

Diplomarbeit

**Das Steirische Kürbiskernöl:
Inhaltsstoffe und Einflüsse auf den Stoffwechsel**

eingereicht von

Jacqueline Walzer

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Heilkunde
(Dr.med.univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Innere Medizin
Klinischen Abteilung für Angiologie**

unter der Anleitung von

Assoz. Prof. Dr.med.univ.et scient.med. Günther Silbernagel

Graz, 17.07.2024

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 17.07.2024

Jacqueline Walzer eh.

Danksagungen

Zuallererst möchte ich mich bei meinem Betreuer Herrn Assoz. Prof. Dr. Günther Silbernagel für das Ermöglichen und die Unterstützung meiner Diplomarbeit bedanken. Die häufigen Besprechungen und professionellen Hilfestellungen haben maßgeblich zur Vollendung meiner Arbeit beigetragen.

Darüber hinaus möchte ich mich bei meiner Familie, allen voran bei meinen Eltern Edeltraud und Josef und meinem Freund Alexander, bedanken, die mich während des Studiums bedingungslos unterstützt und stets beiseite gestanden haben. Ohne euch wäre mein Medizinstudium nicht möglich gewesen.

Inhalt

Danksagungen	III
Zusammenfassung	VI
Abstract	VII
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis.....	IX
1 Einleitung	1
1.1 Allgemeines	1
1.2 Der Steirische Ölkürbis	2
1.3 Herstellungsverfahren	2
1.4 Wirtschaftliche Bedeutung	4
1.5 Geschützte geographische Angabe	5
1.6 Anwendungen in der pharmazeutischen und kosmetischen Industrie	7
2 Material und Methoden.....	8
2.1 Studienplanung	8
2.1.1 Studie 1.....	8
2.1.2 Studie 2.....	11
2.2 Literaturrecherche/Review	14
3 Ergebnisse	15
3.1 Chemische Zusammensetzung.....	15
3.2 Nährwerte und Makronährstoffe.....	15
3.3 Nicht-flüchtige Inhaltsstoffe	16
3.3.1 Fettsäuren.....	16
3.3.2 Vitamin E	18
3.3.3 Carotinoide.....	19
3.3.4 Sekundäre Pflanzenstoffe	20
3.3.5 Mineralstoffe	23
3.4 Flüchtige Inhaltsstoffe	24
3.5 Einfluss auf die Inhaltsstoffe	26
3.5.1 Einfluss des Röstverfahrens	26
3.5.2 Andere Herstellungsverfahren	28
3.6 Vergleiche	29
3.6.1 Vergleich mit anderen Kürbiskernölen	29

3.6.2	Vergleich mit Olivenöl	32
3.6.3	Vergleich mit anderen gängigen pflanzlichen Ölen	33
3.7	Wirkungen auf den Stoffwechsel.....	35
3.7.1	Antioxidative Wirkung	36
3.7.2	Kardiovaskuläre Wirkung	39
3.7.3	Wirkung auf Haare/Haarausfall	41
3.7.4	Prostata/Hormone	43
3.7.5	Wundheilung	45
3.7.6	Antimikrobielle Wirkung	46
3.7.7	Antiparasitäre Wirkung.....	46
3.7.8	Antitumorale Wirkung.....	47
3.7.9	Kosmetik	47
3.8	Stabilität und Sicherheit von Kürbiskernöl.....	49
4	Diskussion und Schlussfolgerung	52
5	Literatur.....	54

Zusammenfassung

Das Steirische Kürbiskernöl ist eines der wohl bekanntesten Nahrungsmittel aus der Steiermark. Es wird aus den Kernen des Steirischen Ölkürbis (lat. *Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *styriaca*) nach einem traditionellen Verfahren hergestellt. Die Bezeichnung Steirisches Kürbiskernöl ist eine geographisch geschützte Angabe und darf nur für Öle aus bestimmten Anbauregionen verwendet werden. In dieser Arbeit wird die derzeit bestehende Evidenz in Bezug auf die Auswirkungen auf den menschlichen Organismus des Steirischen Kürbiskernöls zusammengefasst. Insbesondere wird auf die im Öl enthaltenen Inhaltsstoffe sowie auf deren Auswirkungen auf den Stoffwechsel eingegangen. Die Literaturrecherche erfolgte über PubMed und Google Scholar, wobei sie sich auf in PubMed-gelistete Studien konzentrierte. Im Steirischen Kürbiskernöl sind einfach und mehrfach ungesättigte sowie gesättigte Fettsäuren enthalten. Der Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren liegt bei etwa 84 % der Gesamtfettsäuren. Die dominanten Fettsäuren im Steirischen Kürbiskernöl sind die Linolsäure, Ölsäure, Palmitinsäure und Stearinsäure. Ebenfalls sind zahlreiche Mineralstoffe, vor allem Kalium, sowie fettlösliche Vitamine, insbesondere α - und γ -Tocopherol enthalten. Diesen Inhaltsstoffen werden gesundheitsfördernde Eigenschaften zugesprochen, weshalb das Kürbiskernöl längst zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten in der traditionellen Medizin findet. Einige dieser Effekte des Steirischen Kürbiskernöls konnten sowohl in Tierstudien als auch in klinischen Studien bestätigt werden. Besonderer Fokus lag bei den Tierstudien auf den antioxidativen, kardioprotektiven, wundheilungsfördernden, antimikrobiellen und antitumoralen Eigenschaften sowie auf dessen Einfluss auf das Plasmalipidprofil. Bei den klinischen Studien wurden vor allem die Effekte auf die benigne Prostatahyperplasie, die androgenetische Alopezie sowie die kardioprotektive Wirkung insbesondere bei postmenopausalen Frauen untersucht. Um sich eine wissenschaftlich fundierte Meinung bilden zu können reicht die derzeit vorhandene Datenlage jedoch noch nicht aus. Gerade in Bezug auf die kardiovaskulären Effekte gibt es noch kaum an Menschen durchgeführte Studien.

Abstract

Styrian pumpkin seed oil is probably one of the best-known foods from Styria. It is made from the seeds of the Styrian oil pumpkin (lat. *Cucurbita pepo* subsp. *Pepo* var. *Styriaca*) using a traditional process. The name Styrian pumpkin seed oil is a protected geographical indication and may only be used for oils from certain growing regions. This paper summarizes the currently available evidence regarding the effects of Styrian pumpkin seed oil on the human organism. In particular, the ingredients contained in the oil and their effects on the metabolism are discussed. The search was conducted via PubMed and Google scholar, focussing on studies listed in PubMed. Styrian pumpkin seed oil consists of monounsaturated, polyunsaturated and saturated fatty acids. The proportion of polyunsaturated fatty acids is around 84 % of the total fatty acids. The dominant fatty acids in Styrian pumpkin seed oil are linoleic acid, oleic acid, palmitic acid and stearic acid. It also contains numerous minerals, especially potassium, as well as fat-soluble vitamins, especially α - and γ -tocopherol. These ingredients are meant to have health-promoting qualities. That is why the Styrian pumpkin seed oil has already been used in traditional medicine. Some of these effects of the Styrian pumpkin seed oil have been confirmed in both animal studies and clinical trials. The health benefits of the Styrian pumpkin seed oil were assumed on the basis of the containing ingredients. Some of the published studies confirm the health benefits of the Styrian pumpkin seed oil. The animal studies focused in particular on its antioxidant, cardioprotective, wound-healing, antimicrobial and antitumor properties as well as its influence on the plasma lipid profile. In the clinical studies, the effects on benign prostatic hyperplasia, androgenetic alopecia and the cardioprotective effect, particularly in postmenopausal women, were investigated. However, the currently available data is not yet sufficient to form a scientifically sound opinion. There are hardly any studies carried out on humans, especially with regard to potential cardiovascular effects.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kürbiskernröstung unter konstanter Rührung. (10).....	3
Abbildung 2: Pressvorgang mit frischem Kürbiskernöl (10).....	3
Abbildung 3: Lagerung von Kürbiskernöl in dunkler Flasche (10)	3
Abbildung 4: Salatölherstellung aus doppelter Pressung (10).....	4
Abbildung 5: Doppelt gepresster Kürbiskernpresskuchen (10)	4
Abbildung 7: Abnahme des Linolsäuregehalts während des Röstvorgangs (23) .	17
Abbildung 8: Vitamin-E-Konzentration während des Röstprozesses (23)	19
Abbildung 9: Minimum, Maximum, Durchschnitt und Standardabweichung der 4 am häufigsten vorkommenden Fettsäuren, *Other = n = 3 (Russland, Mazedonien, Türkei, Spanien), n = 2 (Steiermark), n = 1 (Niederlande, Griechenland, Schweden, Polen, Ukraine, Moldau) (92).....	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: politische Anbau- und Ölpresbezirke des Steirischen Kürbiskernöls g.g.A. (adaptiert nach (16)).....	6
Tabelle 2: Zeitplan der Steirischen Kürbiskernölstudien.....	14
Tabelle 3: Nährwerttabellenvergleich der Gemeinschaft Steirisches Kürbiskernöl g.g.A (A) und des U.S. Department of Agriculture (B).....	16
Tabelle 4: Fettsäurezusammensetzung im Steirischen Kürbiskernöl (22).....	17
Tabelle 5: Auflistung der Fettsäuren von Kürbiskernölen der Kürbissorten <i>C. pepo</i> und <i>C. maxima</i> im Vergleich (22, 58)	31
Tabelle 6: Vergleich der Fettsäurezusammensetzung von Kürbiskernöl (<i>C. pepo</i>) und Olivenöl (<i>Olea europaea</i> L) (22, 94).....	33
Tabelle 7: Vergleich der Fettsäurezusammensetzung von Kürbiskernöl (<i>C. pepo</i>) mit Leinöl, Rapsöl und Sonnenblumenöl (22, 101, 102).....	35

1 Einleitung

Eines der wohl bekanntesten Nahrungsmittel aus der Steiermark ist das Steirische Kürbiskernöl. Verglichen mit dem Olivenöl, über das bereits viele Studien publiziert wurden, gibt es über das Steirische Kürbiskernöl verhältnismäßig noch wenige publizierte Studien. Ziel dieser Arbeit ist es daher, die derzeit bestehende Evidenz zum Steirischen Kürbiskernöl in Form eines Reviews zusammenzufassen.

1.1 Allgemeines

Bereits vor über 10.000 Jahren begann man damit, Kürbisse für den Verzehr zu kultivieren. Seit fast drei Jahrhunderten werden in Österreich und seinen angrenzenden Ländern, v.a. in Slowenien, aber auch in Italien und Ungarn, Kürbisse zur Ölgewinnung angebaut. (1) Ursprünglich stammt der Vorfahre aller bestehenden Cucurbita-pepo-Sorten mit hoher Wahrscheinlichkeit aus dem Gebiet des heutigen Mexikos, wie archäologische Funde bestätigen. (2) Kürbiskernöle – ähnlich wie bei anderen Ölen – werden oftmals nach deren Anbau- und Verarbeitungsregionen sowie der verwendeten Kürbissorte namentlich unterteilt. Das Steirische Kürbiskernöl, auf dem das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt, wird aus den Kernen des Steirischen Ölkürbis (lat. Cucurbita pepo subsp. pepo var. styriaca) gewonnen.

Dafür werden die Kürbiskerne traditionell geröstet, getrocknet und danach bei hohen Temperaturen gepresst, um den charakteristischen Geschmack zu erhalten. Die Bezeichnung Steirisches Kürbiskernöl ist eine geographisch geschützte Angabe (g.g.A.) und darf nur für Öle aus bestimmten Regionen im Süden Österreichs verwendet werden. Kürbiskernöl wird vorzugsweise als Salatöl für warme und kalte Speisen sowie zum Verfeinern von Desserts genutzt und erfreut sich dabei nicht nur großer Beliebtheit innerhalb Österreichs, sondern ist mittlerweile auch weltweit als Spezialität zu finden. Besonders der hohe Gehalt an einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren der Kerne und des daraus gewonnenen Öls verspricht positive Auswirkungen auf den menschlichen Stoffwechsel. Eine detailliertere Darstellung der Zusammensetzung des Öls und dessen Wirkung auf den menschlichen Organismus werden in den Sektionen 3 und 4 präsentiert.

1.2 Der Steirische Ölkürbis

Beim Steirischen Ölkürbis handelt es sich um eine spezielle Sorte der Familie Cucurbita pepo (lat. Cucurbita pepo subsp. pepo var. Styriaca). Cucurbita pepo ist eine Art aus der Gattung Cucurbita, die circa 22 bis 36 Arten umfasst und zur Familie der Cucurbitaceae (Kürbisgewächse) gehört. (3)

Der Steirische Ölkürbis weist eine besondere Mutation eines einzelnen rezessiven Gens auf. Dies resultiert in der äußerst dünnen Schale der Kürbiskerne. (4) Weiters enthält diese Kürbissorte verringerte Mengen an Zellulose und Lignin im Vergleich zu anderen Sorten. Hypodermis, Sklerenchym und Parenchym der Schale sind ebenfalls reduziert. Diese fast schalenlosen Kerne vereinfachen die Prozessierung und somit die Erzeugung des Öls und geben dem Steirischen Kürbiskernöl seine charakteristisch dunkelgrüne Farbe. (5, 6)

1.3 Herstellungsverfahren

Um die Bezeichnung Steirisches Kürbiskernöl tragen zu dürfen, muss das Öl nach strengen, traditionellen Richtlinien hergestellt sein. Dieses traditionelle Herstellungsverfahren des Steirischen Kürbiskernöls umfasst mehrere Schritte und ist sehr arbeitsintensiv. Der Steirische Ölkürbis wird zwischen Ende September und Ende Oktober geerntet und die gewonnenen Kürbiskerne werden nach der Ernte getrocknet. Dabei müssen sie einen Wassergehalt von max. 5-7 wt% erreichen. Die nun getrockneten Kerne werden gemahlen und so für die weitere Verarbeitung vorbereitet. Das übriggebliebene Fruchtfleisch des Kürbisses ist von niedrigerer Qualität und wird deswegen nur als Tierfutterzusatz verwendet (sog. Ölpresskuchen). Die getrockneten und gemahlten Kerne werden mit Wasser (ca. 20 %) und Kochsalz (ca. 2 %) zu einer weichen Masse verarbeitet. Diese Mischung wird in eine Röstpfanne gefüllt und eine Stunde bei circa 100°C geröstet. (7) Im Zuge der Röstung kommt es zu einer Proteinkoagulation, was eine einfache Trennung der Fette beim Pressen ermöglicht. Der Röstprozess ist der wichtigste Faktor zur Bildung der typisch mild-nussigen Röstaromen des Endprodukts. (7, 8) Die Kürbiskernmasse wird während des Röstvorganges konstant gerührt, wie aus Abbildung 1 entnommen werden kann. Dies verhindert

lokale Überhitzungen und Verbrennungen, welche mit der Bildung von unerwünschten verbrannten Geschmacksnoten einhergehen. (9)



Abbildung 1: Kürbiskernröstung unter konstanter Rührung. (10)

Anschließend an den Röstprozess wird die noch warme Kürbiskernmasse der Ölpresse zugeführt, wo das Öl vom Ölpresskuchen durch einen mechanischen Prozess getrennt wird. (11) Der Pressvorgang wird bei 300 bis 600 bar isotherm durchgeführt. Das dabei entstandene Öl ist von dunkelgrüner bis ockerroter Farbe und fluoresziert stark. (9) Abbildung 2 zeigt eine bildliche Darstellung davon.



Abbildung 2: Pressvorgang mit frischem Kürbiskernöl. (10)

Um einen lichtinduzierten Qualitätsverlust durch Degradation des Produkts zu verhindern, wird das Öl in dunklen Flaschen, wie in Abbildung 3, abgefüllt und gelagert. (7)



Abbildung 3: Lagerung von Kürbiskernöl in einer dunklen Flasche. (10)

Im Rahmen dieses Herstellungsprozesses wird nicht das gesamte Öl aus dem Pressgut gewonnen. Die verbleibende Masse kann somit erneut gepresst werden, um Salatöl mit verringerter Qualität verglichen zum Steirischen Kürbiskernöl herzustellen. (7) Diese zweite Ölpressung wird in Abbildung 4 veranschaulicht.

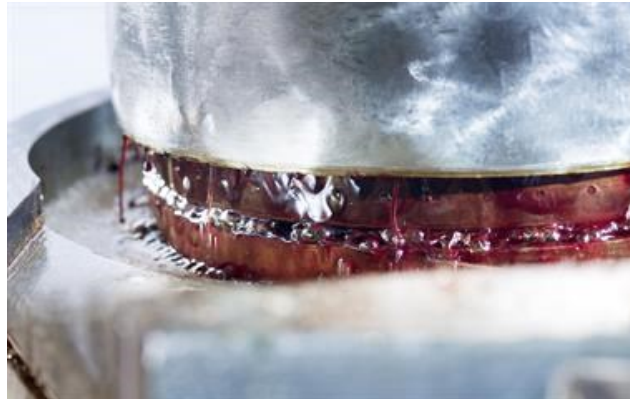


Abbildung 4: Salatölherstellung aus doppelter Pressung. (10)

Der übrig gebliebene doppelt gepresste Kürbiskernpresskuchen, siehe Abbildung 5, kann abschließend nur mehr als Tierfutter für beispielsweise Rinder verwendet werden, oder wird als Abfallprodukt entsorgt. Jedoch nur Kürbiskernöl aus erster Pressung darf als Steirisches Kürbiskernöl deklariert werden. (12)



Abbildung 5: Doppelt gepresster Kürbiskernpresskuchen. (10)

1.4 Wirtschaftliche Bedeutung

Kürbiskernöl ist auf dem Markt als natives Kürbiskernöl, wie das Steirische Kürbiskernöl, als kaltgepresstes Kürbiskernöl oder als Öl zum pharmazeutischen Gebrauch als Nahrungsergänzungsmittel erhältlich. Kürbiskernöl hat einen hohen Marktpreis im Vergleich zu anderen pflanzlichen Ölen, was auf den geringen Ertrag

an Kürbiskernöl pro Hektar, die geringe Ausbeute an Samen, den Einsatz von Handarbeit und den hohen Energieverbrauch bei der Produktion zurückzuführen ist. (13) Ein Liter Steirisches Kürbiskernöl kostet in Österreich circa 30 € (Stand Juli 2024). Im Vergleich zu Olivenöl oder Leinöl ist das Steirische Kürbiskernöl mehr als doppelt so teuer.

Der Marktanteil des Steirischen Kürbiskernöls g.g.A. beträgt in Österreich etwa 66 %. Die Steirische Landwirtschaftskammer veröffentlicht jährlich Zahlen und Fakten zum Steirischen Kürbiskernöl. Demnach zählten im Jahr 2022 zur Gemeinschaft Steirisches Kürbiskernöl g.g.A. 3.652 Mitglieder sowie 36 Ölmühlen in der Region Steiermark. 2022 konnten diese Ölmühlen 1,38 Millionen Liter Steirisches Kürbiskernöl abfüllen, was bei dem zuvor genannten Literpreis von 30 € einen geschätzten Marktwert von über 40 Millionen Euro aufweist. Für die Herstellung von 1 Liter Öl werden 2,1 bis 2,5 kg Kürbiskerne benötigt, was in etwa einer Menge von rund 30 bis 40 Kürbissen entspricht. Ursprünglich wurde das Steirische Kürbiskernöl lediglich für den regionalen Markt produziert, mittlerweile werden aber über 40 % der Gesamtproduktionsmenge ins Ausland exportiert. Diese hohe Exportrate zeigt eine steigende Tendenz auf, da das weltweite Interesse besonders am Steirischen Kürbiskernöl weiterhin ansteigt. Die Hauptexportländer sind Deutschland, Schweiz, Frankreich, Benelux, Südkorea Taiwan, Kanada und die USA. (14) Da jedoch die Produktion und der Verkauf vom Steirischen Kürbiskernöl von zahlreichen kleinen Betrieben und Händlern durchgeführt werden, können keine exakten Verkaufszahlen erhoben werden.

1.5 Geschützte geographische Angabe

Als gängiges Salatöl wird Kürbiskernöl (*cucurbita pepo* L.) nicht nur in der Steiermark, sondern auch in anderen Teilen Österreichs (Burgenland, Kärnten, Niederösterreich) sowie in Slowenien, Ungarn und Italien produziert. (15) Seit 1996 ist das Steirische Kürbiskernöl ein nach EU-Verordnung 1263/96 ABl. L 163/19 ff/96 als geschützte geographische Angabe (g.g.A.) spezifiziertes Speiseöl. Aufgrund des geographisch geschützten Begriffs darf das Öl ausschließlich in Regionen der Steiermark und des südlichen Burgenlands gepresst werden. Der Steirische Ölkürbis muss außerdem aus Anbaugebieten der oben genannten Bundesländer, sowie aus ausgewählten politischen Bezirken Niederösterreichs stammen. Eine

genaue Auflistung nach Bundesland bezüglich der politischen Kürbisanbau- und Ölpresbezirke ist in Tabelle 1 zu sehen. (16)

Politischer Bezirk / Bundesland	Kürbisanbau	Ölpresung
Deutschlandsberg / ST	✓	✓
Graz / ST	✓	✓
Graz-Umgebung / ST	✓	✓
Hartberg-Fürstenfeld / ST	✓	✓
Leibnitz / ST	✓	✓
Südoststeiermark / ST	✓	✓
Voitsberg / ST	✓	✓
Weiz / ST	✓	✓
Jennersdorf / B	✓	✓
Güssing / B	✓	✓
Oberwart / B	✓	✓
Hollabrunn / NÖ	✓	×
Horn / NÖ	✓	×
Mistelbach / NÖ	✓	×
Melk / NÖ	✓	×
Gänserndorf / NÖ (Eingeschränkt auf Gerichtsbezirk Zisterdorf)	✓	×
Korneuburg-Stockerau / NÖ (eingeschränkt auf Gerichtsbezirk Stockerau)	✓	×

Tabelle 1: politische Anbau- und Ölpresbezirke des Steirischen Kürbiskernöls g.g.A. (adaptiert nach (16)).

1.6 Anwendungen in der pharmazeutischen und kosmetischen Industrie

Das Steirische Kürbiskernöl wird wie bereits erwähnt aus den Kernen des Steirischen Ölkürbis hergestellt. Die Kerne an sich können als Ganzes gegessen oder zum Verfeinern von Gerichten verwendet werden. Das Steirische Kürbiskernöl wird als äußerst beliebtes Salatöl oder als Zusatz bei Desserts verwendet. Aufgrund seiner Farbe und der starken Schaumbildung eignet sich das Öl jedoch nicht zum Kochen und Braten. Neben der Gastronomie findet das Steirische Kürbiskernöl auch noch Anwendungsmöglichkeiten in der pharmazeutischen sowie in der kosmetischen Industrie. Am Markt ist es wegen seiner kardiovaskulär schützenden Wirkung als Nahrungsergänzungsmittel erhältlich. Zur äußerlichen Anwendung an der Haut und am Haar ist es ebenfalls verfügbar, etwa als Inhaltsstoff von Präparaten zur Behandlung der benignen Prostatahyperplasie oder der androgenen Alopezie. Im Bereich Kosmetik wird es beispielsweise zur Verwendung in Sonnenschutzmitteln getestet und verwendet. (17) Auf die genannten Anwendungsgebiete wird in Sektion 3.7 genauer eingegangen.

2 Material und Methoden

2.1 Studienplanung

Diese Diplomarbeit bildet die Basis für zwei Studien von Prof. Günther Silbernagel. Bei diesen Studien handelt es sich um klinische Interventionsstudien zum Steirischen Kürbiskernöl, die dessen Auswirkungen auf den Fettstoffwechsel prüfen sollen. Zur Vorbereitung und Planung der klinischen Interventionsstudien ist eine umfassende Literaturrecherche sowie die Studienplanung unumgänglich. Die Durchführung der Studie selbst ist nicht Teil dieser Arbeit, sondern wird unabhängig davon durchgeführt.

2.1.1 Studie 1

Ziel dieser Studie zum Steirischen Kürbiskernöl ist es, die Auswirkungen einer Nahrungsergänzung mit verschiedenen Mengen von Steirischem Kürbiskernöl auf die Plasmalipide zu untersuchen. Darüber hinaus interessieren wir uns für die Auswirkungen der Nahrungsergänzung mit Steirischem Kürbiskernöl auf die Vitaminkonzentrationen.

Wir gehen davon aus, dass die Plasmakonzentrationen von einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren als Reaktion auf eine Nahrungsergänzung mit Steirischem Kürbiskernöl steigen werden. Auch die Plasmakonzentrationen von pflanzlichen Sterolen und von Vitamin E könnten als eine Reaktion auf eine Nahrungsergänzung mit Steirischem Kürbiskernöl ansteigen. Auf der anderen Seite sollten Low-density Lipoprotein (LDL) und oxidiertes LDL sinken.

Es handelt sich um eine zweiwöchige randomisierte Diätinterventionsstudie mit 60 Teilnehmern. Es sind zwei Besuche im Studienzentrum vorgesehen. Beim ersten Besuch geben die Studienteilnehmer ihre schriftliche Einverständniserklärung ab. Außerdem werden die Krankengeschichte und klinische Standardparameter erhoben (z. B. Alter, Body-Mass-Index, Blutdruck, Rauchgewohnheiten, ...). Nüchternblutproben (40 ml Vollblut) werden für detaillierte Analysen des Lipidstoffwechsels entnommen. Die Studienteilnehmer werden nach dem Zufallsprinzip in 4 Interventionsgruppen mit jeweils 15 Teilnehmern eingeteilt. Die erste Gruppe erhält keine Intervention (Kontrollgruppe), die zweite Gruppe erhält 10 ml, die dritte Gruppe 20 ml und die 4. Gruppe 50 ml Steirisches Kürbiskernöl pro

Tag für zwei Wochen. Nach Ablauf der zwei Wochen werden erneut Blutproben entnommen (40 ml Vollblut).

Es werden augenscheinlich gesunde Personen gesucht, die nicht öfter als zweimal pro Woche Steirisches Kürbiskernöl konsumieren. Des Weiteren dürfen geeignete TeilnehmerInnen maximal zweimal pro Woche Sport betreiben.

Wir werden Probanden im Alter von > 18 und < 75 Jahren sowie Frauen und Männer einbeziehen.

Probanden mit Diabetes mellitus, Hämodialysebehandlung, akuten Erkrankungen, bösartigen Erkrankungen, und Patienten mit kurzer Lebenserwartung sind auszuschließen. Weiters sind Personen, die mit cholesterin- oder triglyceridsenkenden Medikamenten behandelt werden, auszuschließen. Probanden, die eine Unverträglichkeit gegenüber Steirischem Kürbiskernöl aufweisen, sind ebenfalls auszuschließen.

Primärer Endpunkt:

- Veränderung (gegenüber dem Ausgangswert und Vergleich zwischen den Gruppen) der Plasmakonzentration von ungesättigten und gesättigten Fettsäuren (insgesamt und Muster)

Sekundäre Endpunkte:

- Veränderung (gegenüber dem Ausgangswert und Vergleich zwischen den Gruppen) der Plasmakonzentration von Lipoprotein niedriger Dichte.
- Veränderung (gegenüber dem Ausgangswert und Vergleich zwischen den Gruppen) der Plasmakonzentrationen von pflanzlichen Sterolen.
- Veränderung (gegenüber dem Ausgangswert und Vergleich zwischen den Gruppen) der Plasmakonzentration von oxidiertem Lipoprotein niedriger Dichte.
- Veränderung (gegenüber dem Ausgangswert und Vergleich zwischen den Gruppen) der Plasmakonzentration von Triglyceriden.
- Veränderung (gegenüber dem Ausgangswert und Vergleich zwischen den Gruppen) der Plasmakonzentration von Vitamin E und anderen Antioxidantien.

Wir werden sehr detaillierte Analysen des Lipidstoffwechsels durchführen. Das Cholesterin der Low-Density-Lipoproteine wird nach der Friedewald-Formel berechnet. Die Lipoproteinpartikel im Plasma werden durch Ultrazentrifugation/Fällung getrennt (Chylomikronen, VLDL, LDL und HDL). Die Plasmalipidwerte werden enzymatisch gemessen. Die Konzentration der oxidierten Low-Density-Lipoproteine wird mit enzymatischen Immunosorbent-Assays gemessen. Eine genauere Trennung der Lipoproteinsubklassen wird mit Hilfe der Kernspinresonanzspektroskopie vorgenommen. Der Gehalt an Apolipoproteinen (Apolipoprotein A1, A2, B und C) und anderen für den Fettstoffwechsel relevanten Proteinen (z. B. Proprotein-Convertase-Subtilisin/Kexin-Typ 9, Angiopietin-ähnliche Proteine 3 und 4) wird mit enzymgekoppelten Immunosorbent-Tests gemessen. Wir werden eine sehr detaillierte Analyse der Plasmafettsäurezusammensetzung durchführen. Bei der vorliegenden Kurzzeitintervention werden Plasma-Phospholipid-Fettsäureanalysen mit Gaschromatographie durchgeführt. Darüber hinaus werden Nicht-Cholesterin-Sterine, einschließlich pflanzlichen Sterinen, mit Gaschromatographie und Massenspektrometrie gemessen. C-reaktives Protein und Interleukin 6 werden mit einem enzymgekoppelten Immunosorbent-Assay gemessen. Schließlich werden Antioxidantien (Lycopin, Lutein und Zeaxanthin) und Vitamine (Ascorbinsäure und Tocopherole) mit Hochleistungsflüssigkeitschromatographie gemessen.

Die Ausgangsmerkmale werden als Zahlen mit Prozentsätzen oder Mittelwerte mit Standardabweichung beschrieben. Vergleiche der Ausgangsmerkmale zwischen den 4 Gruppen werden mit dem Chi-Quadrat-Test oder mit der Varianzanalyse durchgeführt. Die Signifikanz von Veränderungen zwischen dem ersten und zweiten Besuch wird mit dem t-Test für gepaarte Stichproben getestet. Vergleiche der Veränderungen zwischen dem ersten und dem zweiten Besuch zwischen den vier Gruppen werden mit der Varianzanalyse durchgeführt, wobei die Veränderung des Parameters zwischen dem ersten und dem zweiten Besuch (Follow-up-Wert – Ausgangswert) als abhängige Variable und die Gruppenzuordnung als unabhängige Variable betrachtet wird. Die Modelle werden um den Ausgangswert bereinigt. P-Werte < 0,05 werden als signifikant angesehen. Es wird das Statistikpaket SPSS 25.0 verwendet (SPSS Inc., US).

2.1.2 Studie 2

Ziel dieser Steirischen Kürbiskernölstudie ist es, die Auswirkungen bei regelmäßigem Verzehr einer Standardmenge Steirischen Kürbiskernöls auf die Plasmalipide zu untersuchen. Weiters sollen die Auswirkungen des regelmäßigen Verzehrs von Steirischem Kürbiskernöl mit jenen von Olivenöl verglichen werden. Wir gehen davon aus, dass sowohl das Steirische Kürbiskernöl als auch das Olivenöl positive Auswirkungen auf den Lipidstoffwechsel haben werden. Wir vermuten, dass es keine großen Unterschiede in den Veränderungen der Plasmalipide zwischen Steirischem Kürbiskernöl und Olivenöl gibt.

Es handelt sich um eine 8-wöchige randomisierte, kontrollierte Diätinterventionsstudie mit 50 Teilnehmern. Es sind zwei Besuche im Studienzentrum vorgesehen. Beim ersten Besuch geben die Studienteilnehmer eine schriftliche Einverständniserklärung ab. Anamnese und klinische Standardparameter (z. B. Alter, Body-Mass-Index, Blutdruck, Rauchgewohnheiten, ...) werden ebenfalls dokumentiert. Nüchternblutproben (40 ml Vollblut) werden für detaillierte Analysen des Fettstoffwechsels entnommen. Die Studienteilnehmer werden nach dem Zufallsprinzip in zwei Interventionsgruppen mit jeweils 25 Teilnehmern eingeteilt. Die erste Gruppe erhält 8 Wochen lang 20 ml Steirisches Kürbiskernöl pro Tag. Die zweite Gruppe erhält 8 Wochen lang 20 ml Olivenöl pro Tag. Nach Ablauf der 8 Wochen werden erneut Blutproben entnommen (40 ml Vollblut).

Teilnehmerauswahl, Einschluss- und Ausschlusskriterien entsprechen jenen der Steirischen Kürbiskernölstudie 1. Probanden, die eine Unverträglichkeit gegenüber Olivenöl haben, müssen ebenfalls ausgeschlossen werden.

Primärer Endpunkt:

- Veränderung der Plasmakonzentration von LDL-Cholesterin (im Vergleich zum Ausgangswert und im Vergleich zwischen der diätetischen Intervention mit Steirischem Kürbiskernöl und Olivenöl).

Sekundäre Endpunkte:

- Veränderung der Plasmakonzentration von Triglyceriden (im Vergleich zum Ausgangswert und im Vergleich zwischen der diätetischen Intervention mit Steirischem Kürbiskernöl und Olivenöl).
- Veränderung der Plasmakonzentrationen von einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren (im Vergleich zum Ausgangswert und im Vergleich zwischen der Ernährungsintervention mit Steirischem Kürbiskernöl und Olivenöl).
- Veränderung der Plasmakonzentration von Pflanzensterinen (im Vergleich zum Ausgangswert und im Vergleich zwischen der Ernährungsintervention mit Steirischem Kürbiskernöl und Olivenöl).

Die Labormethoden gleichen jenen der Steirischen Kürbiskernölstudie 1. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Fettsäuren in der Erythrozytenmembran mittels Gaschromatographie quantifiziert werden, da die Intervention 8 statt nur zwei Wochen andauert.

Die Ausgangsmerkmale werden als Zahlen mit Prozentsätzen oder Mittelwerte mit Standardabweichungen beschrieben. Vergleiche der Ausgangsmerkmale zwischen den beiden Gruppen werden mit dem Qui-Quadrat-Test oder mit dem t-Test durchgeführt. Die Signifikanz von Veränderungen zwischen dem ersten und dem zweiten Besuch wird mit dem t-Test für gepaarte Stichproben geprüft. Vergleiche der Veränderungen zwischen dem ersten und dem zweiten Besuch zwischen den beiden Gruppen werden mit einer Varianzanalyse durchgeführt, wobei die Veränderung des Parameters zwischen Besuch 1 und 2 (Follow-up-Wert – Ausgangswert) als abhängige Variable und die Gruppenzuweisung als unabhängige Variable dient. Die Modelle werden um den Ausgangswert bereinigt. P-Werte < 0,05 werden als signifikant angesehen. Dies ist eine explorative Studie, daher wird keine Leistungsberechnung durchgeführt. Es wird das Statistikpaket SPSS 25.0 verwendet (SPSS Inc., US).

Sicherheitsprobleme sind nicht zu erwarten, da sowohl Steirisches Kürbiskernöl als auch Olivenöl in Österreich allgemein verwendet werden. Außerdem werden die Studienteilnehmer keine extrem hohen Dosen dieser pflanzlichen Öle erhalten. Probanden, die Steirisches Kürbiskernöl und Olivenöl nicht vertragen, werden von

der Studie ausgeschlossen. Darüber hinaus besteht nur das Risiko von Hämatomen bei der Blutabnahme.

Es wird eine unabhängige Überwachung der primären und sekundären Endpunkte geben.

Die Studien 1 und 2 werden die ersten sein, die systematisch die Auswirkungen einer regelmäßigen Einnahme von Steirischem Kürbiskernöl, einem Produkt, das von Millionen von Menschen verwendet wird, auf die Plasmalipide untersuchen. Die Ergebnisse der Studien werden auf dem jährlichen Kongress der Europäischen Atherosklerosegesellschaft (EAS) vorgestellt. Diese Gesellschaft widmet sich der Vorbeugung und Behandlung von Atherosklerose und hat einen Schwerpunkt auf dem Lipidstoffwechsel, Wir streben an, die Manuskripte in einer renommierten wissenschaftlichen Fachzeitschrift zu veröffentlichen, die sich mit Ernährung, Fettstoffwechsel und Atherosklerose befasst (z. B. American Journal of Clinical Nutrition; Journal of Lipid Research; Atherosclerosis).

Für die Durchführung der Steirischen Kürbiskernölstudien 1 und 2 werden 2,5 Jahre benötigt. Der genaue Zeitplan ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

Abgeschlossene Protokolle der Steirischen Kürbiskernölstudien 1 und 2	Fertig
Einreichung des Protokolls der Steirischen Kürbiskernölstudie 1 bei der Ethikkommission	Fertig
Ethische Genehmigung der Steirischen Kürbiskernölstudie 1	Sommer 2024
Rekrutierung von Studienteilnehmern für die Steirische Kürbiskernölstudie 1	Januar 2025 - September 2025
Laboranalysen für die Steirische Kürbiskernölstudie 1	Oktober 2025 - Dezember 2025
Statistische Auswertung und Erstellung des Manuskriptes der Steirischen Kürbiskernölstudie 1	Januar 2026 - März 2026
Einreichung des Protokolls der Steirischen Kürbiskernölstudie 2 bei der Ethikkommission	Juli 2025

Ethische Genehmigung der Steirischen Kürbiskernölstudie 2	Ende 2025
Rekrutierung von Studienteilnehmern für die Steirische Kürbiskernölstudie 2	April 2026 - Dezember 2026
Laboranalysen für die Steirische Kürbiskernölstudie 2	Januar 2026 - März 2026
Statistische Auswertung und Erstellung des Manuskriptes der Steirischen Kürbiskernölstudie 2	Mai 2026 - Juni 2026
Verfassen einer Projektzusammenfassung für die OENB	Juli 2026

Tabelle 2: Zeitplan der Steirischen Kürbiskernölstudien

2.2 Literaturrecherche/Review

Im Rahmen dieser Arbeit wird die derzeit bestehende Evidenz zum Steirischen Kürbiskernöl zusammengefasst. Es werden alle Studien eingeschlossen, die wissenschaftliche Informationen über das Steirische Kürbiskernöl enthalten, insbesondere über dessen Inhaltsstoffe und Auswirkungen auf den Stoffwechsel. Die Suche konzentrierte sich auf in PubMed-gelistete Studien und erfolgte über PubMed sowie Google scholar. Die Suchvariablen hierbei lauteten: „pumpkin seed oil“ und „Styrian pumpkin seed oil“. Zielvariablen waren vor allem „Polyphenole“, „LDL-Cholesterin“, „Triglyzeride“ und „ungesättigte Fettsäuren“. Die vorliegende Datenlage lässt die Durchführung einer Meta-/Analyse nicht zu, daher erfolgt die Beschreibung der Evidenzlage primär deskriptiv als Review. Die Hypothese lautet, dass es erhebliche Lücken in der Evidenzlage zum Steirischen Kürbiskernöl gibt, und der Großteil der erwarteten positiven Effekte letztlich noch zu bestätigen sind.

3 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel sind die Ergebnisse der Literaturrecherche zum Steirischen Kürbiskernöl zusammengefasst.

3.1 Chemische Zusammensetzung

Das Steirische Kürbiskernöl aus dem Steirischen Ölkürbis (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *Styriaca*) besteht aus einfach und mehrfach ungesättigten sowie aus gesättigten Fettsäuren. Besonders reich ist es an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, die etwa 84 % der Gesamtfettsäuren ausmachen. Den größten Anteil hierbei machen Linolsäure, Ölsäure, Palmitinsäure und Stearinsäure aus. Außerdem ist es reich an Mineralien und fettlöslichen Vitaminen, insbesondere α - und γ -Tocopherol, sowie Carotinoiden. (9, 18)

Wie bereits erwähnt werden im Zuge der Ölpressung die Kürbiskerne zerkleinert, geröstet und danach bei hohen Temperaturen gepresst. Da das dabei entstehende Produkt einen hohen Ungesättigtheitsindex und einen hohen Gehalt an Vitaminen und biologisch aktiven thermolabilen Verbindungen aufweist, ist der Röstprozess von entscheidender Bedeutung. (11) Aufgrund dieser Abhängigkeit vom Röstprozess kann man die Inhaltsstoffe des Steirischen Kürbiskernöls in zwei Gruppen einteilen: flüchtige und nicht-flüchtige Inhaltsstoffe.

3.2 Nährwerte und Makronährstoffe

Nach Angaben der Gemeinschaft Steirisches Kürbiskernöl g.g.A (2024) enthalten 100 g Steirisches Kürbiskernöl durchschnittlich 900 kcal und 100 g Gesamtfette, davon 18 g gesättigte Fettsäuren, 36 g einfach ungesättigte Fettsäuren und 46 g mehrfach ungesättigte Fettsäuren. (19)

Das U.S. Department of Agriculture (USDA, 2024) gibt für 100 ml Kürbiskernöl Nährwerte von durchschnittlich 867 kcal, 93,33 g Gesamtfette, 10 g gesättigte Fettsäuren, 40 g einfach ungesättigte Fettsäuren und 50 g mehrfach ungesättigte Fettsäuren an. (20) Eine Gegenüberstellung diese Werte sind in Tabelle 3 angeführt.

	Nährwert / kcal	Gesamtfette / g	Gesättigte Fettsäuren / g	Einfach ungesättigte Fettsäuren	Mehrfach ungesättigte Fettsäuren
A	900	100	18	36	46
B	867	93,33	10	40	50

Tabelle 3: Nährwerttabellenvergleich der Gemeinschaft Steirisches Kürbiskernöl g.g.A (A) und des U.S. Department of Agriculture (B).

3.3 Nicht-flüchtige Inhaltsstoffe

Zu den nicht-flüchtigen Bestandteilen gehören die enthaltenen Fettsäuren, Vitamin E, Pflanzensterine und Secoisolariciresinol. Diese werden in den folgenden Sektionen näher beleuchtet.

3.3.1 Fettsäuren

Die Zusammensetzung der einzelnen Fettsäuren und der Fettsäuregehalt hängen von mehreren Faktoren ab, wie etwa genetische Faktoren (Kürbissorte), Anbaugebiet, Klima oder dem Reifegrad bei der Ernte. Die exakte Zusammensetzung wird auch durch das Extraktions- und Produktionsverfahren maßgeblich beeinflusst. Die Fettsäurezusammensetzung (%) von Kürbiskernölen aus verschiedenen Sorten ist in Tabelle 4 zusammengefasst.

Der Ölgehalt der Kürbiskerne liegt zwischen 42 – 54 %. Bei den dominanten Fettsäuren im Steirischen Kürbiskernöl handelt es sich um Palmitinsäure (C16:0, 9,5 - 14,5 %), Stearinsäure (C18:0, 3,1 - 7,4 %), Ölsäure (C18:1, 21,0 - 46,9 %) und Linolsäure (C18:2, 35.6 - 60.8 %). Gesamt machen diese vier Fettsäuren 98 ($\pm 0,13$) % der Menge an Fettsäuren aus. Andere im Öl vorkommende Fettsäuren liegen deutlich unter 0,5 %. (21) Eine Auflistung der enthaltenen Fettsäuren ist in Tabelle 4 ersichtlich.

Fettsäure	Gehalt (%) im Steirischen Kürbiskernöl
Gesättigte Fettsäuren	
Palmitinsäure (C16:0)	10.68 ± 0.42
Stearinsäure (C18:0)	8.67 ± 0.27
Gesamt	19.35 ± 0.16
Ungesättigte Fettsäuren	
Palmitoleinsäure (C16:1)	0.58 ± 0.14
Ölsäure (C18:1)	38.42 ± 0.37
Linolsäure (C18:2)	39.84 ± 0.08
Linolensäure (C18:3)	0.68 ± 0.14
Gadoleinsäure (C20:1)	1.14 ± 0.00
Ungesättigte Fettsäuren gesamt	80.65 ± 0.16

Tabelle 4: Fettsäurezusammensetzung im Steirischen Kürbiskernöl (22)

In einem Versuch von Murkovic et al. (2004) wurden die Unterschiede in der Zusammensetzung des Öls durch den Röstprozess erhoben. Die Fettsäurezusammensetzung des Öls der Kürbiskerne vor dem Röstprozess war wie folgt: Stearinsäure 12,4 %, Palmitinsäure 5,43 %, Ölsäure 27,6 % und Linolsäure 54,6 %. Während der Röstung lag die Temperatur bei 150 °C. Die Gehalte an Palmitinsäure, Stearinsäure und Ölsäure blieben während des Röstprozesses stabil. Der Gehalt an Linolsäure nahm von 54,6 % auf 54,2 % ab, eine kleine, aber signifikante Veränderung. Die Abnahme des Linolsäuregehalts während der Röstung wird in Abbildung 7 veranschaulicht. Diese Verringerung führte zu Oxidationsprodukten nach dem Röstprozess, die durch Headspace-Gaschromatographie (GC) nachgewiesen wurden. Weiters sank der Gehalt der Linolsäure während des Prozesses des Überführens der gerösteten Kürbiskerne in die Ölpressen auf den finalen Linolsäureanteil von 54,0 %. (23)

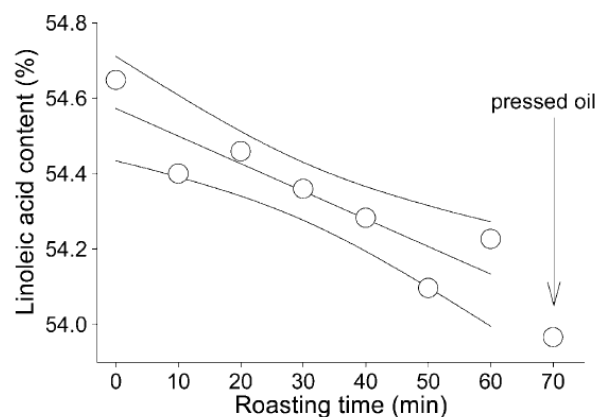


Abbildung 6: Abnahme des Linolsäuregehalts während des Röstvorgangs (23)

In anderen Studien wurde gezeigt, dass in verschiedenen Kürbissorten, die für die Ölproduktion verwendet werden, Palmitinsäure in einer Größenordnung von $10,3 \pm 11,7\%$, Stearinsäure $4,1 \pm 5,4 \%$, Ölsäure $30,5 \pm 40,8\%$ und Linolsäure $42,1 \pm 51,5\%$ vorkommen. (24, 25)

Diese Daten zeigen, dass Kürbiskernöl aus diätetischer Sicht interessant ist. Es ist eine reichhaltige Quelle für Linolsäure, hat aber auch einen höheren Gehalt an Ölsäure als andere Kürbissorten. Außerdem scheint der Gehalt an Linolensäure (C18:3, 0,22 - 0,62 %) ausgewogen zu sein. Das hohe $\omega 6/\omega 3$ -Verhältnis weist darauf hin, dass das Produkt als gute Nahrungsquelle für essentielle Fettsäuren angesehen werden kann. (9)

3.3.2 Vitamin E

Neben den mehrfach ungesättigten Fettsäuren enthält das Steirische Kürbiskernöl auch noch einige Vitamine und Mineralstoffe. Bei den Vitaminen vorherrschend ist das Vitamin E. Nach Angaben der Gemeinschaft Steirisches Kürbiskernöl g.g.A. (2023) enthalten 100 g Steirisches Kürbiskernöl durchschnittlich 29 mg Vitamin E, was 242 % des täglichen Bedarfs entspricht. (19)

In den Kürbiskernen kommen vorrangig zwei Vitamin-E-Isomere vor, α - und γ -Tocopherol. Diese sind mit Konzentrationen von 91 mg/kg bzw. 41 - 620 mg/kg in vorhanden. Andere Tocopherole kommen nur in sehr geringen Konzentrationen vor. Neben Tocopherolen kommen auch noch α - und γ -Tocotrienol in signifikanten Mengen vor. (23) Diese Isomere unterscheiden sich durch die Anzahl und Position der Methylgruppen des Chromanolrings. (26)

Der Vitamin-Gehalt im Kürbiskernöl ist abhängig von genetischem Hintergrund (Kürbissorte), von Umweltfaktoren und klimatischen Bedingungen am Anbauort sowie vom Herstellungsprozess. (17) In dem bereits genannten Versuch von Murkovic et al. (2004) wurde auch das Vitamin E während des Röstprozesses untersucht. Der Gehalt an Vitamin E blieb während der Röstung der Kerne nicht konstant. Die Anfangskonzentration der Vitamin-E-Isomere betrug 37,5 mg/g für α -Tocopherol, 15,9 mg/g für α -Tocotrienol, 383 mg/g für γ -Tocopherol und 128 mg/g für γ -Tocotrienol. Die Veränderungen der beobachteten Konzentrationen der vier untersuchten Vitamin-E-Formen waren ähnlich. Der anfängliche Wert sank in den ersten 40 min während des Erhitzens und stieg dann wieder auf etwa den

Ausgangswert. Betrachtet man die Verhältnisse von α -Tocopherol zu α -Tocotrienol und γ -Tocopherol zu γ -Tocotrienol, ist zu erkennen, dass bei den γ -Isomeren keine Veränderung auftritt, während die α -Isomere einen deutlichen Anstieg des Verhältnisses α zu γ aufweisen. Dies bedeutet, dass der Gehalt an α -Tocotrienol während des Röstvorgangs reduziert wird, was auf eine geringere Stabilität dieser Substanz hinweist. (23) Die Veränderungen von α - und γ -Tocopherol über die Röstdauer werden in Abbildung 8 dargestellt.

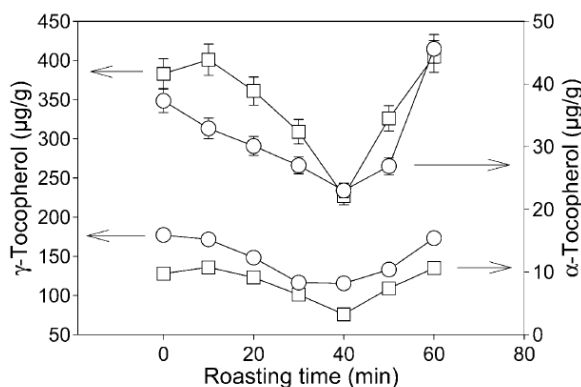


Abbildung 7: Änderung der Vitamin-E-Konzentration während der Röstung (23)

3.3.3 Carotinoide

Sowohl in Kürbissen (27) als auch in Kürbiskernen (28) sind reichlich Carotinoide enthalten. Im Zuge des Herstellungsverfahrens gehen die Carotinoide von den Kernen auch in das Kürbiskernöl über. Verglichen mit anderen Pflanzen und Ölen ist traditionell hergestelltes Kürbiskernöl aus gerösteten Kürbiskernen besonders reich an Carotinoiden. (29, 30) Am häufigsten in Kürbiskernöl nachgewiesen wurden β -Carotin, Zeaxanthin, Lutein und Cryptoxanthin. (31) In geringen Mengen sind Violaxanthin, Luteoxanthin, Auroxanthin-Epimeren, Lutein-Epoxid, Flavoxanthin, Chrysanthemaxanthin, 9(9')-cis-Lutein, 13(13')-cis-Lutein, 15 cis-Lutein (Zentral-cis)-Lutein, α -Cryptoxanthin, β -Cryptoxanthin und α -Carotin (β, ϵ -Carotin) vorhanden. (32, 33)

Verglichen mit nativem Olivenöl ist der Gehalt an Lutein- und Zeaxanthingehalt in Kürbiskernöl um eine Größenordnung höher. (9)

Der Gehalt an Carotinoiden im Kürbiskernöl ist jedoch wie bei anderen Phytochemikalien auch von den Wachstumsbedingungen und dem Extraktionsverfahren abhängig. (17) In einem Versuch von Vujasinovic et al. (2012) wurde gezeigt, dass eine Erhöhung der Röstdauer und der Rösttemperatur der

Kürbiskerne zu einem möglichen Abbau von β -Carotin und aufgrund von Polymerisation zu einem Verlust von Carotinoiden führen kann. (34, 34)

3.3.4 Sekundäre Pflanzenstoffe

Sekundäre Pflanzenstoffe kommen von Natur aus in Pflanzen vor. Im Steirischen Kürbiskernöl sind Phytosterine, Polyphenole, Terpenoide sowie andere bioaktive Lipide vorhanden, welche in den folgenden Kapiteln näher beleuchtet werden.

3.3.4.1 Phytosterine

Phytosterine gehören zu den sekundären Pflanzenstoffen. Sie kommen in verschiedenen Heilpflanzen vor und werden wegen ihrer gesundheitlichen Vorteile als mögliche Therapeutika immer interessanter. (35)

Die Pflanzensterine im Steirischen Kürbiskernöl kommen hauptsächlich als verschiedene $\Delta 7$ -Sterole, aber auch in geringen Mengen als $\Delta 5$ - und $\Delta 8$ -Sterole, vor. (36) Die Sterole $\Delta 7,25$ -Stigmastadienol, $\Delta 7,22,25$ -Stigmastatrienol ($\Delta 7,22,25$ -Stigmastatrien-3- β -ol), α -Spinasterol ($\Delta 7,22$ -Stigmastadienol) und $\Delta 7$ -Avenasterol ($\Delta 7,24$ -Stigmastadienol) machen etwa 80 % der Gesamtmenge an Pflanzensterinen aus. Auch Stigmasterol, 24-Methylchol-7-enol, Sitostanol, $\Delta 5$ -Avenasterol, $\Delta 7$ -Stigmasterol, Erythrodiol und Uvaol sind in Kürbiskernöl enthalten. (37) Ryan et al. (2007) berichteten über den Gehalt an β -Sitosterin und Stigmasterol in Kürbiskernen mit 24,9 bzw. 8,4 mg/100 g. (17, 38)

Unter den bei Murkovic et al. (2002) vorherrschenden chromatographischen Bedingungen konnten sie nicht als einzelne Verbindungen getrennt werden. In der von ihnen durchgeführten Gaschromatographie-Massenspektrometrie-Analyse (GC-MS) gingen einige von ihnen sogar ineinander über. Es wurden kleine Mengen von Sterolen gefunden, die in Pflanzen weit verbreitet sind, d. h. Sitosterol, Campesterol und Stigmasterol, sowie Dimethylsterine (2,4-Dimethylcycloartanol). Auch ihr Verhalten während der Röstung wurde untersucht, es wurde jedoch keine eindeutige Zerstörung der Pflanzensterine beobachtet. Die Variation der Steringehalte der Samen während des Röstprozesses (Gesamtsteringehalt 1600-1930 mg/g FW) wurde wahrscheinlich durch Änderungen des Wassergehalts (frühe Prozessstufen) oder Extrahierbarkeit der Pflanzensterine (spätere Prozessstufen) hervorgerufen. Vor der Zugabe von Wasser lag der Gesamtsteringehalt der Samen

bei 2100 mg/g. Zu Beginn des Prozesses wurde Wasser zugegeben, und die ersten drei Messungen ergaben Pflanzensteringehalte von 1600-1710 mg/g. Danach stiegen sie in Richtung des in den Kürbiskernen gemessenen Gehalts und erreichten 1900 mg/g. Der Pflanzensteringehalt des Öls betrug 4030 mg/g (39), was den mit den Ergebnissen eines Versuchs von Homberg und Bielefeld (1989) (40) übereinstimmte. Die Sterolprofile der Proben änderten sich während des Prozesses nicht, was darauf hindeutet, dass es keine signifikanten Unterschiede in der Stabilität der verschiedenen Sterole gab. (21) Raczyk et al. (2017) belegten, dass der Phytosterin- und Tocopherolgehalt im Kürbiskernöl auch von den Lagerungsbedingungen abhängen. (41)

Wenzl et al. (2002) zeigten, dass durch die Bestimmung des $\Delta 7$ - und $\Delta 5$ -Sterolgehalts Beimischungen von billigen Pflanzenölen in Kürbiskernöl erkannt werden können, da der Gehalt an $\Delta 5$ -Sterolen (wie Stigmasterol, Campesterol oder β -Sitosterol) in Kürbiskernöl im Vergleich zu anderen Ölen sehr gering ist, während $\Delta 7$ - dominieren. (42, 43)

3.3.4.2 Polyphenole

Das Steirische Kürbiskernöl enthält hinsichtlich ihrer gesundheitsfördernden Wirkungen mit den phenolischen Verbindungen eines der am besten untersuchten Inhaltsstoffprofile in Naturprodukten. Polyphenole sind für ihre antioxidative Wirkung bekannt, die zur oxidativen Stabilität des Öls beiträgt.

In den Kernen des Steirischen Ölkürbis kommen Polyphenole vom Isoflavon-Typ - Daidzein und Genistein, (44) - und vom Lignantyp - Secoisolariciresinol, (45) - vor. Der Gehalt an diesen Isoflavonen liegt im niedrigen ppb-Bereich (5,6 - 15,3 ng/g), im Gegensatz zu den höheren Konzentrationen (210 mg/g) des Lignan Secoisolariciresinol. (23) Der Lignan-Gehalt im Kürbiskernöl ist geringer als in den Kürbiskernen, was wahrscheinlich auf einen Abbauprozess während der Röstung zurückzuführen ist. (46, 47) Der Gesamtgehalt an Polyphenolen im Steirischen Kürbiskernöl liegt bei 33.9 ± 5.3 mg/kg CAE (caffeic acid equivalents). (48) Einzeln nachgewiesene Phenolsäuren im Steirischen Kürbiskernöl waren Vanillinsäure, p-Cumarsäure (49, 50), Tyrosol, Ferulasäure und in einigen Proben auch das Flavonoid Apigenin (50) sowie Kaffeesäure und Transzimtsäure (49).

Untersuchungen von Kraushofer (2002) zeigten, dass Secosisolariciresinol in Form von Glykosiden vorliegt und in geringen Mengen verestert war. (45) In einem Versuch von Murkovic et al. (2004) wurde weder in kommerziellen noch in selbst hergestellten Kürbiskernextrakten (Ethanol/Wasser = 1:1, v/v) freies Secosisolariciresinol nachgewiesen. Nur in ungerösteten Kürbiskernen wurden nach der zweistufigen Hydrolyse geringe Mengen Secoisolariciresinol nachgewiesen. Die von ihnen vorgestellten Ergebnisse waren jedoch deutlich niedriger als die von Adlercreutz und Mazur (1997) veröffentlichten, was auf unterschiedliche Methoden zur Probenvorbereitung zurückzuführen sein könnte. (11, 23, 44)

3.3.4.3 Terpenoide

Eine biosynthetische Vorstufe aller Steroide in Pflanzen- und Tierzellen ist das Triterpen Squalen. Squalen ist in kaltgepressten Kürbiskernölen (*C. pepo* L.) in einer Konzentration von etwa 600 mg/100 g Öl vorhanden (31, 51) und ist wichtig für dessen oxidative Stabilität. (52) Der Squalen-Gehalt ist in traditionell hergestellten Steirischen Kürbiskernöl niedriger als in Kürbiskernölen, bei denen die Kürbiskerne vor der Pressung nicht geröstet wurden. (41)

Pflanzen aus der Familie der Kürbisgewächse (Cucurbitaceae) produzieren eine Gruppe spezialisierter Metaboliten, die Cucurbitacine genannt werden. Diese toxischen Triterpenoide stehen im Verdacht, interessant in der Behandlung verschiedener Krankheiten wie Entzündungen, Krebs oder Autoimmunerkrankungen sein zu können. (53) Zwar existiert Literatur über das Vorkommen von Cucurbitacinen in Kürbiskernen (53, 54), jedoch liegen keine Daten über ihr Vorhandensein in Kürbiskernöl vor. Auch über einige andere Multifloran Triterpenester und Diterpene gibt es Daten bezüglich ihres Vorkommens in Kürbiskernen (53), aber keine in Verbindung mit Kürbiskernöl. (17)

3.3.4.4 Andere bioaktive Verbindungen

Vigor et al. (2022) fanden Phytoprostane und Phytofurane im Steirischen Kürbiskernöl. Diese bioaktiven Lipide, die durch die Oxidation von mehrfach ungesättigten Fettsäuren entstehen und deren Vorläufer die α -Linolensäure ist, gehören zur Gruppe der Oxilipine. (17, 55)

3.3.5 Mineralstoffe

Zur Aufrechterhaltung einer normalen Funktion des menschlichen Körpers werden Mineralstoffe in geringen Mengen benötigt und über die Nahrung in Form von Salzen aufgenommen. Zu den essenziellen Mineralien gehören Natrium (Na), Kalium (K), Chlorid (Cl), Eisen (Fe), Kalzium (Ca), Phosphor (P), Magnesium (Mg), Kupfer (Cu), Jod (I), Zink (Zn), Chrom (Cr), Fluorid (F), Mangan (Mg), und Selen (Se). (56)

Seymen et al. (2016) untersuchten Mineralstoffe in Kürbiskernen von 10 verschiedenen Genotypen der Kürbisart *C. pepo*. Sie stellten fest, dass Kalium am häufigsten vorkam, gefolgt von Phosphor, Magnesium und Kalzium. Nur in geringeren Mengen nachgewiesen wurden Nickel, Bor und Molybdän. Die Mineralstoffgehalte in der Studie von Seymen et al. (2016) (57) waren höher als die von Rezig et al. (2012) für die Kürbissorte *C. maxima* Béjaoui aus Tunesien. (58)

Der Mineralstoffgehalt kann durch Umwelt- und genetische Faktoren beeinflusst werden. Zum Beispiel enthält das Öl von *C. maxima* einen höheren Na-Gehalt im Vergleich zu *C. pepo*. (59)

Auch andere Spurenelemente sind in Kürbiskernöl enthalten. Martinec et al. (2019) verglichen die Mineralstoffzusammensetzungen von Kürbiskernölen aus Kroatien, Slowenien und Österreich. In den dabei untersuchten Proben waren Magnesium, Kalium und Kalzium die dominierenden Verbindungen. Ihr Gehalt war neunmal höher als in Vergleichsproben mit kaltgepresstem Kürbiskernöl. Dieser Unterschied ist wahrscheinlich auf den Zusatz von Salz und die hohe Temperatur bei der Extraktion des nativen Öls zurückzuführen. Sowohl Salz als auch Temperatur können die Übertragung von Mineralien aus den Samen in das Öl erleichtern. In den österreichischen und slowenischen Kürbiskernölen war Natrium das dominierende Mineral, im kroatischen Kürbiskernöl war Natrium nur das vierthäufigste Element. Auch die Gehalte an Kalium unterschieden sich. Ebenso war der Magnesium-Gehalt in österreichischen und slowenischen Kürbiskernölen sehr hoch, während der Kalzium-Gehalt nur im österreichischen Öl hoch war. Die Unterschiede in den Mineralstoffkonzentrationen könnten durch die verschiedenen geografischen Herkünfte und den damit einhergehenden variierenden Anbauuntergründen, Bodenzusammensetzungen und unterschiedlichen Mineralprofilen der Ackerflächen erklärt werden. (60, 61)

3.4 Flüchtige Inhaltsstoffe

Das Steirische Kürbiskernöl hat ein mild-nussartiges Aroma, das von Pyrazinen herrührt, die beim Rösten der Kürbiskerne vor dem Pressenvorgang entstehen. (62, 63) Die dominierenden Geruchskomponenten (character impact compounds) im Steirischen Kürbiskernöl sind Pyrazin, 2-Methylpyrazin, 2,6-Dimethylpyrazin, 2-Ethyl-5-Methylpyrazin, 2,3,5-Trimethylpyrazin und 2-Ethyl-3,6-Dimethylpyrazin. (64) Darüber hinaus sind 2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazin, 2-Isobutyl-3-methylpyrazin und 2-Methyl-6-furfurylthiopyrazin an der Aromabildung des Kürbiskernöls beteiligt. (65)

Im Rahmen einer Untersuchung von Matsui et al. (1998) wurde eine Headspace-Analyse zu einem Kürbiskernöl, das aus einer anderen Sorte (*Telfaira occidentalis*) hergestellt wurde, durchgeführt. Diese zeigte ebenfalls, dass Pyrazine zur Bildung des Aromas wesentlich beitragen, aber auch einige Verbindungen aus anderen chemischen Klassen. (66)

Das Vorhandensein von Acetatestern kann das Aromaprofil von Ölproben charakterisieren. (9) Dieser Geschmack ist hauptsächlich auf einen Fermentationsprozess zurückzuführen, der die Bildung von Essigsäure, Ethanol, Methylacetat und Ethylacetat zur Folge hat, die charakteristisch für den essigartigen Geschmack bestimmter Öle sind. (67–69)

In einem Versuch von Procida et al. (2013) wurde die flüchtige Fraktion von Kürbiskernöl analysiert. Es zeigte sich, dass das Aroma der Probe aus einer komplexen Mischung von mehr als 50 Verbindungen besteht, darunter verschiedene Alkohole, Aldehyde, Ketone, Ester, Schwefelverbindungen, Kohlenwasserstoffe, Furane, Pyrazine und Terpene. Ketone waren die repräsentativste Gruppe von flüchtigen Verbindungen, die in deren Kürbiskernölproben identifiziert wurden. (9, 17)

Frühere Studien über die flüchtige Fraktion verschiedener Lebensmittel berichteten, dass Ketone die am häufigsten vorkommende Klasse von Verbindungen sind, wobei Aceton und 2-Butanon die Hauptbestandteile ebendieser darstellen. (69–71) Diese Verbindungen entstehen in der Regel durch die sogenannte Maillard-Reaktion während des Röstprozesses. (63) Die in Kürbiskernöl enthaltenen flüchtigen Stoffe können aber auch aus dem Strecker-Abbau oder der Lipidperoxidation stammen. (9)

Poehlmann und Schieberle (2013) analysierten Kürbiskernöl mithilfe der molekularen sensorischen Analyse und charakterisierten 47 geruchsaktive Verbindungen in FD-Faktoren (Flavor Dilution Factor) von 8 - 8192, von denen 2-Acetyl-1-pyrrolin (röstig, popcornähnlich), 2-Propionyl-1-Pyrrolin (röstig, popcornähnlich), 2-Methoxy-4-vinylphenol (nelkenähnlich) und Phenylacetaldehyd (honigähnlich) die höchsten FD-Faktoren hatten. (72)

In einem Versuch von Sigmund und Murkovic (2004) wurde eine Headspace-Analyse zur flüchtigen Fraktion während der Röstung durchgeführt. Es konnte eine relativ hohe Anzahl von Verbindungen in den Kürbiskernen identifiziert werden, die zu den chemischen Klassen der Aldehyde, Ketone, Alkohole und Furanderivate sowie Schwefelverbindungen und N-heterozyklische Verbindungen zählen. Zunächst nahmen die Konzentrationen der Verbindungen, 2-Methylpropanal, 3-Methylbutanal, 2-Methylbutanal und Phenylacetaldehyd leicht ab und stiegen anschließend im Laufe des Röstprozesses deutlich an, insbesondere in den letzten 20 Minuten, in denen die Temperatur auf über 100°C anstieg. Benzaldehyd, ein Abbauprodukt der Aminosäure Phenylalanin zeigte ein ähnliches Verhalten. Auch die Konzentration von 3-(Methylthio)-propanal stieg bei höheren Temperaturen deutlich an. Aufgrund seines charakteristischen Aromas, das an gekochte Kartoffeln erinnert, und seiner niedrigen Geruchsschwelle [0,08-0,2 mg/m³ in Luft (73)], hat diese Verbindung vermutlich einen großen Einfluss auf das Aroma des fertigen Kürbiskernöls. Andere identifizierte Aldehyde stammten aus der Lipidoxidation. Insbesondere Pentanal, Hexanal, 2-Heptenal (E) und Nonanal stiegen im Laufe des Röstprozesses stark an. Die sensorischen Charakteristika dieser Verbindungen, die als grün, grasig und leicht fruchtig beschrieben werden, prägen die frischen und leicht grünen Noten der Kürbiskerne und folglich des Kürbiskernöls. Die Ketone, die in allen Stadien des Röstprozesses nachgewiesen wurden, intensivieren die leicht fruchtigen Eigenschaften. In den Kürbiskernen wurden ebenso sieben Alkohole identifiziert. Phenylmethanol, Phenylethanol und Pentanol zeigten keine signifikanten Konzentrationsänderungen, im Gegensatz dazu nahmen die Mengen von 1-Penten-3-ol, 3-Methylbutanol, 2-Methylbutanol und Hexanol bei höheren Röstzeiten und -temperaturen deutlich ab. Vier Furanderivate wurden ebenfalls nachgewiesen, wobei die Konzentration von 2-Methylfuran zu Beginn des Prozesses hoch war und nach 20 Minuten deutlich abnahm. 2-Furanmethanol und 2-Furancarboxaldehyd zeigten signifikante Anstiege. Des Weiteren wurden

verschiedene Pyrazine identifiziert, darunter 2-Methylpyrazin, 2,5-Dimethylpyrazin, 2-Ethylpyrazin, 2-Ethyl-5(6)-methylpyrazin und 2-Ethyl-3,6-dimethylpyrazin. Diese Pyrazine korrelieren mit sensorischen Attributen wie röstig, nussig, kaffeeartig, holzig und erdig, und tragen somit wesentlich zum charakteristischen Geruch des Kürbiskernöls bei. Zusätzlich wurde 2-Acetylpyrrol detektiert, das den röstigen Geschmack des Öls verstärkt. (11)

3.5 Einfluss auf die Inhaltsstoffe

Im folgenden Kapitel wird auf mögliche Einflüsse auf die im Kürbiskernöl enthaltenen Inhaltsstoffe durch das Herstellungsverfahren eingegangen.

3.5.1 Einfluss des Röstverfahrens

Grundsätzlich ist Kürbiskernöl auf drei Arten auf dem Markt erhältlich. Als traditionell hergestelltes, natives Kürbiskernöl, wie das Steirische Kürbiskernöl, als kaltgepresstes Kürbiskernöl oder als Kürbiskernöl, das durch andere Extraktionsverfahren als Pressen gewonnen wird, wie z. B. durch Extraktion mit organischen Lösungsmitteln, Extraktion mit Druckflüssigkeiten, Extraktion mit superkritischen Flüssigkeiten usw. (74)

In dem bereits genannten Versuch von Sigmund und Murkovic (2004) wurde auch die Temperatur der Kürbiskerne während des Röstvorgangs gemessen. Sie stieg kontinuierlich an und erreichte eine Endtemperatur von etwa 120°C. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten deutlich, dass das Rösten der zerkleinerten Kürbiskerne notwendig ist, um das charakteristische Aroma des Endprodukts zu erzeugen. Es wurde auch gezeigt, dass für die Bildung der typischen Röst- und Nussaromen deutlich höhere Rösttemperaturen als 100°C notwendig sind. (11)

Er könnte aber auch einige wichtige Bestandteile beeinträchtigen, was zu einer geringeren nutraceuticalen Aktivität führen würde. In einer Studie von Procida et. al (2013) wurde der Gehalt an Carotinoiden (Lutein und Zeaxanthin), Vitamin E (α - und γ -Tocopherol) und Fettsäurezusammensetzung von 12 Proben handelsüblichen Kürbiskernöls sowie die Zusammensetzung der flüchtigen Fraktion, die beim Röstprozess entsteht, untersucht. Die Ergebnisse deuteten darauf hin, dass die Röstung bei hoher Temperatur zur Herstellung eines Öls mit intensiven aromatischen Eigenschaften führt, während milde Bedingungen, die im

Allgemeinen zur Gewinnung eines Öls mit therapeutischen Eigenschaften eingesetzt werden, zu einem Produkt mit geringem charakteristischem Kürbiskernöl-Aroma führen. Die nutrazeutischen Eigenschaften des Steirischen Kürbiskernöls wurden durch den hohen Gehalt an α - und γ -Tocopherol und Carotinoiden bestätigt. Insbesondere der Gehalt an Lutein und Zeaxanthin ist um eine Größenordnung höher als der von nativem Olivenöl. (9)

Nederal et al. (2012) berichteten, dass der Polyphenolgehalt von traditionell hergestelltem Kürbiskernöl einschließlich Röstung 2,5-mal so hoch war als der in Kürbiskernöl aus ungerösteten Kürbiskernen. Der Polyphenolgehalt kann auch durch die Röstzeit beeinflusst werden. (48) Laut Potočnik et al. (2018) nimmt er während des Röstvorgangs tendenziell mit steigender Temperatur ab. (49) Van Hoed et al. (2017) berichteten jedoch, dass die Polyphenole im Kürbiskernöl nur mäßig von industriell relevanten Röstbedingungen und -temperaturen beeinflusst werden. Sie schlossen daraus, dass es nicht sinnvoll ist, den für das charakteristische Aussehen und Geschmack wichtigen Röstschritt auszulassen. (50) Der Gehalt an Polyphenolen im Kürbiskernöl kann durch die Lagerung beeinflusst werden. Puşcaş et al. (2020) berichteten, dass der Polyphenolgehalt nach 8-monatiger Lagerung auf fast die Hälfte der ursprünglichen Menge zurückging. (9, 75)

Der Pressvorgang erfolgt unter isothermen Bedingungen bei einem Druck von 300 bar bis 600 bar. (76) Kürbiskernöl hat ein dichromatisches Verhalten, weswegen es bei geringen Schichtdicken grün und bei höheren rot gefärbt ist. Daher kann die Farbe als bräunlich gelb, dunkelgrün bis rot-ocker, oder dunkel-rotbraun bis helles Gelbgrün. Nach Aktaş et al. (2018) erhöht das Feuchtsalzen der Samen während der Produktion die Röte, während das Rösten die Dunkelheit und die gelbe Farbintensität verstärkt. Das nach diesem traditionellen Verfahren hergestellte Öl wird als natives Kürbiskernöl klassifiziert. (8, 77, 78) Der verbleibende Presskuchen enthält noch erhebliche Mengen des wertvollen Öls und anderer gesundheitsfördernder Verbindungen. Derzeit werden Studien über das Potenzial der Verwendung des Presskuchens als Mehl – vor allem als Ersatz für Weizenmehl in Back- und Süßwaren - durchgeführt. (79)

3.5.2 Andere Herstellungsverfahren

Öl für pharmazeutische Zwecke wird durch andere Verfahren als das Pressen gewonnen, z. B. durch Herauslösen der Inhaltsstoffe mit verschiedenen organischen Lösungsmitteln oder mittels anderer Extraktionsverfahren.

Kaltgepresstes Kürbiskernöl ist ebenfalls auf dem Markt erhältlich. Es wird direkt aus den ungerösteten und getrockneten Samen durch eine kontinuierliche Schneckenpresse und mit einer Auslauf Temperatur von unter 50°C gewonnen. (8)

Bei dieser Form der Ölgewinnung werden weder das Rohmaterial - die Kürbiskerne - noch das gewonnene Öl höheren Temperaturen ausgesetzt. Dieses Öl ist weniger aromatisch verglichen mit dem klassischen Speiseöl aus gerösteten Kernen. (9) Der Geruch und Geschmack des Öls sind mild und fruchtig (ähnlich wie rohe Kürbiskerne), jedoch ohne die bekannten Röstaromen. (34)

Aufgrund seines anerkannten potenziellen gesundheitlichen Nutzens wird Kürbiskernöl, das durch Extraktion mit organischen Lösungsmitteln oder durch andere, schonende Extraktionsverfahren gewonnen wird, auch als Nahrungsergänzungsmittel vermarktet. Das am häufigsten verwendete organische Lösungsmittel für die Extraktion ist n-Hexan in einem Soxhlet-Apparat. Laut Can-Cauich et al. (2019) weist das mit organischen Lösungsmitteln extrahierte Öl jedoch einen geringeren Gehalt an analysierten Phytochemikalien und Antioxidantien auf als Öl, das durch mechanische Pressung gewonnen wird. Der Ertrag und der Fettsäuregehalt von mit organischen Lösungsmitteln extrahiertem Öl könne durch Partikelgröße, dem Verhältnis von Kürbiskernmehl zu Lösungsmittel und der Kontaktzeit beeinflusst werden. Diese Parameter sollten vor der Extraktion optimiert werden (80, 81) Salgin und Korkmaz (2011) berichteten, dass Kürbiskernöle, die durch Extraktion mit organischen Lösungsmitteln und überkritischer Flüssigkeitsextraktion gewonnen wurden hinsichtlich ihrer Fettsäurezusammensetzung traditionell hergestellten Kürbiskernölen ähnelten. (82) Nyam et al. (2009) extrahierten Kürbiskernöl (*C. pepo*) mit einem Soxhlet-Extraktor und analysierten die Fettsäurezusammensetzung des extrahierten Öls. Dabei konnte ein Gesamtanteil von 73,2 % an ungesättigten Fettsäuren nachgewiesen werden. In ihrer Untersuchung vorrangig waren Ölsäure C18:1 und Linolsäure C18:2. (83)

Mitra et al. (2009) extrahierten Kürbiskernöl mit superkritischem Kohlendioxid und zeigten, dass das Öl aufgrund seiner physikalisch-chemischen Eigenschaften (niedriger Peroxidwert und eine hohe Jodzahl) als Nahrungsergänzungsmittel verwendet werden kann. Die ultraschallunterstützte Extraktion war effizienter und verkürzte die Extraktionszeit, ohne die Qualität des Öls zu beeinträchtigen (84), während Mikrowellen-unterstützte wässrige Enzymextraktion zu einer besseren Oxidationsstabilität und einem höheren Linolsäuregehalt im Öl führte als die Extraktion mit organischen Lösungsmitteln. Kürbiskernöl kann außerdem auch verkapselt werden. Eine der vorgeschlagenen Methoden ist die Gel-Einschlussmethode (85, 86), es gibt jedoch noch weitere Ansätze, um die effektivste und schonendste Extraktionsmethode in zukünftigen Studien zu finden. (17)

3.6 Vergleiche

Im folgenden Kapitel werden die Inhaltsstoffe des Steirischen Kürbiskernöls mit jenen anderer gängiger Pflanzenöle verglichen.

3.6.1 Vergleich mit anderen Kürbiskernölen

Neben dem Steirischen Ölkürbis (lat. *Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *styriaca*) gibt es noch weitere Kürbissorten, aus deren Kernen verschiedene Kürbiskernöle gepresst werden. Im folgenden Kapitel wird auf die Inhaltsstoffe dieser eingegangen.

Younis, Ghirmay und Al-Shihry (1999) analysierten die Inhaltsstoffe der Kerne der afrikanischen *C. pepo*-Sorte. Sie führten dabei Untersuchungen an Kürbissen unterschiedlicher Anbauggebiete durch. Dabei zeigte sich, dass Kürbiskerne, die im Hochland mit niedrigen Durchschnittstemperaturen einen Ölgehalt von 35 % hatten, die in den Hügeln am Roten Meer angebaut wurden lagen bei 24 % und die im Tiefland mit hohen Durchschnittstemperaturen angebaut wurden lagen bei 22 %. Laut Autoren ist diese beobachtete Variabilität des Samenölgehalts auf Faktoren wie Temperatur, Feuchtigkeit, Bodenbeschaffenheit und andere klimatische Bedingungen am Anbauort zurückzuführen. Verglichen mit dem Ölgehalt des Steirischen Ölkürbis (60 %), sind die Ölgehalte zwischen 22 und 35 % wesentlich niedriger. (21, 25) Diese Ertragsunterschiede könnten aber auf die genetische Vielfalt zurückgeführt werden. (87) Auch der α -Tocopherol-Gehalt unterschied sich

von dem des Steirischen Ölkürbis. (21) Bei Eiweiß, Kohlenhydraten, Asche und Cholesterin erhielt man vergleichbare Werte. Im Rahmen der Studie wurde auch eine GC-Analyse durchgeführt. Diese zeigte, dass Palmitinsäure C 16:0 ($11,2 \pm 14$ %); Stearinsäure C18:0 ($8,0 \pm 8,2$ %), Ölsäure C18:1 ($28,2 \pm 34,0$ %) und Linolsäure C18:2 ($43,0 \pm 53,0$ %) die vorherrschenden Fettsäuren im afrikanischen Kürbiskernöl sind. Der Gehalt an diesen vier Hauptfettsäuren liegt zwischen 97,7 und 99,0 % der gesamten Fettsäuren des Öls. Mit einem Anteil von 78 – 79 % ungesättigter Fettsäuren sind diese in einer geringeren Konzentration vorhanden als im Steirischen Kürbiskernöl mit 81,6 und 82,7 % (24). Zum Vergleich enthalten Sojabohnen 75 % (88, 89); Erdnuss 78 % ungesättigte Fettsäuren. (90) Linolsäure lag mit 43 ± 50 % in einem vergleichbaren Bereich ($36,6 \pm 60,8$ % für C. pepo). (21)

Die Autoren erklärten diese Unterschiede darin, dass die in bisherigen Studien untersuchten Cucurbita pepo L.-Kerne auf gekreuzten Sorten basieren, was zu besseren genotopischen und phänotopischen Variationen führen kann. Die Kerne des Steirischen Ölkürbis hätten veredelte Kerne mit verbesserten Eigenschaften und dementsprechend höherem Ölgehalt. (25)

In einer Studie von Rezig et al. (2012) wurde Kürbiskernöl aus der Kürbissorte C. maxima durch eine mechanische Kaltexpeller-Methode extrahiert. Dabei konnten sieben Fettsäuren bestimmt werden, vier davon waren ungesättigte Fettsäuren. Am häufigsten nachgewiesen wurden Ölsäure C18:1 (44,11 %), Linolsäure C18:2 (34,77 %), Palmitinsäure C16:0 (15,97 %) und Stearinsäure C18:0 (4,68 %). (58) In einem Versuch von Mitra et al. (2009) wurde ebenfalls Kürbiskernöl der Sorte C. maxima durch überkritische Extraktion mit Kohlendioxid (SC -CO₂) extrahiert. Hier konnten Palmitinsäure C16:0 (13,8 %), Stearinsäure C18:0 (11,2 %), Ölsäure C18:1 (29,5 %) und Linolsäure C18:2 (45,5 %) als vorherrschende Fettsäuren nachgewiesen werden. (58, 86) Weitere Untersuchungen von C. maxima zeigten ähnliche Ergebnisse. (30, 91) Ein Vergleich der enthaltenen Fettsäuren in Kürbiskernöl der Sorte C. maxima und der Sorte C. pepo ist in Tabelle 5 zu sehen.

Fettsäure	Gehalt (%)	
	C. pepo	C. maxima
Gesättigte Fettsäuren		
Palmitinsäure (C16:0)	10.68 ± 0.42	15.97 ± 0.39
Stearinsäure (C18:0)	8.67 ± 0.27	4.68 ± 0.56
Gesamt	19.35 ± 0.16	21.07 ± 1.19
Ungesättigte Fettsäuren		
Palmitoleinsäure (C16:1)	0.58 ± 0.14	< 0.2
Ölsäure (C18:1)	38.42 ± 0.37	44.11 ± 0.63
Linolsäure (C18:2)	39.84 ± 0.08	34.77 ± 0.95
Linolensäure (C18:3)	0.68 ± 0.14	< 0.2
Gadoleinsäure (C20:1)	1.14 ± 0.00	
Gesamt	80.65 ± 0.16	78.90 ± 1.42

Tabelle 5: Vergleich der Fettsäuren von Kürbiskernölen der Kürbissorten C. pepo und C. maxima im Vergleich. (22, 58)

Potočnik et al. (2016) untersuchten die Fettsäurezusammensetzung von Kürbiskernölen aus 38 verschiedenen Proben aus Slowenien, Kroatien, Österreich, und dem U.S. Department of Agriculture. Sie kamen auf einen Gesamtgehalt Palmitinsäure (C16:0), Stearinsäure (C18:0), Ölsäure (C18:1) und Linolsäure (C18:2) von 98 %. Der Gehalt an Ölsäure lag zwischen 26,8 % und 43,6 %, der an Linolsäure zwischen 37,2 % und 54,9 %. Öle aus Kroatien, Österreich und anderen Ländern haben einen höheren Gehalt an Ölsäure und Linolsäure im Vergleich zu slowenischen Kürbisölen. Der höchste Ölsäure- und Linolsäuregehalt wurde bei den Proben mit Steirischem Kürbiskernöl nachgewiesen. (92) Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse ist in Abbildung 9 ersichtlich.

Bei ihrer Analyse verwendeten Potočnik et al. (2016) die stabile Kohlenstoffisotopenmarkierung von Fettsäuren, um die geografische Herkunft und die botanische Authentizität zu kontrollieren, um so mögliche Verfälschungen anhand der Fettsäurezusammensetzung möglichst genau detektieren zu können. Sie berichteten von einer 100 % korrekten Klassifizierung sowohl der geografischen als auch der botanischen Herkunft auf der Grundlage der Zusammensetzung und der $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der Fettsäuren. (92)

Country	Fatty acids (% w/w)			
	palmitic	stearic	oleic	linoleic
	(16:0)	(18:0)	(18:1)	(18:2)
Slovenia	10.4–11.9	5.1–7.3	38.2–49.1	31.0–44.5
(n = 7)	11.1 (0.5)	6.5 (0.8)	43.6 (4.2)	37.2 (4.9)
Croatia	11.0–12.6	5.0–6.3	33.4–38.1	42.5–49.2
(n = 5)	11.7 (0.8)	5.4 (0.5)	34.8 (2.0)	46.7 (2.5)
Austria	10.7–12.5	4.5–5.8	15.2–48.9	30.8–65.8
(n = 6)	11.6 (0.6)	5.1 (0.5)	26.8 (9.7)	54.9 (8.9)
Other*	10.4–12.2	3.8–7.0	21.0–46.5	35.5–62.5
(n = 20)	11.4 (0.5)	5.5 (0.7)	32.3 (6.2)	48.7 (6.5)

Abbildung 8: Minimum, Maximum, Durchschnitt und Standardabweichung der 4 am häufigsten vorkommenden Fettsäuren, *Other = n = 3 (Russland, Mazedonien, Türkei, Spanien), n = 2 (Steiermark), n = 1 (Niederlande, Griechenland, Schweden, Polen, Ukraine, Moldau). (92)

3.6.2 Vergleich mit Olivenöl

Neben dem Steirischen Kürbiskernöl finden auch andere pflanzliche Öle Einsatzmöglichkeiten in der österreichischen Küche. Das wohl verbreitetste ist das Olivenöl (*Olea europaea* L.) als eines der ältesten bekannten Pflanzenöle der Welt. Wie beim Steirischen Kürbiskernöl ist die chemische Zusammensetzung von Olivenöl ebenfalls abhängig von der jeweiligen Olivensorte und den klimatischen Bedingungen am Anbauort der Oliven. Das Olivenöl besteht hauptsächlich aus einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren sowie aus gesättigten Fettsäuren, hauptsächlich in Form von Glycerinestern. (93) Die am häufigsten vorkommende Fettsäure ist die Ölsäure (C18:1) mit 55,0 – 83,0 %. Weitere ungesättigte Fettsäuren im Olivenöl sind die Linolsäure (C18:2) mit 3,5 – 21,0 %, die Palmitoleinsäure (C16:1) mit 0,3 – 3,5 % und die Linolensäure (C18:3) mit ≤ 1 %. Im Olivenöl enthaltene gesättigte Fettsäuren sind die Palmitinsäure mit 7,5 – 20,0 % und die Stearinsäure mit 0,5 – 5,0 %. (94) Tabelle 6 zeigt einen Vergleich der Fettsäurezusammensetzung von *C. pepo* mit Olivenöl (*Olea europaea* L.).

Fettsäure	Gehalt (%)	
	Kürbiskernöl (C. pepo)	Olivenöl
Gesättigte Fettsäuren		
Palmitinsäure (C16:0)	10.68 ± 0.42	7.5 – 20.0
Stearinsäure (C18:0)	8.67 ± 0.27	0.5 – 5.0
Gesamt	19.35 ± 0.16	13.0 – 15.0
Ungesättigte Fettsäuren		
Palmitoleinsäure (C16:1)	0.58 ± 0.14	0.3 – 3.5
Ölsäure (C18:1)	38.42 ± 0.37	55.0 – 83.0
Linolsäure (C18:2)	39.84 ± 0.08	3.5 – 21.0
Linolensäure (C18:3)	0.68 ± 0.14	≤ 1.0
Gesamt	80.65 ± 0.16	85.0 – 87.0

Tabelle 6: Vergleich der Fettsäurezusammensetzung von Kürbiskernöl (C. pepo) und Olivenöl (Olea europaea L). (22, 94)

Als Verbindungen mit starken antioxidativen Eigenschaften enthält Olivenöl phenolische Verbindungen, Kohlenwasserstoffe, Chlorophylle und Carotinoide. Der Gesamtphenolgehalt liegt zwischen 196 und 500 mg/kg. (95) Den durchschnittlich höchsten Phenolgehalt hat extra natives Olivenöl mit Gehalten zwischen 250,77 und 925,75 mg/kg. (96) Es ist darüber hinaus reich an Mineralien und Vitaminen, darunter Kalzium, Eisen, Kalium und Natrium sowie die Vitamine E und K. Das Vitamin E ist in Olivenöl als α -Tocopherol enthalten, welches die höchste biologische Aktivität aller Tocopherole aufweist. (97) Tocopherole gelten als wichtige natürlich vorkommende fettlösliche Antioxidantien. Sie hemmen die Lipidperoxidation von Zellmembranen und Lipoproteinen und verfügen damit über eine starke Schutzwirkung zur Verhinderung von Gewebeoxidation und Entzündungen. Indem sie die Expression homöostatischer Gene beeinflussen, schwächen sie das Fortschreiten von Alterung, degenerativen Krankheiten und Krebs ab. (98)

3.6.3 Vergleich mit anderen gängigen pflanzlichen Ölen

Neben dem Olivenöl sind auch andere pflanzliche Öle in Österreich allgemein gebräuchlich. Am weitesten verbreitet sind neben Olivenöl und Steirischem Kürbiskernöl das Leinöl, das Rapsöl sowie das Sonnenblumenöl.

3.6.3.1 Leinöl

Kommerziell erhältliches Leinöl enthält 9,05 – 11,05 % an gesättigten Fettsäuren, die sich hauptsächlich aus Palmitinsäure zusammensetzen. In der Fraktion der einfach ungesättigten Fettsäuren war die Ölsäure am stärksten vertreten mit 14,92 – 23,06 %. Den größten Anteil der Fettsäurezusammensetzung vom Leinöl machen mehrfach ungesättigte Fettsäuren aus, hierbei vor allem die α -Linolensäure. Diese kommt mit Gehalten von 44,90 - 64,62 % vor. (99)

3.6.3.2 Rapsöl

Ein weiteres in Österreich weit verbreitetes pflanzliches Speiseöl ist das Rapsöl. Es besteht zu 3,2 – 10,0 % aus gesättigten Fettsäuren und zu 66,0 – 70,0 % aus einfach ungesättigten Fettsäuren. Im Detail besteht es zu 51,0 – 70,0 % aus Ölsäure, zu 15,0 – 30,0 % aus Linolsäure, zu 5,0 – 14,0 % aus Linolensäure, zu 2,5 – 7,0 % aus Palmitinsäure und zu 0,8 – 3,0 % aus Stearinsäure. (100)

3.6.3.3 Sonnenblumenöl

Neben den bisher genannten pflanzlichen Speiseölen findet mit dem Sonnenblumenöl noch ein weiteres Öl Anwendungsmöglichkeiten in den österreichischen Küchen. Es besteht zu 7,7 – 14,1 % aus gesättigten Fettsäuren und zu 85,9 – 92,3 % aus ungesättigten Fettsäuren. In der detaillierten Fettsäureanalyse ergibt das einen Anteil von 14,0 – 39,4 % Ölsäure, 48,3 – 74,0 % Linolsäure, < 0,3 % Linolensäure, 5,0 – 7,6 % Palmitinsäure sowie 2,7 – 6,5 % Stearinsäure. (100)

Eine vergleichende Darstellung der im steirischen Kürbiskernöl vorkommenden Fettsäuren mit jenen von Leinöl, Rapsöl und Sonnenblumenöl ist Tabelle 7 zu entnehmen.

Fettsäure	Gehalt			
	(%)			
	Kürbiskernöl (C. pepo)	Leinöl	Rapsöl	Sonnenblumenöl
Gesättigte Fettsäuren				
Palmitinsäure (C16:0)	10.68 ± 0.42	4.0 – 6.0	2.5 – 7.0	5.0 – 7.6
Stearinsäure (C18:0)	8.67 ± 0.27	2.0 – 3.0	0.8 – 3.0	2.7 – 6.5
Gesamt	19.35 ± 0.16	9.05 – 11.05	3.2 – 10.0	7.7 – 14.1
Ungesättigte Fettsäuren				
Palmitoleinsäure (C16:1)	0.58 ± 0.14	< 0.5	< 0.2	< 0.3
Ölsäure (C18:1)	38.42 ± 0.37	14.9 – 23.1	51.0 – 70.0	14.0 – 39.4
Linolsäure (C18:2)	39.84 ± 0.08	12.0 – 18.0	15.0 – 30.0	48.3 – 74.0
Linolensäure (C18:3)	0.68 ± 0.14	44.9 – 64.6	5.0 – 14.0	< 0.3
Gesamt	80.65 ± 0.16	88.95 ± 2.00	90.0 ± 4.0	85.9 – 92.3

Tabelle 7: Darstellung der Fettsäurezusammensetzung von Kürbiskernöl (C. pepo) mit Leinöl, Rapsöl und Sonnenblumenöl. (22, 101, 102)

3.7 Wirkungen auf den Stoffwechsel

In den letzten Jahren wurde viel wissenschaftliche Aufmerksamkeit der möglichen Verwendung von Kürbiskernöl in der pharmazeutischen und kosmetischen Industrie gewidmet. Hierbei kommt hauptsächlich kaltgepresstes Kürbiskernöl zum Einsatz. Traditionell hergestelltes Kürbiskernöl wird meist als Salatöl oder zum Verfeinern von Desserts oder Backwaren verwendet. Am Markt erhältlich sind Nahrungsergänzungsmittel in Form von Weichkapseln (Softgels), Tropfen oder in Packungen zur Anwendung auf der Haut oder am Haar. Wegen seiner gesundheitlichen Vorteile findet es auch zahlreiche Anwendungen in der traditionellen Medizin. Kürbiskerne zeigen eine Vielzahl von Wirkungen, einschließlich ihrer Fähigkeit, den Blutzuckerspiegel zu regulieren, den Blutdruck zu senken, antitumorale Eigenschaften zu besitzen, das Immunsystem zu modulieren, antibakteriell, antiviral und antiparasitär zu wirken, die Cholesterinwerte zu reduzieren, Entzündungen zu hemmen sowie Wundheilung und Schmerzlinderung zu fördern. (17, 101–103)

Außerdem sind Kürbiskerne in verschiedenen Arzneibüchern offiziell anerkannt, einschließlich des Deutschen Arzneibuchs, der deutschen Standard-Lizenzmonographien, des Britischen Arzneibuchs für Kräuter und des Amerikanischen Arzneibuchs. Sie sind auch in den Monographien der Kommission E verzeichnet und werden dort für ihre Anwendung bei Reizblase und Prostataleiden empfohlen. (17)

Im folgenden Kapitel werden klinische Studien sowie Studien, die an Tieren durchgeführt wurden, beschrieben.

3.7.1 Antioxidative Wirkung

Das Steirische Kürbiskernöl besteht aus zahlreichen Inhaltsstoffen, denen gesundheitsfördernde Wirkungen nachgesagt werden. Für dessen Anwendung in der Volksmedizin ist vor allem die antioxidative und entzündungshemmende Wirkung, die dem Öl nachgesagt wird, von Bedeutung. Maßgeblich dafür verantwortlich sind im Öl enthaltenes Vitamin E und Selen. (104)

Kürbiskernextrakte wurden bereits wissenschaftlich untersucht und verfügen demnach über antioxidative Eigenschaften, die die Fruchtbarkeit steigern und präventiv gegen Arteriosklerose wirken sowie eine positive Wirkung bei Bluthochdruck und Herzkrankheiten entfalten können. Zusätzlich scheinen sie in der Lage zu sein, den Fettstoffwechsel zu beeinflussen und anzuregen. (105–107)

In einem Versuch an Ratten wurde gezeigt, dass Kürbiskern-Extrakte Colonkarzinomen die hyperplastischen Zellen in der Dickdarmschleimhaut abschwächen, sowie antioxidative Wirkungen entfalten und physiologische histologische Merkmale wiederherstellen konnte. (108)

Kaltgepresstes Kürbiskernöl wird eine besondere antioxidative Aktivität nachgesagt, welche proportional zum Phenolgehalt zunimmt. (109) Potočnik et al. analysierten den Einfluss des Röstens der Kürbiskerne auf die antioxidative Aktivität vom Steirischen Kürbiskernöl. Die antioxidative Aktivität erreichte ihren Höhepunkt bei 110°C und nahm dann kontinuierlich ab, wenn die Temperatur weiter stieg. Sie stellten auch fest, dass, um höchste Ölqualität mit einem hohen Gehalt an Tocopherolen und Polyphenolen zu erhalten, die Rösttemperatur nicht über 130°C betragen sollte. (49)

Morakul et al. konzipierten eine niosomale Verabreichungsmethode für Kürbiskernöl, um die antioxidativen Eigenschaften von Kürbiskernöl zu maximieren. Dadurch soll die Effektivität der Behandlung von benigner Prostatahyperplasie, der Prävention von Haarausfall sowie der Förderung einer kardiovaskulären Schutzwirkung optimiert werden. (110)

Bardaa et al. ermittelten die Auswirkung von Kürbiskernöl auf biologische Mediatoren akuter Entzündung und Marker von oxidativem Stress. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass die Behandlung mit Kürbiskernöl zu einer signifikanten Abnahme der klinischen Entzündungszeichen, der hämatologischen Parameter (Leukozyten und Blutplättchen), der CRP-Konzentration und Fibrinogen führte. Die entzündungshemmende Wirkung wurde laut den Autoren eng mit den antioxidativen Eigenschaften des Kürbiskernöls sowie den darin enthaltenen bioaktiven Verbindungen (mehrfach ungesättigte Fettsäuren, Vitamin E und Phytosterole) in Verbindung gebracht. (111)

Nawirska-Olszanska et al. verglichen in ihrer Studie die antioxidative Aktivität von Kürbiskernöl der Kürbissorten *C. pepo* und *C. maxima*. Die Analyse ergab, dass das Kürbiskernöl der Sorte *C. pepo* eine bessere antioxidative Wirkung zeigte, unabhängig von den verwendeten Extraktionsmitteln. (112) Auch im Vergleich mit synthetischen Antioxidantien wies das Kürbiskernöl eine signifikante antioxidative Aktivität auf. (113)

Ein Versuch von Tantawa et al. (2018) beschäftigte sich mit der entzündungshemmenden Wirkung von Kürbiskernöl. Sie erforschten die transperineale Anwendung von einer Kürbiskernöl-Phonophorese als ergänzende Behandlung bei chronischer nichtbakterieller Prostatitis. Durch die Kombination von Kürbiskernöl mit Phonophorese konnten signifikante Unterschiede in Bezug auf Restharn, Durchflussrate, die Anzahl der weißen Blutkörperchen und den National Institutes of Health Chronic Prostatitis Symptom Index vor und nach der Behandlung beobachtet werden. Trotz der festgestellten Wirksamkeit von Kürbiskernöl bei chronischer Prostatitis/chronischem Beckenschmerzsyndrom bleibt der genaue Mechanismus für diese Wirkung noch unbekannt. Das Kürbiskernöl kann jedoch laut der Autoren als sichere, nicht-invasive Methode betrachtet werden. (114, 115) Die meisten Studien zum Thema antioxidative Wirkung von Kürbiskernöl wurden an Tieren durchgeführt. In einem Versuch wurden die in-vivo-Effekte von thermisch oxidiertem Kürbiskernöl mit nicht oxidiertem Kürbiskernöl bei Kaninchen verglichen.

Es wurden keine Die keine signifikanten Auswirkungen auf hämatologische und histologische Parameter nachgewiesen, was die Sicherheit der oralen Aufnahme unterstreicht. (116) In einem anderen Versuch wurde die Zugabe von Kürbiskernöl zum Futter von im Wachstum befindlichen Kaninchen förderte das Wachstum sowie den antioxidativen und immunologischen Status der Tiere. (117) In einem Mausmodell wurde eine potenziell schützende und heilende Wirkung von Kürbiskernöl gegen die durch Azathioprin induzierte Zytotoxizität und Genotoxizität nachgewiesen. (118) Auch die protektive Wirkung von Kürbiskernöl gegen die schädlichen Auswirkungen von Bisphenol-A (BPA) wurde an erforscht. In ihrem Versuch konnten die durch BPA induzierten genotoxischen Schäden und histopathologischen Veränderungen, durch die Behandlung mit Kürbiskernöl verbessert werden. (119)

Die präventive Wirkung von Kürbiskernöl gegen mütterliche und entwicklungsbedingte Toxizität wurde bei der zeitgleichen Verabreichung von Nanoaluminiumoxid an trächtigen Albinoratten erforscht. Die orale Gabe von Kürbiskernöl führte zu verbesserten Schwangerschaftsergebnissen und fötalen Wachstumsparametern. Es wurden verringerte DNA-Schäden, erhöhte antioxidative Aktivität sowie normalisierte histopathologischen Veränderungen beobachtet, was auf die potentiell hemmende Wirkung von Kürbiskernöl auf reaktive Sauerstoffspezies zurückzuführen sei. (120) Kürbiskernöl zeigte auch bereits eine erhebliche Schutzwirkung gegen die Toxizität des Insektizids Emamectin bei Mäusen. (121) Zhao et al. beobachteten die Auswirkung von Kürbiskernöl auf Stoffwechselkrankheiten bei Ratten. In ihrem Versuch wiesen die Ratten, die mit Kürbiskernöl gefüttert wurden, einen verminderten Stress des endoplasmatischen Retikulums auf, der mit einer geringeren Reaktion auf ungefaltete Proteine einherging. (122)

El-Boghdady et al. betrachteten die schützende Wirkung von Kürbiskernöl gegen Methotrexat-induzierte Dünndarmschäden bei Ratten. Auch sie wiesen in ihrem Versuch antioxidative und entzündungshemmende Wirkungen nach und betrachteten Kürbiskernöl daher als vielversprechendes Medikament zur Vorbeugung unerwünschter Nebenwirkungen von MTX. (123) Fahim et al. beobachteten die Auswirkung von Kürbiskernöl auf medikamenteninduzierte-Arthritis bei Ratten und zeigten insbesondere in der chronischen Phase der Erkrankung eine entzündungshemmende und antioxidative Wirkung auf. (124)

Omar et al. untersuchten die mögliche schützende Rolle von Kürbiskernöl in einem Tiermodell für HCl-induzierte Aspirationspneumonie. In diesem Versuch konnte Kürbiskernöl die Expression von induzierbares Stickstoffmonoxid reduzieren und die reaktive Sauerstoffspezies abfangen, wodurch die durch Säure verursachten histopathologischen Veränderungen gemildert wurden. (125)

3.7.2 Kardiovaskuläre Wirkung

Erste Studien zeigten, dass der regelmäßige Genuss von Steirischem Kürbiskernöl vor Herz-Kreislauf-Erkrankungen schützen kann, besonders wegen der im Kürbiskernöl enthaltenen wasserlöslichen Antioxidantien und sekundären Pflanzenstoffen. (126)

Das Steirische Kürbiskernöl ist reich an Linolsäure. Andere Studien zeigten bereits, dass Personen, die linolsäurereiche Lebensmittel konsumierten, eine verringerte Sterblichkeitsrate aufgrund koronarer Herzkrankheiten. (9, 127) In einer Studie von El-Mosallamy et al. wurden die antihypertensiven und kardioprotektiven Effekte von Kürbiskernöl an Ratten untersucht. Diese erhielten täglich 50 mg/kg L-NAME (ein Stickstoffmonoxid-Synthase-Hemmer, auch bekannt als N(ω)-Nitro-L-Arginin-Methylester-Hydrochlorid), entweder allein oder in Kombination mit dem Kalziumkanalblocker Amlodipin und Kürbiskernöl. Dabei konnte eine blutdrucksenkende Wirkung nachgewiesen werden. Auch kardioprotektive Wirkungen wurden nachgewiesen, indem EKG-Veränderungen behoben wurden. Es konnten RR-Intervallverlängerungen korrigiert, die P-Wellen-Dauer normalisiert und ST-Hebungen zurückgesetzt werden. Zusätzlich dazu schützte das Kürbiskernöl vor den pathologischen Veränderungen, die in Herz und Aorta auftraten. Die Autoren führten diese positiven Effekte auf einen Mechanismus zurück, der höchstwahrscheinlich die Steigerung der Stickstoffmonoxid-Bildung einschließt. (128)

Auch in der Behandlung von Diabetes mellitus Typ 2 kann Kürbiskernöl wirksam sein. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse von Bharti et al. (2013) bieten pharmakologische Evidenz dafür, dass die aus unverarbeiteten Kürbiskernen von Cucurbita pepo extrahierte Tocopherolfraktion durch komplexe Interaktionen mit verschiedenen Signalwegen eine antihyperglykämische Wirkung auf mehrere Zielstrukturen entfaltet. (107, 129)

Die Kerne des Steirischen Ölkürbis sind reich an Pflanzensterolen. Diese sind aufgrund ihres cholesterinsenkenden Effekts interessant. (127, 130) Im Jahr 1997 widmeten sich Al-Zuhair et al. der Untersuchung der Wirksamkeit von Simvastatin und Kürbiskernöl bei der Behandlung von diätetisch bedingter Hypercholesterinämie bei Kaninchen. Diese Kombination führte zu einer deutlichen Verringerung der kontraktilen Reaktion der Aorta auf Noradrenalin. Die Autoren wiesen auf potenzierende Wirkungen von Simvastatin mit den Antioxidantien und essenziellen Fettsäuren im Kürbiskernöl hin. (131) Drei Jahre später untersuchte diese Forschungsgruppe die Verabreichung von Kalziumantagonisten (Felodipin oder Captopril) zusammen mit Kürbiskernöl bei spontan hypertensiven Ratten. Sie stellten fest, dass die Kombinationsmedikation das Fortschreiten der Hypertension verzögern kann, was die Autoren wieder auf die antioxidativen Eigenschaften von Kürbiskernöl zurückführten. (132)

In einer anderen Untersuchung an Ratten konnte nachgewiesen werden, dass die Supplementierung mit Kürbiskernöl das Plasmalipidprofil und die kardiovaskulären Ergebnisse verbessern kann. Die Ratten, die mit Kürbiskernöl supplementiert wurden, wiesen im Vergleich zur Kontrollgruppe einen niedrigeren Gesamtcholesterinspiegel, niedrigeres LDL-Cholesterin, niedrigere Triglyceride und höhere HDL-Cholesterinwerte auf. Darüber hinaus konnte bei ihnen auch niedrigere Blutdruckwerte gemessen werden. (133)

Die im Steirischen Kürbiskernöl enthaltenen Fettsäuren können sich auch positiv auf die nichtalkoholische Fettlebererkrankung (NAFLD) und die Entwicklung von Atherosklerose auswirken. In einer Studie an Mäusen wurde gezeigt, dass eine Ernährungsweise mit reichlich ungesättigten Fettsäuren wie sie im Kürbiskernöl enthalten sind, die Entwicklung von NAFLD und Atherosklerose abschwächen kann. Zudem wurde eine cholesterinsenkende sowie eine entzündungshemmende Wirkung nachgewiesen. (134) In einer weiteren Studie wurde ebenfalls der präventive Effekt bei NAFLD bei Ratten erforscht. Hierbei wurde eine Nanoemulsion entwickelt, die 10 % Kürbiskernöl enthält und über 35 Tage oral verabreicht wurde. Diese zeigte präventive Effekte bei der Progression der Fettleber zu Steatohepatitis und Leberfibrose. Darüber hinaus kam zu einer Verbesserung des Plasmalipidprofils, des Malodialdehyds und des Tumor-Nekrose-Faktors- α , begleitet von einer Verringerung der Fettleber und einer generell verbesserten Leberfunktion. (135)

3.7.3 Wirkung auf Haare/Haarausfall

Haare haben eine große Bedeutung für die meisten Menschen, obwohl sie keine lebenswichtige Funktion haben. Die Entwicklung und das Wachstum der Haare unterliegen genetischen und hormonellen Einflüssen. Der Lebenszyklus der Haare dauert etwa 7 Jahre, gesunde Menschen verlieren dementsprechend täglich etwa 60 bis 100 Haare. Fallen mehr als 100 Haare pro Tag aus oder kommt es zu einer deutlichen Differenz zwischen dem Ausfallen und dem Nachwachsen, spricht man von Haarausfall, Alopezie. Die häufigste Ursache dafür ist sowohl bei Männern als auch bei Frauen die Androgenetische Alopezie (AGA). Sie tritt normalerweise zwischen dem 30. und 40. Lebensjahr auf und ist charakteristisch für Haarausfall an Stirnhöckern und Scheitel und führt oft zu einer Glatze. Ursächlich für die AGA ist eine genetische Veranlagung, wobei das Androgen Dihydrotestosteron (DHT) eine Schlüsselrolle spielt und eine erhöhte Konzentration von DHT im Zusammenhang mit verzögertem Haarwachstum steht. Pharmazeutisch wird AGA oft mit Minoxidil und Finasterid behandelt, aber ihre Wirksamkeit ist begrenzt und kann anfangs den Haarausfall sogar noch verstärken. (136) Beide Methoden sind teuer, verschreibungspflichtig und können Nebenwirkungen (137) wie Hautirritationen, Rötungen, Brennen oder Juckreiz an der Auftragsstelle sowie Kopfschmerzen haben. (138) Daher geraten alternative Behandlungsoptionen mit natürlichen Substanzen wie Kürbiskernöl immer mehr in den Fokus. Bereits durchgeführte klinische Studien zeigten vielversprechende Ergebnisse bei der oralen oder topischen Anwendung von Kürbiskernöl.

Hajhashemi et al. (2019) erforschten die Wirkung von topisch angewendetem Kürbiskernöl auf das Haarwachstum bei Mäusen und zeigten, dass Kürbiskernöl in einer topischen Formulierung das Haarwachstum stimuliert. (139)

In einer randomisierten Kontrollstudie von Ibrahim et al. wurde die Wirkung von Kürbiskernöl im Vergleich mit Minoxidil 5 % in einem Schaum zur topischen Anwendung auf die Behandlung der androgenen Alopezie bei Frauen verglichen. An der Studie nahmen 60 Patientinnen teil, bei denen die androgene Alopezie klinisch und dermatoskopisch bestätigt wurde. Im Rahmen der Studie wurde Kürbiskernöl einmal täglich topisch über einen Zeitraum von drei Monaten angewandt, während in der Kontrollgruppe Minoxidil verwendet wurde. Die Ergebnisse zeigten, dass die Anwendung von Kürbiskernöl zu einem signifikanten

Rückgang der Diversität der Haarschäfte vor und nach der Behandlung führte, begleitet von einem Verlust der Vellushaare und einem signifikanten Anstieg der nachwachsenden Haare. Allerdings fand dieser Anstieg in einem geringeren Ausmaß statt als in der Kontrollgruppe, die mit Minoxidil behandelt wurde. (140)

Ebenfalls eine randomisierte, doppelblinde, placebokontrollierte Studie von Cho et al. untersuchte die Wirksamkeit und Verträglichkeit von Kürbiskernöl zur Förderung des Haarwachstums bei Männern mit leichter bis mittelschwerer androgener Alopezie. 76 männliche Patienten mit AGA wurden über einen Zeitraum von 24 Wochen entweder mit einer täglichen Dosis von 400 mg Kürbiskernöl oder einem Placebo behandelt. Nach 24 Wochen Behandlung zeigten sich in der mit Kürbiskernöl behandelten Gruppe signifikante Unterschiede gegenüber der Placebogruppe. Patienten, die Kürbiskernöl erhielten, berichteten von einer subjektiv wahrgenommenen Verbesserung des Haarwuchses, einer gesteigerten Zufriedenheit im Vergleich zur Placebogruppe sowie eine signifikante Zunahme der Haardichte im Vergleich zum Ausgangszustand auf, während die Placebogruppe keine vergleichbare Verbesserung zeigte (p -Wert $< 0,001$). Außerdem wurde eine durchschnittliche Zunahme der Haaranzahl um 40 % beobachtet, im Gegensatz zu einer Zunahme um 10 % bei den mit Placebo behandelten Männern ($p < 0,001$). (141, 142)

Teeranachaideekul et al. untersuchten mit Kürbiskernöl beladene Niosome für die topische Anwendung. Diese Niosome zeigten dabei eine Hemmung der 5 α -Reduktase, entzündungshemmende Eigenschaften sowie eine In-Vivo-Wirkung gegen Haarausfall. Mit einer 60-Sekunden-Haarauszahlung konnte eine signifikante Reduktion des Haarausfallprozentsatzes um 44,42 % nachgewiesen werden. Zudem zeigte sich ein signifikanter Anstieg des Verhältnisses von Anagen zu Telogen (A/T) in der TrichoScan®-Auswertung nach achtwöchiger Behandlung im Vergleich zu den Ausgangsbedingungen. Das in diesem Versuch hergestellte Serum führte zudem zu keiner Reizung der rekonstruierten menschlichen Haut. Die Ergebnisse unterstreichen die vielversprechende Wirksamkeit von mit Kürbiskernöl-beladenen Niosomen als natürliche Alternative in der Therapie gegen Haarausfall. (143)

3.7.4 Prostata/Hormone

Kürbiskerne werden derzeit schon als ergänzende Therapie bei funktionellen Blasenstörungen und Miktionsproblemen eingesetzt, darunter bei nächtlicher Harninkontinenz und Reizblase. (1) Studien, die bereits vor etwa 40 Jahren durchgeführt wurden, zeigten die potenzielle Wirksamkeit von Kürbiskernen bei der Behandlung verschiedener Prostata-Erkrankungen. (144) Aber auch in der heutigen Zeit setzen Forschungsgruppen ihre Untersuchungen zu diesem Thema fort. Beispielsweise wurde gezeigt, dass Kürbiskernöl Testosteron-/Prazosin-induziertes Prostatawachstum bei Ratten hemmen kann. (145) In einem Versuch von Gossell-Williams et al. wurde durch die orale Supplementierung von Kürbiskernöl die testosteroninduzierte Prostatahyperplasie bei Sprague-Dawley-Ratten gehemmt. Ratten, die mit einer Testosterondosis von 0,3 mg pro 100 g Körpergewicht behandelt wurden, wiesen eine Vergrößerung ihrer Prostata auf. Die gleichzeitige Verabreichung von Kürbiskernöl (2,0 oder 4,0 mg pro 100 g Körpergewicht) hemmte diese Größenzunahme. (146)

Seit vielen Jahren werden vor allem in Europa Extrakte aus Kürbiskernen in der Volksmedizin als Mittel gegen Miktionsbeschwerden verwendet, die durch die benigne Prostatahyperplasie (BPH) verursacht wird. (25, 147, 148) Auch das Steirische Kürbiskernöl wird hierbei angewandt. Es führt zu einer Verbesserung der Symptome bei BPH-Patienten, ist klinisch sicher und kann als ergänzende und alternativmedizinische Behandlung der BPH wirksam sein. (149) In einer Studie wurde außerdem gezeigt, dass Kürbiskernöl die Wirkung der 5-alpha-Reduktase blockiert und antiandrogene Effekte bei BPH hat. (147) Kang et al. haben nachgewiesen, dass Δ^7 -Phytosterole, die reichlich im Kürbiskernöl vorhanden sind, die benigne Prostatahyperplasie (BPH) bei Ratten verbessern können. Dies wurde durch eine Senkung der 5 α -Reduktase und einer Regulation des Gleichgewichts zwischen Zellproliferation und Apoptose erreicht. Außerdem wurden die pathologische Prostatavergrößerung deutlich verbessert sowie die histopathologischen Veränderungen der Prostata bei BPH-Ratten wiederhergestellt. (150)

Shirvan et al. verglichen Kürbiskernöl (Prostafit) mit Prazosin hinsichtlich ihrer Wirkung in der Behandlung der symptomatischen benignen Prostatahyperplasie.

Die Ergebnisse deuteten darauf hin, dass ProstaFit ist eine wirksame und sichere Behandlungsoption für die benignen Prostatahyperplasie darstellt. (151)

Alhakamy et al. untersuchten die Kombination eines zugelassenen Arzneimittels mit Kürbiskernöl. In ihrem Versuch entwickelten sie eine mit Tadalafil beladene Kürbiskernöl-Nanoemulsion. Die Ergebnisse ihrer in vivo und in vitro Evaluation zeigten, dass diese Kombination den Nutzen des Medikaments erhöhte. (152) Es wurde außerdem eine Kombination aus Tamsulosin, Sägepalmenöl und Kürbiskernöl untersucht. Diese zeigte eine synergistische Aktivität bei hoher Stabilität. In therapeutischen in-vivo Versuchen wurden günstige Ergebnisse hinsichtlich des Prostatagewicht und den Prostataindex bei der Behandlung der benignen Prostatahyperplasie festgestellt. (153) Amirzargar et al. (2020) führten eine randomisierte klinische Studie durch, um die Wirkung von Kürbiskernöl im Vergleich zu Tamsulosin zu untersuchen. Sowohl die Verwendung von Kürbiskernöl als auch von Tamsulosin führte zu einem Rückgang des Internationalen Prostata-Symptom-Scores (IPSS) bei den männlichen Patienten. Jedoch traten bei der Verwendung von Kürbiskernöl weniger bis keine Nebenwirkungen auf als bei der Verwendung von Tamsulosin. (154) Der therapeutische Nutzen und die Sicherheit eines Kürbiskernextrakts bei BPH-Patienten wurden in einem anderen Versuch ermittelt. Die Patienten berichteten über eine Linderung der Symptome, die anhand des IPSS ermittelt wurden, sowie einer Verbesserung der Lebensqualität während der Therapie mit Kürbiskernöl. Außerdem berichteten über 96 % der behandelten Patienten von keinerlei Nebenwirkungen während der Behandlung. (155) Es wird angenommen, dass die in Kürbiskernöl enthaltenen Sitosterole maßgeblich für die Symptomlinderung bei der BPH verantwortlich sind. (156)

Auch bei anderen hormonbedingten Störungen wird Kürbiskernöl angewandt, beispielsweise bei Frauen in den Wechseljahren. Wong et al. untersuchten die Auswirkungen einer Kürbiskernöl-Supplementierung auf die arterielle Hämodynamik, die Steifigkeit und die autonome Herzfunktion bei postmenopausalen Frauen. Die Probandinnen in der Kürbiskernöl-Gruppe nahmen täglich entweder 3 g Kürbiskernöl oder ein Placebo ein. Die Ergebnisse zeigten, dass der Augmentationsindex sowie der brachiale und zentrale systolische Blutdruck signifikant sanken ($P < 0,05$). Die Autoren schlussfolgerten, dass Kürbiskernöl die arterielle Hämodynamik bei postmenopausalen Frauen

verbesserte und daher bei der Prävention und Behandlung von Bluthochdruck in dieser Bevölkerungsgruppe wirksam sein könnte. (157)

In einer anderen randomisierten, doppelblinden und placebokontrollierten Studie eine signifikante Verbesserung des HDL-Cholesterins bei postmenopausalen Frauen fest, die Kürbiskernöl in einer Dosis von 2 g pro Tag für 12 Wochen zu einnahmen. Außerdem sank der diastolische Blutdruck ($81,1 \pm 7,94$ mmHg gegenüber $75,67 \pm 11,93$ mmHg; $p < 0,046$). Die Wechseljahresbeschwerden der Probandinnen konnten ebenfalls verbessert werden, insbesondere durch eine Verringerung der Intensität von Hitzewallungen und einer Reduktion von Kopf- und Gelenkschmerzen. (158) In einer weiteren Studie führte bereits die Einnahme von 1g Kürbiskernöl über 45 Tage zu einer signifikanten Senkung des LDL-Cholesterins sowie des diastolischen Blutdrucks, begleitet von einem signifikanten Anstieg des HDL-Cholesterins im Vergleich zur Kontrollgruppe. (159)

Die im Kürbiskernöl enthaltenen Phytosterole unterstützen den Körper bei der Bildung der Sexualhormone. Phytohormone könnten demnach ebenfalls therapeutisch eingesetzt werden. El-Bana et al. entwickelten eine Nanoemulsion auf der Basis von Kürbiskernöl als potenzielle Östrogensersatztherapie zur Linderung von neural-immunen Wechselwirkungen bei Ratten. Die Ergebnisse zeigten, dass der Phytoöstrogengehalt von Kürbiskernöl eine signifikante prophylaktische Wirkung auf neuroinflammatorische Interaktionen hatte, indem er sowohl den Östrogenspiegel als auch die Entzündungskaskaden verbesserte. (160) Lotfi et al. untersuchten die Effekte einer Nahrungsergänzung von Kürbiskernöl in Kombination mit Vitamin E bei alten Hähnen. Ihre Ergebnisse deuteten auf eine verbesserte Reproduktionsleistung hin aufgrund einer gesteigerten Spermienkonzentration, verbesserten Motilität, erhöhten Lebensfähigkeit und Membranintegrität sowie einer geringeren Lipidperoxidation. Die Nahrungsergänzung hatte keinen Einfluss auf den Testosteronspiegel, jedoch aber auf das Follikelstimulierende Hormon und das Luteinisierende Hormon. (161)

3.7.5 Wundheilung

Das Steirische Kürbiskernöl verfügt über wundheilungsfördernde Eigenschaften und soll von Naturvölkern schon seit Jahrhunderten eingesetzt werden. (104)

In einer in-vivo-Studie an Ratten wurden die funktionellen Eigenschaften von Kürbiskernöl für die Wundheilung bewertet. Morphometrische und histologische Befunde zeigten, dass die Biopsien der Gruppe, die mit Kürbiskernöl behandelt wurde, eine vollständige Reepithelisierung aufwiesen. Außerdem kam es zu einem Wiederauftreten von Hautanhangsgebilden und gut organisierten Kollagenfasern, ohne Anzeichen von Entzündungszellen. (162)

Des Weiteren wurde die mögliche Anwendbarkeit von Kürbiskernöl als Nanoträger und Lipidträger erforscht. (163) In einem Experiment wurde eine Kürbiskernölformulierung als nanostrukturierter Lipidträger zusammen mit Ibuprofen oral angewandt. Die Ergebnisse deuteten darauf hin, dass diese Formulierung die Löslichkeit von Ibuprofen verbessern sowie einen schützenden Effekt gegen Ibuprofen-induzierte Magengeschwüre haben kann. (164)

3.7.6 Antimikrobielle Wirkung

Einige Studien widmeten sich der Untersuchung der antibakteriellen, antimykotischen und antiviralen Aktivität von Kürbiskernöl. In einem Versuch zeigte das Kürbiskernöl eine effektive antibakterielle Wirkung gegen *Klebsiella pneumoniae* und *Acinobacter baumannii*. Zudem wies es eine starke antimykotische Aktivität gegen *Candida albicans* auf und zeigte eine moderate antivirale Wirkung gegenüber dem Parainfluenza-Virus Typ 3. (165)

In einer anderen Studie zur antimikrobiellen Aktivität von Kürbiskernöl wurden fünf verschiedenen Konzentrationen (1 – 6 µg/ml) bewertet, wobei die höchste Aktivität gegen *Escherichia coli* festgestellt wurde, gefolgt von *Bacillus subtilis*, *Xanthomonas campestris* und *Proteus mirabilis*. Die antibakterielle Wirkung nahm mit steigender Konzentration zu. Die antimykotische Wirkung von Kürbiskernöl wurde bei einer Konzentration von 8:0 mg/µl getestet, wobei die stärkste Aktivität gegen *Rhizopus stolonifer* verzeichnet wurde, gefolgt von *Trichoderma herzianum*, *Pythium ultimum* und *Paecilomyces lilacinus*. (166)

3.7.7 Antiparasitäre Wirkung

Das Steirische Kürbiskernöl verfügt auch über ein antiparasitäres Potential und ist daher auch für die Anwendung als natürliches Wurmmittel in der Veterinärmedizin interessant. In einer Studie wurden die Auswirkungen der Kombination von

Kürbiskernöl und Praziquantel zur Behandlung einer Schistosoma mansoni-Infektion bei Mäusen untersucht. Die Ergebnisse wiesen auf eine Synergie zwischen Praziquantel und Kürbiskernöl hin. Die Autoren führten dies auf die antiparasitäre, antioxidative und antifibrotischen Eigenschaften des Kürbiskernöls zurück. (167) In einem in-vitro-Experiment wurde ebenfalls die Wirkung von Kürbiskernöl bei Schistosomiasis beobachtet. Dabei zeigte sich, dass Kürbiskernöl eine Mikrosatelliteninstabilität induziert und zu Schäden am Tegument der Würmer führt, was auf eine wirksame antischistosomale Aktivität hinweist. (168)

Unterdessen widmeten sich Eraslan et al. der Erforschung der antioxidativen Wirkung von Kürbiskernöl bei subakuten Aflatoxinvergiftungen bei Mäusen. Ihre Studie ergab, dass die Verabreichung von Kürbiskernöl die negativen Auswirkungen von Aflatoxin verringerte und sich die Werte in der behandelten Gruppe jenen der Kontrollgruppe annäherten. (169)

3.7.8 Antitumorale Wirkung

Im Steirischen Kürbiskernöl enthaltenen Pflanzensterole könnten sich positiv auf die Behandlung von Tumoren auswirken, wie zum Beispiel bei Colonkarzinomen. (170) In einer Studie von Medjakovic et al. wurde das antikanzerogene Potential eines Kürbiskernextrakts aus den Kernen des Steirischen Ölkürbis untersucht. Die Forscher konnten eine Hemmung des Zellwachstums sowohl bei hyperplastischen Zellen als auch bei Tumorzellen nachweisen. (171)

3.7.9 Kosmetik

Steirisches Kürbiskernöl erweist sich auch für die Kosmetikindustrie als interessant. Andere pflanzliche Öle wie das extra native Olivenöl werden bereits in Cremeemulsionen eingearbeitet, um ihre Wirkungen bei Anwendung auf der Haut entfalten zu können.

Ong et al. haben eine Creme-Formulierung mit 20 % Kürbiskernöl entwickelt. In diese Emulsionsformulierung wurde Vitamin-E-Öl eingearbeitet, um der Haut zusätzliche Nährstoffe zuzuführen. Die Ergebnisse ihrer Studie zeigten, dass Kürbiskernöl und Vitamin-E-Öl einen synergistischen Effekt aufwiesen, der zu einer Erhöhung des α -Tocopherol-Gehaltes führte. Dies wiederum steigerte auch die antioxidative Aktivität der Creme-Formulierung. (172)

Derzeit wird auch die Entwicklung von nanostrukturierten Lipidträgern mit potentiell photoprotektiven und antioxidativen Eigenschaften aus Kürbiskernöl erforscht. (173, 174) Lacatusu et al. haben eine innovative kosmetische Formulierung mit breiten photoprotektiven und antioxidativen Wirkungen unter Verwendung von Kürbiskernöl-Nanoträgern entwickelt. Die Autoren betonen, dass handelsübliche Sonnenschutzformulierungen durch die Integration von Kürbiskernöl verbessert werden könnten. (175)

Bora et al. haben sich 2017 mit der präklinischen Sicherheitsbewertung und toxikologischen Profilierung einer neuartigen Sonnenschutzformulierung für die Haut beschäftigt. Diese enthielt neben vier von der U.S. Lebensmittel- und Arzneimittelzulassungsbehörde FDA zugelassenen UV-Filtern auch Melatonin und Kürbiskernöl. Die Evaluierung umfasste akute orale und dermale Toxizität, Hautsensibilisierung, Hautreizung, Augenreizung sowie das genotoxische Potenzial bei erwachsenen Wistar-Ratten. Die Sonnenschutzformulierung erwies sich als nicht sensibilisierend für die Haut von Meerschweinchen und als nicht reizend für Haut und Augen von Kaninchen. Sie wurde auch als nicht mutagen eingestuft, was durch verschiedene Genotoxizitäts- und Mutagenizitätsversuchen bestätigt wurde. Die präklinischen Ergebnisse deuteten darauf hin, dass die Sonnenschutzformulierung in Tiermodellen nicht toxisch und sicher ist. (176)

Im Jahr 2019 untersuchten Bora et al. die schützende Wirkung eines Sonnenschutzmittels, angereichert mit Melatonin und Kürbiskernöl, gegen UV-induzierte Photodermatitis (Psoriasis vulgaris). Ihre Studie ergab, dass dieses Sonnenschutzmittel die Induktion von Photodermatitis durch die Hemmung der Immunregulation von entzündlichen Zytokinen zusammen mit NF- κ B- und COX-2-Genen, reduzieren konnte. (177)

Abgesehen von Cremes kann Kürbiskernöl auch in andere Kosmetikprodukte eingearbeitet werden. So erforschten Setsiripakdee et al. die Eigenschaften eines Makeup-Entferners, der Kürbiskernöl beinhaltet. Produkte, die Kürbiskernöl beinhalteten, zeigten sowohl in-vitro als auch in-vivo eine bessere Wirkung als Vergleichsprodukte. (178)

3.8 Stabilität und Sicherheit von Kürbiskernöl

Natives Kürbiskernöl wird seit Jahrhunderten bei der Zubereitung von Lebensmitteln verwendet und gilt als sicher für den Verzehr. Es wird hauptsächlich als Salatöl und zum Verfeinern von Desserts und Suppen verwendet. Da hohe Temperaturen den Geschmack und die chemische Zusammensetzung verändern, ist es zum Kochen und Braten nicht geeignet.

Die oxidative Stabilität eines Öls hängt von seiner Fettsäuren- und Triacylglycerin-Zusammensetzung sowie der Zusammensetzung seiner Nebenbestandteile und deren antioxidativen Eigenschaften ab. (48)

Steirisches Kürbiskernöl ist reich an ungesättigten Fettsäuren, die bei hohen Temperaturen thermisch abgebaut werden und Zersetzungsprodukte bilden. (179) In einem Versuch von Murkovic und Pfannhauser (2000) wurde die Stabilität von Steirischem Kürbiskernöl untersucht. Dabei zeigte sich, dass die oxidative Stabilität von Kürbiskernöl hauptsächlich durch das Verhältnis von Linolsäure zu Ölsäure beeinflusst wird, während Vitamin E in natürlich vorkommenden Konzentrationen keinen Einfluss auf die Stabilität hat. Die Oxidationsstabilität von Ölen korreliert positiv mit dem Ölsäuregehalt und negativ mit dem Gehalt an Linolsäure und Linolensäure. (48, 179)

In einer Studie von Petkova und Antova (2019) wurde die Oxidative Stabilität von Kürbiskernöl untersucht, während es konventionell oder mit Mikrowelle erhitzt wurde. Es zeigte sich, dass der Oxidationsgrad mit der Dauer des thermischen Prozesses und der Leistung der Mikrowelle zunimmt. (180) Ardabili et al. (2010) berichteten, dass der Zusatz von Kürbiskernöl während des Frittierens die Frittierleistung von Rapsöl stärker verbessert als die von nativem Olivenöl, aber Kürbiskernöl-Zusätze von mehr als 5 % eine pro-oxidative Wirkung haben, was auf die Notwendigkeit von Untersuchungen bei niedrigeren Gehalten hinweist. (17, 181) Kürbiskernöl ist ein unraffiniertes Öl, das sowohl Vor- als auch Nachteile haben kann. Als unraffiniertes Öl enthält es mehr natürlich vorhandene antioxidative Verbindungen wie Polyphenole und Tocopherole, die seine oxidative Stabilität während der Lagerung verbessern (34, 182). Andererseits können einige Schritte bei der Herstellung von Kürbiskernöl dessen chemische Zusammensetzung beeinträchtigen und potenzielle Gefährdungen verursachen, da die Herstellung des Kürbiskernöls einen Röstschrift umfasst, aber keine Raffination des Produkts am

Ende. Außerdem können andere pro-oxidative Wirkungen von z.B. Spurenelementen nicht ausgeschlossen werden und es sind pro-oxidative Pigmente wie Protochlorophyll und Protopheophytin vorhanden. (183) Die meisten Autoren sind sich einig, dass der Röstprozess bei der Herstellung von nativem Öl der wichtigste Schritt ist, der sich direkt auf die Ölqualität auswirkt. (34) Der Röstprozess reduziert die oxidative Stabilität von Kürbiskernöl und führt zu einem unerwünschten Anstieg von Ölqualitätsindikatoren wie Peroxid, p-Anisidin, TBARS und Troloxäquivalente. Das Nasssalzverfahren, das in der Regel vor dem Rösten angewendet wird, ist eine wirksame Methode, um Oxidation zu verhindern. (184) Die potenziell geringe Oxidationsstabilität aufgrund des Röstprozesses ist der Grund, warum kaltgepresstes Kürbiskernöl (ohne Röstung) häufig mit „größeren gesundheitlichen Vorteilen“ beworben wird, aber einige Forschungsdaten stützen diese Behauptung nicht. (48) In der Tat zeigten mehrere Studien, dass Kürbiskernöl aus gerösteten Kernen bessere physikalisch-chemische Eigenschaften und oxidative Stabilität aufweist als Öl aus ungerösteten Kernen. (41, 48)

Nederal et al. (2012) vermuteten, dass die Verbesserung der oxidativen Stabilität gerösteter Öle durch antioxidative Maillard-Reaktionsprodukte oder die Inaktivierung von ölabbauenden Enzymen und nicht auf den Tocopherol- und Polyphenol-Gehalt zurückzuführen sind. In mehrfach ungesättigten Pflanzenölen gelten Tocopherolmischungen allgemein als schlechte Antioxidantien. Bei Sojabohnenöl wurde gezeigt, dass die Entfernung von Tocopherolen durch Rußbehandlung zu einer erhöhten Stabilität des Öls führt. (48, 185) Bei erhöhten Temperaturen verlieren Antioxidantien auch ihre Wirksamkeit durch homolytische Zersetzung der gebildeten Hydroperoxiden und durch die Bildung eines Peroxylradikals als Kettenüberträger. Zum Beispiel zeigte α -Tocopherol eine pro-oxidative Aktivität mit gestripptem Maisöl und mit Maisöl-in-Wasser-Emulsionen in Konzentrationen von 250-1000 ppm. (186)

Beim Rösten können sich polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) mit genotoxischer und karzinogener Wirkung bilden. (187) Der Raffinationsschritt kann den Gehalt an PAK reduzieren, aber bei der Herstellung von Kürbiskernöl entfällt dieser Schritt. Laut Potočnik und Košir (2017) verursachen hohe Rösttemperaturen über 150°C die Bildung von PAK. Da übliche Herstellungsverfahren bei Temperaturen unter 150°C stattfinden, lässt sich das Vorhandensein von PAK im Öl durch sorgfältige Kontrolle der Rösttemperatur vermeiden. (17, 187, 188)

In einer Studie von Da Cruz et al. (2022) wurden die Wirksamkeit und Sicherheit einer topischen und oralen Verabreichung von Kürbiskernöl auf das Haarwachstum männlicher Mäuse evaluiert. Es wurde festgestellt, dass das Kürbiskernöl bei einer 14-tägigen Einnahme die Proliferation der Haarfollikel beeinflusst, jedoch keine signifikanten genotoxischen oder mutagenen Veränderungen bewirkt und keine Toxizitätssignale in der Leber auslöst. (188)

Nach den vorliegenden Daten kann die Verwendung von Kürbiskernöl in der Kosmetikindustrie ebenfalls als sicher angesehen werden.

4 Diskussion und Schlussfolgerung

Seit fast drei Jahrhunderten werden in Österreich Kürbisse zur Ölgewinnung angebaut. Dennoch gibt es nur wenige Daten zum Steirischen Kürbiskernöl, das aus dem Steirischen Ölkürbis (lat. *Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *Styriaca*) hergestellt wird.

Es besteht aus einfach und mehrfach ungesättigten sowie aus gesättigten Fettsäuren, wobei der Anteil an ungesättigten Fettsäuren bei etwa 84 % liegt. Es ist reich an Linolsäure und gilt als gute Nahrungsquelle für essenzielle Fettsäuren. Außerdem ist es besonders reich an Vitamin E. Die Zusammensetzung ist von mehreren Faktoren abhängig, unter anderem von der Herstellung. Die Produktion des Kürbiskernöls erfolgt nach einem traditionellen Herstellungsverfahren, welches einen Röstprozess mit hohen Temperaturen beinhaltet und als sicher für den Verzehr gilt. Aufgrund des Röstverfahrens ist das Kürbiskernöl auch besonders reich an Carotinoiden und Squalen, jedoch kann eine Erhöhung der Röstdauer und der Rösttemperatur zu einem Verlust der Carotinoide führen. Am wichtigsten ist das Röstverfahren für die Geschmacksentwicklung des Öls, maßgeblich verantwortlich sind dafür verschiedene Pyrazine. Auch sekundäre Pflanzenstoffe sind im Steirischen Kürbiskernöl enthalten, besonders verschiedene Δ^7 -Sterole, welche auf die Reinheit des Kürbiskernöls rückschließen lassen können, sowie Polyphenole vom Isoflavon- und vom Lignan-Typ. Auch Phytoöstrogene konnten nachgewiesen werden. Ebenfalls enthalten sind Mineralstoffe, vor allem Kalium, Phosphor, Magnesium und Kalzium. Andere Mineralstoffe kommen nur in geringen Konzentrationen vor.

Den Inhaltsstoffen des Steirischen Kürbiskernöls werden gesundheitsfördernde Wirkungen nachgesagt. Daher wird es neben den Anwendungsmöglichkeiten in der Gastronomie auch in der pharmazeutischen sowie in der kosmetischen Industrie verwendet. Einige der aus der Volksmedizin bekannten Effekte wurden auch bereits in Studien überprüft, beispielsweise die antioxidative Wirkung des Kürbiskernöls. Diese soll für die entzündungshemmenden Eigenschaften des Öls maßgeblich verantwortlich sein sowie mit den fruchtbarkeitssteigernden Wirkungen, der präventiven Wirkung gegen Arteriosklerose und der positiven Wirkung bei Bluthochdruck und Herzkrankheiten, vor allem bei postmenopausalen Frauen, in Zusammenhang stehen. Zusätzlich scheint in der Lage zu sein, den

Fettstoffwechsel zu beeinflussen und anzuregen. Auch eine gewisse antitumorale Wirksamkeit konnte in einem Tierversuch gezeigt werden. Darüber hinaus zeigte sich das Kürbiskernöl als wirksam, sicher und verträglich in der Behandlung der benignen Prostatahyperplasie sowie der androgenen Alopezie. Auch antimikrobielle und antiparasitäre Effekte konnten nachgewiesen werden. In Versuchen aus der kosmetischen Industrie konnten synergistische Effekte mit den eingesetzten Wirkstoffen ermittelt sowie eine gute Verträglichkeit und Wirksamkeit gezeigt werden.

Generell wurden jedoch die meisten Studien zu den Anwendungsmöglichkeiten an Tieren durchgeführt. Außerdem wurde zumeist nicht das traditionell hergestellte Steirische Kürbiskernöl verwendet. Häufig wurden sehr ähnliche Öle und Ölextrakte verwendet, deren Ölkürbisse teilweise aus anderen Anbaugebieten stammen sowie nach einem anderen Verfahren hergestellt wurden. Das ist aufgrund des Einflusses des Herstellungsprozesses und der Wachstumsbedingungen wichtig für die Interpretation der mit dem Öl gezeigten Wirkungen.

Die derzeit vorliegende Datenlage zeigt dennoch, dass das Steirische Kürbiskernöl über ein großes Potential als Nahrungsergänzungsmittel verfügt. Weitere Studien sind allerdings nötig, um dessen Effekte weiter zu bestätigen und Sicherheitsaspekte abzuklären. Besonders Studien, die sich explizit dem Steirischen Kürbiskernöl widmen, sind hierfür nötig.

5 Literatur

1. Winkler C, Wirleitner B, Schroecksn K, Schennach H, Fuchs D. Extracts of Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) Seeds Suppress Stimulated Peripheral Blood Mononuclear Cells in vitro. *American J. of Immunology* 2005; 1(1):6–11. doi: 10.3844/ajisp.2005.6.11.
2. EMA. Community herbal monograph on *Cucurbita pepo* L., semen; 2012.
3. Hortipedia. Taxonomie *Cucurbita Pepo*; 2023 [Stand: 01.06.2023]. Verfügbar unter: [https://de.hortipedia.com/Cucurbita_pepo#:~:text=Zucchini-,Taxonomie,der%20Cucurbitaceae%20\(K%C3%BCrbisgew%C3%A4chse\)%20geh%C3%B6rt.](https://de.hortipedia.com/Cucurbita_pepo#:~:text=Zucchini-,Taxonomie,der%20Cucurbitaceae%20(K%C3%BCrbisgew%C3%A4chse)%20geh%C3%B6rt.)
4. Stuart SG. Comparative biochemical and genetic studies of testa development in normal and hull-less phenotypes of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.); 1983. Verfügbar unter: <https://search.proquest.com/openview/c598e8f54786da78b408527fc69592f8/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>.
5. Loy JB. Seed Development in *Cucurbita pepo*: An Overview with Emphasis on Hull-less Seeded Genotypes of Pumpkin 2000. Verfügbar unter: [https://cucurbit.info/2000/07/seed-development-in-cucurbita-pepo-an-overview-with-emphasis-on-hull-less-seeded-genotypes-of-pumpkin/.](https://cucurbit.info/2000/07/seed-development-in-cucurbita-pepo-an-overview-with-emphasis-on-hull-less-seeded-genotypes-of-pumpkin/)
6. Loy JB. Morpho-Physiological Aspects of Productivity and Quality in Squash and Pumpkins (*Cucurbita* spp.). *Critical Reviews in Plant Sciences* 2004; 23(4):337–63. doi: 10.1080/07352680490490733.
7. Fruhwirth GO, Hermetter A. Seeds and oil of the Styrian oil pumpkin: Components and biological activities. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2007; 109(11):1128–40. doi: 10.1002/ejlt.200700105.
8. Aksoylu Özbek Z, Günç Ergönül P. Cold pressed pumpkin seed oil. *Cold Pressed Oils* 2020:219–29. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128181881000189>.
9. Procida G, Stancher B, Cateni F, Zacchigna M. Chemical composition and functional characterisation of commercial pumpkin seed oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2013; 93(5):1035–41. doi: 10.1002/jsfa.5843.
10. Gemeinschaft Steirisches Kürbiskernöl g.g.A., Robert Sommerauer - Pixelmaker. Die Ölproduktion - Traditionelles Herstellungsverfahren [Stand: 28.03.2024]. Verfügbar unter: <https://www.steirisches-kuerbiskernoel.eu/produktion>.
11. Siegmund B, Murkovic M. Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (Part 2: volatile compounds). *Food Chem* 2004; 84(3):367–74. doi: 10.1016/S0308-8146(03)00241-3.
12. Fruhwirth GO, Hermetter A. Seeds and oil of the Styrian oil pumpkin: Components and biological activities. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2007; 109(11):1128–40. doi: 10.1002/ejlt.200700105.

13. Nábrádi A, Hajnalka M, Lapis M. ECONOMICS OF OIL PUMPKIN SEED PRODUCTION. *Roczniki (Annals)* 2015; 2015(6). Verfügbar unter: <https://ageconsearch.umn.edu/record/233505/>.
14. Wilhelm R. Zahlen und Fakten zum Steirischen Kürbiskernöl 2023 2023.
15. Schuster W. Der Oelkuerbis (*Cucurbita pepo* L.) Eine monographische Darstellung; 1977. Verfügbar unter: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordid=de19970087480>.
16. Sommer E, Höbaus E. Steirisches Kürbiskernöl g.g.A; 2022 [Stand: 01.05.2023]. Verfügbar unter: https://info.bml.gv.at/themen/lebensmittel/trad-lebensmittel/oel/steir_kuerbiskernoel.html#:~:text=Kurzdarstellung%20oder%20Behauptung-,Steirisches%20Kern%C3%B6l%20wird%20aus%20den%20schalenlosen%20Kernen%20einer%20besonderen%20Variante,eine%20nat%C3%BCrliche%20Mutation%20verloren%20haben.
17. Šamec D, Loizzo MR, Gortzi O, Çankaya İT, Tundis R, Sutar İ et al. The potential of pumpkin seed oil as a functional food-A comprehensive review of chemical composition, health benefits, and safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2022; 21(5):4422–46. doi: 10.1111/1541-4337.13013.
18. Murkovic M, Hillebrand A, Winkler J, Pfannhauser W. Variability of vitamin E content in pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.). *Z Lebensm Unters Forsch* 1996; 202(4):275–8. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/bf01206096>.
19. Steirisches Kürbiskernöl g.g.A. Eigenschaften: Fett als Lebensmittel [Stand: 03.04.2024]. Verfügbar unter: <https://www.steirisches-kuerbiskernoel.eu/wertvolles-kuerbiskernoel>.
20. U.S. Department of Agriculture. ORGANIC PUMPKIN SEED OIL, PUMPKIN; 2023 [Stand: 03.04.2024]. Verfügbar unter: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/1677321/nutrients>.
21. Murkovic M, Hillebrand A, Winkler J, Leitner E, Pfannhauser W. Variability of fatty acid content in pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.). *Z Lebensm Unters Forsch* 1996; 203(3):216–9. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/bf01192866>.
22. GOHARI ARDABILI A., FARHOOSH R., HADDAD KHODAPARAST M.H. CHEMICAL COMPOSITION AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF PUMPKIN SEEDS (*CUCURBITA PEPO* SUBSP. *PEPO* VAR. *STYRIAKA*) GROWN IN IRAN: *JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (JAST)*; 2011. (Bd. 13). Verfügbar unter: <https://www.sid.ir/paper/639356/en>.
23. Murkovic M, Piironen V, Lampi AM, Kraushofer T, Sontag G. Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (Part 1: non-volatile compounds). *Food Chem* 2004; 84(3):359–65. doi: 10.1016/S0308-8146(03)00240-1.
24. Wenzel C. Ernährung; 1987.

25. Younis YM, Ghirmay S, al-Shihry SS. African *Cucurbita pepo* L.: properties of seed and variability in fatty acid composition of seed oil. *Phytochemistry* 2000; 54(1):71–5. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003194229900610x>.
26. Sen CK, Khanna S, Roy S. Tocotrienols: Vitamin E beyond tocopherols. *Life Sciences* 2006; 78(18):2088–98. Verfügbar unter: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024320505012361?casa_token=lfzcenj2d5oaaaaa:vdwy93gs8msuuqek7daximjmb-voqd7nutwj9zfav0t4upxlkaoc3eonsilrqzyt_ccqm9eumfq.
27. Kulczyński B, Gramza-Michałowska A. The Profile of Carotenoids and Other Bioactive Molecules in Various Pumpkin Fruits (*Cucurbita maxima* Duchesne) Cultivars. *Molecules* 2019; 24(18):3212. Verfügbar unter: <https://www.mdpi.com/527840>.
28. Hussain A, Kausar T, Din A, Murtaza MA, Jamil MA, Noreen S et al. Determination of total phenolic, flavonoid, carotenoid, and mineral contents in peel, flesh, and seeds of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *J. Food Process. Preserv.* 2021; 45(6):e15542. doi: 10.1111/jfpp.15542.
29. Parry J, Hao Z, Luther M, Su L, Zhou K, Yu LL. Characterization of cold-pressed onion, parsley, cardamom, mullein, roasted pumpkin, and milk thistle seed oils. *J Am Oil Chem Soc* 2006; 83(10):847–54. Verfügbar unter: https://idp.springer.com/authorize/casa?redirect_uri=https://link.springer.com/article/10.1007/s11746-006-5036-8&casa_token=po6zzusinwaaaaa:75asogkgejrkgcmkar8pc7afavb_fnsqaoa2nkxcvbn982o1g7kaigv7nbvluotrsvam6hliqrswgt4nta.
30. Siano F, Straccia MC, Paolucci M, Fasulo G, Boscaino F, Volpe MG. Physico-chemical properties and fatty acid composition of pomegranate, cherry and pumpkin seed oils. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2016; 96(5):1730–5. doi: 10.1002/jsfa.7279.
31. Akin G, Arslan FN, Karuk Elmasa SN, Yilmaz I. Cold-pressed pumpkin seed (*Cucurbita pepo* L.) oils from the central Anatolia region of Turkey: Characterization of phytosterols, squalene, tocopherols, phenolic acids, carotenoids and fatty acid bioactive compounds. *grasasaceites* 2018; 69(1):232. Verfügbar unter: <https://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/1699>.
32. Main carotenoids in pressed seeds (*Cucurbitae semen*) of oil pumpkin (*Cucurbita pepo* convar. *pepo* var. *styriaca*); 1993. Verfügbar unter: <https://europepmc.org/article/med/8249609>.
33. Main carotenoids in pressed seeds (*Cucurbitae semen*) of oil pumpkin (*Cucurbita pepo* convar. *pepo* var. *styriaca*); 1993. Verfügbar unter: <https://europepmc.org/article/med/8249609>.
34. Vujasinovic V, Djilas S, Dimic E, Basic Z, Radocaj O. The effect of roasting on the chemical composition and oxidative stability of pumpkin oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2012; 114(5):568–74. doi: 10.1002/ejlt.201100158.

35. Marahatha R, Gyawali K, Sharma K, Gyawali N, Tandan P, Adhikari A et al. Pharmacologic activities of phytosteroids in inflammatory diseases: Mechanism of action and therapeutic potentials. *Phytotherapy Research* 2021; 35(9):5103–24. doi: 10.1002/ptr.7138.
36. Piironen V, Toivo J, Lampi A-M. Plant Sterols in Cereals and Cereal Products. *Cereal Chemistry Journal* 2002; 79(1):148–54. doi: 10.1094/CCHEM.2002.79.1.148.
37. Chemical composition and physicochemical properties of pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* Subsp. *pepo* Var. *Styriaca*) grown in Iran; 2011. Verfügbar unter: https://www.sid.ir/en/vewssid/j_pdf/84820110108.pdf.
38. Ryan E, Galvin K, O'Connor TP, Maguire AR, O'Brien NM. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. *Plant Foods Hum Nutr* 2007; 62(3):85–91. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-007-0046-8>.
39. Murkovic M, Mülleder U, Neunteufl H. Carotenoid Content in Different Varieties of Pumpkins. *Journal of Food Composition and Analysis* 2002; 15(6):633–8. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157502910525>.
40. Homberg E, Bielefeld B. Sterinzusammensetzung und Steringehalt in 41 verschiedenen pflanzlichen und tierischen Fetten. *Fett/Lipid* 1989; 91(1):23–7. doi: 10.1002/lipi.19890910106.
41. Raczyk M, Siger A, Radziejewska-Kubzdela E, Ratusz K, Rudzińska M. Roasting pumpkin seeds and changes in the composition and oxidative stability of cold-pressed oils [pdf]. *Acta Sci Pol Technol Aliment* 2017; 16(3):293–301. doi: 10.17306/J.AFS.2017.0494.
42. Balbino S, Vincek D, Trtanj I, Egredija D, Gajdoš-Kljusurić J, Kraljić K et al. Assessment of Pumpkin Seed Oil Adulteration Supported by Multivariate Analysis: Comparison of GC-MS, Colourimetry and NIR Spectroscopy Data. *Foods* 2022; 11(6):835. Verfügbar unter: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/6/835>.
43. Wenzl T, Prettner E, Schweiger K, Wagner FS. An improved method to discover adulteration of Styrian pumpkin seed oil. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods* 2002; 53(1-3):193–202. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165022x02001082>.
44. Adlercreutz H, Mazur W. Phyto-oestrogens and Western diseases. *Annals of Medicine* 1997; 29(2):95–120. doi: 10.3109/07853899709113696.
45. Kraushofer T. Determination of characteristic phenolic compounds in flax seed, pumpkin seed and nettle roots; 2002.
46. Andjelkovic M, van Camp J, Trawka A, Verhé R. Phenolic compounds and some quality parameters of pumpkin seed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2010; 112(2):208–17. doi: 10.1002/ejlt.200900021.
47. Puşcaş A, Mureşan A, Ranga F, Fetea F, Muste S, Socaciu C et al. Phenolics Dynamics and Infrared Fingerprints during the Storage of Pumpkin Seed Oil and Thereof Oleogel. *Processes* 2020; 8(11):1412. Verfügbar unter: <https://www.mdpi.com/880500>.

48. Neđeral S, Œkevin D, Kraljić K, Obranović M, Papeša S, Bataljaku A. Chemical Composition and Oxidative Stability of Roasted and Cold Pressed Pumpkin Seed Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 2012; 89(9):1763–70. Verfügbar unter:
https://idp.springer.com/authorize/casa?redirect_uri=https://link.springer.com/article/10.1007/s11746-012-2076-0&casa_token=ey7lh3zv4pcaaaaa:udnbapjaa16xwsui8jrxctr1gcqs4-o9xwlp2hlfnqndlhwwtu2r44hfhhsviyd71ejpwafaxb6zizq.
49. Potočnik T, Rak Cizej M, Košir IJ. Influence of seed roasting on pumpkin seed oil tocopherols, phenolics and antiradical activity. *Journal of Food Composition and Analysis* 2018; 69:7–12. Verfügbar unter:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157518300206>.
50. van Hoed V, Sampaio KA, Felkner B, Bavec F, Scippo M-L, Brose F et al. Tocopherols and Polyphenols in Pumpkin Seed Oil Are Moderately Affected by Industrially Relevant Roasting Conditions. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2017; 119(12):1700110. doi: 10.1002/ejlt.201700110.
51. Rabrenović BB, Dimić EB, Novaković MM, Tešević VV, Basić ZN. The most important bioactive components of cold pressed oil from different pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds. *LWT - Food Science and Technology* 2014; 55(2):521–7. Verfügbar unter:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643813003629?casa_token=abuwatbdo-caaaaa:ogsdnfx3cqk9wvpgubb4lzgnfwwr9tbqtnllmwtbghwn-f20-orwi0dhbaigai1-pfpvsokhwc4.
52. Naziri E, Mitić MN, Tsimidou MZ. Contribution of tocopherols and squalene to the oxidative stability of cold-pressed pumpkin seed oil (*Cucurbita pepo* L.). *European Journal of Lipid Science and Technology* 2016; 118(6):898–905. doi: 10.1002/ejlt.201500261.
53. Montesano D, Rocchetti G, Putnik P, Lucini L. Bioactive profile of pumpkin: an overview on terpenoids and their health-promoting properties. *Current Opinion in Food Science* 2018; 22:81–7. Verfügbar unter:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214799318300122?casa_token=hzftgum0e4waaaa:xq_5jbgvlqvr9vy74an2o9ufynconxfwyjd5sphqsqtryy-bg1ckapwoyzi_8m-84tazhanfee.
54. Jang B-C, Sim H-S, Jeong B-Y, Park H-M, Oh M-J. Isolation of cucurbitacin E from pumpkin seed and analysis of its anti-cancer and anti-inflammatory activities. *FASEB j.* 2008; 22(S1):889.6-889.6. doi: 10.1096/fasebj.22.1_supplement.889.6.
55. Vigor C, Züllig T, Eichmann TO, Oger C, Zhou B, Rechberger GN et al. α -Linolenic acid and product octadecanoids in Styrian pumpkin seeds and oils: How processing impacts lipidomes of fatty acid, triacylglycerol and oxylipin molecular structures. *Food Chem* 2022; 371:131194. Verfügbar unter:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814621022007>.
56. Health benefits of selected minerals; 2005. Verfügbar unter:
<https://www.cfp.ca/content/cfp/51/5/673.full-text.pdf>.
57. Seymen M, Uslu N, Türkmen Ö, Al Juhaimi F, Özcan MM. Chemical Compositions and Mineral Contents of Some Hull-Less Pumpkin Seed and

- Oils. *J Am Oil Chem Soc* 2016; 93(8):1095–9. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11746-016-2850-5>.
58. Rezig L, Chouaibi M, Msaada K, Hamdi S. Chemical composition and profile characterisation of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil. *Industrial Crops and Products* 2012; 37(1):82–7. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669011004675>.
 59. Morales MT, Aparicio R, Rios JJ. Dynamic headspace gas chromatographic method for determining volatiles in virgin olive oil. *Journal of Chromatography A* 1994; 668(2):455–62. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967394801398>.
 60. Bandoniene D, Zettl D, Meisel T, Maneiko M. Suitability of elemental fingerprinting for assessing the geographic origin of pumpkin (*Cucurbita pepo* var. *styriaca*) seed oil. *Food Chem* 2013; 136(3-4):1533–42. Verfügbar unter: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814612010126?casa_token=-anqswi1yiaaaaa:igzkggxdl-qccli5hwbdllodvy3-huvjyavtz_9-rc4nh1f1iwpgpwawjeutxgo8vjmyqvziee.
 61. Martinec N, Balbino S, Dobša J, Šimunić-Mežnarić V, Legen S. Macro- and microelements in pumpkin seed oils: Effect of processing, crop season, and country of origin. *Food Science & Nutrition* 2019; 7(5):1634–44. doi: 10.1002/fsn3.995.
 62. Determination of the dominating odor components (character impact compounds) of Styrian pumpkin seed oil; 1996.
 63. Maga JA, Sizer CE, Myhre DV. Pyrazines in foods. *C R C Critical Reviews in Food Technology* 1973; 4(1):39–115. doi: 10.1080/10408397309527153.
 64. Nikiforov, A., Knapp, M., Buchbauer, G., & Jirowetz, L. Zur Bestimmung der dominierenden Geruchskomponenten (character impact compounds) von steirischem Kuerbiskemoel; 1996.
 65. Buchbauer, G., Boucek, B., & Nikiforov, A. On the Aroma of Austrian Pumpkin Seed Oil: Correlation of Analytical Data with Olfactoric Characteristics; 1998.
 66. Matsui T, Guth H, Grosch W. A comparative study of potent odorants in peanut, hazelnut, and pumpkin seed oils on the basis of aroma extract dilution analysis (AEDA) and gas chromatography-olfactometry of headspace samples (GCOH). *Lipid / Fett* 1998; 100(2):51–6. doi: 10.1002/(SICI)1521-4133(199802)100:2<51::AID-LIP151>3.0.CO;2-W.
 67. Les produits de l'évolution des hydroperoxydes; 1989. Verfügbar unter: <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getrecorddetail&idt=7337552>.
 68. A high content of vitamin E and unsaturated fatty acids as a new aim of the pumpkin breeder; 1996.
 69. Procida G, Giomo A, Cichelli A, Conte LS. Study of volatile compounds of defective virgin olive oils and sensory evaluation: a chemometric approach. *J. Sci. Food Agric.* 2005; 85(13):2175–83. doi: 10.1002/jsfa.2122.
 70. Dirinck P, Winne A de. Flavour characterisation and classification of cheeses by gas chromatographic–mass spectrometric profiling. *Journal of Chromatography A* 1999; 847(1-2):203–8. Verfügbar unter:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967399001934?casa_token=np6mdhsnamgaaaaa:rw7wh748dr7fownachaiigbydn_xnaxwfgagcfsegpj7wl6b6nqtipehnyqwzifzhhb1theu9_w.

71. TOSO B, Procida G, STEFANON B. Determination of volatile compounds in cows' milk using headspace GC-MS. *Journal of Dairy Research* 2002; 69(4):569–77. doi: 10.1017/S0022029902005782.
72. Poehlmann S, Schieberle P. Characterization of the aroma signature of styrian pumpkin seed oil (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *Styriaca*) by molecular sensory science. *J Agric Food Chem* 2013; 61(12):2933–42. doi: 10.1021/jf400314j.
73. van Gemert LJ. Boelens Aroma Chemical Information Service; 1999.
74. Cuco RP, Massa TB, Postau N, Cardozo-Filho L, Da Silva C, Iwassa IJ. Oil extraction from structured bed of pumpkin seeds and peel using compressed propane as solvent. *The Journal of Supercritical Fluids* 2019; 152:104568. Verfügbar unter: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844619300907?casa_token=tfdhq3vejwwaaaaa:z-vjd8y5utnllxbwm9s03deplcqvzw06fps1e02skecg7qwsjkyfu13tgek-lmofjtnbt5q_n4.
75. Puşcaş A, Mureşan V, Socaciu C, Muste S. Oleogels in Food: A Review of Current and Potential Applications. *Foods* 2020; 9(1):70. Verfügbar unter: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/1/70>.
76. Fruhwirth GO, Hermetter A. Production technology and characteristics of Styrian pumpkin seed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2008; 110(7):637–44. doi: 10.1002/ejlt.200700257.
77. Krimer-Malešević V. Pumpkin Seeds. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* 2020:533–42. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128185537000371>.
78. Aktaş N, Gerçekaslan KE, Uzlaşır T. The effect of some pre-roasting treatments on quality characteristics of pumpkin seed oil. *OCL* 2018; 25(3):A301. Verfügbar unter: https://www.ocl-journal.org/en/articles/ocl/full_html/2018/03/ocl170032/ocl170032.html.
79. Jukić M, Lukinac J, Čuljak J, Pavlović M, Šubarić D, Koceva Komlenić D. Quality evaluation of biscuits produced from composite blends of pumpkin seed oil press cake and wheat flour. *Int J Food Sci Technol* 2019; 54(3):602–9. doi: 10.1111/ijfs.13838.
80. Rodríguez-Miranda J, Hernández-Santos B, Herman-Lara E, Gómez-Aldapa CA, Garcia HS, Martínez-Sánchez CE. Effect of some variables on oil extraction yield from Mexican pumpkin seeds. *CyTA - Journal of Food* 2014; 12(1):9–15. doi: 10.1080/19476337.2013.777123.
81. Can-Cauich CA, Sauri-Duch E, Moo-Huchin VM, Betancur-Ancona D, Cuevas-Glory LF. Effect of extraction method and specie on the content of bioactive compounds and antioxidant activity of pumpkin oil from Yucatan, Mexico. *Food Chem* 2019; 285:186–93. Verfügbar unter: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619302286?casa_t

oken=5eurf5xjgxaqaaaa:iqqp_aqdombkbylfmmzbxma2rodps2w0oeacqemlghxey9emgsfflepr3_f-08izat-n8io5jfe.

82. Salgın U, Korkmaz H. A green separation process for recovery of healthy oil from pumpkin seed. *The Journal of Supercritical Fluids* 2011; 58(2):239–48. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844611002245>.
83. Nyam KL, Tan CP, Lai OM, Long K, Che Man YB. Physicochemical properties and bioactive compounds of selected seed oils. *LWT - Food Science and Technology* 2009; 42(8):1396–403. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002364380900070x>.
84. Hernández-Santos B, Rodríguez-Miranda J, Herman-Lara E, Torruco-Uco JG, Carmona-García R, Juárez-Barrientos JM et al. Effect of oil extraction assisted by ultrasound on the physicochemical properties and fatty acid profile of pumpkin seed oil (*Cucurbita pepo*). *Ultrasonics Sonochemistry* 2016; 31:429–36. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417716300281>.
85. Sohail A, Abbasi KS, Arif M, Najam F. Encapsulation of Pumpkin Seed Oil in Alginate Capsules. *PJAR* 2018; 32(1). doi: 10.17582/journal.pjar/2019/32.1.20.27.
86. Mitra P, Ramaswamy HS, Chang KS. Pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil extraction using supercritical carbon dioxide and physicochemical properties of the oil. *Journal of Food Engineering* 2009; 95(1):208–13. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877409002301>.
87. Idouraine A, Kohlhepp EA, Weber CW, Warid, Martinez-Tellez JJ. Nutrient Constituents from Eight Lines of Naked Seed Squash (*Cucurbita pepo* L.). *J Agric Food Chem* 1996; 44(3):721–4. doi: 10.1021/jf950630y.
88. Nutritive value of the winged bean (*Psophocarpus palustris* Desv.); 1971. Verfügbar unter: <https://scholar.archive.org/work/yipiupjxj2rcttciozpuszmg2mm/access/wayback/https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/3500f616c54e19b0a417c7f906efe6f9/s0007114571000904a.pdf/div-class-title-nutritive-value-of-the-winged-bean-span-class-italic-psophocarpus-palustris-span-desv-div.pdf>.
89. Cerny K, Kordylas JM, Pospisil F, Svabensky O, Zajic B. Nutritive value of the winged bean (*Psophocarpus palustris* Desv.). 0007-1145 1971. Verfügbar unter: <https://csirspace.foodresearchgh.org/handle/123456789/283>.
90. Sanders TH. Effects of variety and maturity on lipid class composition of peanut oil. *J Am Oil Chem Soc* 1980; 57(1):8–11. doi: 10.1007/BF02675516.
91. Jiao J, Li Z-G, Gai Q-Y, Li X-J, Wei F-Y, Fu Y-J et al. Microwave-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from pumpkin seeds and evaluation of its physicochemical properties, fatty acid compositions and antioxidant activities. *Food Chem* 2014; 147:17–24. Verfügbar unter: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814613013447?casa_token=ad5tj68qmikaaaa:kjhd7-wubccbb_ogk1muz0guyqhtexeq36mnuqxfrdu9qcorzrpfqtdattgdglisn-lf-nznpj0.

92. Potočnik T, Ogrinc N, Potočnik D, Košir IJ. Fatty acid composition and $\delta^{13}\text{C}$ isotopic ratio characterisation of pumpkin seed oil. *Journal of Food Composition and Analysis* 2016; 53:85–90. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157516301557>.
93. Ballus CA, Meinhardt AD, Souza Campos FA de, Da Silva LFdO, Oliveira AF de, Godoy HT. A quantitative study on the phenolic compound, tocopherol and fatty acid contents of monovarietal virgin olive oils produced in the southeast region of Brazil. *Food Research International* 2014; 62:74–83. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996914001501>.
94. Monfreda M, Gobbi L, Grippa A. Blends of olive oil and sunflower oil: characterisation and olive oil quantification using fatty acid composition and chemometric tools. *Food Chem* 2012; 134(4):2283–90. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814612006073>.
95. Khalatbary AR. Olive oil phenols and neuroprotection. *Nutritional Neuroscience* 2013; 16(6):243–9. doi: 10.1179/1476830513Y.0000000052.
96. Kotsiou K, Tasioula-Margari M. Monitoring the phenolic compounds of Greek extra-virgin olive oils during storage. *Food Chem* 2016; 200:255–62. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814615303678>.
97. Beltra NN. Análisis del puesto administrativo que ocupan las secretarias en las escuelas secundarias técnicas en el Distrito Federal: Análisis del puesto administrativo que ocupan las secretarias en las escuelas secundarias técnicas en el Distrito Federal: UPN - Ajusco.
98. Piroddi M, Albini A, Fabiani R, Giovannelli L, Luceri C, Natella F et al. Nutrigenomics of extra-virgin olive oil: A review. *BioFactors* 2017; 43(1):17–41. doi: 10.1002/biof.1318.
99. Symoniuk E, Ratusz K, Krygier K. Oxidative stability and the chemical composition of market cold-pressed linseed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2017; 119(11):1700055. doi: 10.1002/ejlt.201700055.
100. Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft. Fettsäurezusammensetzung wichtiger pflanzlicher und tierischer Speisefette und -Öle; 2008. Verfügbar unter: <https://web.archive.org/web/20081222233514/http://www.dgfett.de/material/fszus.htm>.
101. Alasalvar C, Chang SK, Bolling B, Oh WY, Shahidi F. Specialty seeds: Nutrients, bioactives, bioavailability, and health benefits: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2021; 20(3):2382–427. doi: 10.1111/1541-4337.12730.
102. Dotto JM, Chacha JS. The potential of pumpkin seeds as a functional food ingredient: A review. 2468-2276 2020; 10:e00575. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227620303136>.
103. Dowidar M, Ahmed A, Mohamed H. The Critical Nutraceutical Role of Pumpkin Seeds in Human and Animal Health: An Updated Review. *Zagazig Veterinary Journal* 2020; 48(2):199–212. Verfügbar unter: https://journals.ekb.eg/article_99592.html.

104. kurbiskernoel.cc. Der Kürbiskernöl Ratgeber; 7542 Geresdorf [Stand: 28.03.2024]. Verfügbar unter: <https://www.kuerbiskernoel.cc/kuerbiskernoel-ratgeber>.
105. Paulauskiene A, Danil_cenko H, Rutkoviene V, Kulaitiene J. The influence of various fertilizers on electrochemical properties of pumpkin fruits; 2005.
106. Jarienė E, Danilčenko H, Kulaitienė J, Gajewski M, Venskutonienė E. Quality of oil-bearing pumpkin cultivars depending on the fertilization methods. Spontaneous and induced variation for the genetic improvement of horticultural crops. Bydgoszcz, 2007 2007. Verfügbar unter: <https://vdu.lt/cris/handle/20.500.12259/79568>.
107. Shaban A, Sahu RP. Pumpkin Seed Oil: An Alternative Medicine. *Int J Pharmacogn Phytochem Res* 2017; 9(2). doi: 10.25258/phyto.v9i2.8066.
108. Chari KY, Polu PR, Shenoy RR. An Appraisal of Pumpkin Seed Extract in 1, 2-Dimethylhydrazine Induced Colon Cancer in Wistar Rats. *J Toxicol* 2018; 2018:6086490. doi: 10.1155/2018/6086490.
109. Kulaitienė J, ČERNIAUSKIENĖ J, Jarienė E, Danilčenko H, LEVICKIENĖ D. Antioxidant Activity and other Quality Parameters of Cold Pressing Pumpkin Seed Oil. *Not Bot Horti Agrobo* 2017; 46(1):161–6. doi: 10.15835/nbha46110845.
110. Morakul B, Teeranachaideekul V, Buraphacheep Junyaprasert V. Niosomal delivery of pumpkin seed oil: development, characterisation, and physical stability. *Journal of Microencapsulation* 2019; 36(2):120–9. doi: 10.1080/02652048.2019.1607597.
111. Bardaa S, Turki M, Ben Khedir S, Mzid M, Rebai T, Ayadi F et al. The Effect of Prickly Pear, Pumpkin, and Linseed Oils on Biological Mediators of Acute Inflammation and Oxidative Stress Markers. *BioMed Research International* 2020; 2020:5643465. Verfügbar unter: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2020/5643465/>.
112. Nawirska-Olszańska A, Kita A, Biesiada A, Sokół-Łętowska A, Kucharska AZ. Characteristics of antioxidant activity and composition of pumpkin seed oils in 12 cultivars. *Food Chem* 2013; 139(1-4):155–61. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.02.009.
113. Benalia M, Djeridane A, Gourine N, Nia S, Ajandouz E, Yousfi M. Fatty acid profile, tocopherols content and antioxidant activity of algerian pumpkin seeds oil (*Cucurbita pepo* L). *MNM* 2015; 8(1):9–25. doi: 10.3233/MNM-140023.
114. Hu M, Wazir J, Ullah R, Wang W, Cui X, Tang M et al. Phytotherapy and physical therapy in the management of chronic prostatitis-chronic pelvic pain syndrome. *Int Urol Nephrol* 2019; 51(7):1081–8. Verfügbar unter: https://idp.springer.com/authorize/casa?redirect_uri=https://link.springer.com/article/10.1007/s11255-019-02161-x&casa_token=gcdqzepnwuyaaaaa:igiojsnbgrouh-tp9o0k9fhagzj_3kkavlsg6edkyt07vs8nr9ezrhkkawyahzwwgddnatifckgspxgijlq.
115. Tantawa SA EH. Trans-perineal pumpkin seed oil phonophoresis as an adjunctive treatment for chronic nonbacterial prostatitis. *Research and Reports in Urology* 2018.

116. Zeb A, Ahmad S. Changes in Acylglycerols Composition, Quality Characteristics and In vivo Effects of Dietary Pumpkin Seed Oil upon Thermal Oxidation. *Front. Chem.* 2017; 5:55. Verfügbar unter: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fchem.2017.00055/full>.
117. Abdelnour SA, Metwally MGE, Bahgat LB, Naiel MAE. Pumpkin seed oil-supplemented diets promoted the growth productivity, antioxidative capacity, and immune response in heat-stressed growing rabbits. *Trop Anim Health Prod* 2023; 55(1):55. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-023-03460-3>.
118. Elfiky SA, Elelaimy IA, Hassan AM, Ibrahim HM, Elsayad RI. Protective effect of pumpkin seed oil against genotoxicity induced by azathioprine. *2090-9896* 2012; 65(5):289–98. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090989612000422>.
119. Fawzy EI, El Makawy AI, El-Bamby MM, Elhamalawy HO. Improved effect of pumpkin seed oil against the bisphenol-A adverse effects in male mice. *Toxicology Reports* 2018; 5:857–63. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214750018300325>.
120. Hamdi H, Hassan MM. Maternal and developmental toxicity induced by Nanoalumina administration in albino rats and the potential preventive role of the pumpkin seed oil. *Saudi Journal of Biological Sciences* 2021; 28(8):4778–85. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562x21003703>.
121. Abou-Zeid SM, AbuBakr HO, Mohamed MA, El-Bahrawy A. Ameliorative effect of pumpkin seed oil against emamectin induced toxicity in mice. *Biomed Pharmacother* 2018; 98:242–51. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0753332217361978>.
122. Zhao X-J, Chen Y-L, Fu B, Zhang W, Liu Z, Zhuo H. Intervention of pumpkin seed oil on metabolic disease revealed by metabonomics and transcript profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2017; 97(4):1158–63. doi: 10.1002/jsfa.7842.
123. El-Boghdady NA. Protective effect of ellagic acid and pumpkin seed oil against methotrexate-induced small intestine damage in rats; 2011. Verfügbar unter: <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/13252>.
124. Fahim AT, Abd-el Fattah AA, Agha AM, Gad MZ. Effect of pumpkin-seed oil on the level of free radical scavengers induced during adjuvant-arthritis in rats. *Pharmacological Research* 1995; 31(1):73–9. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043661895800514>.
125. Omar NM, Sarhan NR. The possible protective role of pumpkin seed oil in an animal model of acid aspiration pneumonia: Light and electron microscopic study. *Acta Histochemica* 2017; 119(2):161–71. Verfügbar unter: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065128116302665?casa_token=u-a6b-qgmzeaaaaa:2skfgrpybdwlv1v0xzsg9jl9fc2ud25mm3hldnfxwmn5tpyp8_ez9ex8pmawbwdml5o9dl320jy.
126. Kommunikation Land Steiermark. Kerngesund mit steirischem Kürbiskernöl: Forschungsprojekt untersucht Schutz vor Herz-Kreislaufkrankungen; 2004

[Stand: 28.03.2024]. Verfügbar unter:
<https://www.kommunikation.steiermark.at/cms/beitrag/10090857/374565#:~:text=Der%20regelm%C3%A4%C3%9Fige%20Genuss%20von%20steirischem,heute%20Vormittag%20erstmal%20vorgestellt%20wurde.>

127. Miettinen TA, Puska P, Gylling H, Vanhanen H, Vartiainen E. Reduction of serum cholesterol with sitostanol-ester margarine in a mildly hypercholesterolemic population. *N Engl J Med* 1995; 333(20):1308–12. Verfügbar unter:
<https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejm199511163332002>.
128. El-Mosallamy AEMK, Sleem AA, Abdel-Salam OME, Shaffie N, Kenawy SA. Antihypertensive and cardioprotective effects of pumpkin seed oil. *J Med Food* 2012; 15(2):180–9. doi: 10.1089/jmf.2010.0299.
129. Bharti SK, Kumar A, Sharma NK, Prakash O, Jaiswal SK, Krishnan S et al. Tocopherol from seeds of Cucurbita pepo against diabetes: validation by in vivo experiments supported by computational docking. *0929-6646* 2013; 112(11):676–90. Verfügbar unter:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929664613002702>.
130. Jones PJ, Raeini-Sarjaz M, Ntanios FY, Vanstone CA, Feng JY, Parsons WE. Modulation of plasma lipid levels and cholesterol kinetics by phytosterol versus phytostanol esters. *Journal of Lipid Research* 2000; 41(5):697–705. doi: 10.1016/S0022-2275(20)32378-6.
131. al-Zuhair H, Abd el-Fattah AA, Abd el Latif HA. Efficacy of simvastatin and pumpkin-seed oil in the management of dietary-induced hypercholesterolemia. *Pharmacological Research* 1997; 35(5):403–8. Verfügbar unter:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043661897901481>.
132. Zuhair HA, Abd el-Fattah AA, El-Sayed MI. Pumpkin-seed oil modulates the effect of felodipine and captopril in spontaneously hypertensive rats. *Pharmacological Research* 2000; 41(5):555–63. Verfügbar unter:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043661899906229>.
133. Gossell-Williams M, Lyttle K, Clarke T, Gardner M, Simon O. Supplementation with pumpkin seed oil improves plasma lipid profile and cardiovascular outcomes of female non-ovariectomized and ovariectomized Sprague-Dawley rats. *Phytother Res* 2008; 22(7):873–7. doi: 10.1002/ptr.2381.
134. Morrison MC, Mulder P, Stavro PM, Suárez M, Arola-Arnal A, van Duyvenvoorde W et al. Replacement of Dietary Saturated Fat by PUFA-Rich Pumpkin Seed Oil Attenuates Non-Alcoholic Fatty Liver Disease and Atherosclerosis Development, with Additional Health Effects of Virgin over Refined Oil. *PLOS ONE* 2015; 10(9):e0139196. Verfügbar unter:
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0139196>.
135. Al-Okbi SY, Mohamed DA, Hamed TE-S, Kassem AA, El-Alim SHA, Mostafa DM. Enhanced prevention of progression of non alcoholic fatty liver to steatohepatitis by incorporating pumpkin seed oil in nanoemulsions. *Journal of Molecular Liquids* 2017; 225:822–32. doi: 10.1016/j.molliq.2016.10.138.

136. kurbiskernoel.cc. Kann Kürbiskernöl bei Haarausfall helfen?; 2018 [Stand: 28.03.2024]. Verfügbar unter: <https://www.kuerbiskernoel.cc/blog/kann-kuerbiskernoel-bei-haarausfall-helfen>.
137. Santen E. Androgenetische Alopezie [Stand: 28.03.2024]. Verfügbar unter: <https://www.endokrinologen.de/androgenetische-alopezie.php>.
138. Vidal MMI Germany GmbH. MINOXIDIL; 2024 [Stand: 28.03.2024]. Verfügbar unter: https://www.gelbe-liste.de/produkte/MINOXIDIL_564424.
139. Hajhashemi V., Rajabi P., Mardani M. Beneficial effects of pumpkin seed oil as a topical hair growth promoting agent in a mice model; 2019. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc6823528/>.
140. Ibrahim IM, Hasan MS, Elsabaa KI, Elsaie ML. Pumpkin seed oil vs. minoxidil 5% topical foam for the treatment of female pattern hair loss: A randomized comparative trial. *Journal of Cosmetic Dermatology* 2021; 20(9):2867–73. doi: 10.1111/jocd.13976.
141. Ezekwe N, King M, Hollinger J. The use of natural ingredients in the treatment of alopecias with an emphasis on central centrifugal cicatricial alopecia: a systematic review; 2020. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc7595365/>.
142. Cho YH, Lee SY, Jeong DW, Choi EJ, Kim YJ, Lee JG et al. Effect of pumpkin seed oil on hair growth in men with androgenetic alopecia: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2014; 2014:549721. Verfügbar unter: <https://www.hindawi.com/journals/ecam/2014/549721/>.
143. Teeranachaideekul V, Parichatikanond W, Junyaprasert VB, Morakul B. Pumpkin Seed Oil-Loaded Niosomes for Topical Application: 5 α -Reductase Inhibitory, Anti-Inflammatory, and In Vivo Anti-Hair Loss Effects. *Pharmaceuticals* 2022; 15(8):930. doi: 10.3390/ph15080930.
144. Nitsch-Fitz, R., Egger, E., Wutzel, H., & Maruna, H. Einsatz des Kürbiskern-Diätetikums "Kürbis-Granufink" bei Patienten mit Prostatahypertrophie in Wiener Allgemeinpraxen; 1979.
145. Tsai Y-S, Tong Y-C, Cheng J-T, Lee C-H, Yang F-S, Lee H-Y. Pumpkin seed oil and phytosterol-F can block testosterone/prazosin-induced prostate growth in rats. *Urol Int* 2006; 77(3):269–74. doi: 10.1159/000094821.
146. Gossell-Williams M, Davis A, O'Connor N. Inhibition of testosterone-induced hyperplasia of the prostate of sprague-dawley rats by pumpkin seed oil. *J Med Food* 2006; 9(2):284–6. doi: 10.1089/jmf.2006.9.284.
147. Carbin BE, Larsson B, Lindahl O. Treatment of benign prostatic hyperplasia with phytosterols. *Br J Urol* 1990; 66(6):639–41. doi: 10.1111/j.1464-410x.1990.tb07199.x.
148. Di Silverio F, Flammia GP, Sciarra A, Caponera M, Mauro M, Buscarini M, Tavani M, D'Eramo G. Plant extracts in BPH; 1993. Verfügbar unter: <https://europepmc.org/article/med/7517582>.
149. Hong H, Kim C-S, Maeng S. Effects of pumpkin seed oil and saw palmetto oil in Korean men with symptomatic benign prostatic hyperplasia. *Nutr Res*

Pract 2009; 3(4):323–7. Verfügbar unter:
<https://synapse.koreamed.org/articles/1051037>.

150. Xin-Cong Kang, Tian Chen, Jia-Li Zhou, Peng-Yuan Shen, Si-Hui Dai, Chang-Qing Gao, Jia-Yin Zhang, Xing-Yao Xiong, Dong-Bo Liu. Phytosterols in hull-less pumpkin seed oil, rich in Δ^7 -phytosterols, ameliorate benign prostatic hyperplasia by lowering 5 α -reductase and regulating balance ...; 2021. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc8693601/>.
151. Shirvan MK, Mahboob MRD, Masuminia M. Pumpkin seed oil (prostafit) or prazosin? Which one is better in the treatment of symptomatic benign prostatic hyperplasia; 2014. Verfügbar unter:
<https://scholar.google.com/citations?user=1lait8waaaaj&hl=de&oi=sra>.
152. Alhakamy NA, Fahmy UA, Ahmed OAA. Attenuation of Benign Prostatic Hyperplasia by Optimized Tadalafil Loaded Pumpkin Seed Oil-Based Self Nanoemulsion: In Vitro and In Vivo Evaluation. *Pharmaceutics* 2019; 11(12). doi: 10.3390/pharmaceutics11120640.
153. Bakhaidar RB, Hosny KM, Mahier IM, Rizq WY, Safhi AY, Bukhary DM et al. Development and optimization of a tamsulosin nanostructured lipid carrier loaded with saw palmetto oil and pumpkin seed oil for treatment of benign prostatic hyperplasia. *Drug Delivery* 2022; 29(1):2579–91. doi: 10.1080/10717544.2022.2105448.
154. Amirzargar M, Zerfatjou N, Biglarkhani M. Comparison of the Effect of Pumpkin Seed Oil and Tamsulosin on Benign Prostatic Hyperplasia. *J Res Urol* 2020; 4(1):24–32. doi: 10.30699/jru.4.1.24.
155. Schiebel-Schlosser, G., Friederich, M. *Phytotherapy of BPH with pumpkin seeds-a multicenter clinical trial*; 1998.
156. Friederich M, Theurer C, Schiebel-Schlosser G. Prosta Fink Forte -kapseln in der behandlung der benignen prostatahyperplasie. Eine multizentrische Anwendungsbeobachtung an 2245 patienten. *Forsch Komplementarmed Klass Naturheilkd* 2000; 7(4):200–4. doi: 10.1159/000021344.
157. Wong A, Viola D, Bergen D, Caulfield E, Mehrabani J, Figueroa A. The effects of pumpkin seed oil supplementation on arterial hemodynamics, stiffness and cardiac autonomic function in postmenopausal women. *Complementary Therapies in Clinical Practice* 2019; 37:23–6. Verfügbar unter: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1744388119304864?casa_token=zfmbqbray3iaaaaa:yg9z6acfmentew3vbltiq7zxny3kfk5h-zgcqb0gw7_dxffefo2puaefsf7anh11zhktkagzbw.
158. Gossell-Williams M, Hyde C, Hunter T, Simms-Stewart D, Fletcher H, McGrowder D et al. Improvement in HDL cholesterol in postmenopausal women supplemented with pumpkin seed oil: pilot study. *Climacteric* 2011; 14(5):558–64. doi: 10.3109/13697137.2011.563882.
159. MAJID AK, AHMED Z, KHAN R. Effect of pumpkin seed oil on cholesterol fractions and systolic/diastolic blood pressure. *Food Sci. Technol* 2020; 40(3):769–77. doi: 10.1590/fst.03720.
160. El-Bana MA, El-Daly SM, Omara EA, Morsy SM, El-Naggar ME, Medhat D. Preparation of pumpkin oil-based nanoemulsion as a potential estrogen

replacement therapy to alleviate neural-immune interactions in an experimental postmenopausal model. *Prostaglandins & Other Lipid Mediators* 2023; 166:106730. Verfügbar unter: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1098882323000278?casa_token=3ydgwf8nnuiaaaaa:789mdm6vfly6j7tyrytl0vlipq8zzn660fauko7vnyoiwtuu66l8zbmbkfmemcgcij1io_4uyc.

161. Lotfi S, Fakhraei J, Mansoori Yarahmadi H. Dietary supplementation of pumpkin seed oil and sunflower oil along with vitamin E improves sperm characteristics and reproductive hormones in roosters. *Poultry Science* 2021; 100(9):101289. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579121003230>.
162. Bardaa S, Ben Halima N, Aloui F, Ben Mansour R, Jabeur H, Bouaziz M et al. Oil from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds: evaluation of its functional properties on wound healing in rats. *Lipids Health Dis* 2016; 15(1):73. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12944-016-0237-0>.
163. Ordoñez Lozada MI, Rodrigues Maldonade I, Bobrowski Rodrigues D, Silva Santos D, Ortega Sanchez BA, Narcizo de Souza PE et al. Physicochemical characterization and nano-emulsification of three species of pumpkin seed oils with focus on their physical stability. *Food Chem* 2021; 343:128512. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620323748>.
164. Sindi AM, Hosny KM. Preparation and evaluation of protective effect of pumpkin seed oil based self nanoemulsifying oral delivery system against ibuprofen-induced peptic ulcer. *Journal of Drug Delivery Science and Technology* 2019; 52:415–20. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1773224719305441>.
165. Sener B, Orhan I, Ozcelik B, Kartal M, Aslan S, Ozbilen G. Antimicrobial and Antiviral Activities of Two Seed Oil Samples of *Cucurbita pepo* L. and Their Fatty Acid Analysis. *Natural Product Communications* 2007; 2(4):1934578X0700200. doi: 10.1177/1934578X0700200409.
166. Ghaffar F, Bushra K, Hamidullah S, Muhammad A. Nutritional, Physico-Chemical, Antimicrobial and Antioxidant Screening of Seed and Seed Oil of *Cucurbita Pepo* grown in KPK, Pakistan. *FUUAST J BIOL* 2018; 8(1):41–8. Verfügbar unter: <http://fuuastjb.org/index.php/fuuastjb/article/view/9>.
167. Beshay EVN, Rady AA, Afifi AF, Mohamed AH. Schistosomicidal, antifibrotic and antioxidant effects of *Cucurbita pepo* L. seed oil and praziquantel combined treatment for *Schistosoma mansoni* infection in a mouse ...; 2019. Verfügbar unter: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-helminthology/article/schistosomicidal-antifibrotic-and-antioxidant-effects-of-cucurbita-pepo-l-seed-oil-and-praziquantel-combined-treatment-for-schistosoma-mansoni-infection-in-a-mouse-model/df80ad84687e55e42d939b2737b111bc>.
168. Ammar AI, Afifi AF, Essa A, Galal. *Cucurbita pepo* Seed Oil Induces Microsatellite Instability and Tegumental Damage to *Schistosoma mansoni* Immature and Adult Worms In vitro. *Infection and Drug Resistance* 2020.

169. Eraslan G, Kanbur M, Aslan Ö, Karabacak M. The antioxidant effects of pumpkin seed oil on subacute aflatoxin poisoning in mice. *Environmental Toxicology* 2013; 28(12):681–8. doi: 10.1002/tox.20763.
170. Awad, A. B., von Holtz, R. L., Cone, J. P., Fink, C. S., & Chen, Y.-C. (. beta-Sitosterol inhibits growth of HT-29 human colon cancer cells by activating the sphingomyelin cycle; 1998. Verfügbar unter: <https://europepmc.org/article/med/9568122>.
171. Medjakovic S, Hobiger S, Ardjomand-Woelkart K, Bucar F, Jungbauer A. Pumpkin seed extract: Cell growth inhibition of hyperplastic and cancer cells, independent of steroid hormone receptors. *Fitoterapia* 2016; 110:150–6. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367326X16300533>.
172. Ong TS, Chu CC, Tan CP, Nyam KL. Preparation and Evaluation Pumpkin Seed Oil-based Vitamin E Cream Formulations for Topical Application. *Journal of Oleo Science* 2020; 69(4):297–306. doi: 10.5650/jos.ess19250.
173. Chu CC, Tan CP, Nyam KL. Development of Nanostructured Lipid Carriers (NLCs) Using Pumpkin and Kenaf Seed Oils with Potential Photoprotective and Antioxidative Properties. *Euro J Lipid Sci & Tech* 2019; 121(10):1900082. doi: 10.1002/ejlt.201900082.
174. Chu CC, Hasan ZABA, Chua SK, Nyam KL. Formulation and Characterization of Novel Nanostructured Lipid Carriers with Photoprotective Properties Made from Carnuba Wax, Beeswax, Pumpkin Seed Oil, and UV Filters. *J Americ Oil Chem Soc* 2020; 97(5):531–42. doi: 10.1002/aocs.12340.
175. Lacatusu I, Arsenie LV, Badea G, Popa O, Oprea O, Badea N. New cosmetic formulations with broad photoprotective and antioxidative activities designed by amaranth and pumpkin seed oils nanocarriers. *Industrial Crops and Products* 2018; 123:424–33. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669018305922>.
176. Bora NS, Pathak MP, Mandal S, Mazumder B, Policegoudra R, Raju PS et al. Safety assessment and toxicological profiling of a novel combinational sunprotective dermal formulation containing melatonin and pumpkin seed oil. *Regul Toxicol Pharmacol* 2017; 89:1–12. Verfügbar unter: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273230017301885?casa_token=t32kjmX3tmqaaaaa:msngEyd-4kanbr81mckxofksazhbiymIh64qryjecgo5dygl1hlx0v1vfysz-u4g8hyg07mwypc.
177. Bora NS, Mazumder B, Mandal S, Bhutia YD, Das S, Karmakar S et al. Protective effect of a topical sunscreen formulation fortified with melatonin against UV-induced photodermatitis: an immunomodulatory effect via NF-κB suppression. *Immunopharmacology and Immunotoxicology* 2019; 41(1):130–9. doi: 10.1080/08923973.2019.1566358.
178. Setsiripakdee A, Lourith N, Kanlayavattanakul M. In Vitro and In Vivo Removal Efficacies of a Formulated Pumpkin Seed Oil Makeup Remover. *J Surfact & Detergents* 2019; 22(6):1461–7. doi: 10.1002/jsde.12315.
179. Murkovic M, Pfannhauser W. Stability of pumpkin seed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2000; 102(10):607–11. doi: 10.1002/1438-9312(200010)102:10<607::AID-EJLT607>3.0.CO;2-E.

180. Petkova Z, Antova G. A comparative study on quality parameters of pumpkin, melon and sunflower oils during thermal treatment. *OCL* 2019; 26:32. doi: 10.1051/ocl/2019028.
181. Ardabili AG, Farhoosh R, Khodaparast MHH. Frying stability of canola oil in presence of pumpkin seed and olive oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2010; 112(8):871–7. doi: 10.1002/ejlt.200900257.
182. Mariana-Atena Poiana, Ersilia Alex, Diana Moigradean, Mirela Pop. The influence of the storage conditions on the oxidative stability and antioxidant properties of sunflower and pumpkin oil; 2009. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/profile/mariana-atenapoiana/publication/238042254_the_influence_of_the_storage_conditions_on_the_oxidative_stability_and_antioxidant_properties_of_sunflower_and_pumpkin_oil.
183. Frankel EN. Volatile lipid oxidation products. *Progress in Lipid Research* 1983; 22(1):1–33. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0163782783900024>.
184. Aktaş N, Uzlaşır T, Tunçil YE. Pre-roasting treatments significantly impact thermal and kinetic characteristics of pumpkin seed oil. *Thermochimica Acta* 2018; 669:109–15. Verfügbar unter: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040603118304465?casa_token=m5o9ll4ze40aaaaa:rc0grmebacoj8azceurbz6rseslpei3hrqjtchsoie2yoilmtgx7k8cs7tdmeczex_iehzdptg.
185. Frankel EN, Cooney PM, Moser HA, Cowan JC, Evans CD. Effect of Antioxidants and Metal Inactivators in Tocopherol-Free Soybean Oil. *Fette, Seifen, Anstrichm.* 1959; 61(10):1036–9. doi: 10.1002/lipi.19590611046.
186. Maga JA. Furans in foods. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr* 1979; 11(4):355–400. Verfügbar unter: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10408397909527268>.
187. Potočnik T, Košir IJ. Influence of roasting temperature of pumpkin seed on PAH and aroma formation. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2017; 119(3):1500593. doi: 10.1002/ejlt.201500593.
188. Da Cruz GK, Martins MIM, Antunes FTT, Souza AH de, Wiilland EdF, Picada JN et al. Evaluation of the efficacy and toxicity of oral and topical pumpkin oil on the hair growth of mice. *Acta Histochemica* 2022; 124(4):151894. doi: 10.1016/j.acthis.2022.151894.