



## Dlaczego ekstrakcja nadkrytycznym CO<sub>2</sub> to „złoty standard” stabilności oksydacyjnej olejów roślinnych?



Marta Jaźwińska

Specjalistka ds. komunikacji i edukacji w obszarze ekstrakcji roślinnej

Instytut Urządzeń Ekstrakcyjnych (ExtractHome)

**W**ysokiej jakości lipidy roślinne stanowią kluczowy komponent w technologii farmaceutycznej i suplementacyjnej, pełniąc funkcję nośników substancji aktywnych, stabilizatorów oraz składników wpływających na biodostępność preparatu. Stabilność oksydacyjna olejów, ich czystość chemiczna oraz zgodność z wymaganiami GMP stanowią fundamentalne kryteria kwalifikacji surowców przeznaczonych do formulacji. W ostatnich latach obserwuje się rosnące zainteresowanie technologią ekstrakcji nadkrytycznym dwutlenkiem węgla (CO<sub>2</sub>), która pozwala uzyskać surowce o wyjątkowym profilu jakościowym – łączące czystość olejów rafinowanych z wartościami biologicznymi olejów tłoczonych na zimno.

Ekstrakcja CO<sub>2</sub> eliminuje kontakt lipidów z tlenem, ogranicza stres termiczny i wykorzystuje selektywność rozpuszczalnika nadkrytycznego, co przekłada się na wysoką stabilność oksydacyjną oraz zachowanie naturalnych antyoksydantów. Oleje pozyskiwane tą metodą coraz częściej znajdują zastosowanie w formulacjach wymagających stabilności długoterminowej, w tym w kapsułkach softgel, preparatach witaminowych oraz produktach z API lipofilnymi.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie aktualnej wiedzy naukowej dotyczącej stabilności oksydacyjnej olejów pozyskiwanych metodą SFE-CO<sub>2</sub>, analiza ich parametrów jakościowych oraz omówienie ich roli w technologii form farmaceutycznych.

### 1. Charakterystyka procesu ekstrakcji nadkrytycznym CO<sub>2</sub>

Ekstrakcja nadkrytycznym dwutlenkiem węgla (SFE-CO<sub>2</sub>) wykorzystuje właściwości CO<sub>2</sub> w warunkach przekraczających punkt krytyczny (31,1°C; 73,8 bar). W tym stanie CO<sub>2</sub> łączy cechy cieczy i gazu - wysoki współczynnik dyfuzji umożliwia szybkie przenikanie przez struktury roślinne, a siła rozpuszczania umożliwia selektywne wyodrębnianie lipidów oraz związków bioaktywnych.

Najważniejszym aspektem tej technologii, z punktu widzenia stabilności oksydacyjnej, jest beztlenowy charakter procesu. CO<sub>2</sub> wypiera tlen z układu, dzięki czemu reakcje wolnorodnikowe nie są inicjowane już w fazie produkcyjnej – co odróżnia tę metodę od tłoczenia i rafinacji. Ponadto niska temperatura chroni delikatne składniki, takie jak tokoferole, fitosterole i wielonienasycone kwasy tłuszczowe przed degradacją termiczną.

Proces SFE-CO<sub>2</sub> umożliwia precyzyjną kontrolę parametrów ekstrakcji, co skutkuje wysoką powtarzalnością partii i standaryzacją profilu surowca – elementem kluczowym z perspektywy GMP. Otrzymywane oleje cechują się niską zawartością zanieczyszczeń, brakiem pozostałości rozpuszczalników i wysoką czystością mikrobiologiczną.

### 2. Stabilność oksydacyjna olejów roślinnych – podstawy teoretyczne

Stabilność oksydacyjna stanowi miarę odporności lipidów na procesy utleniania, które przebiegają w trzech etapach: inicjacji, propagacji i terminacji. Reakcje te są katalizowane przez światło, jonowe formy metali oraz tlen molekularny, a ich szybkie tempo prowadzi do powstawania produktów pierwotnych (nadtlenki), a następnie wtórnych (aldehydy, ketony). Procesom tym towarzyszy degradacja

składników bioaktywnych, pogorszenie cech sensorycznych oraz obniżenie stabilności substancji czynnych.

W kontekście technologii farmaceutycznej stabilność oksydacyjna oleju decyduje o jakości produktu końcowego, szczególnie w formulacjach zawierających API wrażliwe na utlenianie. Parametry PV, AnV, TOTOX oraz OSI stanowią kluczowe wskaźniki oceny stabilności i są powszechnie wykorzystywane w specyfikacjach surowcowych zgodnych z GMP.

Proces ekstrakcji CO<sub>2</sub>, w odróżnieniu od tłoczenia na zimno, nie inicjuje reakcji peroksydacyjnych, co pozwala uzyskać surowce o wyjątkowo niskich wartościach PV i AnV już na etapie produkcji.

### 3. Parametry jakościowe stosowane w ocenie olejów

W kontroli jakości olejów roślinnych stosowanych w farmacji wykorzystuje się wskaźniki opisujące zarówno stan świeżości surowca, jak i jego podatność na degradację oksydacyjną:

- **PV (Peroxide Value) – liczba nadtlenkowa**  
Określa ilość nadtlenków powstających w początkowej fazie utleniania.
- **AnV (Anisidine Value) – liczba anizydynowa**  
Wskazuje na obecność wtórnych produktów utleniania – aldehydów.
- **TOTOX – wskaźnik zintegrowany**  
TOTOX = 2 × PV + AnV.  
Parametr wykorzystywany w normach Codex Alimentarius.
- **OSI (Oxidative Stability Index)**

Czas do gwałtownego wzrostu przewodności, określający odporność oleju na utlenianie w warunkach przyspieszonych.

Wysoka jakość oleju z perspektywy farmaceutycznej wymaga niskich wartości PV, AnV, TOTOX oraz wysokich wartości OSI. Oleje CO<sub>2</sub> wyróżniają się wyjątkową stabilnością tych parametrów zarówno krótko po produkcji, jak i w trakcie przechowywania.

### 4. Porównanie stabilności oksydacyjnej olejów CO<sub>2</sub> i olejów tłoczonych na zimno

Tłoczenie na zimno, mimo że uznawane za metodę „naturalną”, nie zapewnia ochrony przed kontaktem lipidów z tlenem i światłem, co sprzyja powstawaniu produktów oksydacji już na etapie produkcyjnym. Ponadto obecność chlorofilu i jonów metali zwiększa wrażliwość mikstur lipidowych na utlenienie fotoindukowane i katalizacyjne.

W zestawieniu z tymi metodami ekstrakcja CO<sub>2</sub>, dzięki środowisku beztlenowemu, selektywności i niskiej temperaturze, pozwala uzyskać surowce o zdecydowanie lepszych parametrach oksydacyjnych. W badaniach SGGW zidentyfikowano, że OSI olejów CO<sub>2</sub> wynosi ok. 10–11 h, podczas gdy oleje zimnotłoczone często osiągają wartości poniżej 8 h. Różnica ta ma bezpośrednie przełożenie na trwałość produktu końcowego zawierającego API lipofilne.

### 5. Znaczenie składu chemicznego olejów CO<sub>2</sub> dla stabilności oksydacyjnej

Technologia CO<sub>2</sub> umożliwia zachowanie naturalnych składników o właściwościach antyoksydacyjnych, takich jak:

- tokoferole (witamina E),
- fitosterole,
- polifenole,
- fosfolipidy,
- frakcje terpenoidowe.

## SUROWCE

Związki te pełnią rolę donorów protonów, stabilizując rodniki lipidowe i spowalniając propagację reakcji utleniania. Jednocześnie selektywność CO<sub>2</sub> ogranicza obecność prooksydantów, szczególnie chlorofilu i metali.

Ta kombinacja – wysoka zawartość antyoksydantów i niska zawartość prooksydantów – stanowi kluczowy mechanizm stabilności olejów CO<sub>2</sub>.

### 6. Rola olejów CO<sub>2</sub> jako nośników substancji aktywnych

Substancje czynne o charakterze lipofilnym wykazują zwiększoną podatność na degradację oksydacyjną, dlatego stabilność matrycy lipidowej stanowi jeden z najważniejszych aspektów projektowania formulacji. Oleje CO<sub>2</sub> zapewniają środowisko sprzyjające stabilności API poprzez:

- niskie PV i AnV,
- brak inicjatorów oksydacji,
- zachowany profil antyoksydacyjny,
- wysoką rozpuszczalność związków lipofilnych.

Matryca CO<sub>2</sub> charakteryzuje się wysoką kompatybilnością z substancjami takimi jak witamina K2, witamina D3, koenzym Q10, kurkumina czy estry etylowe omega-3.



### 7. Porównanie technologii pozyskiwania olejów (CO<sub>2</sub> vs tłoczenie na zimno vs rafinacja)

Technologia pozyskiwania olejów roślinnych w sposób zasadniczo kształtuje ich profil oksydacyjny, skład biochemiczny oraz przydatność do zastosowań w farmacji i suplementach diety. Wyróżnia się trzy dominujące metody: tłoczenie na zimno, rafinację oraz ekstrakcję nadkrytycznym CO<sub>2</sub> (SFE-CO<sub>2</sub>). Każda z nich wpływa odmiennie na obecność antyoksydantów, poziom prooksydantów, stabilność oksydacyjną oraz powtarzalność parametrów jakościowych.

**Tłoczenie na zimno** jest technologią minimalnie przetworzoną, jednak wiąże się z istotnymi ograniczeniami. Proces odbywa się w środowisku bogatym w tlen, a dodatkowy wpływ światła i podwyższonej temperatury powoduje inicjację reakcji oksydacyjnych już na etapie produkcji. W surowcu obecne są chlorofile, karotenoidy i śladowe ilości metali, które mogą katalizować kolejne etapy utle-

niania. Duża zmienność surowca roślinnego oraz brak standaryzacji procesu powodują wysoki poziom nieprzewidywalności parametrów PV, AnV i TOTOX.

**Rafinacja oleju** usuwa zanieczyszczenia, metale, chlorofile oraz produkty oksydacji, dzięki czemu olej rafinowany charakteryzuje się wysoką stabilnością oksydacyjną i dłuższą trwałością. Jednak procesy neutralizacji, odkwaszania i dezodoryzacji prowadzą do degradacji naturalnych antyoksydantów, w tym tokoferoli i steroli. Rafinacja minimalizuje obecność prooksydantów, lecz kosztem utraty wartości biologicznej i aktywności funkcjonalnej.

**Ekstrakcja nadkrytycznym CO<sub>2</sub> (SFE-CO<sub>2</sub>)** stanowi kompromis łączący zalety obu metod. Proces przebiega w warunkach beztlennych, w niskiej temperaturze i przy wysokiej selektywności rozpuszczalnika. Umożliwia to pozyskanie oleju o niskiej zawartości produktów oksydacji, z zachowanymi tokoferolami, sterolami i innymi związkami bioaktywnymi, przy jednoczesnym ograniczeniu obecności chlorofili, metali i innych prooksydantów. Oleje CO<sub>2</sub> charakteryzują się również wysoką powtarzalnością partii oraz stabilnym profilem fizykochemicznym, co jest niezwykle istotne w procesach GMP.

Ekstrakcja CO<sub>2</sub> zapewnia oleje o jakości farmaceutycznej, w których zachowana aktywność biologiczna idzie w parze z bardzo wysoką stabilnością oksydacyjną – co czyni tę metodę preferowaną dla formuł softgel, produktów premium oraz substancji aktywnych wrażliwych na degradację.

Tabela 1. Porównanie metod pozyskiwania olejów.

Metoda	Temperatura	Kontakt z tlenem	Stabilność oksydacyjna
Ekstrakcja CO <sub>2</sub>	Niska	Brak	Wysoka
Tłoczenie na zimno	Niska/ umiarkowana	Obecny	Średnia
Rafinacja	Wysoka	Obecny	Zmienna

## 8. Mechanizmy stabilności oksydacyjnej olejów CO<sub>2</sub> – analiza rozszerzona

Stabilność oksydacyjna olejów roślinnych jest determinowana równowagą pomiędzy podatnością kwasów tłuszczowych na utlenianie a obecnością związków antyoksydacyjnych. Procesy oksydacyjne inicjowane są przez wolne rodniki lipidowe, które powstają pod wpływem tlenu, światła i katalizatorów metalicznych. W tradycyjnych metodach pozyskiwania, zwłaszcza tłoczenia na zimno, inicjacja ta następuje już w trakcie produkcji.

Oleje pozyskiwane metodą SFE-CO<sub>2</sub> wykazują wyjątkową odporność na procesy utleniania dzięki synergii trzech kluczowych czynników:

### a. Beztlenowy charakter procesu

Proces ekstrakcji odbywa się w środowisku całkowicie pozbawionym tlenu. CO<sub>2</sub> w stanie nadkrytycznym wypiera tlen z układu, uniemożliwiając powstawanie rodników inicjujących. Dzięki temu PV oleju CO<sub>2</sub> jest bardzo niskie już w momencie pozyskania surowca.

### b. Zachowanie naturalnych antyoksydantów

SFE-CO<sub>2</sub> chroni delikatne składniki bioaktywne, takie jak tokoferole, sterole i polifenole, które pełnią rolę naturalnych inhibitorów utleniania. Obecność tych antyoksydantów znacząco opóźnia fazę propagacji, powodując wolniejsze narastanie produktów wtórnych (AnV).

### c. Selektywność usuwania prooksydantów

CO<sub>2</sub> jest rozpuszczalnikiem niepolarnym, który preferencyjnie wydziela frakcje lipidowe, jednocześnie redukując zawartość chlorofili i karotenoidów. Związki te, obecne w olejach tłoczonych na zimno, są fotoaktywnymi prooksydantami, które zwiększają podatność oleju na utlenienie podczas przechowywania.

Dzięki tym mechanizmom oleje CO<sub>2</sub> wykazują niskie TOTOX oraz wysokie wartości OSI, co przekłada się na ich wyjątkową trwałość w warunkach magazynowych i przyspieszonych testach degradacji.

## 9. Stabilność oksydacyjna olejów CO<sub>2</sub> w kontekście wymagań GMP

W systemach GMP parametry oksydacyjne oleju stanowią krytyczne punkty kontroli (CCP), które determinują bezpieczeństwo, trwałość i zgodność produktu końcowego.

Oleje CO<sub>2</sub> oferują stabilność nieosiągalną dla olejów tłoczonych na zimno, a jednocześnie zachowują naturalne antyoksydanty, których brak w olejach rafinowanych.

Z perspektywy GMP kluczowe znaczenie ma fakt, że:

- surowce CO<sub>2</sub> wykazują niską zmienność pomiędzy partiami,
- proces ekstrakcji jest łatwy do walidacji,
- parametry PV, AnV i TOTOX są stabilne w czasie,
- wysoka stabilność OSI ułatwia przewidywanie trwałości zgodnie z ICH Q1A(R2).

Tym samym oleje CO<sub>2</sub> są surowcami o jakości farmaceutycznej, które pozwalają uprościć proces dokumentacji, zmniejszają ryzyko odrzutu serii i zwiększają przewidywalność produktu w całym cyklu.



## 10. Rola olejów CO<sub>2</sub> jako nośników substancji aktywnych (API)

W technologii farmaceutycznej wybór odpowiedniego nośnika dla substancji czynnej ma kluczowe znaczenie dla stabilności formułacji, biodostępności oraz kinetyki uwalniania. Oleje roślinne stosuje się m.in. w kapsułkach softgel, emulsjach, kroplach doustnych oraz jako nośniki lipofilnych API.

Oleje CO<sub>2</sub> mają przewagę nad innymi typami olejów ze względu na:

- Wysoką czystość chemiczną  
Brak pozostałości rozpuszczalników i niski poziom prooksydantów minimalizują interakcje
- Obecność naturalnych przeciwutleniaczy  
Tokoferole, sterole i polifenole chronią API przed degradacją oksydacyjną. W olejach rafinowanych związki te są w większości usunięte.
- Zwiększoną biodostępność API lipofilnych  
Oleje CO<sub>2</sub> zachowują spójny profil kwasów tłuszczowych, co poprawia rozpuszczalność i absorpcję substancji czynnych takich jak MK-7, Q10 czy D3.
- Zgodność z materiałem opakowaniowym  
Niska zawartość aldehydów i ketonów zmniejsza ryzyko interakcji z żelatyną oraz materiałami polimerowymi.

Dzięki tym właściwościom oleje CO<sub>2</sub> są preferowane w formułacjach premium oraz w produktach, które wymagają długiego okresu trwałości i stabilności API.

## 11. Stabilność kapsułek softgel – znaczenie jakości oleju

Kapsułki softgel stanowią jedną z najbardziej wymagających postaci farmaceutycznych, ponieważ stabilność produktu zależy zarówno od jakości matrycy żelatynowej, jak i od właściwości chemicznych oleju użytego jako nośnik. Degradacja oksydacyjna oleju prowadzi do powstawania aldehydów i ketonów, które mogą reagować z żelatyną, powodując jej twardnienie, pęknięcie lub utratę integralności mechanicznej.

Oleje tłoczone na zimno wykazują wysoki poziom zmienności oksydacyjnej oraz obecność związków prooksydacyjnych, co czyni je surowcami nieoptymalnymi do zastosowania w softgelach. Oleje rafinowane są stabilne, lecz pozbawione naturalnych antyoksydantów, przez co nie zapewniają ochrony API.

Oleje CO<sub>2</sub> natomiast mają następujące zalety:

- niski poziom PV i AnV,
- wysoką zawartość tokoferoli,
- brak kontaktu z tlenem już na etapie produkcji,
- czystość i powtarzalność parametrów.

Dzięki temu kapsułki z olejami CO<sub>2</sub> wykazują wyższą stabilność długoterminową, lepszą integralność żelatyny oraz pełniejszą ochronę API.

## 12. Analiza danych SGGW – stabilność oksydacyjna olejów CO<sub>2</sub>

Analiza czterech olejów roślinnych pozyskanych metodą ekstrakcji nadkrytycznym CO<sub>2</sub> (olej z czarnuszki, ostropestu, wiesiołka i lnu) wykonana na SGGW wykazała, że wszystkie badane próbki charakteryzują się wyjątkowo wysoką stabilnością oksydacyjną, przewyższającą typowe wartości obserwowane dla olejów tłoczonych na zimno.

### a. Liczba nadtlenkowa (PV) – utlenianie pierwotne

Wszystkie próbki wykazywały **bardzo niskie PV**, świadczące o minimalnym stopniu utlenienia w chwili pozyskania oleju:

- ostropest: **1,1 meq O<sub>2</sub>/kg** – poziom referencyjny dla olejów świeżych,
- len: **2,5 meq O<sub>2</sub>/kg**,
- wiesiołek: **5,13 meq O<sub>2</sub>/kg**,
- czarnuszka: **13,8 meq O<sub>2</sub>/kg** – wyższe, lecz zgodne z naturą surowca bogatego w tymochinon.

Wszystkie wyniki pozostają znacznie poniżej limitu Codex Alimentarius (15 meq O<sub>2</sub>/kg) dla olejów nierafinowanych.

Czasy indukcji OSI wskazują na wyjątkową odporność na utlenianie:

- czarnuszka: **14,46 h**,
- ostropest: **10,92 h**,
- wiesiołek: **6,51 h**,
- len: **6,12 h**.

Dla porównania, oleje tłoczone na zimno z tych samych gatunków wykazują zwykle 2–4 razy niższe OSI.



### b. Wpływ profilu PUFA

Pomimo wysokiej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), badane oleje CO<sub>2</sub> wykazują wyższą stabilność oksydacyjną niż ich odpowiedniki cold-press. Efekt ten wynika z beztlenowego charakteru procesu ekstrakcji, niskiej temperatury oraz zachowania naturalnych antyoksydantów, które odgrywają kluczową rolę w ochronie struktur lipidowych.

### c. Trwałość przechowalnicza

Na podstawie PV, OSI i liczby kwasowej SGGW rekomenduje:

- 10–13 miesięcy trwałości dla olejów lnianego i ostropestowego,
- 11–12 miesięcy dla czarnuszki i wiesiołka.

Wszystkie oleje spełniają kryteria Codex Alimentarius i wykazują stabilność charakterystyczną dla produktów wysokiej czystości.

Oleje zimnotłoczone w analogicznych warunkach wykazują kilkukrotnie szybszą degradację oksydacyjną. Dane te jednoznacznie potwierdzają, że oleje CO<sub>2</sub> są stabilnymi surowcami o wysokim potencjale farmaceutycznym.

Tabela 2. Zestawienie parametrów stabilności czterech olejów CO<sub>2</sub> (SGGW)

Olej (CO <sub>2</sub> )	OSI (h)	PUFA (%)	Profil kwasów tłuszczowych	Komentarz stabilności	Rekomendowana trwałość (SGGW)
Czarnuszka	14,46	~60%	Omega-6 dominująca + tymochinon	najwyższa stabilność	11 mies.
Ostropest	10,92	~65%	Omega-6 dominująca	bardzo stabilny	12 mies.
Wiesiołek	6,51	~75%	bardzo wysoka omega-6 (GLA)	bardzo dobra jak na wysoki PUFA	12 mies.
Len	6,12	~72%	bardzo wysoka omega-3 (ALA)	wyjątkowo dobra stabilność przy wysokim PUFA	10 mies.

Wartość OSI oleju z czarnuszki CO<sub>2</sub> wskazuje na potencjalnie dłuższą trwałość niż zalecane 11 miesięcy. Konserwatywna rekomendacja SGGW wynika z przyjętej metodologii i nie odzwierciedla pełnego potencjału stabilności tego oleju.

### 13. Interpretacja parametrów PV, AnV i TOTOX

Oleje tłoczone na zimno często charakteryzują się wysokim PV i AnV,



co świadczy o rozpoczętych procesach oksydacji. Oleje rafinowane mają zwykle niskie PV, lecz brak w nich naturalnych antyoksydantów, co utrudnia ochronę API.

Oleje CO<sub>2</sub>, dzięki beztlenowemu procesowi i zachowaniu tokoferoli, wykazują najniższe PV i AnV spośród olejów niepoddanych rafinacji. TOTOX pozostaje niski zarówno w świeżych próbkach, jak i po długim przechowywaniu, co czyni je idealnymi nośnikami substancji aktywnych.

### 14. Najważniejszy wniosek

Oleje pozyskane metodą CO<sub>2</sub> charakteryzują się wyjątkowo niskim poziomem utlenienia pierwotnego i wysoką odpornością oksydacyjną, co jednoznacznie potwierdza ich przewagę technologiczno-jakościową nad olejami tłoczonymi na zimno.

Stanowią tym samym idealny surowiec dla przemysłu farmaceutycznego i suplementacyjnego, zwłaszcza tam, gdzie stabilność lipidów ma kluczowe znaczenie dla trwałości i bezpieczeństwa formulacji.

### 15. Trendy rynkowe 2024–2030 – przyszłość olejów CO<sub>2</sub>

Sektor farmaceutyczny i suplementacyjny wykazuje dynamiczny wzrost zainteresowania lipidami o wysokiej stabilności oksydacyjnej. Do najważniejszych trendów należą:

#### Wzrost zapotrzebowania na nośniki API lipofilnych

Wzrost liczby preparatów z witaminami D3, K2, kurkuminoïdami i Q10 zwiększa popyt na stabilne oleje.

#### Regulacje EFSA i nacisk na jakość lipidów

Rosnące standardy dotyczące czystości i stabilności sprzyjają technologii CO<sub>2</sub>.

#### Automatyzacja ekstrakcji CO<sub>2</sub>

Nowoczesne instalacje umożliwiają szybkie skalowanie i bardzo wysoką powtarzalność partii.

#### Wzrost rynku softgeli i emulsji doustnych

Stabilność oksydacyjna surowców stanie się jednym z kluczowych parametrów konkurencyjnych.

#### Trend clean label

Eliminacja syntetycznych antyoksydantów na rzecz naturalnych stanowi obecnie standard – oleje CO<sub>2</sub> spełniają te wymagania bez dodatków.

Podsumowując, lata 2024–2030 będą okresem intensywnego wzrostu technologii CO<sub>2</sub>, a oleje pozyskiwane tą metodą staną się fundamentem nowoczesnych formulacji farmaceutycznych. ■

#### Bibliografia:

1. Codex Alimentarius. Standard for Named Vegetable Oils. CODEX-STAN 210-1999.

2. Martínez ML, et al. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of vegetable oils: A review. Food Research International. 2018;109:676–689.
3. Temelli F. Perspectives on supercritical fluid processing of fats and oils. J Supercrit Fluids. 2009;47(3):583–590.
4. Flider F. Oxidation of edible oils: mechanisms, products and measurement. AOCS Press; 2021.
5. Shahidi F, Zhong Y. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. J Food Sci. 2010;75(8):R1–7.
6. McClements DJ. Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques. CRC Press; 2015.
7. Warner K, Gupta M. Tocopherol content and oxidative stability of vegetable oils. J Am Oil Chem Soc. 2005;82:567–573.
8. Ratusz K, Popis E, et al. Evaluation of oxidative stability of selected cold-pressed oils. Eur J Lipid Sci Technol. 2016;118(3):1–11.
9. SGGW – Wyniki badań olejów pozyskiwanych metodą CO<sub>2</sub> (raporty 2023).
10. Frankel EN. Lipid Oxidation. 2nd ed. Woodhead Publishing; 2012.
11. EFSA Scientific Committee. Guidance on the assessment of the biological relevance of data in food safety. EFSA Journal. 2017;15(8):1–42.
12. ICH Q1A(R2): Stability Testing of New Drug Substances and Products.
13. Hamilton RJ, Cast J. Rancidity in Foods. Springer; 2017.
14. Mozzon M, et al. Supercritical CO<sub>2</sub> extracted oils: quality and stability. J Sci Food Agric. 2020;100:3562–3570.
15. Pokorny J, et al. Lipid oxidation in oils rich in polyunsaturated fatty acids. Eur J Lipid Sci Technol. 2012;114:575–582.

Reklama

## Naturalne wsparcie dobrego samopoczucia i zdrowia całego organizmu

Superba Krill dostarcza unikalne połączenie fosfolipidowych kwasów omega-3 (EPA i DHA), cholicy oraz astaksantyny — w wyjątkowej formie fosfolipidowej.

Skuteczność potwierdzają ponad 50 badań klinicznych z udziałem ludzi oraz ponad 135 publikacji naukowych.

**SUPERBA**Krill® **AKER BIOMARINE**