

## Huiles essentielles : composition, applications et considérations analytiques

*Dr Francesca Bruni, chercheuse au Laboratoire de Chimie CDR "Francesco Bonicolini"*

### Introduction

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de composés organiques volatils synthétisés naturellement par les plantes dans le cadre de leur métabolisme secondaire. Elles sont généralement obtenues par distillation à la vapeur, hydrodistillation, pression à froid (dans le cas des écorces d'agrumes) ou autres procédés d'extraction mécanique. Les produits obtenus sont généralement des liquides hydrophobes, partiellement ou totalement insolubles dans l'eau, caractérisés par une forte volatilité et un arôme intense et distinctif. Le terme « *essentiel* » fait référence à leur fonction d'essence de la plante, c'est-à-dire la fraction responsable de son parfum caractéristique et de son activité biologique. D'un point de vue biologique, les huiles essentielles jouent de multiples rôles dans la physiologie végétale. Elles contribuent aux mécanismes de défense contre les herbivores et les micro-organismes pathogènes, assurent la protection contre les agressions environnementales, participent aux processus de communication entre les plantes et attirent les pollinisateurs.

### composition chimique

Les huiles essentielles sont composées principalement de composés terpénoïdes, ainsi que de faibles proportions de phénylpropanoïdes et d'autres molécules aromatiques. Les terpènes constituent la classe principale et sont constitués d'unités isoprènes, chacune contenant cinq atomes de carbone. On distingue les hémiterpènes (une unité isoprène, cinq atomes de carbone), les monoterpènes (deux unités, dix atomes de carbone), les sesquiterpènes (trois unités), les diterpènes (quatre unités) et jusqu'à huit unités. Les monoterpènes sont généralement les constituants majoritaires des huiles essentielles et sont responsables de leur forte volatilité. Les sesquiterpènes et les diterpènes, de masse moléculaire plus élevée, contribuent à des notes aromatiques plus intenses et persistantes. La proportion relative de terpènes de faible et de haut poids moléculaire détermine si une sécrétion végétale se comporte comme une huile essentielle volatile ou une résine semi-solide. Les huiles essentielles restent liquides à température ambiante en raison de la prédominance de composés volatils de faible poids moléculaire. De nombreux composés terpénoïdes présentent une activité biologique documentée, notamment des

effets antimicrobiens, antiviraux, anti-inflammatoires et antioxydants. On peut citer comme exemples les huiles essentielles de pin, de citron, de romarin et d'arbre à thé.

### Propriétés et utilisations

Les huiles essentielles présentent un large spectre d'activités biologiques directement liées à leur composition chimique diversifiée, qui comprend des terpènes, des phénols, des alcools et d'autres composés volatils. Leur nature lipophile facilite l'interaction avec les membranes biologiques, contribuant à leurs effets antimicrobiens, antiviraux, anti-inflammatoires et antioxydants, ainsi qu'à la relaxation des muscles lisses. Outre leur activité biologique, les huiles essentielles sont largement utilisées dans les formulations cosmétiques et de soins personnels, les conservateurs naturels, les désodorisants d'intérieur et les produits ménagers, tant pour leurs propriétés fonctionnelles que pour leurs arômes distinctifs. Pour les applications topiques, elles sont généralement utilisées diluées, car plusieurs huiles essentielles peuvent provoquer des irritations ou des sensibilisations si elles sont appliquées pures, tandis que certaines huiles d'agrumes peuvent induire une photosensibilité en raison de leur teneur en furanocoumarines. En aromathérapie, l'inhalation par diffusion ou par vaporisation stimule les voies olfactives, ce qui peut influencer les réponses émotionnelles et autonomes, avec des effets rapportés tels que la réduction du stress, la régulation du sommeil, l'amélioration de l'humeur et un léger soulagement de la douleur ou des nausées.

### Mécanismes d'oxydation des huiles essentielles

Bien que les huiles essentielles soient souvent associées à des propriétés antioxydantes, leur composition chimique les rend intrinsèquement sensibles à la dégradation oxydative. Contrairement aux huiles végétales, qui sont des matrices lipidiques composées principalement de triglycérides et d'acides gras insaturés, les huiles essentielles ne sont pas des systèmes lipidiques. Ce sont des mélanges complexes de composés volatils de faible masse moléculaire, principalement des monoterpènes et des sesquiterpènes insaturés. Dans les huiles végétales, l'oxydation concerne principalement les acides gras insaturés et suit les voies classiques d'auto-oxydation lipidique,

conduisant à la formation d'hydroperoxydes lipidiques et de composés aldéhydiques secondaires. En revanche, dans les huiles essentielles, l'oxydation concerne principalement les molécules de terpènes, qui peuvent réagir facilement avec l'oxygène atmosphérique par des mécanismes d'auto-oxydation radicalaires. Les monoterpènes tels que le limonène, le linalol et l' $\alpha$ -pinène sont particulièrement sensibles à l'oxydation. Lors du stockage et de l'exposition à la lumière, à la chaleur ou à l'oxygène, ces composés peuvent former des hydroperoxydes, des époxydes, des aldéhydes et des cétones, qui sont des produits de réarrangement secondaires. Par exemple, le limonène peut être converti en hydroperoxydes de limonène, le linalol en oxydes de linalol et le pinène en oxydes de pinène. Ces produits d'oxydation altèrent non seulement le profil aromatique, entraînant l'apparition de faux goûts et une perte de fraîcheur, mais peuvent également accroître le potentiel de sensibilisation de l'huile. D'un point de vue réglementaire, les terpènes oxydés sont particulièrement préoccupants dans les industries de la parfumerie et des cosmétiques. Plusieurs produits d'oxydation ont été identifiés comme potentiellement sensibilisants pour la peau et font l'objet de contrôles en vertu des normes IFRA et des évaluations de sécurité cosmétique. Par conséquent, la surveillance des produits d'oxydation primaires revêt une importance non seulement organoleptique, mais aussi toxicologique. La forte volatilité et la réactivité chimique des matrices riches en terpènes compliquent davantage le contrôle de leur stabilité. L'oxydation peut être accélérée par des conditions de stockage inappropriées, notamment l'exposition à l'oxygène, aux températures élevées et aux rayonnements ultraviolets. Le conditionnement dans des flacons en verre foncé, la réduction de la teneur en oxygène dans l'espace de tête et le contrôle des températures de stockage sont généralement recommandés pour limiter la dégradation oxydative. Pour ces raisons, l'évaluation de la stabilité oxydative représente une étape fondamentale du contrôle qualité des huiles essentielles et fournit la base scientifique de la détermination de paramètres analytiques tels que l'indice de peroxyde.

#### Méthodes officielles d'analyse chimique

Les principaux paramètres de contrôle de la qualité des huiles essentielles sont l'**indice de peroxyde** et l'**indice d'acides gras libres**, qui renseignent sur la dégradation oxydative et la stabilité chimique. Les recommandations du secteur sont soutenues par des organismes tels que l'**Association internationale des parfums (IFRA)** et la **Fédération européenne des huiles essentielles**.

**Huiles**, qui définissent les cadres analytiques et de sécurité pour les applications commerciales. La détermination **de l'indice de peroxyde** est généralement réalisée selon la **méthode analytique IFRA pour l'indice de peroxyde**, basée sur un titrage iodométrique. Cette méthode quantifie les hydroperoxydes formés lors des premières étapes de l'oxydation et exprime les résultats en **milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme (meq O<sub>2</sub>/kg)** ou, alternativement, en **millimoles de peroxyde par litre (mmol/L)**. L'analyse est effectuée en milieu organique acide, généralement un mélange d'acide acétique glacial et d'isooctane, suivie d'un titrage de l'iode libéré par du thiosulfate de sodium titré. En raison de la volatilité et de la réactivité des matrices riches en terpènes, un contrôle rigoureux de l'exposition à la lumière, de la standardisation des réactifs et de la correction du blanc est indispensable pour garantir la reproductibilité.

La détermination de la **teneur en acides gras libres** est réalisée selon la **norme ISO 1242**, qui définit une méthode de titrage acido-basique pour la quantification des acides gras libres dans les huiles essentielles. L'échantillon est dissous dans un solvant alcoolique neutralisé et titré avec une solution d'hydroxyde de potassium normalisée. Les résultats sont exprimés en **mg KOH par gramme d'échantillon (mg KOH/g)**. Une acidité élevée peut indiquer une dégradation hydrolytique ou oxydative, ainsi que des conditions de stockage inappropriées. La méthode exige une manipulation soigneuse des solvants inflammables et des réactifs alcalins, ainsi qu'une attention particulière aux pertes par évaporation dues à la volatilité des huiles essentielles.

Compte tenu de la forte réactivité chimique des systèmes riches en terpènes, il est essentiel de minimiser le stress oxydatif lors du stockage et de la transformation. Parallèlement, les protocoles de contrôle qualité doivent viser à réduire les temps de manipulation et d'analyse des échantillons, tout en garantissant un suivi précis et fiable de la stabilité oxydative.

#### Une approche alternative d'analyse: le système CDR FoodLab®

aux méthodes iodométriques et de titrage acido-basique classiques, qui nécessitent d'importants volumes de solvant, de verrerie, des conditions de laboratoire contrôlées et du personnel qualifié, **CDR FoodLab®** offre une alternative rapide et simplifiée pour déterminer Paramètres oxydatifs clés: **valeur d'acidité** et l' **indice de peroxyde**.

Basé sur une analyse photométrique avec des réactifs prêts à l'emploi, ce système fournit des

résultats en quelques minutes, permettant un contrôle qualité immédiat dès la réception des matières premières, pendant le stockage ou directement en production. La méthode ne requiert que des microquantités d'échantillon, un atout majeur pour l'analyse des huiles essentielles à la couleur intrinsèque intense : le volume minimal d'échantillon évite les interférences de couleur et garantit une mesure optique fiable. L'absence de solvants organiques toxiques améliore considérablement la sécurité de l'opérateur et réduit l'impact environnemental par rapport aux techniques de titrage traditionnelles. Le système ne nécessite pas de personnel hautement spécialisé, rendant le contrôle analytique accessible même aux petites et moyennes entreprises. Sa polyvalence permet son application aux huiles liquides et aux

graisses solides, couvrant ainsi une large gamme de matières premières.



## Comparaison des méthodes analytiques pour les huiles essentielles

| Caractéristiques          | Méthodes officielles traditionnel ( titrage )                                                                                                                                            | CDR FoodLab®                                                                                                                                            |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Méthodologie              | Titration <b>Titration</b> titrage iodométrique (indice de peroxyde) ou titrage acido-basique ISO 1242 (indice d'acide gras libre).                                                      | <b>Analyses photométrique</b> En lisant spectrophotométrique .                                                                                          |
| Réactifs et solvants      | <b>Complexe et dangereux.</b> Nécessite des solvants organiques toxiques (par exemple, l'acide acétique glacial, l'isooctane), des solvants inflammables et des réactifs alcalins (KOH). | <b>Prêt à l'emploi et plus sûr .</b> Sans solvants organiques toxiques.                                                                                 |
| Temps d'analyse           | <b>Longue durée.</b> Nécessite une préparation, une standardisation des réactifs et une correction du blanc.                                                                             | <b>Rapide.</b> Fournit des résultats en quelques minutes.                                                                                               |
| Volume de l'échantillon   | <b>La méthode standard</b> requiert des volumes importants de solvant et des quantités standard d'échantillon.                                                                           | <b>Microquantités</b> Cela ne nécessite qu'une très petite quantité d'échantillon.                                                                      |
| Ingérence                 | <b>Risque d'interférence chromatique :</b> La couleur intrinsèque intense des huiles essentielles peut rendre difficile la visualisation des points d'équivalence du titrage.            | <b>Absence d'interférences :</b> Le volume d'échantillon minimal empêche les interférences de couleur, garantissant ainsi des mesures optiques fiables. |
| Équipement et compétences | <b>Spécialisé.</b> Nécessite de la verrerie, des conditions de laboratoire contrôlées et du personnel formé.                                                                             | <b>Simplifié.</b> Ne nécessite ni verrerie ni personnel hautement spécialisé. Utilisable en production.                                                 |
| Sécurité et environnement | <b>Niveau de sécurité inférieur :</b> Implique la manipulation de produits chimiques dangereux et de solvants inflammables.                                                              | <b>Haute sécurité :</b> Améliore considérablement la sécurité des opérateurs et réduit l'impact environnemental.                                        |

## Bibliographie

International Fragrance Association (IFRA). (2019). *Analytical method for the determination of peroxide value* (Revised version). Retrieved from <https://d3t14p1xronwr0.cloudfront.net/docs/Analytical-methods/20190910-revised-ifra-analytical-method-on-peroxide-value.pdf>

ISO. (n.d.). *ISO 18321: Essential oils — Determination of peroxide value*. International Organization for Standardization. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:18321:ed-1:v1:en>

Ministry of Health, Republic of Croatia. (2024). *Guidance on essential oils in cosmetics* (2nd ed.). Retrieved from [https://zdravlje.gov.hr/UserDocsImages/2025\\_Objave/Guidance%20on%20essential%20oils%20in%20cosmetic%202nd-edition%202024.PDF](https://zdravlje.gov.hr/UserDocsImages/2025_Objave/Guidance%20on%20essential%20oils%20in%20cosmetic%202nd-edition%202024.PDF)

Ecosystem. (n.d.). *What are the differences between essential oils and vegetable oils?* Retrieved from <https://www.ecosystem.fr/en/article/200/what-are-the-differences-between-essential-oils-and-vegetable-oils>

Żukowska, G., & Durczyńska, Z. (n.d.). *Properties and applications of essential oils: A review*. Retrieved from <https://www.jeeng.net/pdf-177404-98686?filename=98686.pdf>