

Huiles naturelles d'origine végétale dans l'industrie moderne

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

P2614

Introduction

Les huiles végétales naturelles constituent une catégorie stratégique de lipides biosourcés, de plus en plus utilisées dans les secteurs cosmétique, nutritionnel, pharmaceutique et des aliments fonctionnels. La transition progressive des huiles minérales issues du pétrole vers les lipides végétaux renouvelables reflète à la fois la pression réglementaire et la demande des consommateurs pour des ingrédients durables et bioactifs.

Contrairement aux huiles minérales, qui sont des mélanges d'hydrocarbures chimiquement inertes, les huiles naturelles sont des matrices biologiquement complexes capables d'assurer des fonctions structurales et des propriétés bioactives. Leur compatibilité avec les membranes biologiques, les voies métaboliques et les structures lipidiques dermiques les rend particulièrement adaptées aux applications à haute valeur ajoutée.

Dans les formulations industrielles modernes, les huiles végétales ne sont plus considérées comme de simples excipients ou supports. Elles agissent comme des ingrédients actifs capables de moduler la réparation de la barrière cutanée, l'équilibre oxydatif, le profil lipidique et la biodisponibilité des médicaments. Leur intérêt industriel s'étend aux cosmétiques et produits de soins personnels, aux aliments fonctionnels, aux compléments alimentaires et aux préparations pharmaceutiques.

Composition chimique

Le comportement fonctionnel des huiles naturelles est déterminé par leur structure biochimique, qui diffère sensiblement de celle des huiles minérales. Les huiles végétales sont principalement composées de triglycérides, qui représentent généralement environ 98 % de leur composition totale. La fraction restante, communément appelée fraction insaponifiable, bien que quantitativement plus faible, contient des composés à haute valeur biologique et technologique. Cette fraction comprend des phytostérols, des acides phénoliques, des tocols tels que les tocophérols et les tocotriénols, ainsi que des caroténoïdes.

Les phytostérols contribuent à la stabilisation des membranes cellulaires et sont largement reconnus pour leurs propriétés hypocholestérolémiantes lorsqu'ils sont incorporés dans des aliments fonctionnels. Les acides phénoliques, tels que les acides caféique, férulique et p-coumarique, exercent une activité antioxydante en neutralisant les espèces réactives de l'oxygène. Les tocols agissent comme antioxydants liposolubles qui protègent les

acides gras insaturés de la dégradation oxydative, prolongeant ainsi la durée de conservation et préservant l'intégrité nutritionnelle. Les caroténoïdes contribuent à la fois à la pigmentation et à la protection contre les dommages photo-oxydatifs.

Le profil en acides gras influe également sur les performances industrielles. Les huiles riches en acides gras mono-insaturés, comme l'acide oléique, présentent généralement une meilleure stabilité à l'oxydation, tandis que celles riches en acides gras polyinsaturés offrent de meilleurs avantages nutritionnels, mais nécessitent un contrôle de stabilité plus rigoureux.

Les méthodes d'extraction et de transformation influencent considérablement la qualité finale. Le pressage mécanique à froid préserve l'intégrité de la fraction insaponifiable, tandis que l'extraction par solvant et les procédés de raffinage agressifs peuvent réduire la teneur en composés bioactifs, ce qui améliore la couleur et la stabilité à l'oxydation.

Propriétés et applications

La nature multifonctionnelle des huiles végétales permet leur intégration dans de multiples secteurs industriels.

Dans le domaine pharmaceutique, les huiles naturelles sont largement utilisées comme excipients pour les principes actifs peu solubles dans l'eau. Elles améliorent la biodisponibilité orale des gélules et des solutions buvables et servent de composants lipidiques dans les émulsions pour la nutrition parentérale. Les huiles hautement raffinées, telles que l'huile de soja ou l'huile de sésame, sont sélectionnées selon les normes pharmacopéiques et les exigences de pureté. Leur composition en acides gras influe directement sur la tolérance métabolique et la stabilité.

Dans l'industrie cosmétique et des soins personnels, les huiles végétales sont utilisées comme émoullissants, agents réparateurs de la barrière cutanée et actifs.

Les huiles peu comédogènes, telles que l'huile d'amande douce ou l'huile de pépins de raisin, sont privilégiées pour les formulations pour le visage, tandis que les huiles plus saturées offrent une protection occlusive dans les produits destinés aux peaux sèches ou abîmées. Leur fraction antioxydante contribue à lutter contre le vieillissement cutané et à atténuer le stress oxydatif.

Dans les aliments fonctionnels et les compléments alimentaires, certaines huiles sont sélectionnées pour leur profil lipidique et leurs composés bioactifs. L'huile d'olive extra vierge est reconnue

internationalement comme un aliment fonctionnel grâce à sa richesse en acides gras mono-insaturés et en composés phénoliques, tous deux associés à des bienfaits cardiovasculaires et anti-inflammatoires. Les applications industrielles nécessitent souvent une optimisation de la stabilité. Des procédés tels que l'hydrogénation modifient le comportement à la fusion et la résistance à l'oxydation, tandis que l'estérification contrôlée génère des émoullants sur mesure aux propriétés sensorielles améliorées et à la texture moins grasse.

Compte tenu de leur complexité chimique et de leur sensibilité à l'oxydation et à l'hydrolyse, les huiles naturelles nécessitent un contrôle analytique rigoureux. Il convient de surveiller des paramètres tels que l'**acidité**, l'**indice de peroxyde** et la **teneur en anisidine** et l'**indice d'iode**. Il est essentiel de garantir la sécurité, la durée de conservation et la conformité aux normes réglementaires. Les systèmes analytiques modernes, conçus pour une évaluation rapide de la qualité, permettent aux fabricants de maintenir des performances constantes tout en minimisant l'utilisation de solvants et la préparation des échantillons.

Surveillance de l'oxydation de l'huile: paramètres critiques pour le contrôle de la qualité

L'oxydation des huiles, communément appelée **rancissement**, est un processus de dégradation inévitable mais maîtrisable qui affecte directement la qualité, la sécurité et la valeur commerciale des huiles alimentaires et fonctionnelles. L'oxydation débute par la formation d'**hydroperoxydes** comme **produits primaires** et se poursuit par la formation de **composés secondaires** tels que **les aldéhydes**, **les cétones** et autres **dérivés carbonylés**, responsables de l'odeur et du goût rances. Étant donné que les huiles sont constamment exposées à l'oxygène, à la lumière, à la chaleur, à l'humidité et aux métaux traces lors de leur transformation et de leur stockage, un contrôle analytique rigoureux est indispensable pour limiter leur détérioration et les pertes économiques.

Parmi les paramètres les plus couramment utilisés pour évaluer l'oxydation figurent l'**indice de peroxyde (IP)**, l'**indice d'anisidine (IA)** et l'**indice Totox**. L'IP mesure les hydroperoxydes formés aux premiers stades de l'oxydation et fournit un indicateur de la dégradation initiale des lipides. Cependant, à mesure que l'oxydation progresse, les hydroperoxydes se décomposent en produits secondaires, entraînant une diminution de l'IP malgré la détérioration de la qualité. C'est pourquoi l'IA est utilisé pour quantifier les composés aldéhydiques issus de l'oxydation secondaire,

notamment les 2-alcénals et les 2,4-diénals, directement associés aux caractéristiques organoleptiques du rancissement. Afin d'obtenir une évaluation plus complète du statut oxydatif, l'indice Totox est calculé comme la somme de l'IA et de l'IP (2IP), fournissant ainsi un indicateur intégré des stades d'oxydation primaire et secondaire. D'un point de vue industriel, l'oxydation engendre des pertes lors du raffinage, une réduction de la durée de conservation et une altération de l'acceptabilité des produits dans les secteurs de l'alimentation humaine et animale, ainsi que des cosmétiques. Par conséquent, **un suivi continu de l'indice de peroxyde (IP), de l'indice d'acidité (IA) et de l'indice d'oxydation totale (Totox) tout au long du processus de transformation et de stockage est essentiel pour garantir la stabilité des produits**, leur conformité réglementaire et leur viabilité économique.

Méthodes de titrage officielles traditionnelles vs. Analyse photométrique rapide

La détermination formelle des paramètres d'oxydation et d'acidité des huiles, tels que l'indice de peroxyde, l'indice d'anisidine et la teneur en acides gras libres, est traditionnellement réalisée par des méthodes de titrage normalisées, décrites dans les protocoles **AOCS** et **ISO**. Ces procédures nécessitent généralement d'importants volumes de solvant, la préparation de la verrerie, la normalisation des réactifs, la correction des blancs et une détection précise du point final. De plus, les opérateurs doivent manipuler des solvants organiques inflammables, des acides et des bases corrosifs, ainsi que des réactifs photosensibles. Le flux de travail analytique peut être long et exige souvent une préparation d'échantillons conséquente et une expertise de laboratoire afin de garantir la reproductibilité et la conformité des résultats. En revanche, le système **CDR FoodLab®** applique une approche analytique photométrique utilisant des réactifs pré-conditionnés en flacons et des micro-quantités d'échantillon. Cette méthode élimine la préparation de solvants, les étapes de reflux et les titrages manuels, réduisant considérablement les temps d'analyse et la variabilité liée à l'opérateur. Les résultats sont obtenus en quelques minutes, permettant une prise de décision en temps réel lors de la réception, de la transformation et du stockage des matières premières. La réduction de l'utilisation de produits chimiques dangereux améliore la sécurité de l'opérateur et diminue l'impact environnemental. De plus, le faible volume d'échantillon minimise les interférences dues à la couleur de l'huile et à la

complexité de la matrice, garantissant des mesures fiables même pour les huiles foncées ou fortement pigmentées.

D'un point de vue opérationnel, bien que les méthodes de titrage officielles restent la référence réglementaire, les systèmes photométriques rapides

offrent une alternative pratique et adaptée à l'industrie pour le contrôle qualité de routine, permettant aux fabricants de maintenir une surveillance continue avec une efficacité, une sécurité et un contrôle des coûts accrus.

Caractéristiques	Méthodes officielles traditionnelles (titrage)	CDR FoodLab®
Méthodologie	Titrage iodométrique pour l' indice de peroxyde , titrage acide-base pour l' acidité , méthode spectrophotométrique pour l' indice d'anisidine selon les normes AOCS/ISO.	Analyse photométrique avec méthodes pré-calibrées et lecture spectrophotométrique.
Statut réglementaire	Méthodes de référence définies par les normes AOCS, ISO, ASTM et EN.	Méthodes dont les résultats sont corrélés à ceux des procédures de référence officielles pour le contrôle qualité de routine et la surveillance des processus.
Réactifs et solvants	Cela nécessite la préparation et la manipulation de produits chimiques dangereux tels que l'acide acétique glacial, l'isooctane, l'hydroxyde de potassium et des titrants standardisés.	Réactifs préremplis et prêts à l'emploi. Plus besoin de préparer de grands volumes de solvants ni de manipuler des produits chimiques dangereux en grande quantité.
Temps d'analyse	Procédure longue qui comprend la standardisation des réactifs, la correction du blanc et des étapes de titrage manuel.	Analyse rapide avec résultats disponibles en quelques minutes.
Préparation des échantillons	Cela nécessite un pesage précis, une dissolution par solvant et des conditions de réaction contrôlées.	Préparation minimale ou inexistante de l'échantillon.
Volume de l'échantillon	Quantités analytiques standard avec une consommation importante de solvant.	Des microquantités d'échantillon sont utilisées.
Interférence matricielle	La détection du point final peut être influencée par la couleur de l'huile ou par la subjectivité de l'opérateur.	Interférences de matrice minimales grâce au faible volume d'échantillon et à la lecture optique objective.
Exigences en matière d'équipement	Du matériel de laboratoire en verre, des burettes, des systèmes de reflux et un environnement de laboratoire contrôlé sont nécessaires.	Instrument compact, adapté aux environnements de laboratoire et de production.
Niveau de compétence de l'opérateur	Cela nécessite un personnel de laboratoire qualifié et expérimenté en techniques de titrage.	Conçu pour une utilisation industrielle courante, il ne nécessite pas de personnel hautement spécialisé.
Impact sur la sécurité et l'environnement	Elle implique l'utilisation de solvants inflammables, d'acides corrosifs et de solutions alcalines, ce qui entraîne une production accrue de déchets chimiques.	Une sécurité accrue pour les opérateurs, une manipulation réduite des produits chimiques et un impact environnemental moindre.
Application opérationnelle	Adapté aux tests de conformité officiels et à la certification par des laboratoires externes.	Idéal pour la surveillance en temps réel, la réception des matières premières et le contrôle en cours de production.

Bibliographie

American Oil Chemists' Society (AOCS). (n.d.). *Official Method Cd 8b-90: Peroxide Value, Acetic Acid-Isooctane Method*. Champaign, IL, USA: AOCS Press.

American Oil Chemists' Society (AOCS). (n.d.). *Official Method Cd 18-90: p-Anisidine Value*. Champaign, IL, USA: AOCS Press.

American Oil Chemists' Society (AOCS). (n.d.). *Official Method Ca 5a-40: Free Fatty Acids*. Champaign, IL, USA: AOCS Press.

Gunstone, F. D. (2011). *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. Wiley-Blackwell.