອົງປະກອບ ໂດຍ ການປຽບທຽບ Mass Spectra ທີ່ໄດ້ກັບຖານຂໍ້ມູນມາດຕະຖານທາງສະ ເບັກຕຣາ (NIST Library) (Adams, 2007).

3. ຜົນການສຶກສາ

ຈາກການສຶກສາລັກສະນະທາງກາຍະພາບ ແລະ ປະລິມານຜົນ ຜະລິດຂອງນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍຈາກເບືອກໝາກຂີ້ຫູດ ພົບວ່າ: ນ້ຳມັນ ຫອມລະເຫີຍທີ່ສະກັດໄດ້ມີລັກສະນະເປັນທາດແຫຼວ ສີເຫຼືອງອົມຂຽວ ເລັກນ້ອຍ ແລະ ມີຄວາມໜຽວເລັກນ້ອຍ. ໃນສ່ວນຂອງຄຸນລັກສະນະ ທາງດ້ານກິ່ນ ພົບວ່າ: ນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍດັ່ງກ່າວ ມີກິ່ນຫອມ ແລະ ສົດຊື່ນທີ່ເປັນເອກະລັກຂອງເບືອກໝາກຂີ້ຫູດຢ່າງຊັດເຈນ. ນອກຈາກນີ້, ຈາກການຄຳນວນປະລິມານຜົນຜະລິດ ພົບວ່າ: ການສະກັດພາຍໃຕ້ ສະພາວະດັ່ງກ່າວໃຫ້ສ່ວນຮ້ອຍຜົນຜະລິດ (% Yield) ເທົ່າກັບ $2.18 \pm 0.19\%$ ຂອງນ້ຳໜັກວັດຖຸດິບ.

ຈາກການວິເຄາະອົງປະກອບເຄມີຂອງນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍຈາກ ເບືອກໝາກຂີ້ຫູດດ້ວຍເຕັກນິກ GC–MS ໂດຍການປຽບທຽບຂໍ້ມູນ Mass Spectra ກັບຖານຂໍ້ມູນ NIST Library, ຜົນປາກົດວ່າ ສາມາດ

ແຍກ ແລະ ລະບຸອົງປະກອບເຄມີໜັກໄດ້ທັງໝົດ 11 ທາດ ເຊິ່ງກວມເອົາ ປະລິມານຫຼາຍກວ່າ 77.68% ຂອງອົງປະກອບທັງໝົດໃນນ້ຳມັນຫອມ ລະເຫີຍ ໂດຍມີລາຍລະອຽດດັ່ງນີ້:

ຈາກຜົນການທົດລອງທີ່ສະແດງໃນຕາຕະລາງທີ 1 ພົບວ່າ: ສານ ເຄມີທີ່ມີປະລິມານສູງສຸດ 3 ອັນດັບທຳອິດ ປະກອບມີ: D–Limonene ເຊິ່ງເປັນອົງປະກອບທີ່ມີປະລິມານສູງທີ່ສຸດໃນນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍນີ້ ໂດຍພົບໃນປະລິມານ 22.73% ທີ່ເວລາ Retention Time (RT) 5.348 ນາທີ ແລະ ມີຄ່າຄວາມຖືກຕ້ອງໃນການປຽບທຽບກັບຖານຂໍ້ມູນ (NIST Match Score) ສູງເຖິງ 98.9%. ຖັດມາແມ່ນ β -Phellandrene ພົບໃນປະລິມານ 21.16% ທີ່ເວລາ RT 5.265 ນາທີ (NIST Match Score 98.2%). ສ່ວນ Citronellal ພົບຫຼາຍເປັນອັນດັບສາມ ໃນປະລິມານ 10.07% ທີ່ເວລາ RT 8.785 ນາທີ (NIST Match Score 95.2%), ສານທັງ 3 ຊະນິດນີ້ຖືເປັນສານອົງປະກອບຫຼັກ ທີ່ມີ ບົດບາດສຳຄັນຕໍ່ກິ່ນ ແລະ ຄຸນສົມບັດທາງຊີວະພາບຂອງນ້ຳມັນຫອມລະ ເຫີຍຈາກເບືອກໝາກຂີ້ຫູດ.

ນອກຈາກສານຫຼັກ 3 ຊະນິດຂ້າງເທິງແລ້ວ ຍັງພົບສານອື່ນໆ ທີ່ມີ ປະລິມານຮອງລົງມາຕາມລຳດັບ ຄື: α -Pinene ພົບໃນປະລິມານ 7.15% (RT 6.304 ນາທີ), α -Terpineol ພົບໃນປະລິມານ 3.71% (RT 20.228 ນາທີ), Terpinen-4-ol ພົບໃນປະລິມານ 3.17% (RT 15.916 ນາທີ) ແລະ Isopulegol ພົບໃນປະລິມານ 2.53% (RT 22.760 ນາທີ).

ນອກນັ້ນ ຍັງພົບກຸ່ມອະນຸພັນຂອງ Citronellol ໃນປະລິມານ ເລັກນ້ອຍ (ຕໍ່າກວ່າ 2.5%) ເຊັ່ນ: Citronellyl acetate (2.12%), Citronellyl propionate (2.09%), Citronellyl butyrate (1.81%) ແລະ Citronellol (1.14%) ຕາມລຳດັບ.

ອົງປະກອບເຄມີທັງໝົດ 11 ຊະນິດທີ່ກວດພົບ ມີຄ່າ NIST Match Score ຢູ່ໃນເກນສູງທັງໝົດ (ລະຫວ່າງ 91.1% ຫາ 98.9%) ເຊິ່ງເປັນສິ່ງຢືນຢັນເຖິງຄວາມຖືກຕ້ອງ ແລະ ຄວາມໜ້າເຊື່ອຖືສູງ ໃນການ ກວດເອກະລັກ (Identification) ຂອງໂຄງສ້າງສານເຄມີແຕ່ລະຊະນິດ ໂດຍການປຽບທຽບກັບຖານຂໍ້ມູນມາດຕະຖານ NIST.

4. ວິພາກຜົນ

ຈາກການສຶກສາລັກສະນະທາງກາຍະພາບຂອງນ້ຳມັນຫອມລະ ເຫີຍຈາກເບືອກໝາກຂີ້ຫູດທີ່ໄດ້ ມີສີເຫຼືອງອົມຂຽວເລັກນ້ອຍ ນັ້ນກໍຍ້ອນ ໄດ້ຮັບອິດທິພົນມາຈາກສອງປັດໄຈຫຼັກ ຄື: ຄຸນສົມບັດຂອງທາດພາລະ ລາຍ ແລະ ກິນໄກຂອງຄື້ນສຽງຄວາມຖີ່ສູງ. ເນື່ອງຈາກ n-Hexane ເປັນ ທາດພາລະລາຍອົງຄະທາດທີ່ບໍ່ມີຂົ້ວ ມີຄ່າຕັດສະນີຄວາມມີຂົ້ວຕໍ່າ ມັນຈຶ່ງ ມີປະສິດທິພາບສູງໃນການລະລາຍ ແລະ ດຶງເອົາສານສີໃນກຸ່ມທີ່ບໍ່ມີຂົ້ວ ເຊັ່ນ: ຄູໂຣຟີວ (Chlorophyll) ແລະ ແຄໂຣທິນອຍດ໌ (Carotenoids) ທີ່ສະສົມຢູ່ໃນເນື້ອເປື່ອຜິວຊັ້ນນອກ ຂອງໝາກຂີ້ຫູດອອກມານຳ (Chemat et al., 2017), ບວກກັບກິນໄກການເກີດໂຟງອາກາດ (Cavitation effect) ຂອງຄື້ນສຽງຄວາມຖີ່ສູງ ທີ່ສ້າງແຮງດັນມະຫາສານ ເຮັດໃຫ້ຜະໜັງຈຸລັງ ແລະ ຕ່ອມນ້ຳມັນ ຂອງພືດເກີດການແຕກຫັກຢ່າງ

ຮຸນແຮງ ສິ່ງຜົນໃຫ້ສານສີເຫຼື້ານີ້ຖືກປົດປ່ອຍ ແລະ ລະລາຍປົນອອກມາ ກັບທາດລະລາຍໄດ້ງ່າຍຂຶ້ນ (Mason et al., 2011).

ໃນສ່ວນຂອງກິ່ນ, ການທີ່ນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍຍັງຄົງຮັກສາກິ່ນ ຫອມແຮງ ແລະ ສິດຊື່ນຄ້າຍຄືກັບໝາກຂີ້ຫູດສົດໄວ້ໄດ້ນັ້ນ ເປັນຍ້ອນ ວ່າການສະກັດດ້ວຍ UAE ພາຍໃຕ້ອຸນຫະພູມ (50°C) ທີ່ບໍ່ສູງເກີນໄປ ເປັນສະພາວະທີ່ບໍ່ຮຸນແຮງ ເມື່ອທຽບໃສ່ກັບວິທີການກັ່ນດ້ວຍນ້ຳ ຫຼື ອາຍນ້ຳ ທີ່ຕ້ອງໃຊ້ອຸນຫະພູມສູງຮອດ 100°C. ອຸນຫະພູມທີ່ຕ່ຳລະດັບນີ້ ຊ່ວຍປ້ອງກັນການສະຫຼາຍຕົວ ຫຼື ການປ່ຽນແປງໂຄງສ້າງທາງເຄມີດ້ວຍ ຄວາມຮ້ອນ ຂອງສານປະກອບທີ່ລະເຫີຍງ່າຍ ແລະ ທົນທານຕໍ່ຄວາມ ຮ້ອນຕ່ຳ ເຊັ່ນ: ສານໃນກຸ່ມ ໂມໂນເທີພິນ ໄດ້ເປັນຢ່າງດີ, ເຮັດໃຫ້ກິ່ນ ຂອງນ້ຳມັນບໍ່ພຽງ ແລະ ມີຄວາມໃກ້ຄຽງກັບທຳມະຊາດຫຼາຍທີ່ສຸດ (Tiwari, 2015).

ຈາກຜົນການວິເຄາະ GC-MS ໃນການສຶກສານີ້ ພົບວ່າອົງ ປະກອບຫຼັກຂອງນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍຈາກເບືອກໝາກຂີ້ຫູດ (*Citrus hystrix* DC.) ປະກອບດ້ວຍ D-Limonene (22.73%), β -Phellandrene (21.16%), Citronellal (10.07%) ແລະ α -Pinene (7.15%). ເມື່ອປຽບທຽບກັບຫຼາຍບົດວິໄຈທີ່ຜ່ານມາ ພົບວ່າ ຮູບແບບອົງ ປະກອບເຄມີນີ້ມີລັກສະນະສະເພາະຕົວທີ່ໂດດເດັ່ນ, ເຊິ່ງການໃຊ້ວິທີການ ກັ່ນແບບດັ້ງເດີມ (Traditional Hydrodistillation ຫຼື Steam Distillation) ພົບວ່າ: ຜົນການສຶກສາ ຈາກ UAE ໃນຄັ້ງນີ້ ໃຫ້ປະລິມານ ແລະ ຄວາມສາມາດໃນການກັກເກັບສານ ສຳຄັນບາງໂຕໄດ້ສູງກວ່າ ຢ່າງເຫັນໄດ້ ຊັດເຈນ. ຕົວຢ່າງເຊັ່ນ: ງານວິໄຈຂອງ Waikedak et al. (2017) ໄດ້ ລາຍງານວ່າ: ການ ກັ່ນແບບດັ້ງເດີມ ພົບ D-Limonene ປະມານ 15.84% ແລະ ງານວິໄຈຂອງ Chanthaphon et al. (2008) ພົບ α -Pinene ພຽງແຕ່ 2.36–2.83% ເທົ່ານັ້ນ, ລວມທັງ Jirovetz et al. (2003) ທີ່ໄດ້ລາຍງານ ປະລິມານ β -Phellandrene ຢູ່ໃນຊ່ວງ 8.5–15%. ຢ່າງໃດກໍຕາມ, ການຄົ້ນພົບ Phellandrene ສູງເຖິງ 21.16% ໃນ ການສຶກສານີ້ ສາມາດອະທິບາຍໄດ້ດ້ວຍອິດທິພົນຂອງເຕັກນິກ UAE. ກົນໄກຂອງຄື້ນສຽງອຸນຫະຊາວ (Ultrasonic waves) ຈະເຮັດໃຫ້ເກີດ ປາກົດການ Cavitation (ການເກີດ ແລະ ແຕກຕົວຂອງຟອງອາກາດຂະ ໜາດນ້ອຍໃນທາດພາລະລາຍ) ເຊິ່ງສ້າງແຮງດັນ ແລະ ອຸນຫະພູມສູງໃນ ລະດັບຈຸລະພາກຢ່າງຮຸນແຮງ (Chemat, 2017). ແຮງກົນຈັກນີ້ ບໍ່ພຽງ ແຕ່ທຳລາຍຜະໜັງເຊລຂອງເບືອກໝາກຂີ້ຫູດເພື່ອປົດປ່ອຍນ້ຳມັນອອກ ມາໄດ້ຢ່າງວ່ອງໄວເທົ່ານັ້ນ, ແຕ່ພະລັງງານຈຳເພາະຈາກຄື້ນສຽງຍັງອາດໄປ ກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດປະຕິກິລິຍາການປ່ຽນໂຄງສ້າງລະຫວ່າງໂມເລກຸນ (Isomerization) ຂອງກຸ່ມ Monoterpene hydrocarbons ທີ່ມີສູດ ໂມເລກຸນ $C_{10}H_{16}$ ຄືກັນ ເຊັ່ນ: ການປ່ຽນຮູບຈາກ Limonene ຫຼື Pinene ບາງສ່ວນໃຫ້ກາຍເປັນ Phellandrene ໃນລະຫວ່າງການສະກັດ (Tiwari, 2015).

ການກວດພົບ Citronellal (10.07%), Isopulegol (2.53%), Citronellyl acetate (2.12%), Citronellyl propionate (2.09%) ແລະ Citronellol (1.14%) ພ້ອມກັນໃນຕົວຢ່າງນີ້ ສະແດງໃຫ້ເຫັນ

ເຖິງເສັ້ນທາງຊີວະສັງເຄາະທີ່ສົມບູນ, ໂດຍ Citronellal ຈະຖືກປ່ຽນຮູບ ໄປເປັນ Citronellol ຜ່ານຂະບວນການ Reduction ແລະ ຖືກປ່ຽນຕໍ່ ໄປເປັນກຸ່ມ Ester ຫຼາກຫຼາຍຮູບແບບ (Lawrence, 2015).

ການທີ່ຜົນ GC-MS ສາມາດກວດພົບທາດອະນຸພັນກຸ່ມ Ester ເຫຼົ່ານີ້ໄດ້ຢ່າງຄົບຖ້ວນ ແລະ ມີ NIST Match Score ທີ່ສູງຫຼາຍ (91–96%) ຖືເປັນຫຼັກຖານສຳຄັນທີ່ສະແດງໃຫ້ເຫັນເຖິງ ຂໍ້ໄດ້ປຽບຂອງ ເຕັກນິກ UAE. ເນື່ອງຈາກການສະກັດດ້ວຍ UAE ໃຊ້ເວລາສັ້ນ ແລະ ບໍ່ ໄດ້ອາໄສຄວາມຮ້ອນສູງເປັນເວລາດົນຄືກັບການຕົ້ມກັນແບບດັ້ງເດີມ, ມັນຈຶ່ງສາມາດປ້ອງກັນການແຕກຫັກທາງເຄມີຈາກຄວາມຮ້ອນ ຂອງທາດ ກຸ່ມ Oxygenated monoterpenes ທີ່ໄວຕໍ່ຄວາມຮ້ອນໄດ້ເປັນຢ່າງດີ (Tiwari, 2015). ສິ່ງນີ້ສົ່ງຜົນໃຫ້ຄຸນນະພາບ ແລະ ກິ່ນຫອມທຳມະຊາດ ຂອງນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍຖືກຮັກສາໄວ້ໄດ້ຢ່າງສົມບູນ.

5. ສະຫຼຸບ

ການສຶກສາໃນຄັ້ງນີ້ປະສົບຜົນສຳເລັດໃນການສະກັດ ແລະ ວິເຄາະອົງປະກອບເຄມີຂອງນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍຈາກເບືອກໝາກຂີ້ຫູດ ໂດຍພົບທັງໝົດຈຳນວນ 11 ສານປະກອບ ແລະ ໜຶ່ງໃນນັ້ນຄື β -Phellandrene ພົບໃນປະລິມານທີ່ສູງເຖິງ 21.16% ຖືວ່າພົບໄດ້ຍາກ ຫຼາຍໃນບົດວິໄຈທີ່ຜ່ານມາ. ໂດຍການນຳໃຊ້ເຕັກນິກການສະກັດແບບ ຂຽວທີ່ກ້າວໜ້າ ຄື ເຕັກນິກການສະກັດດ້ວຍຄື້ນສຽງຄວາມຖີ່ສູງ ແລະ ວິເຄາະດ້ວຍເຄື່ອງ GC-MS, ເຊິ່ງສາມາດຄົ້ນພົບເອກະລັກທີ່ໂດດເດັ່ນ ຂອງນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍທີ່ສະກັດໄດ້ ໂດຍມີລັກສະນະອົງປະກອບເຄມີ ທີ່ເປັນເອກະລັກສະເພາະຕົວສູງ ມີທາດໃນກຸ່ມ Monoterpene hydrocarbons ເປັນອົງປະກອບຫຼັກ 2 ອັນດັບທຳອິດໃນສັດສ່ວນທີ່ໃກ້ ຄຽງກັນ ຄື: D-Limonene (22.73%) ແລະ β -Phellandrene (21.16%) ເຊິ່ງຖືວ່າເປັນຮູບແບບໂປຣໄຟລທີ່ແຕກຕ່າງ ແລະ ພົບໄດ້ ຍາກໃນບົດວິໄຈທົ່ວໄປທີ່ມັກຈະພົບ Phellandrene ໃນປະລິມານໜ້ອຍ. ຈາກການນຳໃຊ້ເຕັກນິກ UAE ເຂົ້າໃນການສະກັດ ສະແດງໃຫ້ເຫັນ ເຖິງຂໍ້ໄດ້ປຽບຢ່າງຊັດເຈນໃນການຮັກສາຄຸນນະພາບຂອງສານສຳຄັນ ໂດຍສາມາດກວດພົບທາດໃນກຸ່ມ Oxygenated monoterpenes ທີ່ ໃຫ້ກິ່ນຫອມ ແລະ ໄວຕໍ່ຄວາມຮ້ອນໄດ້ຢ່າງຄົບຖ້ວນຕາມເສັ້ນທາງຊີວະ ສັງເຄາະ ເຊັ່ນ: Citronellal, α -Pinene, α -Terpineol, Terpinen-4-ol, Isopulegol ພ້ອມທັງອະນຸພັນກຸ່ມ Ester ຕ່າງໆ ເຊັ່ນ: Citronellyl acetate, Citronellyl propionate ແລະ Citronellyl butyrate ໂດຍບໍ່ເກີດການແຕກຫັກ ຫຼື ເສຍສະພາບທາງເຄມີ.

ການຄົ້ນພົບອົງປະກອບເຄມີທີ່ອຸດົມສົມບູນ ແລະ ມີເອກະລັກນີ້ ຊຶ່ງໃຫ້ເຫັນວ່າ ນ້ຳມັນຫອມລະເຫີຍເບືອກໝາກຂີ້ຫູດທີ່ສະກັດດ້ວຍວິທີ UAE ມີມູນຄ່າທາງຊີວະພາບສູງ ແລະ ມີທ່າແຮງທີ່ດີຫຼາຍໃນການນຳໄປ ພັດທະນາຕໍ່ຍອດໃນອຸດສາຫະກຳສະໝຸນໄຟ, ເຄື່ອງສຳອາງ, ຜະລິດຕະ ພັນສະປາ ເພື່ອສ້າງມູນຄ່າເພີ່ມໃຫ້ແກ່ຜະລິດຕະພັນຊຸມຊົນໃນອະນາຄົດ.

6. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ

ຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມຜູ້ຄົ້ນຄ້ວາວິທະຍາສາດ ຂໍປະຕິຍານຕົນວ່າ: ຂໍ້ ມູນທັງໝົດທີ່ມີໃນບົດຄວາມວິຊາການດັ່ງກ່າວນີ້ ແມ່ນບໍ່ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງທາງ

ຜົນປະໂຫຍດກັບພາກສ່ວນໃດ ແລະ ບໍ່ເອື້ອປະໂຫຍດໃຫ້ກັບພາກສ່ວນໃດພາກສ່ວນໜຶ່ງ, ກໍລະນີມີການລະເມີດ ໃນຮູບການໃດໜຶ່ງຂ້າພະເຈົ້າມີຄວາມຍິນດີ ທີ່ຈະຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງຜູ້ດຽວ.

7. ຄຳຂອບໃຈ

ໃນນາມນັກຄົ້ນຄວ້າ ຂໍສະແດງຄວາມຂອບໃຈເປັນຢ່າງສູງສູງມາຍັງ ກົມວິທະຍາສາດ ແລະ ເຕັກໂນໂລຊີ ເຂດປົກຄອງຕົນເອງຊົນເຜົ່າຈ້ວງກວາງຊີ (Guangxi Zhuang Autonomous Region Science and Technology Department) ແລະ ຄະນະເຄມີສາດ ແລະ ວິສະວະກຳເຄມີ, ມະຫາວິທະຍາໄລຊົນເຜົ່າກວາງຊີ (School of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi Minzu University) ສປ ຈີນ ທີ່ໄດ້ອຳນວຍຄວາມສະດວກ ແລະ ໃຫ້ທຶນສະໜັບສະໜູນໃນການຄົ້ນຄວ້າວິໄຈຄັ້ງນີ້.

8. ເອກະສານອ້າງອີງ

Adams, R. P. (2007). *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry* (4th ed.). Allured Publishing Corporation.

Aguiar, A. R., Alves, D. S., Sampaio, B. L., Santos, A. G., & Ribeiro, A. V. (2021). Insecticidal and repellent activity of *Citrus hystrix* essential oil against urban pests. *Industrial Crops and Products*, 161, 113–190.

Aziz, Z. A. A., Ahmad, A., Setapar, S. H. M., Karakucuk, A., Azim, M. M., Lokhat, D., Rafatullah, M., Gan, C. Y., & Ashraf, G. M. (2018). Essential oils: Extraction techniques and applications—A review. *Journal of Essential Oil Research*, 30(1), 1–15.

Bolouri, P., Salami, R., Kouhi, S., & Kianmehr, M. (2022). Essential oils: Extraction methods, chemical composition, and applications in food, cosmetic, and pharmaceutical industries. *Journal of Essential Oil Research*, 34(2), 97–115.

Bousbia, N., Vian, M. A., Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., & Chemat, F. (2009). A new process for extraction of essential oil from citrus peels: Microwave hydrodiffusion and gravity. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 409–416.

Chanthaphon, S., Chanthachum, S., & Hongpattarakere, T. (2008). Antimicrobial activity of essential oils from *Citrus hystrix* DC. peels and their application in food preservation. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 30(3), 399–404.

Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A. G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A. S., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural prod-

ucts. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 540–560.

Edogbanya, P. R., Olasunkanmi, A. F., & Adebayo, S. O. (2019). A review on volatile terpene compounds: Monoterpenes, sesquiterpenes, and diterpenes in Rutaceae family. *International Journal of Chemical Studies*, 7(4), 112–119.

Hien, T. T. (2020). Optimization of microwave-assisted extraction of essential oil from *Citrus hystrix* DC. peels. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 736, 022–045.

Jirovetz, L., Buchbauer, G., Stoilova, I., Stoyanova, A., Krashtanov, A., & Schmidt, E. (2003). Chemical composition and antioxidant properties of kaffir lime (*Citrus hystrix* DC.) essential oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(18), 5362–5367.

Khajeh, M., Yamini, Y., & Shariati, S. (2020). Application of ultrasound in the extraction of essential oils from medicinal plants: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 68, 105–193.

Lawrence, B. M. (2015). Progress in essential oils: Kaffir lime oil. *Perfumer & Flavorist*, 40(6), 46–52.

Liew, H. Y., & Chin, N. L. (2020). Physical, morphological and antibacterial properties of lime essential oil nanoemulsions prepared via spontaneous emulsification method. *Journal of Food Science and Technology*, 57(7).

Mason, T. J., Chemat, F., & Vinatoru, M. (2011). New technologies for the extraction of essential oils and flavors. *Flavour and Fragrance Journal*, 26(4), 224–230.

Norkaew, O. (2013). *Hydrothermal extraction of bioactive compounds and essential oils from local Citrus species* (Master's thesis). Chiang Mai University.

Ou, M. C. (2015). Microstructural changes and volatile compounds of cold-pressed vs. distilled *Citrus* essential oils. *Food Chemistry*, 174, 190–197.

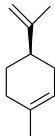
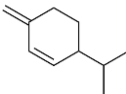
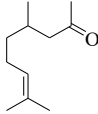
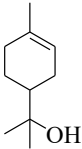
Picó, Y. (2013). Ultrasoundassisted extraction for food and environmental samples. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 43, 84–99.

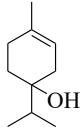
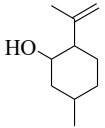
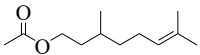
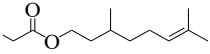
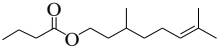
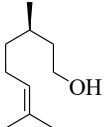
Pourmortazavi, S. M., & Hajimirsadeghi, S. S. (2007). Supercritical fluid extraction in isolation and determination of components from floral and herbal sources. *Journal of Chromatography A*, 1163(1-2), 10–24.

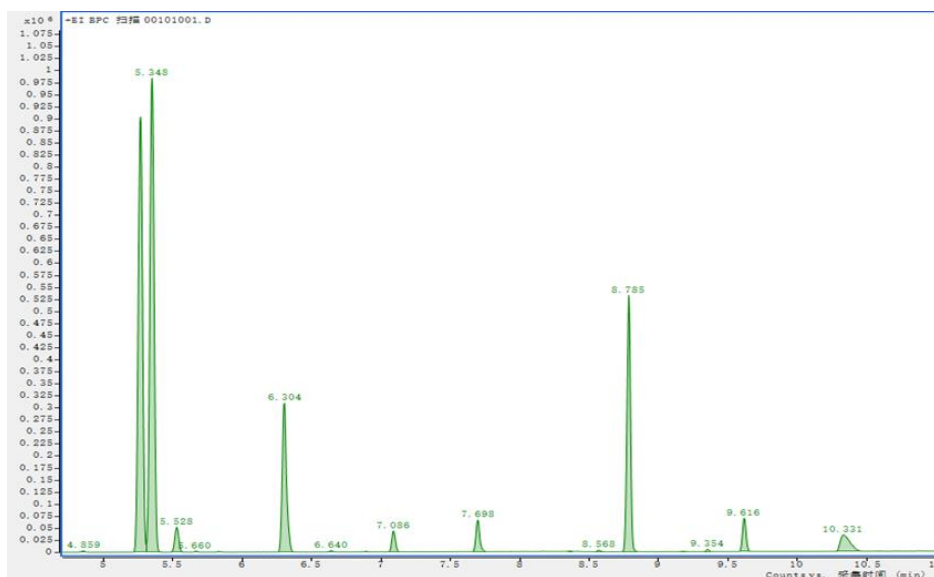
Shi, W., Zhang, Y., Li, X., Liu, Z., & Chen, H. (2023). Comprehensive review on the aroma profiles and chemical

- constituents of Rutaceae essential oils in cosmetic industry. *Flavour and Fragrance Journal*, 38(1), 12–29.
- Stratakos, A. C., & Koidis, A. (2016). Methods for extracting essential oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 31–38). Academic Press.
- Suksamrarn, A., Choochote, W., & Tuamsuwan, S. (2015). Effect of drying temperatures on the essential oil composition of *Citrus hystrix* leaves and peels. *Asian Journal of Chemistry*, 27(4), 1421–1426.
- Tadtong, S., Sawangaroon, S., & Siripornpanich, V. (2014). Chemical composition and aromatherapy effects of kaffir lime peel oil on human electroencephalogram (EEG). *Natural Product Communications*, 9(10), 1515–1518.
- Tiwari, B. K. (2015). Ultrasound–assisted extraction of food components. *Trends in Food Science & Technology*, 43(1), 105–119.
- Vongdeth, K., Keoxamlouang, X., Bounmyxai, A., & Sengthongsa, B. (2024). Tannin Extraction from Leaves of Some Plants. *Souphanouvong University Journal Multidisciplinary Research and Development*, 10(1), 299–307. <https://doi.org/10.69692/SUJMRD1001299>
- Waikedak, S., Saowakon, N., & Vichitphan, S. (2017). Chemical composition and antibacterial activity of essential oil from the peel of *Citrus hystrix* DC. extracted by steam distillation. *Asian Journal of Plant Sciences*, 16(3), 112–118.
- Waikedre, J., Dugay, A., Barrachina, I., Herrenknecht, C., Cabalion, P., & Fourneau, C. (2010). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Citrus hystrix* DC. peels from New Caledonia. *Journal of Essential Oil Research*, 22(4), 315–320.
- Wang, Z., Zhang, M., Liu, Y., & Chen, X. (2025). Machine learning-enabled flavoromics decoding the molecular basis of aroma profiles in essential oil under different extraction processes. *Food Chemistry*.
- Wen, C., Zhang, J., Zhang, H., Duan, Y., & Ma, H. (2018). Ultrasound–assisted extraction of bioactive compounds from plant materials: Principles, applications, and future prospects. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 98(7), 2468–2483.

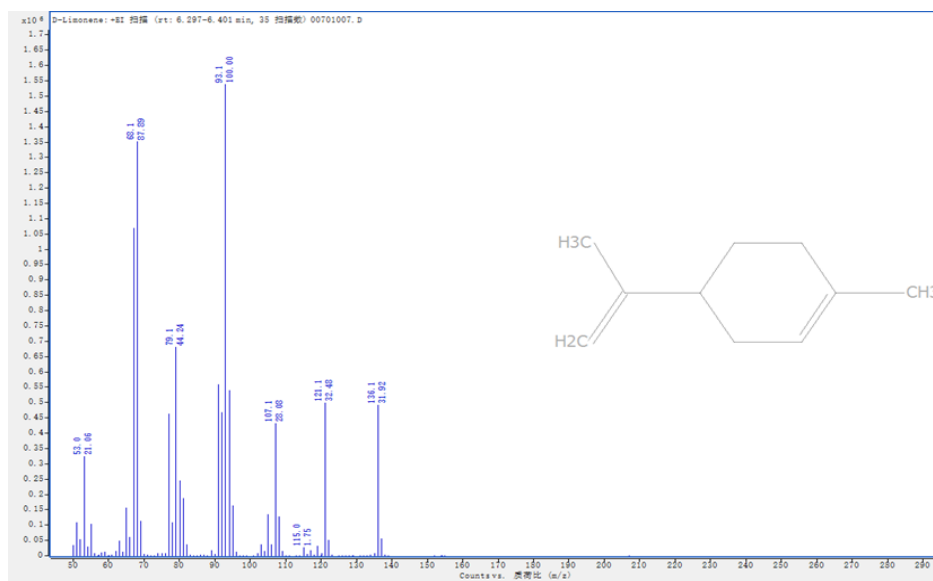
ຕາຕະລາງທີ 1. ອົງປະກອບເຄມີຫຼັກໃນນ້ຳມັນຫອມລະເບີຍທີ່ສະກັດໄດ້ຈາກເປືອກໝາກຂີ້ຫູດ

ລຳດັບ	Retention Time (RT)	ຊື່ອົງປະກອບເຄມີ	ສູດໂມເລກູນ	ສູດໂຄງສ້າງ	ມວນສານໂມເລກູນ (g/mol)	ປະລິມານທີ່ພົບ (%)	%NIST Match
1	5.348	D–Limonene	C ₁₀ H ₁₆		136.23	22.73	98.9
2	5.265	β–Phellandrene	C ₁₀ H ₁₆		136.23	21.16	98.2
3	8.785	Citronellal	C ₁₀ H ₁₈ O		154.25	10.07	95.2
4	6.304	α–Pinene	C ₁₀ H ₁₆		136.23	7.15	98.2
5	20.228	α–Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O		154.25	3.71	96.5

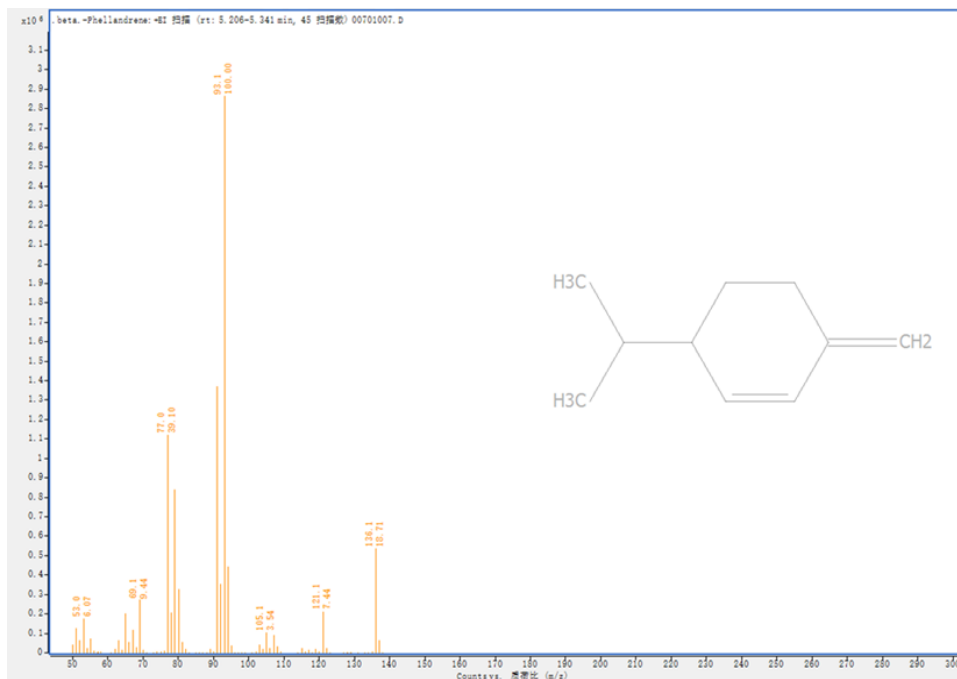
6	15.916	Terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O		154.25	3.17	94.5
7	22.760	Isopulegol	C ₁₀ H ₁₈ O		154.25	2.53	93.8
8	24.850	Citronellyl acetate	C ₁₂ H ₂₂ O ₂		198.3	2.12	96.8
9	26.702	Citronellyl propionate	C ₁₃ H ₂₄ O ₂		212.33	2.09	91.1
10	28.401	Citronellyl butyrate	C ₁₄ H ₂₆ O ₂		226.35	1.81	94.8
11	11.233	Citronellol	C ₁₀ H ₂₀ O		156.26	1.14	96.8



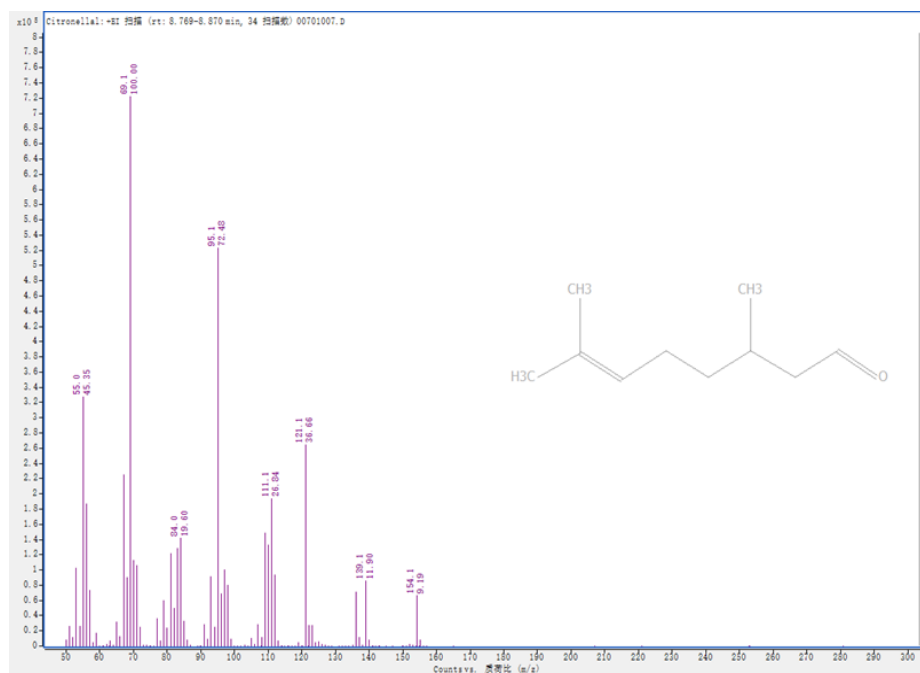
ຮູບພາບທີ 1: Chromatogram ຂອງນໍ້າມັນຫອມລະເບີຍເປືອກໝາກຂີ້ຫູດ



ຮູບພາບທີ 2: Mass Spectrum ຂອງສານ D-Limonene



ຮູບພາບທີ 3: Mass Spectrum ຂອງສານ β -Phellandrene



ຮູບພາບທີ 4: Mass Spectrum ຂອງສານ Citronellal