



UFOP-SCHRIFTEN | RAPSÖL & ERNÄHRUNG

# ABSCHLUSSBERICHT

Pflanzenöle als potenzielle Quellen für Vitamin D

**Autorinnen**

Corinna Brandsch und Anja-Christina Baur

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften,  
Von-Danckelmann-Platz 2, 06120 Halle (Saale)

## **Pflanzenöle als potenzielle Quellen für Vitamin D**

Corinna Brandsch und Anja-Christina Baur  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften  
Von-Danckelmann-Platz 2, 06120 Halle (Saale)

### **Zusammenfassung**

In Deutschland weist ein hoher Prozentsatz der Bevölkerung einen suboptimalen Vitamin D-Status auf. Vitamin D kann zwar in der Haut endogen aus Vorstufen durch UV-Licht gebildet werden, jedoch ist die Eigensynthese jahreszeitlich eingeschränkt oder durch die Verwendung von Sonnenschutzmitteln inhibiert. Deshalb ist die Bevölkerung in hohem Maße auch auf die alimentäre Zufuhr von Vitamin D angewiesen. Da unsere Lebensmittel -mit Ausnahme von fettreichem Seefisch- nur wenig Vitamin D enthalten, werden alternative lebensmittelbasierte Strategien gesucht, die Versorgung der Bevölkerung mit Vitamin D zu verbessern. Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass handelsübliche Pflanzenöle natürlicherweise zwar sehr wenig Vitamin D<sub>2</sub> und D<sub>3</sub> enthalten, aber teilweise hohe Gehalte an den Vitamin D-Vorstufen Ergosterol und 7-Dehydrocholesterol (7-DHC). Unter den analysierten Ölen hatten Weizenkeimöle die mit Abstand höchsten Konzentrationen an 7-DHC (638 – 669 ng/g). Die Ergosterolgehalte erwiesen sich am höchsten in Weizenkeimölen (22 – 34 µg/g) und einem Avocadoöl (23 µg/g), gefolgt von Sonnenblumen-, Soja-, Raps- und Leinölen (4,1 bis 17,4 µg/g). Die Behandlung der Öle mit UVB-Licht induzierte die Bildung von Vitamin D<sub>2</sub> und D<sub>3</sub>, die in Weizenkeimölen am höchsten ausfiel. Nach 10 minütiger UVB-Exposition wies Weizenkeimöl Vitamin D<sub>2</sub>-Gehalte von 1035 ng/g und Vitamin D<sub>3</sub>-Gehalte von 37 ng/g auf. Es konnte gezeigt werden, dass die Effizienz der UV-induzierten Vitamin D-Bildung von der Konzentration der Vitamin D-Vorstufen, der UV-Expositionszeit und der Schichtdicke des Öls abhing. Die Qualität des Öls (Fettsäurezusammensetzung, Säure- und Peroxidzahl, Tocopherolgehalte, Sensorik) wurde durch die UV-Exposition kaum beeinflusst. Bei Erhitzung der UV-behandelten Öle auf 100°C nahmen die Vitamin D-Gehalte weiter zu. Eine thermische Behandlung von 180°C verminderte hingegen sowohl die Vitamin D-Gehalte als auch die Qualität des Öls. Wurden die UV-behandelten Öle bis zu 4 Wochen bei Raumtemperatur gelagert, stiegen die Vitamin D-Gehalte weiter an.

Die Daten liefern erste Ergebnisse, auf deren Basis Konzepte für eine Anreicherung von Lebensmitteln mit Vitamin D generiert werden könnten. Außerdem könnten UV-

behandelte Öle als Quelle für die technische Isolierung von Vitamin D genutzt werden.

## Summary

### *Plant oils as a potential source of vitamin D*

A high percentage of the German population has an insufficient vitamin D status. Although vitamin D can be synthesized in skin from precursors via UV irradiation, the endogenous synthesis is limited due to seasonal variations of UV radiation and use of sunscreens. Thus, many individuals depend on vitamin D intake from foods. Since most foods - except fatty fish from sea - contain only small amounts of vitamin D, alternative food-based strategies are required to improve the vitamin D status of the population. The current investigations have shown that commercial plant oils are characterized by high amounts of the vitamin D precursor molecules ergosterol and 7-dehydrocholesterol (7-DHC), although the amounts of vitamin D are very low. Among the analyzed oils wheat germ oil had the highest 7-DHC concentrations (638 – 669 ng/g). Ergosterol was highest in wheat germ oils (22 – 34 µg/g) and an avocado oil (23 µg/g), followed by sunflower, soy, rape and linseed oils (4.1 – 17.4 µg/g). UV radiation of oils induced the formation of vitamin D<sub>2</sub> and D<sub>3</sub> with highest rates in wheat germ oil. After 10 min exposure to UV light wheat germ oil contained 1035 ng/g vitamin D<sub>2</sub> and 37 ng/g vitamin D<sub>3</sub>. Analysis revealed that the efficiency of the UV induced vitamin D synthesis depended on the concentration of the precursors, the time of exposure and the layer thickness of the oil during the exposure.

The quality of the oil (fatty acid composition, acid and peroxide value, tocopherole concentrations, sensory features) remained virtually unchanged by UV exposure. Heat treatment of UV exposed oils at 100°C lead to further increases of vitamin D, whereas heating at 180°C diminished vitamin D concentrations and quality of the oil. Storage of UV exposed oils up to 4 weeks at ambient temperature increased vitamin D concentrations.

Our data provide a basis for further concepts to enrich foods with vitamin D. Moreover, UV exposed oils might be a good source for vitamin D isolation at large scale.

## 1. Einleitung

Vitamin D nimmt eine Sonderstellung unter den Vitaminen ein, da es durch UVB-Strahlung auch endogen in der Haut aus seiner Vorstufe 7-Dehydrocholesterol (7-DHC) gebildet werden kann. Diese thermische Umwandlung unterliegt allerdings jahreszeitlichen Schwankungen; in unseren Breitengraden ist die endogene Vitamin D-Synthese aufgrund des Sonnenstandes nur zwischen April und September möglich. Außerdem verbringen die Menschen durch den modernen Lebensstil zunehmend einen Großteil ihrer Zeit in geschlossenen Räumen, so dass auch während der Sommermonate eine effiziente Vitamin D-Synthese nicht möglich ist. Schließlich beeinträchtigen diverse Sonnenschutzmittel die Bildung von Vitamin D. In Deutschland weisen etwa 62% der Jungen und 64% der Mädchen zwischen 1 und 17 Jahren sowie 57% bzw. 58% der 18- bis 79jährigen Männer bzw. Frauen einen suboptimalen Vitamin D-Status auf (LINSEISEN et al. 2011, HINTZPETER et al. 2008). Wird der Vitamin D-Bedarf über die endogene Synthese nicht gedeckt, muss Vitamin D über die Nahrung oder über Nahrungsergänzungsmittel zugeführt werden. Allerdings ist die derzeitige Vitamin D-Aufnahme über Lebensmittel äußerst gering. Die durchschnittliche tägliche Aufnahme an Vitamin D liegt mit 2-4 µg weit unterhalb der Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) von 20 µg. Eine wesentliche Ursache hierfür ist, dass nur sehr wenige Lebensmittel nennenswerte Gehalte an Vitamin D aufweisen. Fettreiche Seefische, die zu den besten Vitamin D-Quellen gehören, werden in der Regel nur in sehr geringen Mengen verzehrt. Daher ist man derzeit auf der Suche nach alternativen Quellen oder Technologien zur Anreicherung von Nahrungsmitteln mit Vitamin D. Hierbei ist die Aufnahme von Vitamin D über Nahrungsmittel der reinen Vitamin-Supplementierung vorzuziehen, da größere Bevölkerungsgruppen erreicht werden können und das Fett im Lebensmittel die Vitamin D-Absorption gleichzeitig begünstigt. Neuere Untersuchungen zeigen, dass in zahlreichen Nutzpflanzen Vitamin D-Vorstufen vorkommen und einige Pflanzen sogar endogen Vitamin D bilden können (JÄPELT und JAKOBSEN, 2013). Diese Fähigkeit wurde bei einzelnen Nachtschattengewächsen, Süßgräsern, Leguminosen und Kürbisgewächsen nachgewiesen. Eigene Voruntersuchungen ergaben, dass auch Kreuzblütengewächse und Leingewächse Vitamin D bzw. Vorläufermoleküle bilden können. So konnten in Ölen von Raps- und Leinsamen Ergosterol und in geringen Mengen auch Vitamin D<sub>2</sub> gemessen werden. Eine 1-stündige Exposition einer Rapsölprobe mit UVB-Licht erhöhte die Vitamin D<sub>2</sub>-Konzentration um das etwa 1000-fache (von 1,3 ng/g auf 1,4 µg/g). Eine UVB-Exposition von Olivenöl führte zu einem wesentlich geringeren Anstieg der Vitamin D<sub>2</sub>-Konzentration (von 4,6 ng/g auf 63 ng/g). Die Fähigkeit von

Nutzpflanzen zur Synthese von Vitamin D-Vorstufen ist nur unzureichend beschrieben und bislang weitestgehend unerforscht.

Im vorliegenden Projekt wurden verschiedene handelsübliche Pflanzenöle auf ihre Gehalte an Vitamin D-Vorstufen und Vitamin D<sub>2</sub> und D<sub>3</sub> analysiert. Um Variationen im D-Vitameren-Gehalt einer Pflanzenölarart zu erfassen, wurden Öle verschiedener Hersteller untersucht. Außerdem wurden Öle ausgewählt, die mit unterschiedlichen Technologien gewonnen wurden, um einen möglichen Einfluss der Herstellungsverfahren erfassen zu können. In nachfolgenden Untersuchungen wurden Pflanzenöle UVB-Licht ausgesetzt, um zu testen, in wie weit sich die Vitamin D-Vorstufen zu Vitamin D umwandeln lassen. Hierfür wurde jeweils ein Öl mit niedrigem, mittlerem und hohem Gehalt an Ergosterol (von D<sub>2</sub>) und 7-DHC (von D<sub>3</sub>) ausgewählt. Durch Modifikation von Bestrahlungsdauer, Temperatur und Abstand zur Strahlenquelle konnten optimale Bedingungen für eine effiziente Vitamin D-Synthese ermittelt werden. UV-exponiertes Weizenkeimöl wurde schließlich hinsichtlich Fettsäurezusammensetzung, Säurezahl, Peroxidzahl, Tocopherolgehalt und Sensorik näher charakterisiert, um Informationen über mögliche oxidative Prozesse zu erhalten. Die Stabilität der UV-exponierten Öle bzw. des gebildeten Vitamin D wurde untersucht, in dem die Vitamin D-Gehalte und Biomarker der Oxidation von gelagerten und erhitzte Ölen mit denen von frischen Ölen verglichen wurden.

## **2. Material und Methoden**

Im 1. Teil des Projektes wurden insgesamt 8 verschiedene Pflanzenöle auf ihren Gehalt an D-Vitameren analysiert, wobei je Öl mindestens 3 Varianten verschiedener Hersteller beprobt wurden (siehe Tab. 1). Es wurden Öle ausgewählt, die entweder kaltgepresst oder extrahiert und raffiniert wurden. Unter den kaltgepressten Ölen gab es Vertreter, die den Zusatz „nativ“, „bio“ bzw. „konventionell“ hatten. Die Lagerung der Öle bis zur Analytik erfolgte bei 4°C im Dunkeln, nach dem Öffnen wurden die Öle mit Stickstoff begast.

Um Aussagen über die Variabilität der durch UVB-Exposition induzierbaren Vitamin D-Bildung treffen zu können, wurden im 2. Teil des Projektes 3 Öle mit unterschiedlichen Gehalten an Vitamin D-Vorstufen ausgewählt und mit UVB-Licht für 4 bzw. 8 min behandelt. Rapsöl diente als Öl mit vergleichsweise geringen Gehalten an Vitamin D-Vorstufen, Avocadoöl als Öl mit mittleren Gehalten und Weizenkeimöl als Öl mit hohen Gehalten. Anschließend wurde die Effektivität

unterschiedlicher Expositionszeiten auf den Vitamin D-Gehalt in Weizenkeimöl untersucht, da dieses die höchsten Gehalte an Ergosterol und 7-DHC aufwies. Schließlich wurde geprüft, ob eine 10-minütige UVB-Exposition die Qualität des Öls beeinträchtigt. Neben den Gehalten der D-Vitamine wurden hierfür die Fettsäurezusammensetzung, Peroxid- und Säurezahl und die Tocopherolgehalte analysiert. Die Analysen wurden durch sensorische Tests ergänzt.

Im 3. Teil des Projektes sollte untersucht werden, wie stabil das mittels UVB-Licht induzierte Vitamin D bei Erhitzung und bei Lagerung ist, bzw. ob die Qualität von UVB-exponiertem Öl unter diesen Bedingungen stärker beeinträchtigt ist als von UVB-unbehandeltem Öl. Hierfür wurde sowohl unbehandeltes als auch UVB-exponiertes Weizenkeimöl über 10 min bei 100°C (Kochtemperatur) und 180°C (Brattemperatur) erhitzt. Für die Lagerstudien wurden Proben des Weizenkeimöls einen Tag, 2 und 4 Wochen nach UVB-Exposition analysiert. Die Lagerung erfolgte bei Raumtemperatur (RT). Als Kontrolle wurden jeweils Proben der gleichen Charge ohne vorherige UVB-Exposition mitgeführt. Es wurden wieder die Gehalte der Vitamin D-Metaboliten, das Fettsäuremuster, Peroxid- und Säurezahl sowie die Tocopherolgehalte analysiert und sensorische Tests durchgeführt.

### **UVB-Exposition von Ölen**

Die Exposition der Öle erfolgte bei RT unter Stickstoffbegasung mit UVB-Licht in einem Wellenlängenbereich von 290-320 nm mittels einer UV-B-Lampe (UV-Intensität: 650  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , UV-8M, Herolob GmbH, Wiesloch, Deutschland). Zunächst erfolgte die Exposition in Petrischalen mit je 1 ml Öl bei einer Schichtdicke von 1,0 mm über 4 bzw. 8 min. In einem größeren Ansatz (50 ml) wurde Weizenkeimöl bei einer Schichtdicke von 3,2 mm für 4, 8 bzw. 10 min mit UVB-Licht behandelt. Für die Untersuchungen zum Einfluss von Exposition, Lagerung und Erhitzen auf die Qualität wurden jeweils 50 ml Öl bei einer Schichtdicke von 1,6 mm für je 10 min dem UV-Licht ausgesetzt, wobei diese Proben während der Exposition mittels Magnetrührer permanent gerührt und mit Stickstoff begast wurden. Der Abstand zwischen Öl und UV-Lampe betrug 10 (1 ml-Ansatz) bzw. 13 cm (50 ml-Ansatz).

### **Bestimmung von 7-DHC, Ergosterol, D<sub>2</sub> und D<sub>3</sub> in Ölen**

Die Quantifizierung von 7-DHC, Ergosterol, D<sub>2</sub> und D<sub>3</sub> erfolgte in Anlehnung an die Amtliche Methode (§35 LMBG (2001), 00.00-61, entspricht DIN EN 12821). Zunächst erfolgte eine definierte Probeneinwaage und Zugabe von internen deuterierten (deut.) Standards (deut. 7-DHC, deut. D<sub>2</sub>, deut. D<sub>3</sub>). Anschließend

wurden Kaliumhydroxid, Ascorbinsäure, Natriumsulfid und Ethanol zugegeben und zur Verseifung über Nacht im Orbitalshaker nach N<sub>2</sub>-Begasung inkubiert. Am nächsten Tag erfolgte eine 3-malige Extraktion mit n-Hexan. Die Überstände in der Hexanphase wurden 4-mal mit Reinstwasser gewaschen. Danach wurden die Proben bis zur Trockene eingeeengt. Die resultierenden Rückstände wurden in einem Hexan-Isopropanol-Gemisch (99+1) gelöst und mittels Normalphasen-Hochleistungsflüssigkeitschromatographie mit UV-Detektion (HPLC, Agilent 1100, LiChrospher® Si 60-Säule (250 x 4,0 mm, 5 µm), Agilent Technologies, Waldbronn, Deutschland) fraktioniert. Die entsprechenden Fraktionen wurden bis zur Trockene eingeeengt und die Rückstände mit PTAD-Lösung zur Derivatisierung (30 min bei RT, 30 min bei 4°C) gelöst. Nach Zugabe von Ethanol und Inkubation bei RT für 20 min wurden die Proben abermals abgedampft. Die Rückstände wurden in 32 µl Methanol gelöst, mit 8 µl Ammoniumformiat (10 mM) gemischt und mittels HPLC (Agilent 1100) mit Hypersil ODS-Säule (150 x 2,0 mm, 5 µm, VDS Optilab Chromatographie Technik GmbH, Berlin, Deutschland) gekoppelt an ein API 2000 Massenspektrometrie-System (Applied Biosystems, Darmstadt, Deutschland) auf die Gehalte an Vitamin D-Metaboliten analysiert. Es wurde ein Laufmittelgemisch bestehend aus Laufmittel A (1 mM Methylamin in Acetonitril) und Laufmittel B (1 mM Methylamin und 5 mM Ammoniumformiat in Acetonitril + Wasser, 1+1, v+v) eingesetzt. Detektiert wurde mittels *Multiple-Reaktion-Modus* (MRM). Die Auswertung der Chromatogramme erfolgte mittels entsprechender Software (Analyst 1.4.2; Applied Biosystems). Die Nachweisgrenze betrug für Ergosterol, 7-DHC, Vitamin D<sub>2</sub> und D<sub>3</sub> jeweils 4,3 ng/g. Der Variationskoeffizient (10-Fachbestimmung) betrug 4,4% für die Bestimmung von Ergosterol bei einer Konzentration von 2,9 µg/g und 12,9% für die Bestimmung von 7-DHC bei einer Konzentration von 10,9 ng/g.

### **Bestimmung der Fettsäurezusammensetzung**

Die Fettsäurezusammensetzung wurde in ausgewählten Ölen vor und nach UVB-Exposition untersucht. Nach Methylierung der Proben mit Trimethylsulfoniumhydroxid wurden diese an einem Gaschromatographen (Shimadzu 2010, Shimadzu Deutschland GmbH, Duisburg, Deutschland) analysiert. Die Proben wurden automatisch on-column injiziert, mittels einer polaren Kapillarsäule (DB-23, J & W Scientific, Folsom, USA) aufgetrennt und durch Flammenionisation detektiert. Die Identifizierung der Fettsäuren erfolgte durch Vergleich der Retentionszeiten mit denen von Standards.

## **Vitamin E-Bestimmung**

Der Gehalt an Tocopherolen wurde in ausgewählten Ölen vor und nach UVB-Exposition mittels HPLC (Agilent 1100) ermittelt (BALZ et al., 1993). Dazu wurden die Öle mit Hexan verdünnt und auf eine Normalphasen-HPLC mit Silicium-Säule (LiChrospher Si 60, 250 mm x 4 mm mit Vorsäule 4 x 4 mm, Agilent Technologies) aufgetragen. Als Eluent wurde ein Gemisch aus Hexan und Isopropanol (99+1, v+v) eingesetzt. Die Tocopherole wurden mittels Fluoreszenzdetektion quantifiziert (Emission: 295 nm, Excitation: 330 nm).

## **Bestimmung von Säurezahl und Peroxidzahl**

Säure- und Peroxidzahl wurden mittels amtlicher Methoden bestimmt (DGF Einheitsmethode, C-V 2 (81), 1994; Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach §64 LFGB, 13.00-37, 2002).

## **Sensorik**

Die Prüfung der Sensorik wurde von der ÖHMI Analytik GmbH (Magdeburg) durchgeführt. Es wurden Geschmack, Farbe, Transparenz und Geruch bei jeweils 40°C nach DGF-Einheitsmethode CII 1(14) bewertet und eine Rangordnung nach Geschmack erstellt (DIN ISO 8587). Insgesamt wurden zwei sensorische Prüfungen in Auftrag gegeben.

## **3. Ergebnisse**

### **Vergleichende Charakterisierung von handelsüblichen Pflanzenölen hinsichtlich ihrer Gehalte an D-Vitaminen**

Die Gehalte an Vitamin D<sub>2</sub> und D<sub>3</sub> lagen bei den insgesamt 24 analysierten Ölen generell unter der Nachweisgrenze. Die Gehalte an den Vitamin D-Vorstufen Ergosterol und 7-DHC sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Ergosterolkonzentrationen lagen stets um ein Vielfaches höher als die 7-DHC-Konzentrationen. Die höchsten Ergosterolkonzentrationen wiesen die drei untersuchten Weizenkeimöle auf, sowie ein Avocadoöl für die topische Applikation. Die getesteten Sonnenblumen-, Soja-, Raps- und Leinöle hatten Ergosterolgehalte im Bereich von 4,1 bis 17,4 µg/g, während Oliven- und Kürbiskernöl die niedrigsten Gehalte aufwiesen (meist < 2 µg/g). Die beiden anderen Avocadoöle hatten Gehalte von 4,2 und 7,8 µg/g. Die höchsten 7-DHC-Gehalte wiesen mit Abstand die Weizenkeimöle mit über 600 ng/g auf. In den Leinölen wurden 7-DHC-Gehalte

zwischen 70 und knapp 100 ng/g gemessen, während die restlichen Öle Gehalte von weniger als 50 ng/g aufwiesen.

**Tab. 1: Gehalte an Ergosterol und 7-Dehydrocholesterol (7-DHC) in handelsüblichen Pflanzenölen unterschiedlicher Hersteller**

| Öl – Hersteller-Code                          | Herstellungsverfahren             | Ergosterol<br>(µg/g) | 7-DHC<br>(ng/g) |
|---|-----------------------------------|----------------------|-----------------|
| Avocadoöl - 1                                 | kaltgepresst                      | 7,76                 | 10,7            |
| Avocadoöl - 2                                 | kaltgepresst                      | 4,20                 | 11,9            |
| Avocadoöl - 3 (für die<br>topische Anwendung) | kaltgepresst                      | 23,4                 | 27,0            |
| Kürbiskernöl - 1                              | kaltgepresst                      | 0,51                 | 13,8            |
| Kürbiskernöl - 2                              | kaltgepresst                      | 0,68                 | 14,0            |
| Kürbiskernöl - 3                              | kaltgepresst, bio                 | 1,67                 | 14,6            |
| Leinöl - 1                                    | kaltgepresst                      | 4,88                 | 71,7            |
| Leinöl - 2                                    | raffiniert                        | 6,79                 | 82,3            |
| Leinöl - 3                                    | kaltgepresst, bio                 | 7,03                 | 97,5            |
| Olivenöl - 1                                  | kaltgepresst, nativ               | 4,46                 | 14,6            |
| Olivenöl - 2                                  | kaltgepresst, nativ               | 1,22                 | 30,8            |
| Olivenöl - 3                                  | kaltgepresst, nativ               | 1,60                 | 37,3            |
| Rapsöl - 1                                    | kaltgepresst, bio                 | 9,39                 | 47,9            |
| Rapsöl - 2                                    | raffiniert                        | 6,39                 | 42,6            |
| Rapsöl - 3                                    | raffiniert                        | 5,88                 | 32,9            |
| Rapsöl - 4                                    | raffiniert                        | 5,14                 | 24,4            |
| Rapsöl - 5                                    | kaltgepresst                      | 5,61                 | 24,7            |
| Sojaöl - 1                                    | raffiniert                        | 7,77                 | 25,1            |
| Sojaöl - 2                                    | raffiniert                        | 4,06                 | 25,7            |
| Sojaöl - 3                                    | raffiniert                        | 9,49                 | 21,7            |
| Sonnenblumenöl - 1                            | kaltgepresst                      | 7,91                 | 14,5            |
| Sonnenblumenöl - 2                            | raffiniert                        | 14,0                 | 12,6            |
| Sonnenblumenöl - 3                            | kaltgepresst aus 1. Pressung, bio | 17,4                 | 15,0            |
| Weizenkeimöl - 1                              | kaltgepresst, konventionell       | 34,2                 | 640             |
| Weizenkeimöl - 2                              | kaltgepresst                      | 34,4                 | 669             |
| Weizenkeimöl - 3                              | kaltgepresst/raffiniert (1/1)     | 22,1                 | 638             |

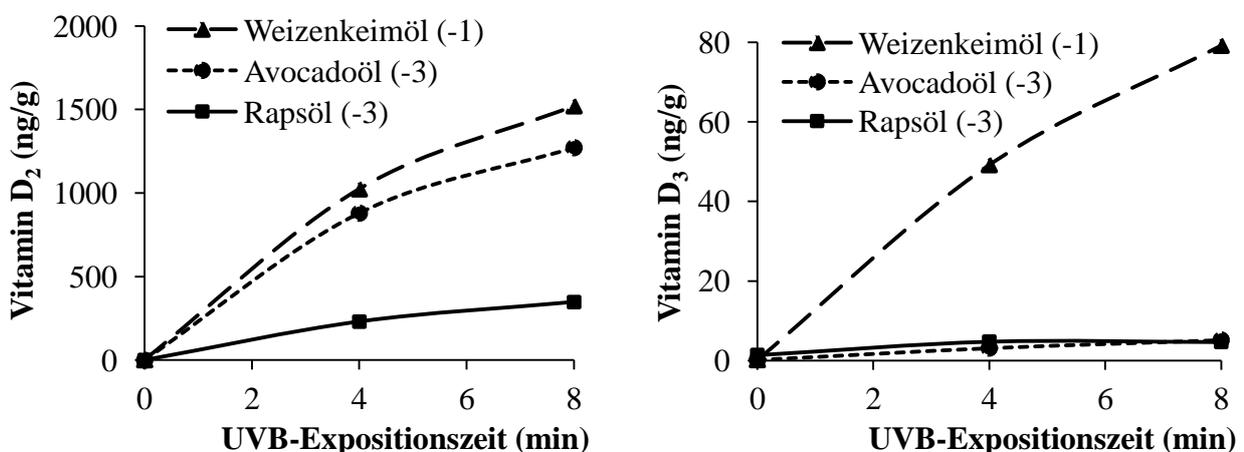
Werte sind Mittelwerte einer Doppelbestimmung.

Innerhalb einer Ölsorte konnten bezüglich Ergosterol und 7-DHC deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Herstellern festgestellt werden. Die Unterschiede waren bei den Avocadoölen am größten, gefolgt von den Olivenölen. Bei den restlichen Ölen variierten die Gehalte um den Faktor 1,5 bis 2,5. Das Herstellungsverfahren schien keinen systematischen Einfluss auf den Gehalt an D-Vitaminen zu haben (Tab. 1).

## **Einfluss einer Kurzzeit-UVB-Exposition auf Vitamin D-Gehalte und Qualität ausgewählter Pflanzenöle**

In Vorversuchen zeigte sich eine deutliche Vitamin D-Bildung bei UVB-Expositionszeiten von nur 8 min. An den 3 ausgewählten Ölen mit sehr unterschiedlichen Gehalten an Vitamin D-Vorstufen (Weizenkeimöl, Avocadoöl und Rapsöl) wurde die Effizienz einer UVB-Exposition auf die Bildung von Vitamin D getestet. In allen 3 Ölen konnte mit zunehmender Expositionszeit eine Zunahme der Vitamin D-Gehalte festgestellt werden (Abb. 1). Die Gehalte stiegen bei allen 3 Ölen bereits nach 4 min sehr stark an. In weiteren 4 min nahm der Gehalt weiter zu, jedoch nicht mehr linear. Nach UVB-Behandlung hatte Weizenkeimöl die höchsten  $D_2$ -Gehalte, gefolgt vom Avocadoöl (Abb. 1). Rapsöl wies deutlich niedrigere Gehalte auf (Abb. 1). UVB-behandeltes Weizenkeimöl zeigte auch mit Abstand die höchsten Vitamin  $D_3$ -Gehalte (Abb. 1). UVB-behandeltes Avocado- und Rapsöl hatten deutlich niedrigere Gehalte an Vitamin  $D_3$ . In allen 3 Ölen waren die Vitamin  $D_2$ -Gehalte nach der Exposition um ein Vielfaches höher als die Gehalte an Vitamin  $D_3$ . Durch die 8-minütige UVB-Exposition wurden im Rapsöl ca. 8% des Ergosterol und 16% des 7-DHC zu Vitamin  $D_2$  bzw.  $D_3$  umgewandelt. Im Avocadoöl betrug die Umwandlung von Ergosterol und 7-DHC durch UVB-Behandlung 5% und 17%. Im Weizenkeimöl wurden hingegen nur etwa 4% des Ergosterol und 8% des 7-DHC in die entsprechenden Vitamine umgewandelt.

Sowohl im Rapsöl als auch im Avocadoöl konnte in Abhängigkeit von der Expositionszeit eine Abnahme beider Vitamin D-Vorstufen durch UVB-Exposition festgestellt werden, im Weizenkeimöl konnte dies nur für das 7-DHC gezeigt werden.



**Abb. 1:** Änderungen der Gehalte an Vitamin  $D_2$  und  $D_3$  in Weizenkeim-, Avocado- und Rapsöl in Abhängigkeit von der UVB-Expositionszeit  
Exposition von je 1 ml Öl, Schichtdicke: 1,0 mm, Doppelbestimmung

Die UVB-Exposition der 3 ausgewählten Öle über insgesamt 8 min hatte keinen nennenswerten Einfluss auf die Zusammensetzung der Fettsäuren im Öl (Tab. 2). Die Gehalte an  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Tocopherolen nahmen mit zunehmender Expositionszeit leicht ab, während die Gehalte an  $\beta$ -Tocopherol nahezu gleich blieben (Tab. 3).  $\delta$ -Tocopherol war in keinem der Öle nachweisbar. Nach 8 min wurden im Avocadoöl und im Rapsöl jeweils 12% und im Weizenkeimöl 3% weniger  $\alpha$ -Tocopherol gemessen als vor der Exposition. Die  $\gamma$ -Tocopherolgehalte verminderten sich nach einer 8-minütigen Exposition im Weizenkeim-, Avocado- und Rapsöl um 19%, 7% und 2% (Tab. 3).

**Tab. 2: Anteil der Hauptfettsäuren in Weizenkeim-, Avocado- und Rapsöl in Abhängigkeit von der UVB-Expositionszeit**

| Öl (Hersteller-Code) <sup>1</sup> | UVB-Exposition<br>(min) | Fettsäuren (%) |       |       |       |          |          |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------|-------|-------|-------|----------|----------|
|                                   |                         | C16:0          | C16:1 | C18:0 | C18:1 | C18:2 n6 | C18:3 n3 |
| Weizenkeimöl (-1)                 | 0                       | 18,3           | 0,18  | 1,93  | 18,7  | 56,3     | 4,48     |
|                                   | 4                       | 17,5           | 0,18  | 1,88  | 19,2  | 56,7     | 4,50     |
|                                   | 8                       | 19,7           | 0,21  | 1,66  | 18,5  | 55,4     | 4,50     |
| Avocadoöl (-3)                    | 0                       | 15,8           | 4,38  | 2,27  | 67,7  | 9,30     | 0,31     |
|                                   | 4                       | 16,6           | 4,57  | 2,29  | 66,7  | 9,33     | 0,28     |
|                                   | 8                       | 15,7           | 4,36  | 2,13  | 68,0  | 9,24     | 0,28     |
| Rapsöl (-3)                       | 0                       | 6,33           | 0,33  | 2,80  | 66,5  | 17,8     | 6,18     |
|                                   | 4                       | 5,52           | 0,29  | 2,55  | 66,6  | 18,5     | 6,59     |
|                                   | 8                       | 5,61           | 0,30  | 2,41  | 67,1  | 18,2     | 6,35     |

<sup>1</sup> siehe Tab. 1, Exposition von je 1 ml Öl, Schichtdicke: 1,0 mm

**Tab. 3: Tocopherolgehalte in Weizenkeim-, Avocado- und Rapsöl in Abhängigkeit von der UVB-Expositionszeit**

| Öl (Hersteller-Code) <sup>1</sup> | UVB-Exposition<br>(min) | Tocopherole (mg/100 g) |         |          |
|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|---------|----------|
|                                   |                         | $\alpha$               | $\beta$ | $\gamma$ |
| Weizenkeimöl (-1)                 | 0                       | 140                    | 51,1    | 14,0     |
|                                   | 4                       | 136                    | 50,8    | 14,0     |
|                                   | 8                       | 136                    | 51,5    | 11,3     |
| Avocadoöl (-3)                    | 0                       | 20,8                   | 0,8     | 1,4      |
|                                   | 4                       | 20,0                   | 0,7     | 1,3      |
|                                   | 8                       | 18,8                   | 0,7     | 1,4      |
| Rapsöl (-3)                       | 0                       | 19,1                   | 0       | 36,8     |
|                                   | 4                       | 18,7                   | 0       | 36,4     |
|                                   | 8                       | 16,8                   | 0       | 36,0     |

<sup>1</sup> siehe Tab. 1, Exposition von je 1 ml Öl, Schichtdicke: 1,0 mm

Die Effektivität unterschiedlicher Expositionszeiten auf die Vitamin D-Bildung wurde zusätzlich mit einer größeren Menge (50 ml Öl, Schichtdicke 3,2 mm) Weizenkeimöl untersucht, um zusätzlich Qualitätsmarker bestimmen zu können. Bei diesem Ansatz war die Effizienz der Vitamin D-Synthese bei UV-Exposition geringer als bei Einsatz von 1 ml Öl. Insgesamt konnten bei Einsatz von 50 ml im Vergleich zu 1 ml nach einer 10-minütigen UVB-Exposition nur 56% des Vitamin D<sub>2</sub>- und 44% des Vitamin D<sub>3</sub>-Gehaltes erreicht werden (Tab. 4).

**Tab. 4: Gehalte an D-Vitameren in Weizenkeimöl in Abhängigkeit von der UVB-Expositionszeit**

| UVB-Exposition<br>(min) | Ergosterol<br>(µg/g) | 7-DHC<br>(ng/g) | Vitamin D <sub>2</sub><br>(ng/g) | Vitamin D <sub>3</sub><br>(ng/g) |
|-------------------------|----------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 0                       | 42,2                 | 960             | n.n.                             | n.n.                             |
| 4                       | 46,3                 | 910             | 314                              | 15,2                             |
| 8                       | 43,7                 | 945             | 597                              | 31,0                             |
| 10                      | 42,3                 | 921             | 850                              | 34,8                             |

Exposition von 50 ml Öl, Schichtdicke: 3,2 mm; 7-DHC, 7-Dehydrocholesterol, n.n.: unter der Nachweisgrenze von 4,3 ng/g

Eine Qualitätsminderung des Öls durch die UVB-Exposition konnte nicht festgestellt werden. Die Anteile der Hauptfettsäuren (Tab. 5), die Tocopherolgehalte sowie die Peroxid- und Säurezahlen (Tab. 6) wurden durch die Exposition nicht nennenswert beeinflusst.

**Tab. 5: Anteil der Hauptfettsäuren in Weizenkeimöl in Abhängigkeit von der UVB-Expositionszeit**

| UVB-Exposition<br>(min) | Fettsäuren (%) |       |       |       |          |          |
|-------------------------|----------------|-------|-------|-------|----------|----------|
|                         | C16:0          | C16:1 | C18:0 | C18:1 | C18:2 n6 | C18:3 n3 |
| 0                       | 18,8           | 0,23  | 1,69  | 18,3  | 56,4     | 4,55     |
| 4                       | 18,6           | 0,26  | 1,73  | 18,9  | 56,0     | 4,43     |
| 8                       | 18,6           | 0,23  | 1,48  | 18,4  | 56,5     | 4,69     |
| 10                      | 19,3           | 0,21  | 1,44  | 17,9  | 56,5     | 4,56     |

Exposition von 50 ml Öl, Schichtdicke: 3,2 mm

**Tab. 6: Tocopherolgehalte, Peroxid- und Säurezahl in Weizenkeimöl in Abhängigkeit von der UVB-Expositionszeit**

| UVB-Exposition<br>(min) | Tocopherole (mg/100 g) <sup>1</sup> |      |      | POZ <sup>2</sup><br>(mEq O <sub>2</sub> /kg) | SZ <sup>2</sup><br>(g KOH/kg) |
|-------------------------|-------------------------------------|------|------|--|-------------------------------|
|                         | α                                   | β    | γ    |  |                               |
| 0                       | 132                                 | 51,1 | 12,0 | 6,8  | 8,5                           |
| 4                       | 136                                 | 51,4 | 14,0 | n.b.   | n.b.                          |
| 8                       | 136                                 | 50,5 | 12,5 | n.b.   | n.b.                          |
| 10                      | 134                                 | 49,7 | 14,9 | 5,3  | 8,5                           |

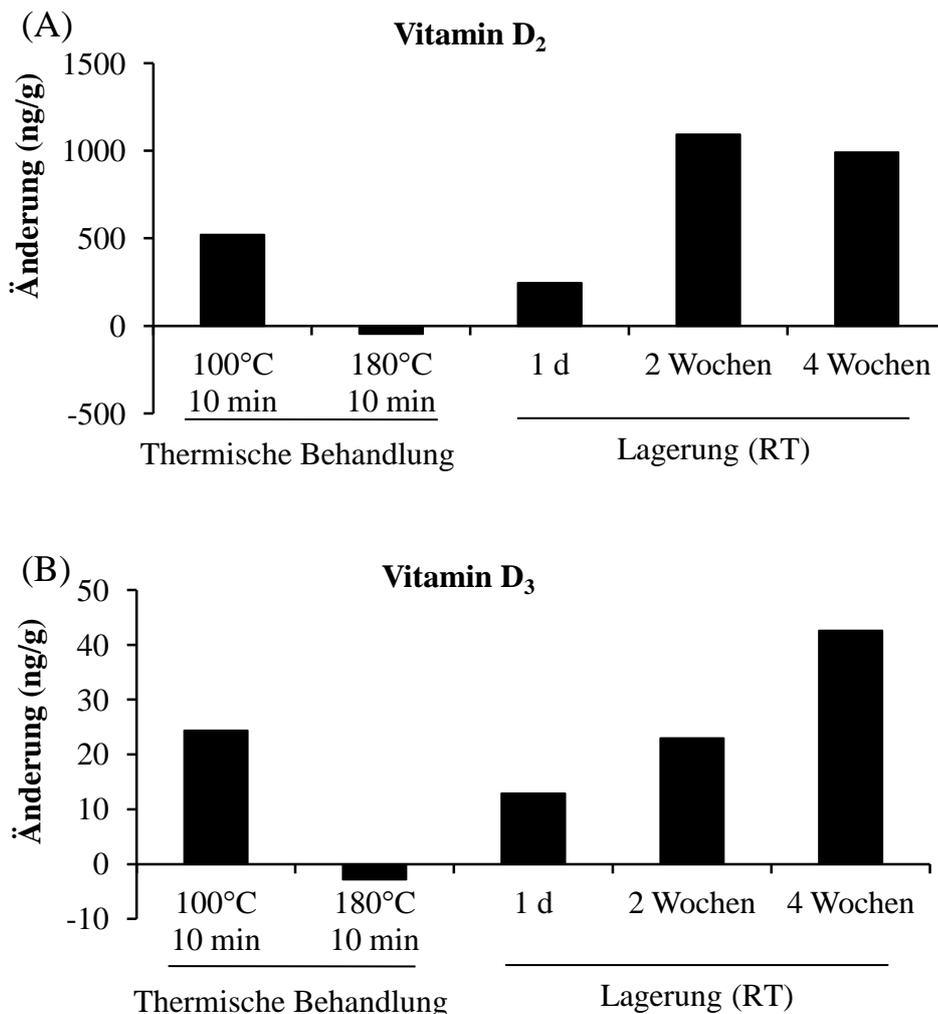
Exposition von 50 ml Öl, <sup>1</sup>Schichtdicke: 3,2 mm, <sup>2</sup>Schichtdicke: 1,6 mm; POZ: Peroxidzahl, SZ: Säurezahl, n.b.: nicht bestimmt

Die beiden durchgeführten sensorischen Prüfungen ergaben, dass eine 10-minütige UVB-Exposition keinen wesentlichen Einfluss auf Geschmack, Geruch, Farbe oder Transparenz des Öls hat, es wurden nahezu dieselben Eigenschaften zugeordnet bzw. dieselbe Punktzahl vergeben wie für das nicht-exponierte Öl (Tab. 7, 8). Lediglich bei der 2. Testung wurde der Geschmack im UVB-exponierten Öl um einen Punkt abgewertet.

### **Einfluss von thermischer Behandlung und Lagerung auf die Stabilität des gebildeten Vitamin D und die Qualität des Weizenkeimöls**

In den unbehandelten Weizenkeimölproben war Vitamin D<sub>2</sub> nur in sehr geringen Mengen und Vitamin D<sub>3</sub> überhaupt nicht nachweisbar. Thermische Behandlung und Lagerung hatten keine Effekte auf die D<sub>2</sub>- und D<sub>3</sub>-Gehalte dieser Proben.

Eine 10-minütige UVB-Exposition von Weizenkeimöl führte wieder zu sehr deutlichen Anstiegen der D<sub>2</sub>- und D<sub>3</sub>-Gehalte (D<sub>2</sub>: 1035 ng/g; D<sub>3</sub>: 37,0 ng/g). Die Gehalte beider Vitamine wurden sowohl durch thermische Behandlung als auch durch Lagerung bei Raumtemperatur modifiziert (Abb. 2). Erhitzen des UVB-exponierten Weizenkeimöls auf 100°C für 10 min führte zu einem Anstieg von Vitamin D<sub>2</sub> um 50% und von D<sub>3</sub> um 66%. Erhitzen des UVB-exponierten Weizenkeimöls auf 180°C für 10 min resultierte dagegen in einem leichten Abfall des Gehalts beider D-Vitamine um ca. 5%. Eine Lagerung der UVB-exponierten Ölprobe für 1 Tag bzw. 2 und 4 Wochen führte mit zunehmender Zeit wieder zu einem deutlichen Anstieg der Gehalte an Vitamin D<sub>2</sub> (+24%, +106%, +96%) und D<sub>3</sub> (+35%, +62%, +115%).



**Abb. 2:** Änderung der Gehalte an Vitamin D<sub>2</sub> (A) und Vitamin D<sub>3</sub> (B) in UVB-exponiertem Weizenkeimöl (10 min) durch thermische Behandlung bzw. Lagerung gegenüber UVB-exponiertem Weizenkeimöl ohne Behandlung (Exposition von 50 ml Öl, Schichtdicke: 1,6 mm, Doppelbestimmung; RT: Raumtemperatur)

Weder UVB-Exposition noch Erhitzen oder Lagern veränderten wesentlich die Fettsäurezusammensetzung des Weizenkeimöls (Tab. 9). Auch der Anteil der Transfettsäure C18:1trans, der generell zwischen 0,20 und 0,26% lag, sowie der Anteil der mehrfach ungesättigten Fettsäuren C18:3 n3 und C18:4 n3 wiesen keine nennenswerten Änderungen nach den Behandlungen auf.

Die UVB-Exposition des Weizenkeimöls hatte zudem keinen Einfluss auf die Peroxidzahl, die Säurezahl oder die Tocopherolgehalte (Tab. 10). Erhitzen auf 100°C für 10 min führte weder bei nicht-exponiertem noch bei UVB-exponiertem Weizenkeimöl zu Änderungen in diesen Parametern. Erhitzen auf 180°C für 10 min resultierte dagegen in beiden Ölproben in einer geringfügigen Reduktion der

Peroxidzahl und minimal geringeren Tocopherolgehalten (Tab. 10). Die Säurezahl blieb hingegen unverändert (Tab. 10).

**Tab. 7: Einfluss von UVB-Exposition, Erhitzung und Lagerung auf die Sensorik von Weizenkeimöl (1. Test)**

| <b>Exposition</b> | <b>Behandlung</b>            | <b>Geschmack<br/>bei 40°C</b>       | <b>Geruch<br/>bei 40°C</b>         | <b>Farbe<br/>bei 40°C</b>                         | <b>Transparenz<br/>bei 40°C</b> | <b>Rang</b> |
|-------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|---------------------------------|-------------|
| -                 |                              | Nicht ganz<br>neutral<br>(4 Punkte) | Arteigen,<br>neutral<br>(4 Punkte) | Arteigen,<br>goldgelb bis<br>orange<br>(5 Punkte) | Rein<br>(5 Punkte)              | 3           |
| UVB               |                              | Nicht ganz<br>neutral<br>(4 Punkte) | Arteigen,<br>neutral<br>(4 Punkte) | Arteigen,<br>goldgelb bis<br>orange<br>(5 Punkte) | Rein<br>(5 Punkte)              | 1           |
| UVB               | 100°C, 10 min                | Nicht ganz<br>neutral<br>(4 Punkte) | Arteigen,<br>neutral<br>(4 Punkte) | Arteigen,<br>goldgelb bis<br>orange<br>(5 Punkte) | Rein<br>(5 Punkte)              | 2           |
| UVB               | 180°C, 10 min                | Leicht<br>kratzig<br>(3 Punkte)     | Leicht<br>dumpfig<br>(3 Punkte)    | Arteigen,<br>goldgelb bis<br>orange<br>(5 Punkte) | Rein<br>(5 Punkte)              | 5           |
| UVB               | 4 Wochen<br>Lagerung<br>(RT) | Leicht<br>kratzig<br>(3 Punkte)     | Arteigen,<br>neutral<br>(4 Punkte) | Arteigen,<br>goldgelb bis<br>orange<br>(5 Punkte) | Rein<br>(5 Punkte)              | 4           |

UVB-Exposition von 50 ml Öl für 10 min, Schichtdicke: 1,6 mm; RT: Raumtemperatur

**Tab. 8: Einfluss von UVB-Exposition, Erhitzung und Lagerung auf die Sensorik von Weizenkeimöl (2. Test)**

| Exposition | Behandlung             | Geschmack bei 40°C               | Geruch bei 40°C                         | Farbe bei 40°C                  | Transparenz bei 40°C | Rang |
|------------|------------------------|----------------------------------|---|---------------------------------|----------------------|------|
| -          | -                      | Nicht ganz neutral<br>(4 Punkte) | Arteigen, neutral<br>(5 Punkte)         | Leicht rotstichig<br>(4 Punkte) | Klar<br>(5 Punkte)   | 1    |
| UVB        | -                      | Leicht tranig<br>(3 Punkte)      | Arteigen, neutral<br>(5 Punkte)         | Leicht rotstichig<br>(4 Punkte) | Klar<br>(5 Punkte)   | 2    |
| -          | 100°C, 10 min          | Leicht alt<br>(3 Punkte)         | Arteigen, neutral<br>(5 Punkte)         | Leicht rotstichig<br>(4 Punkte) | Klar<br>(5 Punkte)   | 3    |
| UVB        | 100°C, 10 min          | Leicht alt<br>(3 Punkte)         | Arteigen, neutral<br>(5 Punkte)         | Leicht rotstichig<br>(4 Punkte) | Klar<br>(5 Punkte)   | 4    |
| -          | 180°C, 10 min          | Ranzig, tranig<br>(2 Punkte)     | Leicht dumpf, heug-saatig<br>(3 Punkte) | Leicht rotstichig<br>(4 Punkte) | Klar<br>(5 Punkte)   | 7    |
| UVB        | 180°C, 10 min          | Ranzig, kratzig<br>(1 Punkte)    | Leicht dumpf, heug-saatig<br>(3 Punkte) | Leicht rotstichig<br>(4 Punkte) | Klar<br>(5 Punkte)   | 8    |
| -          | 4 Wochen Lagerung (RT) | Leicht grün<br>(3 Punkte)        | Arteigen, neutral<br>(4 Punkte)         | Leicht rotstichig<br>(4 Punkte) | Klar<br>(5 Punkte)   | 5    |
| UVB        | 4 Wochen Lagerung (RT) | Leicht grün<br>(3 Punkte)        | Arteigen, neutral<br>(5 Punkte)         | Leicht rotstichig<br>(4 Punkte) | Klar<br>(5 Punkte)   | 6    |

UVB-Exposition von 50 ml Öl für 10 min, Schichtdicke: 1,6 mm; RT: Raumtemperatur

Eine Lagerung des Weizenkeimöls für einen Zeitraum von bis zu 4 Wochen hatte bei den nicht-behandelten Proben keinen Einfluss auf die Tocopherolgehalte (Tab. 10). Die UVB-behandelten Proben wiesen demgegenüber meist leicht geringere Gehalte auf (Tab. 10). Nach 4 Wochen Lagerung wurden sowohl im unbehandelten wie auch im behandelten Weizenkeimöl erhöhte Peroxidzahlen gemessen, in der UVB-behandelten Probe war ein etwas höherer Anstieg der Peroxidzahl zu verzeichnen als in der nicht-behandelten Probe. Die Säurezahl blieb auch nach 4 Wochen unverändert.

**Tab. 9: Einfluss von Erhitzung und Lagerung auf den Anteil der Hauptfettsäuren in UVB-exponiertem und nicht-exponiertem Weizenkeimöl**

| Exposition | Behandlung             | Fettsäuren (%) |       |       |             |             |             |       |
|------------|------------------------|----------------|-------|-------|-------------|-------------|-------------|-------|
|            |                        | C16:0          | C18:0 | C18:1 | C18:2<br>n6 | C18:3<br>n3 | C18:4<br>n3 | C20:1 |
| -          | -                      | 19,0           | 1,75  | 13,8  | 55,9        | 5,33        | 1,60        | 1,71  |
| UVB        | -                      | 19,1           | 1,87  | 13,7  | 55,5        | 5,25        | 1,64        | 1,96  |
| -          | 100°C, 10 min          | 19,2           | 1,75  | 13,8  | 55,5        | 5,00        | 1,93        | 1,95  |
| UVB        | 100°C, 10 min          | 18,9           | 1,36  | 13,5  | 56,3        | 5,49        | 1,53        | 2,00  |
| -          | 180°C, 10 min          | 19,2           | 1,46  | 13,7  | 55,9        | 5,20        | 1,69        | 1,90  |
| UVB        | 180°C, 10 min          | 19,0           | 1,38  | 13,6  | 56,1        | 5,36        | 1,57        | 2,05  |
| -          | 1 Tag Lagerung (RT)    | 18,8           | 1,68  | 13,5  | 56,1        | 5,54        | 1,48        | 1,89  |
| UVB        | 1 Tag Lagerung (RT)    | 19,1           | 1,54  | 13,7  | 55,7        | 5,05        | 1,98        | 2,03  |
| -          | 2 Wochen Lagerung (RT) | 18,9           | 1,53  | 13,5  | 56,2        | 5,54        | 1,52        | 1,95  |
| UVB        | 2 Wochen Lagerung (RT) | 18,7           | 1,50  | 13,4  | 56,8        | 5,88        | 1,17        | 1,74  |
| -          | 4 Wochen Lagerung (RT) | 18,8           | 1,32  | 13,5  | 56,8        | 5,58        | 1,38        | 1,83  |
| UVB        | 4 Wochen Lagerung (RT) | 19,0           | 1,40  | 13,4  | 56,3        | 5,57        | 1,37        | 1,97  |

UVB-Exposition von 50 ml Öl für 10 min, Schichtdicke: 1,6 mm; RT: Raumtemperatur

Beide sensorische Testungen ergaben, dass Erhitzen von UVB-exponiertem Öl bei 100°C für 10 min die Sensorik nicht wesentlich beeinträchtigt (Tab. 7, 8). Bei der zweiten Testung führte das Erhitzen zwar zu einem leichten Geschmacksverlust, allerdings für die nicht-exponierte Probe ebenso wie für die UVB-exponierte Probe. Selbst das unbehandelte Weizenkeimöl erhielt bezüglich des Geschmacks Abzüge in den Punkten (Tab. 7, 8). Ein 10-minütiges Erhitzen bei 180°C beeinträchtigte Geschmack und Geruch der Ölproben am stärksten; bei der UVB-exponierten Probe war die Geschmacksminderung etwas stärker ausgeprägt als bei der nicht-exponierten Probe (Tab. 8). Eine sensorische Testung im Rahmen der Lagerungsversuche erfolgte nur für die 4 Wochen gelagerten Proben. Dabei zeigte sich, dass eine Lagerung für 4 Wochen den Geschmack sowohl vom nicht-exponierten als auch vom UVB-exponierten Weizenkeimöl gleichermaßen deutlich beeinträchtigte. Bezüglich Geruch wurde nur in der nicht-exponierten Probe eine Minderung wahrgenommen. Die Erstellung von Rangordnungen der 5 getesteten Ölproben im Rahmen der ersten Prüfung ergab den besten Rang für die UVB-exponierte frische Probe (Tab. 7). Bei der zweiten Prüfung lag das UVB-exponierte frische Öl auf Rang 2, hinter dem unbehandelten frischen Öl (Tab. 8).

**Tab. 10: Einfluss von UVB-Exposition, Erhitzung und Lagerung auf Peroxidzahl, Säurezahl und Tocopherolgehalte von Weizenkeimöl**

| Exposition | Behandlung             | Peroxidzahl<br>(mEq O <sub>2</sub> /kg) | Säurezahl<br>(g KOH/kg) | Tocopherole (mg/100 g) |         |          |
|------------|------------------------|---|-------------------------|------------------------|---------|----------|
|            |                        |   |                         | $\alpha$               | $\beta$ | $\gamma$ |
| -          | -                      | 7,0                                     | 10,3                    | 165                    | 62,9    | 8,1      |
| UVB        | -                      | 5,0                                     | 10,4                    | 166                    | 64,3    | 8,2      |
| -          | 100°C, 10 min          | 8,8                                     | 9,8                     | 164                    | 63,2    | 8,3      |
| UVB        | 100°C, 10 min          | 7,1                                     | 10,8                    | 163                    | 63,8    | 8,1      |
| -          | 180°C, 10 min          | 1,0                                     | 10,2                    | 159                    | 59,3    | 7,7      |
| UVB        | 180°C, 10 min          | 1,0                                     | 9,5                     | 160                    | 59,5    | 7,7      |
| -          | 1 Tag Lagerung (RT)    | n.b.                                    | n.b.                    | 166                    | 65,0    | 8,2      |
| UVB        | 1 Tag Lagerung (RT)    | n.b.                                    | n.b.                    | 166                    | 63,8    | 8,1      |
| -          | 2 Wochen Lagerung (RT) | n.b.                                    | n.b.                    | 178                    | 68,0    | 8,5      |
| UVB        | 2 Wochen Lagerung (RT) | n.b.                                    | n.b.                    | 163                    | 63,0    | 7,9      |
| -          | 4 Wochen Lagerung (RT) | 20,6                                    | 10,0                    | 163                    | 63,4    | 8,1      |
| UVB        | 4 Wochen Lagerung (RT) | 21,4                                    | 10,1                    | 160                    | 61,8    | 7,8      |

UVB-Exposition von 50 ml Öl für 10 min, Schichtdicke: 1,6 mm; n.b.: nicht bestimmt, RT: Raumtemperatur

#### 4. Diskussion

Bei den von uns analysierten Ölen verschiedener Nutzpflanzen, die zur Ölgewinnung verwendet werden, fielen starke Unterschiede in den Gehalten der beiden Vitamin D-Vorstufen auf. Die mit Abstand höchsten Gehalte an Ergosterol und 7-DHC waren im Weizenkeimöl zu finden. Bereits 2013 beschrieben Jäpelt und Jakobsen, dass Süßgräser die Fähigkeit besitzen, D-Vitamine zu bilden (JÄPELT UND JAKOBSEN, 2013). Aber auch Raps- und Leinöl wiesen erstaunlich hohe Gehalte an beiden Vitamin D-Vorstufen auf. Bei den von uns analysierten Avocadoölen wies nur Avocadoöl für die topische Applikation hohe Gehalte an Ergosterol und 7-DHC auf, die beiden für den Verzehr bestimmten Avocadoöle hatten hingegen vergleichsweise geringe Gehalte. Kürbiskernöl und Olivenöl hatten auffallend niedrige Gehalte an Ergosterol und 7-DHC. Es ist seit langem bekannt, dass Pflanzen auch zur Synthese von Cholesterin fähig sind (HEFTMANN, 1983). Daher ist es zunächst nicht weiter verwunderlich, dass in den Ölen 7-DHC, ein Zwischenprodukt der Cholesterinsynthese, nachweisbar war. Allerdings überraschten die hohen Mengen an Ergosterol. Ergosterol wird üblicherweise von Pilzen gebildet und deshalb als Marker für Schimmelpilzwachstum genutzt. Vermutlich stammt das Ergosterol in den Pflanzenölen aus Pilzen, die entweder als Kontaminanten bei der Ernte und

Ölgewinnung in das Pflanzenöl gelangt sind oder bereits als endophytische Pilze in der entsprechenden Nutzpflanze vorhanden waren. Im Rahmen unserer Untersuchungen konnten wir die Quelle des Ergosterols nicht identifizieren.

Die Untersuchungen zeigten sehr eindrucksvoll, dass eine UV-Behandlung der Öle über einen relativ kurzen Zeitraum von max. 10 Minuten die Gehalte an Vitamin D<sub>2</sub> und D<sub>3</sub> deutlich erhöht. Dabei war zu beobachten, dass die UV-induzierte Steigerung der Vitamin D<sub>2</sub>- bzw. D<sub>3</sub>-Gehalte umso höher war, je mehr Vorstufen zuvor im Öl nachgewiesen werden konnten. Daher waren im Weizenkeimöl mit den hohen Gehalten an Ergosterol und 7-DHC die Vitamin D-Gehalte nach UV-Behandlung mit Abstand am höchsten. In 1 g Weizenkeimöl wurde nach 8-minütiger UVB-Exposition im 1 ml-Ansatz über 1,5 µg Vitamin D<sub>2</sub> gebildet, in 1 g Rapsöl hingegen etwa nur 0,35 µg. Die Schichtdicke des Öls bei der UV-Behandlung scheint dabei maßgeblichen Einfluss auf die Effizienz der Vitamin D-Bildung zu haben. So konnte erwartungsgemäß bei geringer Schichtdicke eine höhere UV-induzierte Vitamin D-Synthese beobachtet werden als bei höherer Schichtdicke. Des Weiteren fiel auf, dass insgesamt nur ein relativ geringer Prozentsatz der Vitamin D-Vorstufen tatsächlich zu Vitamin D umgewandelt wurden. Selbst bei ständigem Rühren des Öls war die Effizienz der Umwandlung der Vitamin D-Vorstufen zu Vitamin D nicht größer als 20%. Möglicherweise ist dies den relativ kurzen UV-Expositionszeiten geschuldet. Auf der anderen Seite war bemerkenswert, dass Vitamin D auch dann noch gebildet wird, wenn kein UV-Licht mehr einwirkt. Dies zeigten eindrucksvoll die Versuche mit dem gelagerten und moderat erhitzten Ölen. Es ist bekannt, dass das UV-gebildete Prävitamin in einer zweiten thermischen Reaktion zum eigentlichen Vitamin D umgelagert wird. Vermutlich wurde durch die Lagerung und vor allem Erwärmung des Öls die Umwandlung von Prävitamin D zu Vitamin D in Gang gesetzt, was die UV-unabhängige Erhöhung der Vitamin D-Gehalte erklären könnte.

Insgesamt scheinen durch die UVB-Exposition keine nennenswerten Oxidationen im frischen Öl, aber auch gelagerten und thermisch-behandelten Öl stattzufinden. Auch die sensorische Qualität wurde durch die UV-Behandlung praktisch nicht oder nur geringfügig beeinträchtigt. Die Ölqualität scheint daher keinen limitierenden Faktor bei einer Kurzzeitexposition des Öls mit UV-Licht dazustellen.

Die hier beschriebenen Untersuchungen wurden in dieser Form bislang noch nie durchgeführt. Daher haben die Ergebnisse hohen Originalitätswert und liefern viele Ergebnisse, auf deren Basis weiterführende Studien geplant werden können. Die

Ergebnisse werden in Kürze publiziert. Eine entsprechende Publikation ist in Vorbereitung. Einschränkend muss darauf hingewiesen werden, dass Weizenkeimöl aufgrund seines hohen Anteils an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (ca. 56% Linolsäure) sehr oxidationsempfindlich ist und sich möglicherweise für längere UVB-Expositionen nicht eignet. Zudem ist der Konsum an Weizenkeimöl in der menschlichen Ernährung sehr gering. UV-behandeltes Weizenkeimöl könnte höchstens als Quelle für die Gewinnung von Vitamin D<sub>3</sub> genutzt werden, welches primär heute noch auf der Basis bestrahlter Schafwolle gewonnen und isoliert wird. Rapsöl ist hingegen deutlich oxidationsunempfindlicher und wird auch in viel größerer Menge konsumiert. Immerhin konnte durch eine 10-minütige UV-Behandlung des Rapsöls eine gesundheitsrelevante Vitamin D-Menge erzeugt werden. Mit der Aufnahme von 15 ml eines UV-behandelten Rapsöls könnten 5 µg Vitamin D, also 25% der von der DGE empfohlenen täglichen Menge, aufgenommen werden.

UVB-Expositionsversuche wurden bereits mit mehreren Lebensmitteln durchgeführt. Neben bestrahlten Hefen (HOHMANN et al. 2011), die von der EFSA bereits als Strategie zur Anreicherung von Brot verwendet werden darf, gibt es auch Untersuchungen zur Effizienz von UV-behandelten Kulturpilzen (KRISTENSEN et al. 2012). In tierexperimentellen Studien konnte gezeigt werden, dass das in Hefe und in Pilzen durch UV-Exposition gewonnene Vitamin D<sub>2</sub> sowohl absorbiert als auch metabolisiert wird und zur Verbesserung des Vitamin D-Status beiträgt (HOHMANN et al. 2011, JASINGHE et al. 2005), obgleich nicht vollständig geklärt ist, ob Vitamin D<sub>2</sub> und D<sub>3</sub> tatsächlich die gleiche Bioverfügbarkeit aufweisen.

## Fazit

Pflanzliche Öle für den menschlichen Verzehr weisen mitunter beträchtliche Mengen an Ergosterol und 7-DHC auf. Durch UV-Behandlung entstehen daraus Vitamin D<sub>2</sub> und D<sub>3</sub>. Möglicherweise könnten UV-behandelte Öle als Quelle für die technische Isolierung von Vitamin D genutzt werden. Die Daten liefern erste Ergebnisse, auf deren Basis sich vielleicht auch Konzepte für eine Anreicherung von Lebensmitteln mit Vitamin D generieren lassen.

## 5. Literatur

- BALZ, M., SCHULTE, E., THEIR, H.-P., 1993: Simultaneous determination of  $\alpha$ -tocopherol-acetate, tocopherols and tocotrienols by HPLC with fluorescence detection in foods. *Fat Sci. Technol.* 95, 215-220
- HEFTMANN, E., 1983: Biogenesis of steroids in Solanaceae. *Phytochemistry* 22 (9) 1843-1860
- HINTZPETER, B., MENSINK, G.B., THIERFELDER, W., MÜLLER, M.J., SCHEIDT-NAVE, C., 2008: Vitamin D status and health correlates among German adults. *Eur. J. Clin. Nutr.* 62 (9) 1079-1089
- HOHMAN, E.E., MARTIN, B.R., LACHCIK, P.J., GORDON, D.T., FLEET, J.C., WEAVER, C.M., 2011: Bioavailability and efficacy of vitamin D<sub>2</sub> from UV-irradiated yeast in growing, vitamin D-deficient rats. *J. Agric. Food Chem.* 59 (6) 2341-2346
- JÄPELT, R.B., JAKOBSEN, J., 2013: Vitamin D in plants: a review of occurrence, analysis, and biosynthesis. *Front Plant Sci.* 4 (136) doi: 10.3389
- JASINGHE, V.J., PERERA, C.O., BARLOW, P.J., 2005: Bioavailability of vitamin D<sub>2</sub> from irradiated mushrooms: an in vivo study. *Br. J. Nutr.* 93 (6) 951-955
- KRISTENSEN, H.L., ROSENQVIST, E., JAKOBSEN, J., 2012: Increase of vitamin D<sub>2</sub> by UV-B exposure during the growth phase of white button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Food Nutr. Res.* 56, doi: 10.3402
- LINSEISEN, J., BECHTHOLD, A., BISCHOFF-FERRARI, H.A., HINTZPETER, B., LESCHIK-BONNET, E., REICHRATH, J., STEHLE, P., VOLKERT, D., WOLFRAM, G., ZITTERMANN, A., 2011: Vitamin D und Prävention ausgewählter chronischer Krankheiten – Stellungnahme. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.; [www.dge.de](http://www.dge.de)



Herausgeber:

UNION ZUR FÖRDERUNG VON  
OEL- UND PROTEINPFLANZEN E.V. (UFOP)

Claire-Waldoff-Straße 7 · 10117 Berlin

info@ufop.de · www.ufop.de