Journal of Ayurveda and Integrative Medicine 17 (2026) 101316

Inhaltsverzeichnisse verfügbar bei ScienceDirect

Journal of Ayurveda and Integrative Medicine

Homepage der Zeitschrift: elsevier.com/locate/jaim

Original-Forschungsartikel (experimentell)

Verbesserte Wirksamkeit von Pflanzenblattextrakten aus Homa-Umgebungen bei der Krebsbekämpfung: Eine vorläufige Studie

Priya Sharad [a,1], Shireen Masood [a,1], Osaid Masood [a], Alka Kumari [b], Ulrich Berk [c], Monisha Banerjee [a,*]

[a] Labor für Molekular- und Humangenetik, Institut für Zoologie, Universität Lucknow, Lucknow, 226007, Uttar Pradesh, Indien
[b] Institut für Botanik, Universität Lucknow, Lucknow, 226007, Uttar Pradesh, Indien
[c] Deutscher Homa-Therapie-Verband, Deutschland

ARTIKELINFO

Schlüsselwörter:
Agnihotra
Zellassays
Gebärmutterhalskr
ebs Genexpression
Heilpflanzen

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund: Heilpflanzen sind seit Anbeginn des Lebens der wichtigste Bestandteil von Agrarökosystemen und der natürlichen Umwelt. Luft, Wasser und Boden sind erheblich verschmutzt, was sich nachteilig auf die Produktion und Entwicklung von Pflanzen auswirkt. Die Homa-Therapie, die auf traditionellem vedischem Wissen basiert, soll das Gleichgewicht in der Natur wiederherstellen und Umweltschadstoffe beseitigen. Dieser Ansatz muss jedoch im Lichte aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse betrachtet werden.
Ziel: In dieser Studie wurde die vergleichende Wirksamkeit von Blattextrakten aus Pflanzen in Homa- und Nicht-Homa-Umgebungen (Kontrollgruppe) hinsichtlich ihres Potenzials zur Krebsbekämpfung in einer Gebärmutterhalskrebs-Zelllinie untersucht.
Materialien und Methoden: Die Blätter der ausgewählten Heilpflanzen – *Murraya koenigii* (Curry), *Ocimum sanctum* (Tulsi), *Aegle marmelos* (Bael) und *Azadirachta indica* (Neem) – wurden an beiden Standorten gesammelt, anschließend getrocknet und mittels Soxhlet-Apparat extrahiert. Die Blattextrakte wurden mittels MTT-Assay auf ihre Zytotoxizität in HeLa-Zellen untersucht. Die Zellmigrationsrate wurde mit einem Wundheilungsassay bestimmt. Anschließend wurde die Bildung intrazellulärer reaktiver Sauerstoffspezies (ROS) unter Verwendung von DCFDA bewertet. Zusätzlich wurde die Genexpression mittels quantitativer Polymerasekettenreaktion überprüft.
Ergebnisse: Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass Pflanzen aus der Homa-Umgebung eine signifikant ($p < 0,05$) höhere Wirksamkeit gegen Gebärmutterhalskrebs aufweisen, da ihre IC_{50}-Werte vergleichsweise niedrig waren. Der Test zur intrazellulären ROS-Bildung zeigte, dass Pflanzen aus der Homa-Umgebung in Krebszellen mehr ROS ($p < 0,05$) produzierten als Pflanzen aus der Nicht-Homa-Umgebung. Zudem war die Hemmung der Zellmigration bei Homa-Pflanzen deutlicher ($p < 0,05$) als bei Nicht-Homa-Pflanzen. Es zeigte sich, dass die Gene *SOD1*, *CAT* und *MMP9* in den Extrakten der in Homa-Umgebung gewachsenen Blätter signifikant ($p < 0,05$) herunterreguliert waren. Die Ergebnisse der Studie liefern vielversprechende erste Hinweise darauf, dass die Homa-Anbauumgebung die therapeutischen Eigenschaften bestimmter Pflanzen verbessern könnte, einschließlich ihrer Fähigkeit, Krebs zu bekämpfen.

1. Einleitung

Heilpflanzen sind seit jeher eine Quelle biologisch aktiver sekundärer Pflanzenstoffe, die als Rohstoffe oder gereinigte Verbindungen zur Heilung verschiedener Krankheiten eingesetzt werden. Alkaloide, Flavonoide, Terpenoide und Polyphenole aus diesen Heilkräutern haben antioxidative, entzündungshemmende, antibakterielle und krebsbekämpfende Wirkungen [1]. Heilpflanzen unterstützen nachhaltige Gesundheitspraktiken, da ihre Produktion und Verwendung weniger umweltschädlich sind als synthetische Arzneimittel [2,3]. Allerdings haben Urbanisierung, zunehmende Umweltverschmutzung und Stress haben die Wirksamkeit dieser Heilpflanzen jedoch verringert. Pflanzen passen sich an Umweltstress an, indem sie ihre antioxidativen Eigenschaften nutzen, die Chloroplasten und andere photosynthese-bezogene Zellkomponenten vor Schäden durch oxidativen Stress schützen. Umweltfaktoren wie extreme Temperaturen, Strahlung und Umweltverschmutzung können jedoch den Gehalt an Antioxidantien in Heilpflanzen verringern [4]. Diese Belastungen können zu einem Anstieg reaktiver Sauerstoffspezies (ROS) führen, die die antioxidativen Abwehrmechanismen der Pflanze überfordern können. Umweltgifte wie Pestizide, Industriechemikalien und Schwermetalle können sich im Boden und im Wasser ansammeln, in denen Heilpflanzen angebaut werden.

* Korrespondierender Autor. Labor für Molekular- und Humangenetik, Abteilung für Zoologie, Universität Lucknow, Lucknow, Uttar Pradesh, 226007, Indien.
E-Mail-Adresse: monishabanerjee30@gmail.com (M. Banerjee).
[1] Beide Autoren haben gleichermaßen zu diesem Artikel beigetragen.

https://doi.org/10.1016/j.jaim.2025.101316
Eingegangen am 12. September 2025; Eingegangen in überarbeiteter Form am 26. November 2025; Angenommen am 19. Dezember 2025
0975-9476/© 2025 Die Autoren. Veröffentlicht von Elsevier B.V. im Auftrag des Institute of Transdisciplinary Health Science and Technology und der World Ayurveda Foundation. Dies ist ein Open-Access-Artikel unter der CC BY-NC-ND-Lizenz (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Diese Schadstoffe werden von der Pflanze aufgenommen und in ihrem Gewebe gebunden, wodurch sich ihre chemische Zusammensetzung verändert und ihr gesundheitlicher Nutzen gemindert wird [5]. Neben Schadstoffen können Pestizide und Herbizide die Boden- und Wasserqualität erheblich beeinträchtigen und den Gehalt an toxischen Substanzen in Heilpflanzen erhöhen [6].

Das Übereinkommen über die biologische Vielfalt, oft als Rio-Konvention bezeichnet, empfiehlt den Einsatz aller Methoden, einschließlich traditionellen Wissens, um diese Herausforderungen zu bewältigen [7]. Die Homa-Therapie, die auf vedischer Weisheit basiert, reinigt die Atmosphäre durch die Wiederherstellung der Natur. Diese von Rishis und Maharishis angewandte Methode war bereits in der Antike erfolgreich. Die Homa-Landwirtschaft wendet einen einfachen Ansatz an, der als „Agnihotra“ bekannt ist, wobei „Agni“ „Feuer“ und „Hotra“ „Heilung“ bedeutet (eine detaillierte Beschreibung der Homa-Therapie nach Agnihotra findet sich in der Zusatzdatei 1). Dabei wird zu einer bestimmten Tageszeit vor einem heiligen Feuer ein Sanskrit-Mantra rezitiert [8]. Es wird angenommen, dass Agnihotra-Asche den pH-Wert ausgleicht, die essentielle Bakterienflora des Bodens fördert und das Wasser von pathogenen Bakterien reinigt [9]. Experten sind der Ansicht, dass die Homa-Landwirtschaft ein wissenschaftlicher Ansatz ist, der die Begasung der Atmosphäre in den Vordergrund stellt – ein entscheidendes Element für die Erhaltung der Pflanzengesundheit gegen Krankheiten [10]. Diese Therapie dient dazu, das natürliche Gleichgewicht wiederherzustellen und eine Art Mikroklima rund um den Bauernhof zu erzeugen. Es wurde nachgewiesen, dass sie zur Reinigung der Atmosphäre beiträgt und den Ertrag sowie die Qualität der Produkte verbessert, indem sie das grundlegendste Yagya, bekannt als Agnihotra, nutzt, das mit dem Biorhythmus von Sonnenaufgang und Sonnenuntergang synchronisiert ist [9].

Während der Photosynthese ist das Photosystem II (PSII), ein Proteinkomplex, der
Wassermoleküle mithilfe von Lichtenergie spaltet, ist der Teil, der am anfälligsten für abiotischen Stress ist. Dieser Stress beeinträchtigt die Elektronentransportkette, was zu einer Verringerung der Photosynthese führt [11]. Es hat sich gezeigt, dass der Homa-Bioanbau (Agnihotra-Atmosphäre) die Effizienz von PSII verbessert, indem er Schäden minimiert und Reparatur- und Schutzprozesse unterstützt [12]. Es wurde außerdem festgestellt, dass Agnihotra die photochemische Effizienz, die Vegetationsmorphologie und die Anzahl der aktiven Reaktionszentrumsprozesse drastisch verbessert [12].

Obwohl die Homa-Therapie verbesserte Umweltbedingungen und eine deutlich höhere Pflanzenqualität gezeigt hat, gibt es derzeit keine Belege dafür, dass die Homa-Therapie die therapeutischen Eigenschaften von Pflanzen fördert, die in einer Homa-Umgebung angebaut werden. Daher wurde eine *In*-vitro-Studie an der Gebärmutterhalskrebs-Zelllinie HeLa konzipiert, um die verbesserten therapeutischen (krebshemmenden) Eigenschaften einiger Heilpflanzen aus dem Homa-Bioanbau im Vergleich zu solchen zu untersuchen, die in einer Entfernung von 4 bis 5 km in einer Umgebung ohne Agnihotra gesammelt wurden.

2. Materialien und Methoden

2.1. Sammlung und Details der Pflanzenproben

Die für diese Studie ausgewählten Pflanzen besitzen natürliche therapeutische Eigenschaften und benötigen für ihr optimales Wachstum die gleichen Klima- und Bodenbedingungen (Tabelle 1). Die vier für diese Studie ausgewählten Pflanzenarten waren *Murraya koenigii* (Curry), *Ocimum sanctum* (Tulsi), *Aegle marmelos* (Bael) und *Azadirachta indica* (Neem). Die Proben wurden an zwei Standorten gesammelt: einer in der Homa-Therapie-Goshala in Maheshwar, Madhya Pradesh, Indien, und der andere an einem 4–5 km entfernten Standort in einer Umgebung ohne Agnihotra. Nach der Entnahme wurden die Proben kodiert und zur Identifizierung eingeschickt: CB (Kontroll-Bael), CC (Kontroll-Curry), CN (Kontroll-Neem), CT (Kontroll-Tulsi), HB (Homa-Bael), HC (Homa-Curry), HN (Homa-Neem) und HT (Homa-Tulsi).

Tabelle 1
Details zu den für die Studie ausgewählten Pflanzen.

Pflanzenarten	Allgemein Name	Therapeutische Eigenschaft	Referenzen
Murraya koenigii	Curry	Antitumor, antioxidativ, entzündungshemmend	[13–15]
Ocimum sanctum	Tulsi	entzündlich, blutzuckersenkend und blutzuckersenkende Wirkung Krebshemmend, antioxidativ, antidiabetisch, entzündungshemmend und antimikrobiell	[16–19]
Aegle marmelos	Bael	Durchfallhemmend, antioxidativ, antidiabetisch, leberschützend, krebshemmend, gegen Geschwüre	[20–22]
Azadirachta indica	Neem	Krebshemmend, antioxidativ, antiviral, antibakteriell, antimykotisch, malariabekämpfend, gegen Geschwüre, gegen Diabetes und entzündungshemmend	[23–28]

Alle gesammelten Pflanzenproben wurden vorläufig mithilfe eines in veröffentlichten Florenwerken verfügbaren Bestimmungsschlüssels identifiziert, basierend auf taxonomischen Merkmalen und dem traditionellen Wissenssystem. Um qualitativ hochwertiges Pflanzenmaterial zu erhalten, wurden Herbarbelegsexemplare jeder Art gesammelt und nach den von Jain und Rao (1977) vorgeschlagenen Standard-Herbartechniken zu Herbarblättern verarbeitet und schließlich im Herbarium des CSIR-Institute of Himalayan Bio-resource Technology (CSIR-IHBT) in Palampur, Himachal Pradesh, Indien, das vom New York Botanical Garden (Akronym – PLP, 2007) zur Authentifizierung von Referenzmaterial anerkannt ist. Die Proben wurden als *Aegle marmelos* (Bael), *Murraya koenigii* (Curry), *Azadirachta indica* (Neem) und *Ocimum sanctum* (Tulsi) mit den Herbarium-Nummern PLP-108921, PLP-108922, PLP-108923, PLP-108924, PLP-108925, PLP-
108926, PLP-108927 und PLP-108928 für CB, CC, CN, CT, HB, HC, HN
und HT.

2.2. Beschreibung des Standorts

Die Homa-Therapie-Goshala, die eine Fläche^{von} 36.422 $^{m^2}$in Maheshwar, M.P., Indien, umfasst, wurde als Standort ausgewählt, um die Auswirkungen von Agnihotra auf die natürliche Vegetation zu untersuchen. Sie befindet sich im Distrikt Khargone, Madhya Pradesh, Indien, zwischen Maheshwar und Mandleshwar (75,6210 Ost, 22,1736 Nord). Seit 2001 wird dort regelmäßig Agnihotra durchgeführt [9,29,30]. Zum Vergleich wurden dieselben Pflanzen an einem Ort ausgewählt, an dem kein Agnihotra praktiziert wird und der 4–5 km von der Homa-Therapie-Goshala entfernt liegt.

2.3. Reagenzien

Dulbecco’s modifiziertes Eagle-Medium (DMEM), Antibiotika-Antimykotika-Lösung (Ab/Am), fötales Rinderserum (FBS), Trypanblau und 0,25 %ige Trypsin-EDTA-Lösung wurden von Gibco (Thermo Fisher Scientific, USA) bereitgestellt. Dichlorfluorescein-Diacetat (DCFDA), 3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazoliumbromid (MTT), Dimethylsulfoxid (DMSO) und phosphatgepufferte Kochsalzlösung (PBS) wurden von Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA) bezogen, und Ethanol sowie Methanol in molekularer Qualität von Lab Chem Quality Solution. Das RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit, RNAiso Plus (Takara, Japan) und das DyNAmo ColorFlash SYBR Green qPCR Kit wurden von Thermoscientific bezogen.

2.4. Herstellung von Pflanzenextrakten

Die Blätter wurden gründlich unter fließendem Leitungswasser gereinigt und 15 Minuten lang in Wasser eingeweicht, um Schlamm und andere Partikel zu entfernen.
Anschließend wurden die Blätter mit destilliertem Wasser gereinigt und 8–10 Tage lang getrocknet

im Schatten bei Raumtemperatur (Abb. 1) und anschließend zu Pulver zermahlen. Die Extrakte wurden unter Verwendung der Lösungsmittel Methanol (für *O. sanctum* und
A. marmelos) und 75 %igem Ethanol (für *M. koenigii* und *A. indica*) in einem Soxhlet-Apparat [21,31–33]. Der Extraktionsvorgang wurde über zwei bis drei Tage hinweg in 6–8 Arbeitsstunden bei einer Temperatur von 60–70 °C unter Verwendung eines Heizmantels durchgeführt. Die entstandenen Blattextrakte wurden anschließend mit einem Rotationsverdampfer konzentriert. Zur Bestimmung der Extraktionsausbeute wurde die folgende Formel verwendet:

$$\%Extraktausbeute = \frac{Gewicht\ des\ Pflanzenextrakts}{Gewicht\ der\ getrockneten\ Pflanzenprobe} \times 100$$

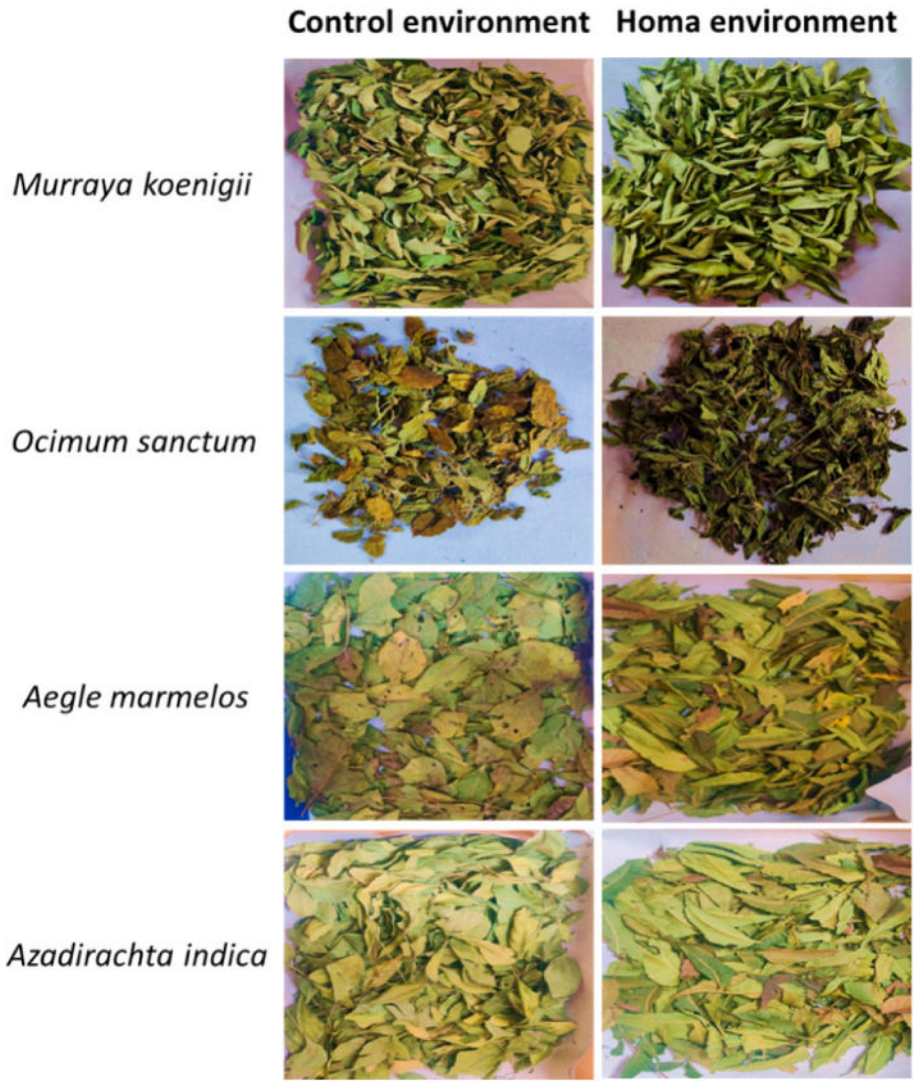


Abb. 1. Verschiedene Pflanzenproben nach 7–8-tägiger Trocknung im Schatten. (Zur Interpretation der Farbangaben in dieser Bildunterschrift wird der Leser auf die Webversion dieses Artikels verwiesen.)

2.5. *Pflege der HeLa-Zelllinie*

Die humane Gebärmutterhalskrebs-Zelllinie HeLa (HPV18+) wurde vom National Centre for Cell Science (NCCS) in Pune, Indien, bezogen. HeLa-Zellen wurden in DMEM mit 10 % FBS und 1 % Antibiotika-Antimykotika-Lösungen in einem Inkubator mit 5 % CO_2und 95 % Luftfeuchtigkeit bei 37°C gezüchtet. Das Vorhandensein einer Mykoplasmenkontamination wurde durch routinemäßige Untersuchungen überwacht. Für die nachfolgenden Experimente wurden Zellen mit 12–15 Passagen verwendet.

2.6. *Zellviabilität mittels MTT-Assay*

Die in DMEM kultivierten HeLa-Zellen wurden bis zur Konfluenz (70–80 %) wachsen gelassen. Die Zellen wurden mit Trypsin gelöst und in 96-Well-Platten mit einer Dichte von 5 $\times 10^3$Zellen/Well in dreifacher Ausfertigung ausgesät. Nach einer 24-stündigen Inkubationszeit bei37°C zur Förderung der Adhäsion wurden die HeLa-Zellen verschiedenen Konzentrationen verschiedener Blattextrakte aus beiden Umgebungen ausgesetzt:
M. koenigii (Curry), *O. sanctum* (Tulsi), *A. marmelos* (Bael) und *A. indica* (Neem) in Konzentrationen von 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 und 80 µg/ml. Nach einer Inkubationszeit von 24 Stunden wurden 10 µl MTT (5 mg/ml) zugegeben und weitere 3 Stunden inkubiert. Nach dem Absaugen des Mediums wurden 100 µl DMSO in jede Vertiefung gegeben, um die Formazan-Kristalle aufzulösen, und der Anteil lebender Zellen wurde mit einem BioTek Epoch 2-Mikroplattenlesegerät bei 540 nm geschätzt [34]. In ähnlicher Weise wurde die Zytotoxizität von Pflanzenextrakten aus der Homa-Umgebung an der normalen Zelllinie HaCaT überprüft. Zur Bewertung der Zellviabilität wird die folgende, in der Gleichung angegebene Formel verwendet:

$$\textit{Lebende Zellen}(\%) = \frac{\textit{Absorption der exponierten Zellen}}{\textit{Absorption der nicht exponierten Zellen}} \times 100$$

2.7. *Wundheilungsassay*

Die Migration von Krebszellen wurde mittels des Wundheilungstests untersucht [35]. Die Zellen wurden 24 Stunden lang in 6-Well-Platten kultiviert. Als die Zellen eine Konfluenz von 70–80 % erreicht hatten, wurde mit einer sterilen 200-µl-Spitze in der Mitte jedes Wells ein Kratzer erzeugt. Die Zellen wurden 24 Stunden lang in einer Konzentration von 60 µg/ml den Extrakten von *M. koenigii*, *O. sanctum*,
A. marmelos und *A. indica* aus beiden Umgebungen in einer Konzentration von 60 µg/ml für 24 Stunden ausgesetzt. Bilder der Kratzstelle dokumentierten die Veränderung der Migrationsfläche von 0 bis 24 Stunden. Die Aufnahmen wurden bei 200-facher Vergrößerung unter Verwendung eines inversen Phasenkontrastmikroskops (Nikon Eclipse Ti2, Japan) gemacht. Die Messungen der Wundfläche wurden mit dem Programm ImageJ (Fiji) durchgeführt.

2.8. *Messung intrazellulärer ROS*

Intrazelluläre ROS -Produktion wurde gemessen unter Verwendung

Dichlordihydrofluorescein-Diacetat (DCFDA) [35,36]. In 12-Well-Platten wurden 1 ×10^5Zellen pro Well mit frischem Medium für 24 Stunden ausgesät. Die Zellen wurden mit einer Konzentration von 60 µg/ml mit allen Blattextrakten aus Homa- und Nicht-Homa-Umgebungen (*M. koenigii*, *O. sanctum*, *A. marmelos* und *A. indica*) behandelt und für weitere 24 Stunden inkubiert. Das Medium wurde vorsichtig entfernt, und die Vertiefungen wurden mit 1 × PBS gewaschen. Die Platten wurden nach Zugabe von 10 µM DCFDA in jede Vertiefung 30 Minuten lang bei 37 °C im Dunkeln inkubiert. Die Zellen wurden nach zweimaligem Waschen mit 1 × PBS unter einem Fluoreszenzmikroskop (Nikon Eclipse Ts2, Japan) untersucht. Vergrößerung × 200.

2.9. *RNA-Isolierung und Echtzeit-Polymerasekettenreaktion (RT-PCR)*

Die Gesamt-RNA wurde aus HeLa-Zellen unter Verwendung des TRIzol-Reagenzes (Invitrogen, USA) extrahiert. Die Reinheit und Konzentration der RNA wurden mit einem NanoDrop-Spektralphotometer (Wilmington, DE, USA) bestimmt. Komplementäre DNA (cDNA) wurde unter Verwendung des RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit (Thermo Fisher Scientific, USA) gemäß den Anweisungen des Herstellers synthetisiert. Die Echtzeit-PCR wurde unter Verwendung des DyNAmo Flash SYBR Green 2X Master Mix (Thermo Fisher Scientific, USA) zusammen mit genspezifischen Primern für *SOD1*, *CAT*, *MMP9* und *GAPDH* durchgeführt (Primersequenzen sind in der Zusatzdatei 2 aufgeführt). Die Fold-Changes wurden mittels der ΔΔCt-Methode berechnet, wobei *GAPDH* als endogene Kontrolle für die relative Messung der Genexpression diente [37]. Alle Reaktionen wurden jeweils in dreifacher Ausfertigung durchgeführt.

2.10. *Statistische Analyse*

Die IC_{50}-Werte wurden mittels nichtlinearer Regressionsanalyse unter Verwendung von GraphPad Prism 8.0 berechnet. Die prozentuale Zellviabilität wurde an ein Vier-Parameter-Logistikmodell (4PL) angepasst (log[Inhibitor] vs. Reaktion – variable Steigung). Die Kurve schätzte die oberen und unteren Plateaus, die Steigung und $_{\log IC_{50}}$. Die angepassten Parameter wurden zur automatischen Berechnung der $_{IC_{50}}$ verwendet. Die Ergebnisse werden als Mittelwert ± SEM dargestellt. Alle Behandlungsgruppen wurden mit ihren jeweiligen Kontrollen mittels Varianzanalyse (ANOVA) mit einem Tukey-Mehrfachvergleichstest und einem ungepaarten zweiseitigen Student-t-Test verglichen (*p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001 weisen auf signifikante Unterschiede hin). Die zur Durchführung der statistischen Analyse verwendeten Softwareprogramme waren ImageJ (Fiji), Microsoft Excel und GraphPad Prism v. 8.0.

3. Ergebnisse

3.1. *Gesamtausbeute verschiedener Pflanzenextrakte*

Die prozentualen Ausbeuten der Kontrollpflanzen und der Pflanzen aus der Homa-Umgebung sind in Tabelle 2 dargestellt.

3.2. *MTT-Assay-Analyse*

Die Ergebnisse des MTT-Assays zeigten, dass die Behandlung von HeLa-Zellen mit

Tabelle 2
Gesamtausbeute aller Pflanzenextrakte und der jeweils verwendeten Lösungsmittel.

Pflanzenprobe (Blätter)	Umgebung	Trockengewicht (g)	Gewicht des Extrakts (g)	Prozentuale Ausbeute (%)	Verwendetes Lösungsmittel
M. koenigii	Kontrolle	20	1,41	7,05	Ethanol
	Homa	20	1,57	7,85	
O. sanctum	Kontrolle	24	1,53	6,37	Methanol
	Homa	25	1,71	6,84	
A. marmelos	Kontrolle	11,9	1,61	13,53	Methanol
	Homa	11,9	1,66	13,94	
A. indica	Kontrolle	20	3,15	15,75	Ethanol
	Homa	20	2,95	14,75	

Die Blattextrakte von Pflanzen aus der Homa-Umgebung zeigten im Vergleich zu denen aus den Kontrollumgebungen eine signifikant höhere Zytotoxizität (Abb. 2). In der normalen HaCaT-Zelllinie wurde hingegen keine Toxizität beobachtet. Die Methanolextrakte von *O. sanctum* und *A. marmelos* aus der Homa-Umgebung wiesen niedrigere Werte für die halbmaximale Hemmkonzentration (IC_{50}) auf als diejenigen ihrer jeweiligen Kontrollstandorte, was auf ihre bessere Wirksamkeit gegen die HeLa-Gebärmutterhalskrebs-Zelllinie hindeutet. In ähnlicher Weise zeigten die ethanolischen Extrakte von *M. koenigii* und *A. indica* aus der Homa-Umgebung ein verstärktes Antikrebs-Potenzial gegen die Gebärmutterhalskrebs-Zelllinie im Vergleich zu den Pflanzen aus der Kontrollumgebung. Wie in Tabelle 3 erwähnt, wurden bei Extrakten aus Pflanzen, die in der Homa-Umgebung gewachsen waren, niedrigere IC_{50}-Werte beobachtet als bei denen aus Pflanzen der Kontrollumgebung. Die IC_{50}-Kurven aller Pflanzenextrakte sind in der ergänzenden Datei 3 aufgeführt.

3.3. *Bewertung des Wundheilungstests*

Die Migrationsfähigkeit der Zellen wurde mittels eines inversen Phasenkontrastmikroskops beurteilt. Für das Wundheilungspotenzial von HeLa-Zellen wurden Pflanzenextrakte aus Homa- und Kontrollumgebungen 24 Stunden nach dem Anritzen verglichen. Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Hemmung der Wundheilung bzw. Migration in HeLa-Zellen, die mit Pflanzenextrakten aus der Homa-Umgebung behandelt wurden, im Gegensatz zu den Pflanzenproben aus der Kontrollumgebung (Abb. 3). Wie in Abb. 3b zu sehen ist, wiesen die Blattextrakte aus der Kontrollumgebung einen geringeren Prozentsatz an Kratzfläche auf als die Blattextrakte, die aus der Homa-Landwirtschaftsumgebung gewonnen wurden.

3.4. *Intrazelluläre ROS-Bildung in der HeLa-Zelllinie*

Die Konzentrationen zellulärer reaktiver Sauerstoffspezies (ROS) wurden nach 24 Stunden sowohl in Kontrollzellen als auch in Zellen, die mit der Homa-Umgebung behandelt wurden, gemessen. Nach der Behandlung mit 60 µg/ml *M. koenigii*, *O. sanctum*, *A. marmelos* und *A. indica* aus der Kontroll- und der Homa-Umgebung war die DCF-Fluoreszenzintensität in den HeLa-Zellen in den mit Pflanzenextrakten aus der Homa-Umgebung behandelten Zellen signifikant höher. Wie in Abb. 4 dargestellt, erzeugten Blattextrakte aus beiden Umgebungen intrazelluläre reaktive Sauerstoffspezies (ROS) in den HeLa-Zellen; jedoch wiesen Extrakte aus der Homa-Umgebung eine wesentlich höhere ROS-Produktion auf als diejenigen aus der Nicht-Homa-Umgebung (Kontrolle).

3.5. *Einfluss der Homa-Umgebung auf die Expression der SOD1-, CAT- und MMP9-Gene*

Die Genexpressionsanalyse wurde durchgeführt, um die relative Veränderung der Antioxidantien und der Migrationsgene in der Kontroll- und der Homa-Umgebung zu bestimmen. Wie in Abb. 5 dargestellt, zeigte sich, dass die Gene *SOD1* und *CAT* in den Blattextrakten von *M. koenigii*, *O. sanctum* und *A. marmelos,* die in einer Homa-Umgebung angebaut wurden, verändert waren. Ebenso wurde festgestellt, dass die Expression von *MMP9* durch die in Homa-Umgebung gezüchteten *M. koenigii*- und *A.* marmelos-Blattextrakte signifikant beeinflusst wurde.

4. Diskussion

Umweltverschmutzung ist ein großes Problem, das alle Lebensformen, einschließlich Tiere und Pflanzen, betrifft. Sie verändert die Morphologie und chemische Zusammensetzung von Pflanzen, was zu einer Verringerung ihrer medizinischen Wirksamkeit führt. Homa-Anbaumethoden lösen dieses Problem, indem sie die Atmosphäre reinigen und die Produktivität der in diesen Gebieten angebauten Pflanzen steigern [9, 11, 12]. Die vorliegende Arbeit war eine vergleichende Studie zur Bewertung, ob die Blätter von vier Heilpflanzen, *nämlich Murraya koenigii* (Curry), *Ocimum sanctum* (Tulsi), *Aegle marmelos* (Bael) und *Azadirachta indica* (Neem), die in einer Homa-Umgebung angebaut wurden, die krebshemmenden Eigenschaften verstärkten.

Die Pflanzenproben wurden mit zwei verschiedenen Lösungsmitteln extrahiert, um die Ausbeute zu maximieren. In der Literatur wurde angegeben, dass das für den Blattextrakt von *Ocimum sanctum* (Tulsi) und *Aegle marmelos* (Bael) verwendete Lösungsmittel

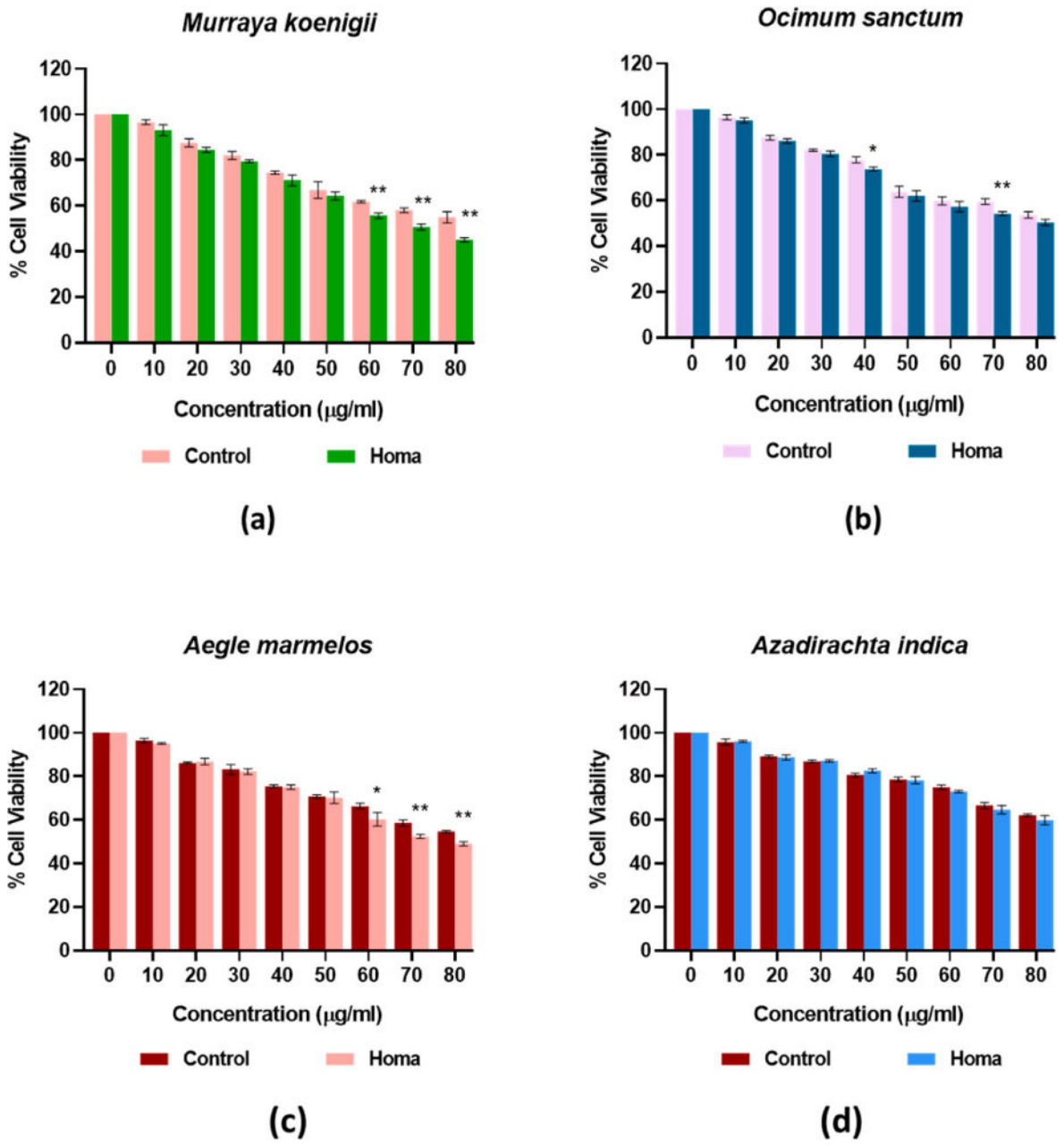


Abb. 2. Grafiken, die die prozentuale Zellviabilität von HeLa-Zellen nach MTT-Assay im Anschluss an eine 24-stündige Behandlung mit den Blattextrakten von *M. koenigii*, *O. sanctum*, *A. marmelos* und *A. indica* aus Kontroll- und Homa-Umgebungen. Die Ergebnisse von drei separaten Experimenten in dreifacher Wiederholung werden als Mittelwert ± SEM dargestellt (statistische Signifikanz, *p < 0,05, **p < 0,01 im Vergleich zur Kontrollgruppe des jeweiligen Blattextrakts). (a) *M. koenigii*; (b) *O. sanctum*; (c) *A. marmelos*; (d) *A. indica*.

Tabelle 3
Berechnete IC_{50}-Werte von Blattextrakten von Pflanzen, die in Kontroll- und Homa-Umgebungen sowie in Kontrollumgebungen gezüchtet wurden, gegen eine Gebärmutterhalskrebs-Zelllinie.

Pflanzen	Halbmaximale Hemmkonzentration (IC_{50}) in µg/ml	
	Kontrolle	Homa
M. koenigii (Curry)	59,7	52,1
O. sanctum (Tulsi)	58,57	54
A. marmelos (Bael)	68,3	57,2
A. indica (Neem)	79,26	75,74

Methanol, während für *Murraya koenigii* (Curry) und *Azadirachta indica* (Neem) Ethanol verwendet wurde, da diese Lösungsmittel im Vergleich zu anderen eine bessere Ausbeute zeigten [21,31–33]. Basierend auf den berechneten Prozentsätzen der Gesamtausbeute aller Extrakte wurde bei den Pflanzen eine höhere Ausbeute festgestellt

die im Homa-Bioanbau angebaut wurden, im Vergleich zur Kontrollgruppe, mit Ausnahme des *Azadirachta indica* (Neem)-Extrakts.

Die zytotoxischen Wirkungen von *M. koenigii*, *O. sanctum*, *A. marmelos* und *A.* indica-Blattextrakten beider Sammelstandorte wurden über einen Zeitraum von 24 Stunden bei unterschiedlichen Konzentrationen an menschlichen HeLa-Zellen untersucht. Unsere Ergebnisse zeigten, dass die Pflanzen, die aus der Homa-Therapie-Umgebung stammen, in der regelmäßig Agnihotra praktiziert wird, eine deutlich verbesserte Wirksamkeit gegen Gebärmutterhalskrebs aufwiesen, insbesondere bei *M. koenigii* und *A. marmelos,* was durch ihre niedrigeren IC_{50}-Werte im Vergleich zu denen aus Kontrollumgebungen (Nicht-Homa) belegt wurde. Die krebshemmende Wirkung ist möglicherweise auf eine verbesserte phytochemische Zusammensetzung, wie Alkaloide, Flavonoide und Phenole, in den in der Homa-Umgebung gewachsenen Pflanzen zurückzuführen [38,39].

Krebszellen produzieren aufgrund ihres höheren Stoffwechsels ROS, und deren erhöhte Konzentration ist entscheidend für das Wachstum, die Vermehrung und

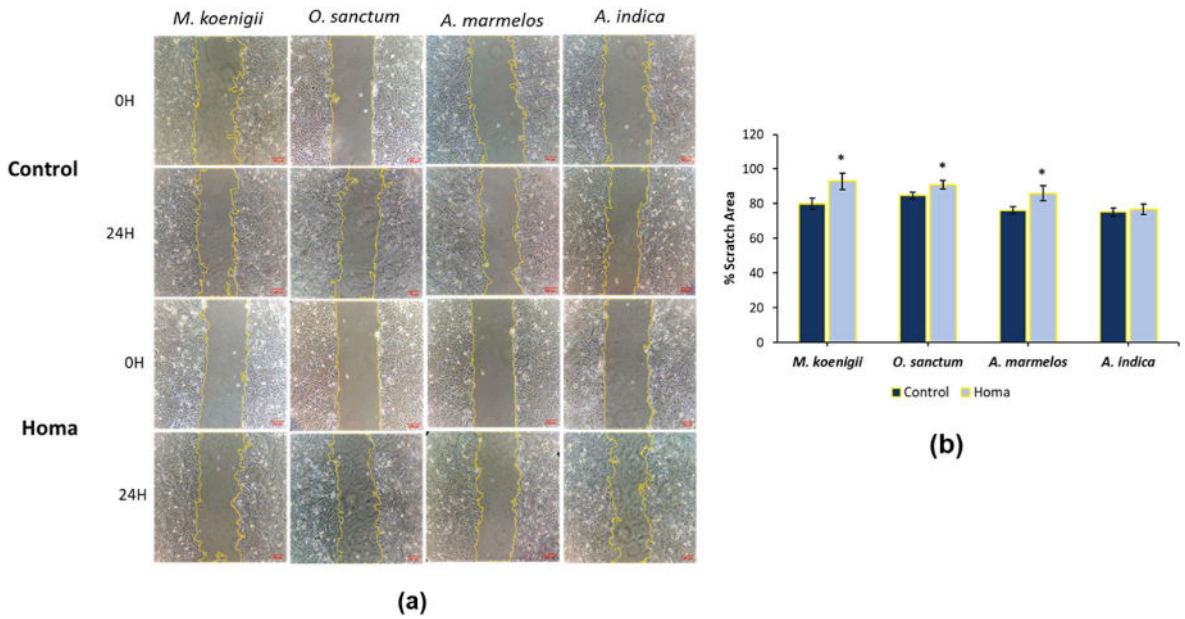


Abb. 3. HeLa-Zellen, die eine Wundheilung zeigen, in (a) einer Kontrollgruppe ohne Behandlung und in Gruppen, die mit Blattextrakten verschiedener Pflanzen behandelt wurden: *M. koenigii*, *O. sanctum*,
A. *marmelos* und *A. indica* in einer Konzentration von 60 µg/ml nach 0 h und 24 h. (b) Ein quantitativer Vergleich des prozentualen Anteils der Kratzfläche bei Blattextrakten aus zwei verschiedenen Umgebungen (Homa und Kontrolle). Die Daten sind als Mittelwert ± SEM aus drei verschiedenen Experimenten dargestellt (statistische Signifikanz, *p < 0,05 im Vergleich zur Kontrollgruppe des jeweiligen Blattextrakts).

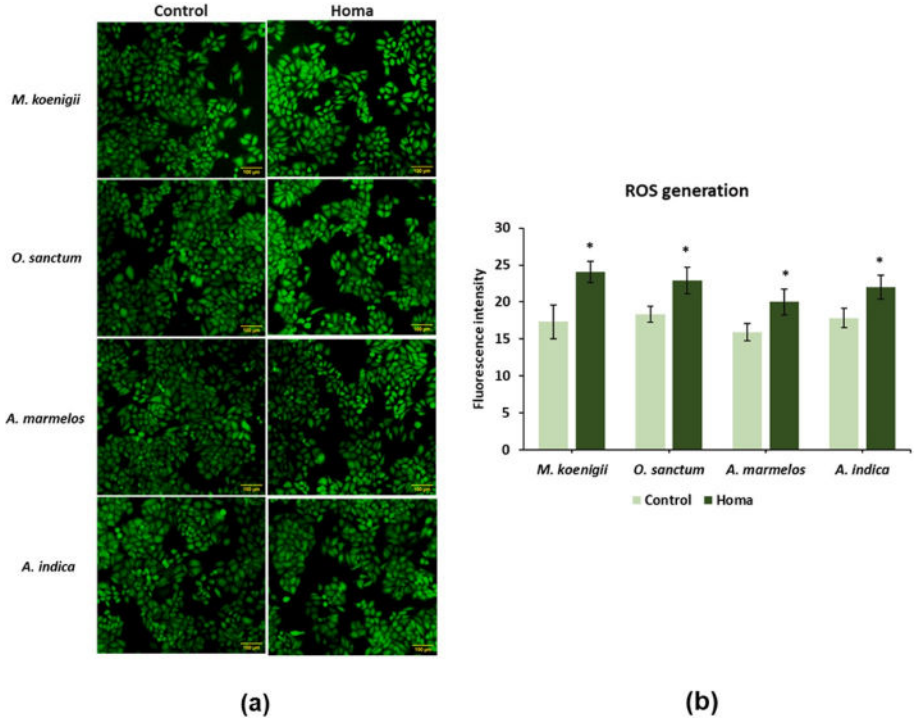


Abb. 4. HeLa-Zellen, die sowohl in der Kontroll- als auch in der Homa-Umgebung mit *M. koenigii*, *O. sanctum*, *A. marmelos* und *A. indica* in einer Konzentration von 60 µg/ml behandelt wurden, zeigten unter dem Fluoreszenzmikroskop eine verstärkte ROS-Bildung. (a) ROS-Produktion in HeLa-Zellen mit verschiedenen Blattextrakten: *M. koenigii*, *O. sanctum*, *A. marmelos* und
A. indica. (b) ROS-Spiegel in HeLa-Zellen als Prozentsatz der DCFDA-Fluoreszenz. Die Daten stellen den Mittelwert ± SEM aus drei unabhängigen Experimenten dar. (statistische Signifikanz, *p < 0,05).

Metastasierung von Krebszellen [40]. Ein Überschuss an ROS kann in Krebszellen oxidativen Stress auslösen, was möglicherweise zum Zelltod führt [41]. Die vorliegende Studie zeigt, dass die Behandlung mit Pflanzenproben aus dem Homa-Bioanbau zu einem signifikanten Anstieg der ROS-Produktion in Gebärmutterhalskrebszellen führt (Abb. 4). Im Gegensatz zu normalen Zellen verfügen Krebszellen über ein unzureichendes Antioxidationssystem, das notwendig ist, um einen Überschuss an ROS abzubauen und damit verbundene Zellschäden zu verhindern [41]. In dieser Studie wurde außerdem festgestellt, dass Antioxidantien wie *SOD1* und *CAT* in den mit Homa behandelten Gruppen im Vergleich zu den unbehandelten Gruppen herunterreguliert waren, insbesondere bei
M. koenigii, *O. sanctum* und *A. marmelos.*

In dieser Studie wurde zudem der Einfluss von Homa-Umgebungspflanzen auf die Migrationsfähigkeit von Gebärmutterhalskrebszellen mithilfe des „Wund-

Assays"

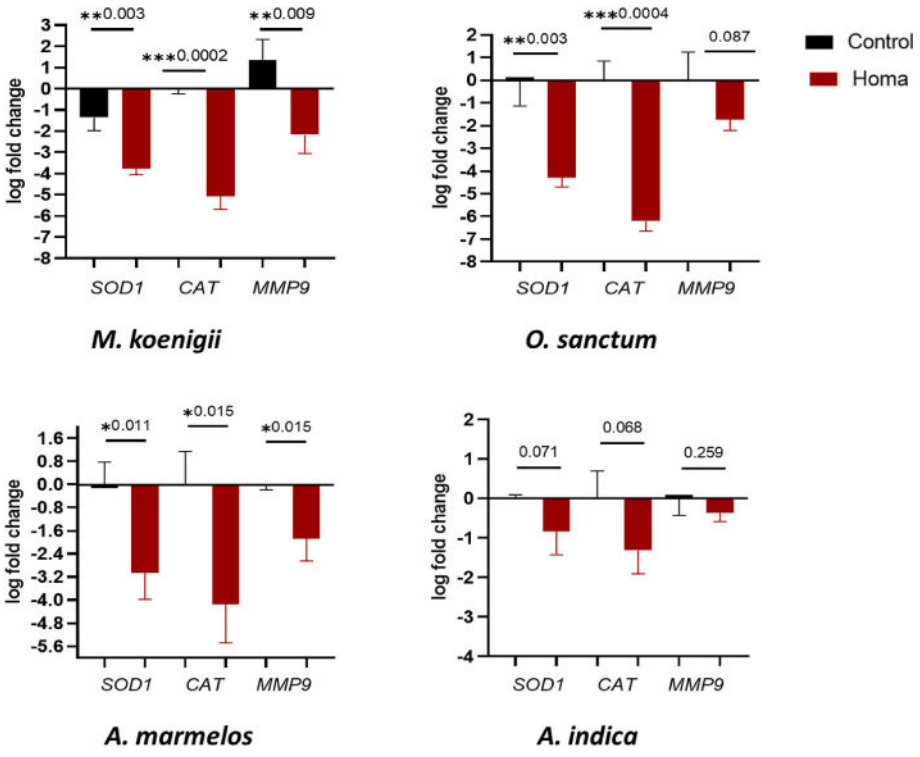


Abb. 5. Echtzeit-PCR-Daten, die veränderte Expressionsniveaus der *SOD1*-, *CAT*- und MMP9-Gene in der Homa-behandelten Gruppe zeigen. (statistische Signifikanz, *p < 0,05, **p < 0,01,
***p < 0,001).

Heilung“ [42]. Die Ergebnisse zeigten, dass Pflanzen aus dem Homa-Bioanbau die Migrationsfähigkeit von Gebärmutterhalskrebszellen deutlich hemmten. Den Beobachtungen zufolge wiesen *M. koenigii* und *O. sanctum* aus der Homa-Umgebung eine maximale Scratch-Fläche von 92,83 % bzw. 90,91 % auf, was ihre Fähigkeit belegt, die Migration von Gebärmutterhalskrebszellen zu blockieren (Abb. 3b). Darüber hinaus weisen *M. koenigii* und *O. sanctum* in einer kontrollierten Umgebung eine höhere Scratch-Fläche auf als *A. marmelos* und
A. indica. Die signifikant herunterregulierte Expression von *MMP9* in den Blattextrakten von *M. koenigii* aus Homa-Anbau untermauerte ebenfalls dessen verstärkte Anti-Migrationsfähigkeit.

Unsere Beobachtungen deuteten darauf hin, dass Pflanzen aus dem Homa-Ökologielandbau bei der Verringerung der Zellproliferation, der Reduzierung der Zellviabilität, der Erhöhung der ROS-Spiegel und der Verhinderung der Zellmigration in Gebärmutterhalskrebszellen wirksamer sein könnten als solche aus Nicht-Homa-Umgebungen. Weitere Studien könnten erforderlich sein, um die Wirksamkeit der therapeutischen Eigenschaften dieser Pflanzen in der Homa-Umgebung zu untermauern.

Die derzeit verfügbaren Medikamente und Behandlungsoptionen heilen die Krankheit nicht vollständig und können die negativen Auswirkungen der Erkrankung nicht rückgängig machen [43,45]. Zudem sind mit den derzeitigen Krebstherapien sozioökonomische Kosten verbunden, die durch langwierige Behandlungen entstehen, und die Krankenhauskosten steigen von Jahr zu Jahr [44]. Dies erfordert die Entwicklung sicherer alternativer Arzneimittel, die bereits seit der Antike genutzt werden. Die Homa-Anbaumethode ist kostengünstig, und ihre Ergebnisse bei der Krebshemmung könnten einen ressourcenschonenden, chemiefreien Weg zur Verbesserung der biomedizinischen Anwendung von Pflanzenextrakten eröffnen.

5. Einschränkungen

Da es sich um eine Vorstudie handelte, wurden die spezifischen bioaktiven Verbindungen in den Extrakten nicht untersucht. Die Studie bewertet auch nicht das Antikrebs-Potenzial und die kombinatorischen Effekte in In-vivo-Modellen sowie die Langzeittoxizität, um schlüssige Ergebnisse zu ziehen.

6. Schlussfolgerung

Der Homa-Anbau hat eine Verbesserung der krebshemmenden , insbesondere bei *M. koenigii* und *A. marmelos*. Die Auswirkungen anderer Umweltfaktoren wie Bodennährstoffe, Schadstoffe oder mikroklimatische Bedingungen sind jedoch noch nicht untersucht worden. Zukünftige Forschungsarbeiten könnten darauf abzielen, spezifische bioaktive Verbindungen zu identifizieren und zu quantifizieren sowie weitere Krebsmodelle zur Validierung der krebshemmenden Wirkung einzubeziehen.

Datenerklärung

Die Daten, die die Ergebnisse dieser Studie stützen, sind im Artikel und in den ergänzenden Materialien zugänglich.

Beiträge der Autoren

PS: Konzeption, formale Analyse und Untersuchung, Methodik, Verfassen des Originalentwurfs. SM: Konzeption, Methodik, Überprüfung und Bearbeitung des Textes. OM: Methodik, Überprüfung und Bearbeitung des Textes. AK: Formale Analyse und Untersuchung, Überprüfung und Bearbeitung des Textes. UB: Formale Analyse und Untersuchung, Verfassen des Originalentwurfs. MB: Konzeption, Einwerbung von Fördermitteln, Bereitstellung von Ressourcen, Supervision, Überprüfung und Bearbeitung des Textes.

Erklärung zur generativen KI im wissenschaftlichen Schreiben

Die Autoren erklären, dass bei diesem Artikel keine generative KI oder KI-gestützte Technologien zum Einsatz kamen.

Finanzierungsquellen

Diese Forschungsarbeit wurde unterstützt durch das DBT-BUILDER-Programm (BT/INF/22/SP47623/2022), Neu-Delhi; dem Forschungs- und Entwicklungsprogramm (F&E) (80/2021/1543/70-4-2021-4(28)/2021) sowie dem Wissenschafts- und Ingenieursforschungsrat (SERB) des Ministeriums für Wissenschaft und Technologie (DST) der indischen Regierung (SPG/2021/003545).

Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass ihnen keine konkurrierenden finanziellen Interessen oder persönlichen Beziehungen bekannt sind, die den Anschein erwecken könnten, die in diesem Artikel beschriebenen Arbeiten beeinflusst zu haben.

Danksagungen

PS (UGC; Aktenzeichen 211610006888) und OM (UGC; Aktenzeichen 211610013907) danken für das Senior Research Fellowship der University Grant Commission. SM (CSIR; Aktenzeichen 09/0107(13395)/ 2022-EMR-I) dankt für die Senior Research Fellowships des Council of Scientific & Industrial Research. Der von UGC-SAP und DST-FIST-PURSE bereitgestellten Ausstattung der Abteilung wird ebenfalls gebührend gedankt.

Anhang A. Ergänzende Daten

Ergänzende Daten zu diesem Artikel sind online unter https://doi.org/10.1016/j.jaim.2025.101316 zu finden.

Literatur

[1] Mapeka T, Sandasi M, Ncube E, Viljoen A, Van Vuuren S. Verbesserung der antimikrobiellen Wirksamkeit gängiger Kräuter und Gewürze durch einen optimierten polyherbalen Ansatz. South Afr J Bot 2024;164:91–9. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.11.030.

[2] Trifunovic-Momcilov M, Krstic-Milosevic D, Trifunovic S, Ciric A, Glamoclija J, Jevremovic S, et al. ANTIMIKROBIELLE AKTIVITÄT, ANTIOXIDATIVES POTENZIAL UND GESAMTPHENOLGEHALT VON TRANSGENEM ATCKX1 CENTAURY (Centaurium erythraea Rafn.), die in vitro gezüchtet wurden. Environ Eng Manag J 2019;18: 2063–72. https://doi.org/10.30638/eemj.2019.196.

[3] Theodoridis S, Drakou EG, Hickler T, Thines M, Nogues-Bravo D. Bewertung natürlicher Heilmittelressourcen und ihrer Exposition gegenüber dem globalen Wandel. Lancet Planet Health 2023;7:e155–63. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00317-5.

[4] Zargoosh Z, Ghavam M, Bacchetta G, Tavili A. Auswirkungen ökologischer Faktoren auf das Antioxidationspotenzial und den Gesamtphenolgehalt von Scrophularia striata Boiss. Sci Rep 2019;9:16021. https://doi.org/10.1038/s41598-019-52605-8.

[5] Husen A. Pflanzen und ihre Reaktion auf Umweltverschmutzung: Schadenserkennung, Anpassung, Toleranz, physiologische und molekulare Reaktionen. Amsterdam, Oxford, Cambridge, Mass.: Elsevier; 2023.

[6] Shentu J, Fang Y, Wang Y, Cui Y, Zhu M. Bioverfügbarkeit und zuverlässige Bewertung des Gesundheitsrisikos durch Schwermetalle an typischen stillgelegten Industriestandorten im Südosten Chinas. Ecotoxicol Environ Saf 2023;256:114870. https://doi.org/ 10.1016/j.ecoenv.2023.114870.

[7] Morgera E, Tsioumani E. Gestern, heute und morgen: Ein neuer Blick auf das Übereinkommen über die biologische Vielfalt. Yearb Int Environ Law 2010;21:3–40. https://doi.org/10.1093/yiel/yvr003 .

[8] Bhatia S, Rohilla A, Kaushal S. Ein Überblick über Homa-Landwirtschaft – ein vedischer Ansatz für die moderne Landwirtschaft. IJAAST 2022;9:14–25. https://doi.org/10.47856/ijaast.2022. v09i05.003.

[9] Berk U. Der Einfluss des Homa-Ökologielandbaus auf die Eindämmung von Boden-, Wasser- und anderen Umweltkrisen. Int J Power Eng 2020;6:56–67. https://doi.org/10.18811/ ijpen.v6i01.07.

[10] S KC, Srivastava S, Rashmi I, R TK, Rosin KG, Kumar S. Homa-Landwirtschaft – Wissenschaft hinter Konzepten und Methoden. 2016.

[11] Gururani MA, Venkatesh J, Tran LSP. Regulation der Photosynthese während abiotisch stressinduzierter Photoinhibition. Mol Plant 2015;8:1304–20. https://doi.org/ 10.1016/j.molp.2015.05.005.

[12] Singh H, Agrawal SB, Agrawal M, Berk U. Vergleichende Bewertung der dynamischen Photosyntheseleistung von Pflanzen anhand von Parametern der Chlorophyllfluoreszenz innerhalb und außerhalb der Agnihotra-Atmosphäre. Int J Power Eng 2023;9: 333–42. https://doi.org/10.18811/ijpen.v9i04.05.

[13] Dineshkumar B, Mitra A, Mahadevappa M. Antidiabetische und hypolipidämische Wirkungen von Mahanimbin (Carbazolalkaloid) aus Blättern von Murraya koenigii (Rutaceae), 2; 2011. https://doi.org/10.5138/ijpm.2010.0975.0185.02004.

[14] Muthumani P, Venkatraman S, Ramseshu KV, Meera R, Devi P, Kameswari B, et al. Pharmakologische Untersuchungen zur krebshemmenden und entzündungshemmenden Wirkung von Murraya koenigii (Linn) Spreng an Versuchstieren. J Pharmaceut Sci Res 2009;1: 137–41.

[15] Tembhurne S, Sakarkar D. Hypoglykämische Wirkungen des Fruchtsafts von Murraya koenigii (L) bei Alloxan-induzierten diabetischen Mäusen. Int J PharmTech Res 2009;1:1589–93.

[16] Khan N, Xia K, Perveen N. Phytochemische Analyse sowie Bestimmung der antibakteriellen und antioxidativen Aktivität von Ocimum sanctum. Pharm & Pharmacol Int J 2018;6. https://doi.org/10.15406/ppij.2018.06.00223.

[17] Luke AM, Patnaik R, Kuriadom ST, Jaber M, Mathew S. Eine In-vitro-Studie zu Ocimum sanctum als Chemotherapeutikum bei einer Mundkrebs-Zelllinie. Saudi J Biol Sci 2021;28:887–90. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.030.

[18] Malairaman U, Mehta V, Sharma A, Kailkhura P. Antioxidative, entzündungshemmende und antidiabetische Wirkung eines hydroalkoholischen Extrakts aus Ocimum sanctum: eine In-vitro- und In-silico-Studie. Asian J Pharmaceut Clin Res 2016;9:44. https://doi.org/10.22159/ajpcr.2016.v9i5.12713

[19] Manaharan T, Thirugnanasampandan R, Jayakumar R, Kanthimathi MS, Ramya G, Ramnath MG. Gereinigtes ätherisches Öl aus Ocimum sanctum Linn. löst den Apoptose-Mechanismus in menschlichen Brustkrebszellen aus. Pharmacogn Mag 2016;12: S327–31. https://doi.org/10.4103/0973-1296.185738

[20] Ahmad W, Amir M, Ahmad A, Ali A, Ali A, Wahab S, et al. Phytochemische Analyse, Zytotoxizität sowie in-vitro-Antioxidations- und Antidiabetika-Aktivitäten des Aegle marmelos-Blattextrakts. Plants 2021;10:2573. https://doi.org/10.3390/plants10122573.

[21] Monika S, Thirumal M, Kumar P. Phytochemische und biologische Übersicht über *Aegle marmelos* Linn. Future Sci OA 2023;9. https://doi.org/10.2144/fsoa-2022-0068. FSO849.

[22] Rahman S, Quader M, Khan I. Prävention von Magengeschwüren durch wässrigen Extrakt aus Aegle-Marmelos-Blättern bei Ratten. IMC J Med Sci 2018;12:11. https://doi.org/10.3329/ imcjms.v12i1.35171.

[23] Azhagu M. Phytochemische Analyse und krebshemmende Wirkung eines ethanolischen Extrakts aus Azadirachta indica gegen die menschliche Lungenkrebszelllinie A549. J Biomed Res Environ Sci 2021;2:280–5. https://doi.org/10.37871/jbres1225.

[24] Biney E, Nkoom M, Darkwah W, Puplampu J. Hochleistungsflüssigkeitschromatographie-Analyse und antioxidative Wirkungen von Extrakten aus Azadirachta indica (Neem)-Blättern. Phcog Res 2020;12:29. https://doi.org/10.4103/pr.pr_14_19.

[25] Deshpande PK. Phytochemische Analyse und Bewertung der antimalariellen Aktivität von Azadirachta indica. Pharm Innov 2014;2(3):12–6.

[26] Ezeigwe O, Ezeonu F, Ngozi N. Phytochemie und antidiabetogene Eigenschaften eines wässrigen Extrakts aus Azadirachta indica-Blättern bei Streptozotocin-induzierten diabetischen Ratten. J Phytopharmacol 2020;9:155–63. https://doi.org/10.31254/phyto.2020.9301.

[27] Hikaambo CN, Kaacha L, Mudenda S, Nyambe MN, Chabalenge B, Phiri M, et al. Phytochemische Analyse und antibakterielle Wirkung von Blattextrakten aus *Azadirachta indica* gegen *Escherichia coli*. PP, 13; 2022. S. 1–10. https://doi.org/10.4236/ S. 2022.131001.

[28] Leontopoulos S, Skenderidis P, Anatolioti V, Kokkora M, Tsilfoglou S, Petrotos K, et al. Antimykotische Wirkung von wässrigen und nichtwässrigen Extrakten aus Azadirachta indica auf Colletotrichum gloeosporioides, Botryodiplodia theobromae und Fusarium solani. Ein erster Ansatz. Int J Food Biosyst Eng 2017;6:38–50.

[29] Berk U, Johnson B. Forschungsarbeit: Agnihotra und Homa-Therapie für nachhaltiges Leben. Int J Glob Sci Res 2022;9:1804–30. https://doi.org/10.26540/ijgsr.v9.i2.2022.210.

[30] Singh H, Agrawal SB, Agrawal M, Berk U. Vergleichende Bewertung der dynamischen Photosynthese-Leistung von Pflanzen anhand von Parametern der Chlorophyllfluoreszenz innerhalb und außerhalb einer Agnihotra-Atmosphäre. Int J Power Eng 2023;9: 333–42. https://doi.org/10.18811/ijpen.v9i04.05.

[31] Sasidharan I, Menon AN. Auswirkungen von Temperatur und Lösungsmittel auf die antioxidativen Eigenschaften von Curryblättern (Murraya koenigii L.). J Food Sci Technol 2011;48:366–70. https://doi.org/10.1007/s13197-010-0134-x.

[32] Chaudhary A, Sharma S, Mittal A, Gupta S, Dua A. Phytochemische und antioxidative Profilierung von Ocimum sanctum. J Food Sci Technol 2020;57:3852–63. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04417-2.

[33] Hashim N, Abdullah S, Hassan LS, Ghazali SR, Jalil R. Eine Studie zu Neemblättern: Bestimmung der Extraktionsmethode und des Lösungsmittels. Mater Today Proc 2021;42: 217–21. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.726.

[34] Sachan A, Mishra RK, Shweta Avinashi SK, Sharad P, Masood S, et al. Synthese von Al2O3-verstärkten SrO–SiO2–K2O-Gläsern mit verbesserten optischen und biologischen Eigenschaften für biomedizinische Anwendungen. Sci Rep 2025;15:36607. https://doi.org/ 10.1038/s41598-025-20343-9.

[35] Parveen S, Masood S, Kumar S, Banerjee M. Phytonanomedizin: ein therapeutischer Ansatz für Gebärmutterhalskrebs. OpenNano 2023;13:100178. https://doi.org/ 10.1016/j.onano.2023.100178.

[36] Kumar S, Parveen S, Swaroop S, Banerjee M. Durch Zigarettenrauch induzierte, TNF-α- und MMP-vermittelte Schleimüberproduktion: eine In-vitro-Studie. Toxicol Vitro 2023; 92:105654. https://doi.org/10.1016/j.tiv.2023.105654.

[37] Masood S, Kushwah AS, Srivastava K, Banerjee M. Zusammenhang der CDH1-Genvariante C > A (rs16260) mit der Expression und den Behandlungsergebnissen bei Gebärmutterhalskrebspatientinnen, die eine Radiochemotherapie erhalten. Gene Reports 2025;41:102344. https://doi.org/10.1016/j.genrep.2025.102344.

[38] Samanta SK, Kandimalla R, Gogoi B, Dutta KN, Choudhury P, Deb PK, et al. Phytochemisches Profil und krebshemmende Wirkung von Murraya koenigii und seinem primären Wirkstoff Mahanin. Pharmacol Res 2018;129:227–36. https://doi.org/10.1016/j.phrs.2017.11.024 .

[39] Manandhar B, Paudel KR, Sharma B, Karki R. Phytochemisches Profil und pharmakologische Aktivität von Aegle marmelos Linn. J Integr Med 2018;16:153–63. https://doi.org/10.1016/j.joim.2018.04.007.

[40] Liou G-Y, Storz P. Reaktive Sauerstoffspezies bei Krebs. Free Radic Res 2010;44: 479–96. https://doi.org/10.3109/10715761003667554.

[41] Qian Q, Chen W, Cao Y, Cao Q, Cui Y, Li Y, et al. Bekämpfung reaktiver Sauerstoffspezies bei Krebserkrankungen durch chinesische Kräutermedizin. Oxid Med Cell Longev 2019;2019:1–23. https://doi.org/10.1155/2019/9240426.

[42] Kim D, Xing T, Yang Z, Dudek R, Lu Q, Chen Y-H. Epithel-Mesenchym-Übergang bei der Embryonalentwicklung, Gewebereparatur und bei Krebs: ein umfassender Überblick. JCM 2017;7:1. https://doi.org/10.3390/jcm7010001.

[43] Kushwah AS, Masood S, Sharad P, Nema R, Banerjee M. Jüngste Fortschritte in der porösen Silizium-basierten Technologie für biomedizinische Anwendungen. Arzneimittelabgabe und

Biomedizinische Anwendungen von Nanotransportern auf Basis porösen Siliziums. Elsevier; 2025.
S. 399–426. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-24802-3.00012-3.

[44] Masood S, Kushwah AS, Yadav A, Singh P, Srivastava K, Banerjee M. Eine Studie zu soziodemografisch bedingtem Wissen und Bewusstsein für Gebärmutterhalskrebs bei Frauen aus Uttar Pradesh, Indien. Clinical Epidemiol Global Health 2024;30: 101825. https://doi.org/10.1016/j.cegh.2024.101825.

[45] Masood S, Sharad P, Kushwah AS, Masood O, Banerjee M. Wechselwirkungen zwischen microRNAs und HPV-Onkogenen, ihr Potenzial als Biomarker und ihr therapeutischer Nutzen bei Gebärmutterhalskrebs. Biomark Med 2025:1–13.