

Natürliche pflanzliche Öle in der modernen Industrie

Dr. Francesca Bruni, Forscherin am CDR Chemielabor "Francesco Bonicolini"

P2614

Einführung

Natürliche pflanzliche Öle stellen eine strategische Kategorie biobasierter Lipide dar, die zunehmend in der Kosmetik-, Ernährungs-, Pharma- und Functional-Food-Industrie eingesetzt werden. Der fortschreitende Übergang von erdölbasierten Mineralölen zu erneuerbaren pflanzlichen Lipiden spiegelt sowohl regulatorischen Druck als auch die steigende Nachfrage der Verbraucher nach nachhaltigen und biologisch aktiven Inhaltsstoffen wider. Im Gegensatz zu Mineralölen, die chemisch inerte Kohlenwasserstoffgemische sind, stellen natürliche Öle biologisch komplexe Matrizes dar, die sowohl strukturelle Funktionen als auch bioaktive Eigenschaften bieten können. Ihre Kompatibilität mit biologischen Membranen, Stoffwechselprozessen und dermalen Lipidstrukturen macht sie besonders geeignet für Anwendungen mit hoher Wertschöpfung.

In modernen industriellen Formulierungen werden pflanzliche Öle nicht mehr nur als einfache Trägerstoffe oder Hilfsstoffe betrachtet. Sie fungieren vielmehr als aktive Inhaltsstoffe, die in der Lage sind, die Regeneration der Hautbarriere, das oxidative Gleichgewicht, die Lipidernährung und die Bioverfügbarkeit von Wirkstoffen zu modulieren. Ihre industrielle Bedeutung erstreckt sich über die Kosmetik- und Körperpflegeindustrie, funktionelle Lebensmittel, Nahrungsergänzungsmittel und pharmazeutische Zubereitungen.

Chemische Zusammensetzung

Das funktionelle Verhalten natürlicher Öle wird durch ihre biochemische Struktur bestimmt, die sich deutlich von derjenigen der Mineralöle unterscheidet. Pflanzliche Öle bestehen überwiegend aus Triglyceriden, die in der Regel etwa 98 Prozent der Gesamtzusammensetzung ausmachen. Der verbleibende Anteil, üblicherweise als unverseifbare Fraktion bezeichnet, enthält trotz seines geringen quantitativen Anteils Verbindungen mit hohem biologischem und technologischem Wert. Zu dieser Fraktion gehören Phytosterole, phenolische Säuren, Tocole wie Tocopherole und Tocotrienole sowie Carotinoide.

Phytosterole tragen zur Stabilisierung von Membranen bei und sind für ihre cholesterinsenkenden Eigenschaften bekannt, insbesondere bei der Verwendung in funktionellen Lebensmitteln. Phenolische Säuren wie Kaffee-, Ferula- und p-Cumarsäure weisen antioxidative Eigenschaften auf, indem sie reaktive Sauerstoffspezies neutralisieren. Tocole wirken als fettlösliche Antioxidantien, die

ungesättigte Fettsäuren vor oxidativem Abbau schützen und somit die Haltbarkeit verlängern sowie die ernährungsphysiologische Qualität erhalten. Carotinoide tragen sowohl zur Färbung als auch zum Schutz vor photooxidativem Stress bei. Das Fettsäureprofil bestimmt zusätzlich die industrielle Leistungsfähigkeit. Öle mit einem hohen Anteil an einfach ungesättigten Fettsäuren, wie beispielsweise Ölsäure, weisen in der Regel eine höhere oxidative Stabilität auf, während Öle mit einem erhöhten Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren zwar ernährungsphysiologische Vorteile bieten, jedoch eine strengere Kontrolle der Stabilität erfordern.

Auch die Extraktions- und Verarbeitungsmethoden haben einen entscheidenden Einfluss auf die Endqualität. Mechanische Kaltpressung erhält die Integrität der unverseifbaren Fraktion, während Lösungsmittel-Extraktion und intensive Raffinationsschritte den Gehalt an bioaktiven Verbindungen zugunsten einer verbesserten Farbe und oxidativen Stabilität verringern können.

Eigenschaften und Anwendungen

Die multifunktionale Natur pflanzlicher Öle ermöglicht ihren Einsatz in verschiedenen Industriebereichen.

In pharmazeutischen Anwendungen werden natürliche Öle häufig als Lösungsvermittler für schwer wasserlösliche Wirkstoffe eingesetzt. Sie verbessern die orale Bioverfügbarkeit in Weichgelpkapseln und oralen Lösungen und dienen als Lipidkomponenten in parenteralen Ernährungsemulsionen. Hochraffinierte Öle wie Soja-, Oliven- oder Sesamöl werden auf Grundlage pharmakopöischer Standards und Reinheitsanforderungen ausgewählt. Ihre Fettsäurezusammensetzung beeinflusst direkt die metabolische Verträglichkeit und Stabilität.

In der Kosmetik- und Körperpflege wirken pflanzliche Öle als Emollients, barrierewiederherstellende Wirkstoffe und aktive Pflegekomponenten. Öle mit geringem komedogenem Potenzial, wie Mandel- oder Traubenkernöl, werden bevorzugt in Gesichtsfomulierungen eingesetzt, während stärker gesättigte Öle eine okklusive Schutzwirkung in Produkten für trockene oder geschädigte Haut bieten. Ihre antioxidative Fraktion trägt zur Anti-Aging-Wirkung und zur Reduktion von oxidativem Stress bei.

In funktionellen Lebensmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln werden spezifische Öle aufgrund ihres Fettsäureprofils und ihrer bioaktiven Ver-

bindungen ausgewählt. Natives Olivenöl extra wird international als funktionelles Lebensmittel anerkannt, da es einen hohen Gehalt an einfach ungesättigten Fettsäuren sowie eine bedeutende phenolische Fraktion aufweist, die mit kardiovaskulären und entzündungshemmenden Effekten in Verbindung gebracht wird.

Industrielle Anwendungen erfordern häufig eine Optimierung der Stabilität. Verfahren wie die Hydrierung verändern das Schmelzverhalten und die oxidative Stabilität, während eine kontrollierte Veresterung maßgeschneiderte Emollients mit verbesserten sensorischen Eigenschaften und reduzierter Fettigkeit ermöglicht.

Aufgrund ihrer chemischen Komplexität und ihrer Anfälligkeit für Oxidation und Hydrolyse erfordern natürliche Öle eine strenge analytische Kontrolle.

Die Überwachung von Parametern wie freien **Fettsäuren (Free Fatty Acids)**, **Peroxidwert**, **Anisidinwert** und **Iodzahl** ist entscheidend, um Sicherheit, Haltbarkeit und die Einhaltung regulatorischer Anforderungen zu gewährleisten. Moderne Analysensysteme zur schnellen Qualitätsbewertung ermöglichen es Herstellern, eine gleichbleibende Produktleistung sicherzustellen und gleichzeitig den Einsatz von Lösungsmitteln sowie den Probenvorbereitungsaufwand zu minimieren.

Überwachung der Öloxidation: Kritische Parameter für die Qualitätskontrolle

Die Oxidation von Ölen, allgemein als **Ranzigkeit** bezeichnet, ist ein unvermeidlicher, jedoch kontrollierbarer Abbauprozess, der die Qualität, Sicherheit und den wirtschaftlichen Wert von Speise- und funktionellen Ölen direkt beeinflusst. Die Oxidation beginnt mit der Bildung von **Hydroperoxiden** als **Primärprodukten** und schreitet zur Bildung **sekundärer Verbindungen** wie **Aldehyde**, **Ketone** und andere **Carbonylverbindungen** fort, die für ranzigen Geruch und Geschmack verantwortlich sind. Da Öle während Verarbeitung und Lagerung kontinuierlich Sauerstoff, Licht, Wärme, Feuchtigkeit und Spurenmetallen ausgesetzt sind, ist eine strenge analytische Überwachung unerlässlich, um Qualitätsverluste und wirtschaftliche Schäden zu begrenzen.

Zu den am häufigsten verwendeten Parametern zur Bewertung der Oxidation gehören der **Peroxidwert (PV)**, der **Anisidinwert (AV)** und der **TOTOX-Wert**. Der PV erfasst die in den frühen Stadien der Oxidation gebildeten Hydroperoxide und dient als Indikator für den Beginn der Lipidoxidation. Mit fortschreitender Oxidation werden Hydroperoxide jedoch zu sekundären Produkten abgebaut, wo-

durch der PV trotz zunehmender Qualitätsverschlechterung abnimmt. Aus diesem Grund wird der AV zur Quantifizierung sekundärer Oxidationsprodukte aldehydischer Natur verwendet, insbesondere von 2-Alkenalen und 2,4-Dienalen, die direkt mit ranzigen sensorischen Eigenschaften verbunden sind. Für eine umfassendere Bewertung des oxidativen Zustands wird der TOTOX-Wert als $AV + 2PV$ berechnet und bietet einen integrierten Indikator für primäre und sekundäre Oxidationsstufen.

Aus industrieller Sicht führt Oxidation zu Raffinationsverlusten, verkürzter Haltbarkeit und eingeschränkter Produktakzeptanz in Lebensmittel-, Futtermittel- und Kosmetikanwendungen. Daher ist die **kontinuierliche Kontrolle von PV, AV und TOTOX während Verarbeitung und Lagerung unerlässlich, um Produktstabilität**, regulatorische Konformität und wirtschaftliche Nachhaltigkeit sicherzustellen.

Traditionelle Titrationsmethoden im Vergleich zur schnellen photometrischen Analyse

Die offizielle Bestimmung von Oxidations- und Säureparametern in Ölen, wie Peroxidwert, Anisidinwert und freie Fettsäuren, erfolgt traditionell mittels standardisierter Titrationsmethoden, wie sie in **AOCS-** und **ISO-Protokollen** beschrieben sind. Diese Verfahren erfordern in der Regel große Lösungsmittelmengen, die Vorbereitung von Glaswaren, die Standardisierung von Reagenzien, Blindwertkorrekturen sowie eine präzise Endpunkterkennung. Darüber hinaus müssen Anwender mit entzündlichen organischen Lösungsmitteln, korrosiven Säuren und Basen sowie lichtempfindlichen Reagenzien umgehen. Der analytische Arbeitsablauf ist zeitaufwendig und erfordert häufig eine aufwendige Probenvorbereitung sowie fundierte Laborkenntnisse, um Reproduzierbarkeit und Normkonformität sicherzustellen.

Im Gegensatz dazu basiert das System **CDR FoodLab®** auf einem photometrischen Analyseansatz unter Verwendung vorgefüllter Reagenzgläser und sehr geringer Probenmengen. Die Methode macht die Vorbereitung von Lösungsmitteln, Rückflussverfahren und manuelle Titrations überflüssig und reduziert dadurch sowohl die Analysedauer als auch die anwenderbedingte Variabilität erheblich. Die Ergebnisse liegen innerhalb weniger Minuten vor und ermöglichen Entscheidungen in Echtzeit bei der Wareneingangskontrolle, während der Verarbeitung und in der Lagerung. Der reduzierte Einsatz gefährlicher Chemikalien erhöht die Arbeitssicherheit

und verringert die Umweltbelastung. Darüber hinaus minimiert das geringe Probenvolumen Störeinflüsse durch Ölfarbe und Matrixkomplexität und

gewährleistet zuverlässige Messungen auch bei dunklen oder stark pigmentierten Ölen.

Merkmal	Traditionelle offizielle Methoden (Titration)	CDR FoodLab® System
Methodik	Iodometrische Titration zur Bestimmung des Peroxidwerts , Säure-Base-Titration für freie Fettsäuren , spektrophotometrische Bestimmung des Anisidinwerts gemäß AOCS-/ISO-Standards..	Photometrische Analyse mit vorkalibrierten Methoden und spektrophotometrischer Messung.
Regulatorischer Status	Referenzmethoden gemäß AOCS-, ISO-, ASTM- und EN-Normen.	Methoden, die an offizielle Referenzverfahren für die routinemäßige Qualitätskontrolle und Prozessüberwachung angepasst sind.
Reagenzien & Lösungsmittel	Erfordert die Vorbereitung und Handhabung gefährlicher Chemikalien wie Eisessig, Isooctan, Kaliumhydroxid und standardisierte Titrationslösungen.	Gebrauchsfertige, vorgefüllte Reagenzien. Keine Vorbereitung großer Lösungsmittelmengen und keine Handhabung gefährlicher Chemikalien in größeren Mengen.
Analysedauer	Zeitaufwendiges Verfahren mit Reagenzstandardisierung, Blindwertkorrektur und manuellen Titrationschritten.	Schnelle Analyse mit Ergebnissen innerhalb weniger Minuten.
Probenvorbereitung	Erfordert präzises Abwiegen, Lösung in Lösungsmitteln und kontrollierte Reaktionsbedingungen.	Minimale oder keine Probenvorbereitung erforderlich.
Probenmenge	Standardisierte Analysenmengen mit erheblichem Lösungsmittelverbrauch.	Es werden nur sehr geringe Probenmengen benötigt.
Matrixeinflüsse	Die Endpunkterkennung kann durch die Farbe des Öls oder subjektive Bewertung des Anwenders beeinflusst werden.	Minimale Matrixeinflüsse durch geringe Probenmenge und objektive optische Messung.
Geräteanforderungen	Laborglaswaren, Büretten, Rückflusssysteme und eine kontrollierte Laborumgebung erforderlich.	Kompaktes System, geeignet für Labor- und Produktionsumgebungen.
Qualifikationsniveau des Anwenders	Erfordert geschultes Laborpersonal mit Erfahrung in Titrationstechniken.	Für den routinemäßigen industriellen Einsatz konzipiert, keine hochspezialisierten Kenntnisse erforderlich.
Sicherheit & Umweltauswirkungen	Einsatz entzündlicher Lösungsmittel, korrosiver Säuren und alkalischer Lösungen, erhöhte Abfallmengen.	Verbesserte Arbeitssicherheit, reduzierte Chemikalienhandhabung und geringere Umweltbelastung.
Operative Anwendung	Geeignet für offizielle Konformitätsprüfungen und externe Laborzertifizierung.	Ideal für Echtzeitüberwachung, Wareneingangskontrolle und Prozesskontrolle.

Literaturnachweise

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.