



## 1 Einführung

Warum leiden Eskimos weniger an Herz-Kreislauferkrankungen trotz unzureichender Aufnahme von Obst und Gemüse? Der Grund dafür ist einleuchtend: Der erhöhte Anteil mariner Omega-3-Fettsäuren in der Nahrung ist dafür verantwortlich. Jedoch trifft eine fischreiche Ernährung nicht immer den Geschmack der Verbraucher. Eine Alternative bieten pflanzliche Quellen für Omega-3-Fettsäuren. Beispielhaft wurde deshalb aus Leinsamen die Omega-3-Fettsäure  $\alpha$ -Linolensäure gewonnen. Hierzu wurde die reaktive Fettsäure durch das schonende Verfahren der Extraktion mit verdichtetem Kohlendioxid angereichert. Dieser industrielle Prozess zeichnet sich durch hohe Selektivität, Sauerstoffausschluss und milde Temperaturen aus.

### 1.1 Die $\omega$ -3-Fettsäuren

Die Omega-3-Fettsäuren haben eine Doppelbindung am dritten C-Atom. Unter diese Gruppe von Fettsäuren fallen die  $\alpha$ -Linolensäure, die Eicosapentaensäure, die Culpandonsäure und die Docosahexaensäure.

Die  $\alpha$ -Linolensäure kann gespeichert, zur Energiegewinnung oxidiert oder gemäß dem sogenannten n3- Weg im Körper umgewandelt (Abb. 1) werden. Dabei entsteht aus der  $\alpha$ -Linolensäure die Eicosapentaensäure (EPA) und die Docosahexaensäure (DHA). [1]

Die EPA ist Ausgangssubstanz für die Bildung bestimmter Eicosanoide (Abb. 1). Man nimmt an, dass diese Substanzen z. B. entzündungshemmend wirken und den Blutdruck senken. Deshalb ist ein Einsatz der Omega-3-Fettsäuren zur Prävention von koronaren Herzerkrankungen und bei rheumatischen Beschwerden denkbar. [1]

Die Docosahexaensäure (DHA) reichert sich v. a. in Hirn und Retina an und ist Ausgangssubstanz von Docosanoiden. Die DHA spielt besonders bei der neuronalen und visuellen Entwicklung von Feten und Kleinkindern eine wichtige Rolle [2].

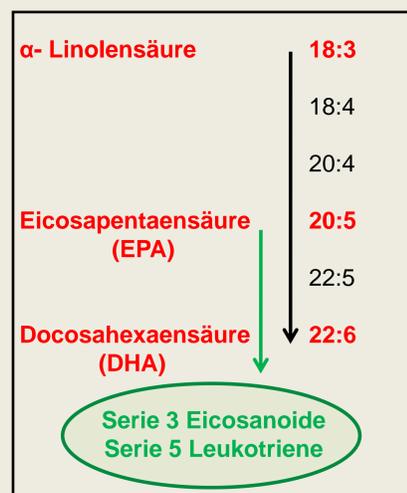


Abb. 1: Der n3-Weg

### 1.2 Das Prinzip der Hochdruckextraktion mit CO<sub>2</sub>

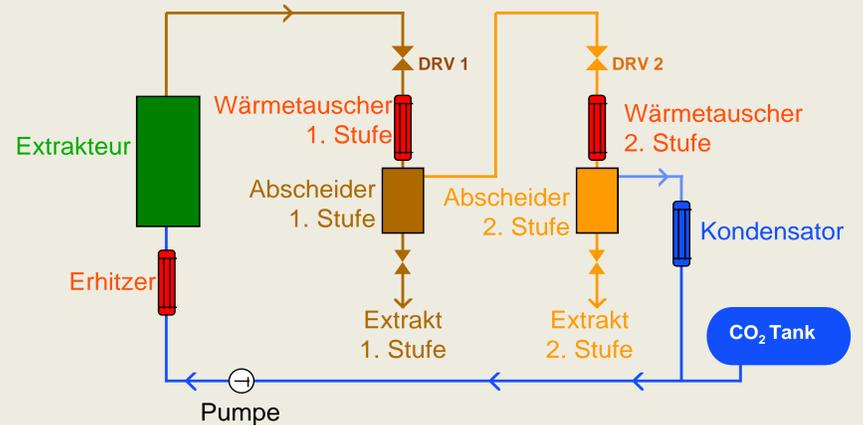


Abb. 2: Fließschema der CO<sub>2</sub>-Extraktionsanlage

Das CO<sub>2</sub> wird im flüssigen Zustand angesaugt, von der Pumpe auf Extraktionsdruck gebracht und im Erhitzer temperiert, bevor es anschließend den Extrakteur durchströmt und sich mit Extrakt belädt.

Das beladene Gas entspannt sich am Druck Regel Ventil 1 (DRV 1) auf den Druck der 1. Abscheidestufe. Wegen der nun geringeren Löslichkeit fallen Teile der gelösten Substanzen aus und werden im Abscheider 1 gesammelt. Am DRV 2 wird der Druck nochmal vermindert. Dabei fallen die noch in der 1. Stufe gelösten Substanzen aus, und werden im Abscheider 2 aufgefangen.

Das nunmehr regenerierte Lösungsmittel wird dann in einem Kondensator verflüssigt, unterkühlt und mit der CO<sub>2</sub>-Pumpe wieder umgewälzt (Abb. 2).

## 2 Ergebnisse

### 2.1 Vorzüge von CO<sub>2</sub> als Extraktionsmittel

CO<sub>2</sub> ist ein unpolares Lösungsmittel und somit geeignet zur Extraktion von unpolaren Fetten, Ölen und Wachsen. Die Extraktion mit CO<sub>2</sub> bietet im Gegensatz zu klassischen Separationstechniken, wie der Verwendung anorganischer Lösungsmittel oder dem Pressen von Ölfrüchten, viele Vorteile [3]:

- Durch den Ersatz von organischen Lösungsmitteln verbleiben keine bedenklichen Lösungsmittelrückstände in den Produkten.
- Der Prozess ist wegen der moderaten Temperaturen und der sauerstofffreien Atmosphäre besonders produktschonend.
- Das Lösungsmittel CO<sub>2</sub> ist nicht brennbar oder explosiv und steht in großen Mengen zu günstigen Konditionen zur Verfügung.
- Durch die Möglichkeit der fraktionierenden Abscheidung können unterschiedliche Extrakte in einem Extraktionsschritt gewonnen werden.



Deshalb wurde das Verfahren der Extraktion mit überkritischem CO<sub>2</sub> zur Gewinnung der  $\alpha$ -Linolensäure aus Leinsamen gewählt.

### 2.2 Die Extraktionsparameter

Die Parameter Druck, Temperatur und Durchfluss beeinflussen Löslichkeit und Ausbeuten bei der Hochdruckextraktion mit CO<sub>2</sub>.

Ziel war es, die optimalen Extraktionsbedingungen zur Anreicherung der  $\alpha$ -Linolensäure aus Leinsamen zu ermitteln. Dazu wurde mit Drücken von 200, 250 und 300 bar und Temperaturen von 0, 10, 20 und 40 °C gearbeitet. Zur Festlegung des optimalen Lösungsmitteldurchsatzes wurden in zeitlichen Abständen Proben genommen. Der Gehalt der  $\alpha$ -Linolensäure in den jeweiligen Proben wurde gaschromatographisch analysiert. Als Vergleichssubstanz wurde ein handelsübliches, durch Pressen erzeugtes Leinöl herangezogen (Tab. 1).

Durch die Extraktion einer Probenmenge von 60 g gemahlenem Leinsamen bei 200 bar/0 °C und nach einem Durchsatz von 2 kg CO<sub>2</sub> gelang es, den mit 62 % höchsten Gehalt an  $\alpha$ -Linolensäure im Extrakt zu erreichen.

Tab. 1: Vergleich zwischen den Leinölen

Kennzeichen	Leinöl Presse	Leinöl CO <sub>2</sub> -Extraktion
Gehalt an Fettsäuren [%]	91,33	90,94
Gehalt an $\alpha$ -Linolensäure [%]	57,47	61,78
Gehalt an freien Fettsäuren [%]	0,98	< 0,50
Gardner Farbzahl (GZ)	12	3



Abb. 3: Farbvergleiche der Leinöle (jeweils v. l. o. Bleichung, 2x unterschiedliche Bleicherden)

### 2.3 Die Gardner Farbzahl (GZ)

Bei der Verwendung von Extrakten als Zusatzstoff in Lebensmitteln, ist ein möglichst farbloses Erscheinungsbild gewünscht.

Die Farbintensität der Produkte wurde mit der Gardner Farbzahl bestimmt. Dabei stellte sich heraus, dass sämtliche CO<sub>2</sub>-Extrakte eine geringere Färbung als das Öl aus der Presse haben (GZ < 10). Durch den zusätzlichen Einsatz von Bleicherden im Extraktionsverfahren konnte ein fast farbloser Extrakt hergestellt werden (Abb. 3). Das spezielle, patentierte online-Verfahren ermöglicht die Extraktion und die Bleichung von Substanzen innerhalb eines Prozessschrittes.

## 3 Schlussfolgerung

Durch die Extraktion mit CO<sub>2</sub> unter optimierten Bedingungen gelingt die Produktion und Anreicherung hochwertiger Substanzen, wie hier für die Omega-3-Fettsäuren beschrieben. Einer der entscheidenden Vorteile des Prozesses mit überkritischem CO<sub>2</sub> liegt in der Änderung der Löslichkeit durch Variation der Extraktionsparameter. Zusätzliche Möglichkeiten zur Beeinflussung der Produkte bietet das Verfahren durch die Zugabe bestimmter wirksamer Komponenten wie Schleppmittel oder Bleicherden.

[1] Biesalski, H. K.; Grimm, P. (2002): Taschenatlas der Ernährung. Georg Thieme Verlag, Stuttgart  
 [2] Shahidi, A.; Fereidoon, P. (2001): Omega-3 fatty acids. American Chemical Society Book Department, Washington, DC.  
 [3] Stahl, E.; Quirin, K.-W.; Gerard, D. (1987): Verdichtete gase zur Extraktion und Raffination. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg