Sebastian Tolle (Autor)

Analytische und toxikologische Untersuchungen von Früchten von Morinda citrifolia

https://cuvillier.de/de/shop/publications/61

Copyright:
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: https://cuvillier.de

1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Morinda citrifolia, auf Hawai'i und im europäischen Raum auch unter dem Namen Noni bekannt, ist eine seit mehr als 2000 Jahren im polynesischen und indonesischen Kulturkreis genutzte Heilpflanze, welche dort eine Volksmedizin darstellt *(1)*. Dabei wurden traditionell alle Teile der Pflanze, wie Blätter, Wurzeln, Blüten und Früchte gegen vielfältige Beschwerden eingesetzt *(2)*. Seit 1996 dürfen Produkte aus der Pflanze *M. citrifolia* auf dem US-amerikanischen Markt sowie in Kanada, Japan, Australien, Mexiko, Norwegen und Hongkong angeboten werden. Im Jahr 2003 wurde der Saft der Früchte in der EU als neuartiges Lebensmittel zur Verwendung in pasteurisierten Fruchtsaftgetränken zugelassen *(3)*. Seit August 2008 sind die getrockneten und gerösteten Blätter zur Zubereitung von teeähnlichen Getränken und seit April 2010 zusätzlich Fruchtsaftkonzentrat und Fruchtpüree in der EU zugelassen *(4, 5)*.

Der Saft stellt jedoch das am häufigsten konsumierte Produkt aus *M. citrifolia* in der EU dar. Obwohl die Preise für einen normalen Fruchtsaft ungewöhnlich hoch sind, sind nicht wenige Verbraucher bereit diese zu bezahlen. Dies könnte daran liegen, dass Noni-Produkte oft mit positiven gesundheitlichen Effekten, wie heilungsfördernden Wirkungen bei Krebs-, Herz- und Kreislauferkrankungen sowie bei Infektionen, Allergien und anderen Defiziten des Immunsystems, beworben werden *(6, 7)*. Obwohl einige Untersuchungen bezüglich positiver Eigenschaften von Noni existieren, entbehrt das Gros dieser postulierten Wirkungen jedoch bisher jeder wissenschaftlichen Grundlage.

Über Inhaltsstoffe der Pflanze *M. citrifolia*, insbesondere der Früchte, existieren bis dato zahlreiche Publikationen. Jedoch ist wenig über die qualitative und quantitative Zusammensetzung der aus ihnen gewonnenen Säfte bekannt. Ein Ziel dieser Arbeit ist es deshalb, eine Übersicht über die flüchtigen und nichtflüchtigen Verbindungen in fermentierten und frischen Säften zu geben. Für anschließende quantitative Analysen ist die Isolierung und Strukturaufklärung relevanter Inhaltsstoffe nötig, da Standardsubstanzen in den meisten Fällen nicht kommerziell verfügbar sind. Die Isolierung von Verbindungen soll zunächst von verschiedenen Fruchtsaft-Extrakten ausgehen. Eine Anreicherung erfolgt mittels Gegenstromverteilungschromatographie und die weitere Aufreinigung zur Gewinnung von Reinsubstanzen mittels präparativer HPLC bzw. Größenausschlusschromatographie. Die Strukturaufklärung der isolierten Substanzen wird mit 1D- und 2D-NMR-Spektroskopie und hochauflösender Massenspektrometrie durchgeführt. Darüber hinaus sollen diese Unter-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

suchungen auf die anderen Bestandteile der Frucht, wie Pulpe und Steine, ausgedehnt werden, da hierüber bis zu diesem Zeitpunkt keine Daten verfügbar sind.

Zu den beschriebenen positiven Wirkungen von Fruchtsäften von *M. citrifolia* zählen ihre antioxidativen Eigenschaften. Das antioxidative Potential sowie der mit diesem in Zusammenhang stehende Gesamtphenolgehalt der Säfte sowie die daraus hergestellten Extrakte sollen aufgrund dessen näher untersucht werden.

Es existieren jedoch auch negative Schlagzeilen im Zusammenhang mit Noni. So sind mehrere Fälle, bei denen nach dem Verzehr von Noni-Produkten Leberschädigungen aufgetreten sind, publiziert *(8, 9)*. Nach Einschätzung des Scientific Committee on Food (SCF) besteht jedoch kein kausaler Zusammenhang zwischen Hepatotoxizität und der Einnahme von Noni-Produkten *(10)*. Um diese Fragestellung näher zu beleuchten, werden die zytotoxischen Eigenschaften von Noni-Säften und deren Extrakten mittels Brine-shrimp-Assay und Resazurin (Alamar Blue) Assay an Rattenhepatozyten in Primärkultur durchgeführt.

Die oben erwähnten hohen Preise lassen eine Verfälschung von Noni-Säften sehr lukrativ erscheinen. Deshalb sollen die gewonnenen Kenntnisse über die charakteristischen Zusammensetzungen der flüchtigen und nichtflüchtigen Bestandteile der Säfte in Ansätze zur Authentifizierung solcher Produkte münden. Dabei soll vor allem auf die zwei unterschiedlichen Herstellungsverfahren von Noni-Säften eingegangen werden. Diese werden als fermentierte oder frische Säfte auf dem Markt angeboten. Das traditionelle polynesische Verfahren führt zu fermentierten Säften und ist deutlich aufwändiger im Gegensatz zur Herstellung von frischgepresstem Saft. Da eine zuverlässige Methode zur Unterscheidung beider Noni-Saft-Produkte bis dato nicht möglich ist, sollen hier Ansätze zur eindeutigen Zuordnung beider Produkte gezeigt werden.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN

2.1 Die Pflanze *Morinda citrifolia*

2.1.1 Taxonomie und Morphologie

Morinda citrifolia L. (Noni) gehört zur Pflanzenfamilie der Rubiaceen (Rötegewächse). Der Genus Morinda umfasst weltweit etwa 80 Arten, welche ausschließlich in den tropischen Klimazonen anzutreffen sind *(11)*. Bei der Art *M. citrifolia* sind aufgrund der hohen genetischen Variabilität zahlreiche Varietäten bekannt, wobei heutzutage jedoch nur zwei Varietäten und ein Kultivar eine größere Rolle spielen. Dabei handelt es sich um die Varietäten *M. citrifolia* var. *bracteata* und var. *citrifolia* und den Kultivar *M. citrifolia* cultivar *Potteri (12, 13)*.

M. citrifolia var. *citrifolia* weist unter den hier genannten Varietäten den mit Abstand größten ökonomischen Wert sowie die weiteste Verbreitung auf. Diese Varietät ist morphologisch uneinheitlich. Sie kann sowohl kleine als auch große Früchte aufweisen. Darüber hinaus können die Blätter in ihrer Form und Größe sehr unterschiedlich sein. *M. citrifolia* var. *bracteata* stellt eine kleinfrüchtige Varietät dar, die auffällige Brakteen aufweist und an der Grenze von Indischem und Pazifischem Ozean beheimatet ist. Der Kultivar *Potteri* lässt sich aufgrund der grün-weißen Kolorierung der Blätter von den anderen Varietäten eindeutig unterscheiden *(14, 15)*. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die großfrüchtige *M. citrifolia* var. *citrifolia*, welche im Folgenden nur noch mit *M. citrifolia* bezeichnet wird.

Abb. 2-1: Wuchsformen von *M. citrifolia*. *M. citrifolia* als Baum (links), als Strauch auf Lavagestein (Mitte) und in Buschform am Pazifischen Ozean (rechts).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Da die Ursprünge von *M. citrifolia* als Heilpflanze mehr als 2000 Jahre zurückliegen, existieren vielfältige Bezeichnungen für dieses Gewächs. So ist *M. citrifolia* unter den Bezeichnungen *Indian Mulberry* (Englisch), *Mora de la India* (Spanisch), *Canary Wood* (Australien), *Noni* (Hawai'i, Marquesas), *Nono* (Tahiti, Cook Islands), *Nonu* (Samoa, Tonga) und *Kura* (Fidschi) bekannt *(11)*. Der immergrüne kleine Baum oder Strauch erreicht im ausgewachsenen Zustand eine Höhe von etwa drei bis zehn Metern (Abb. 2-1). Während die Borke des Stammes graubraun und leicht angeraut ist, sind das laterale Wurzelsystem und die innere Baumrinde gelb bis orangerot gefärbt *(7)*. Die ovalen, glänzenden, unbehaarten Blätter sind gegenüberliegend angeordnet und erreichen eine Länge von 20 bis 45 cm und eine Breite von 7 bis 25 cm. Die Blüten von *M. citrifolia* sind perfekt, weiß, röhrenförmig und es sind etwa 75 bis 90 kugelförmige Köpfchen an einem Blütenstängel, wie in Abb. 2-2 (links) gezeigt, gruppiert *(16)*.

Abb. 2-2: Früchte von *M. citrifolia*. Grüne Früchte mit Blüten (links) und aufgetaute aufgeschnittene Frucht (rechts).

Die einzelnen Blüten verbinden sich bei der Ausbildung der Frucht, so entsteht eine Fruchtoberfläche, die polygonale Segmente aufweist und in deren Zentrum sich die Nektarie einer Blüte befindet *(17)*. Die Größe der synkarpen Früchte von *M. citrifolia* variiert recht stark. Im Regelfall weisen diese eine Länge von 5 bis 10 cm und einen Durchmesser von 3 bis 4 cm auf. Es gibt jedoch auch Exemplare, die eine Länge von über 20 cm und einen entsprechend größeren Durchmesser erreichen können *(7)*.

Die unreifen Früchte von *M. citrifolia* sind dunkelgrün (Stadium 1 und 2, Abb. 2-3). Während des Reifungsprozesses verändert sich die Farbe der Früchte von grün über gelb (Stadien 3–6) zu weißlich durchscheinend (Stadium 7). Zusätzlich ändert sich die Konsistenz der Früchte, die Frucht ist anfangs sehr hart und bleibt bis zu Stadium 6 recht fest. Beim Übergang zum letzten Stadium ändert sich die Konsistenz jedoch schlagartig. Die Frucht ist nun so weich, dass sie problemlos mit der Hand zerdrückt werden kann. Die reifen Früchte besitzen einen sehr unangenehmen, käseartigen Geruch und seifenartigen Geschmack.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

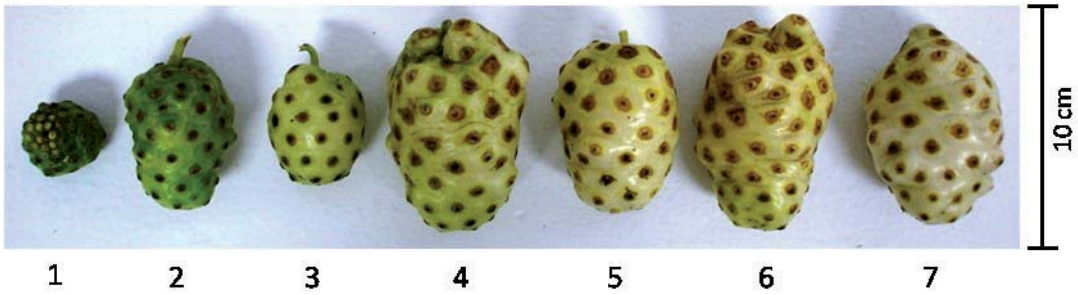

Abb. 2-3: Unterschiedliche Reifestadien der Früchte von *M. citrifolia*. Die Früchte in den Stadien 1–5 weisen eine sehr harte Konsistenz auf, Stadium 6 weist eine feste Konsistenz auf, im Reifestadium 7 ist die Frucht sehr weich.

Im Inneren der Früchte befinden sich ca. 1 cm große, bräunliche Steine. Die Früchte enthalten ungefähr 40 000 Steine pro kg Frucht *(14)*. Eine aufgetaute aufgeschnittene Frucht ist in Abb. 2-2 (rechts) gezeigt. Die Steine sind aufgrund ihrer sich im Inneren befindlichen Luftkammern befähigt, auf dem Meerwasser zu schwimmen und währenddessen für mehrere Monate keimfähig zu bleiben *(18)*.

2.1.2 Wachstumsbedingungen und Verbreitung

M. citrifolia ist das, was gemeinhin als anspruchslose Pflanze bezeichnet wird. Die Pflanze ist sehr gut an tropische und subtropische klimatische Verhältnisse angepasst, d.h. sie benötigt Jahresdurchschnittstemperaturen von 20 bis 35 °C und durchschnittliche Jahresniederschlagsmengen von 250 bis 4000 mm und wächst bis zu einer Höhe von 800 m ü. NN. Darüber hinaus toleriert *M. citrifolia* eine Vielzahl an Böden, wie saure und alkalische sowie nährstoffarme Untergründe, extreme Trockenheit und Lichtverhältnisse von 100 % Sonneneinstrahlung bis zu 80 % Schatten *(14)*. Des Weiteren kommt Noni auf erkalteten Lavaströmen und an Meeresküsten, wie in Abb. 2-1 (Mitte und rechts) gezeigt, vor.
Durch diese ausgezeichnete Adaption und die ausgeprägte Fähigkeit zur Selbstregeneration erstreckt sich die Verbreitung von *M. citrifolia* heutzutage etwa 19° geographischer Breite zu beiden Seiten des Äquators. Die indopazifische Verbreitung schließt Ostpolynesien (z.B. Hawai'i, die Pitcairn-Inseln, die Marquesas und die Cook-Inseln), Melanesien (z.B. Fidschi, Vanuata und Neu-Guinea), Westpolynesien (wie z.B. Tonga, Samoa und Rotuma), Mikronesien (z.B. Guam, Palau, die Marshall-Inseln), Australien und Südostasien ein. Des Weiteren ist Noni mittlerweile auch in Mittel- und Südamerika (z.B. Mexiko, Surinam, Panama, Costa Rica und Venezuela), auf vielen Inseln der Karibik (z.B. den Westindischen Inseln, den Bahamas, Kuba und den Bermudas) sowie Teilen von Afrika zu finden *(11, 12, 19)*. Das gegenwärtige Verbreitungsgebiet ist in Abb. 2-4 gezeigt. Zusätzlich sind in dieser Abbildung die Verbreitungsgebiete von *M. citrifolia* var. *bracteata, M. citrifolia* cultivar *Potteri* und der kleinfrüchtigen *M. citrifolia* var. *citrifolia* dargestellt.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

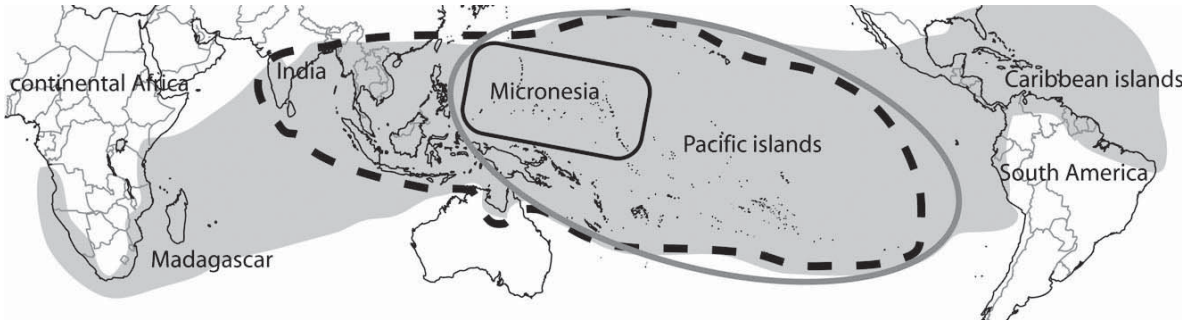

Abb. 2-4: Geographische Verbreitung von *M. citrifolia*. Die graue Fläche kennzeichnet die derzeitige Ausbreitung der großfrüchtigen *M. citrifolia* var. *citrifolia*. Die schwarz gestrichelte Linie begrenzt das Verbreitungsgebiet von *M. citrifolia* var. *bracteata*. Die graue Linie umschließt die Verbreitungszone von *M. citrifolia* cultivar *Potteri* und die schwarze Linie stellt die Ausbreitung der mikronesischen kleinfrüchtigen *M. citrifolia* var. *citrifolia* dar. Abbildung aus RAZAFIMANDIMBISON *et al.*, 2010 *(12)*.

Die Ursprünge von *M. citrifolia* werden gemeinhin in Südostasien vermutet *(11)*. Phylogenetische Untersuchungen aus dem Jahr 1994 in Neu Kaledonien zeigten, dass *M. citrifolia* zu einer Klade an endemischen Spezies des Südwestpazifiks gehört und damit der Ursprung u.U. eher dort zu suchen ist als in Südostasien *(19)*. *M. citrifolia* wurde anschließend durch Menschen oder Tiere über die Inseln des westlichen Pazifiks verteilt *(20)*. Eine große Rolle spielten dabei wohl Vögel, die die Früchte als Nahrung nutzten und so zu einer weiten Verbreitung der Pflanze beitrugen *(18)*. Sowohl WHISTLER als auch ABBOTT und SHIMAZU nehmen an, dass Noni von früheren Seefahrern, die die pazifischen Inseln kolonisiert haben, als medizinische Heilpflanze verbreitet worden ist *(1, 21)*.
Neuere Untersuchungen aus dem Jahr 2010 zeigten jedoch durch molekular-phylogenetische Analysenmethoden, dass *M. citrifolia* bereits vor der Besiedlung von mikronesischen und polynesischen Vorfahren aus Südostasien im pazifischen Raum beheimatet war und lediglich sekundär durch den Menschen bzw. Tiere verbreitet wurde. Die heutige weitläufige geographische Verbreitung von Noni ist damit auf die schwimmfähigen und extrem widerstandsfähigen Samen, die Fähigkeit zur Selbstbestäubung und das ganzjährige Wachsen von Blüten und Früchten zurückzuführen *(12)*.

2.1.3 Ethnobotanik und Vermarktung von Noni

Die Verwendung von Bestandteilen der Pflanze *M. citrifolia* hat eine mehr als 2000 jährige Tradition *(22)*. Seit ungefähr 1000 Jahren wird Noni aufgrund seiner vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten in Polynesien domestiziert und kultiviert. Genutzt wurde dabei traditionell die gesamte Pflanze. Die Wurzeln und das Holz wurden vorwiegend wegen ihrer färbenden Eigenschaften als Färbemittel für Bekleidung verwendet *(16)*. Das frische Holz zeigt eine gelbe Färbung. Während des Alterungsprozesses verändert sich die Farbe zu gelb-braun bis olivgrün. Die Färbung der Wurzeln und des Holzes wird durch das Vorhandensein von

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anthrachinonen hervorgerufen *(23, 24)*. Auf die Inhaltsstoffe in *M. citrifolia* wird unter 2.1.6 gesondert eingegangen. Der Stamm der Pflanze wurde vorwiegend als Brennholz, aber auch zur Herstellung von Geschirrutensilien, wie Tellern und Schüsseln verwendet. Die Blätter von *M. citrifolia* dienten als Nahrungsmittel. Sie wurden im jungen Stadium roh oder gegart als Gemüse auf Java und in Thailand zu Reis verzehrt. Außerdem wurde häufig Fisch in die Blätter eingewickelt und gegart *(11)*.

Die Noni-Frucht wurde ebenfalls, obwohl sie einen recht unangenehmen Geschmack und Geruch aufweist, als Nahrungsmittel verwendet. Dies galt lange Zeit als nicht gesichert, obwohl SIDNEY PARKINSON, ein Mitglied der Crew von Captain JAMES COOK auf der *Endeavour* bei COOKS erster Pazifikreise 1768–1771, schon 1773 festhielt, dass die Tahitianer Noni-Früchte als Nahrungsmittel nutzten *(25)*. Auf den meisten polynesischen Inseln waren Noni-Früchte fester Bestandteil der Ernährung. So waren die Früchte auf Raratonga, Samoa und Fidschi auf dem Speiseplan der einheimischen Bevölkerung zu finden *(26)*. Auf Hawai'i waren die Früchte jedoch kein normales Nahrungsmittel, sondern wurden nur in Zeiten von Hungersnöten konsumiert *(27)*.

Sehr wichtig ist jedoch die traditionelle Nutzung von *M. citrifolia* als Heilpflanze. Wenn die Anzahl an Indikationen für Noni in Betracht gezogen wird, kann davon ausgegangen werden, dass Noni eine der wichtigsten polynesischen Heilpflanzen ist *(20)*. In einer Umfrage im Jahr 1995 war Noni nach Aloe (*Aloe barbadensis*) auf Platz zwei der populärsten Naturheilmittel des Bundesstaates Hawai'is zu finden, vor Knoblauch (*Allium sativum*) und Ginseng (*Panax ginseng*) *(16)*. Die Nutzung von Noni als Heilpflanze betrifft alle Pflanzenteile. Dabei sind die Anwendungen sowie die Applikationsarten sehr vielfältig. So können die Wurzeln, das Holz, die Rinde, die Blätter und die Früchte äußerlich als Kompressen angewendet werden sowie intern als Aufgüsse bzw. wie es bei den Säften aus den Früchten der Fall ist, direkt oral verabreicht werden. Säfte werden oft auch durch Fermentation der Früchte hergestellt und dann verabreicht *(6)*.

Die Indikationen für die äußerlichen Anwendungen betreffen vorwiegend Wunden und Entzündungen sowie Verletzungen durch giftige Fische und Kopfschmerzen. Die Indikationen für die innerlichen Anwendungen von Noni sind relativ breit aufgefächert. Diese reichen von der Therapie von Krebs bis zur Behandlung von Wurmbefall *(16)*. Die Tab. 2-1 soll einen Überblick über einige traditionelle medizinische Anwendungen von *M. citrifolia* geben und die vielfältige Nutzung der Pflanze als Naturmedizin zeigen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Tab. 2-1: Übersicht über den ethnomedizinischen Nutzen von *M. citrifolia*.

Pflanzenteil	medizinische Verwendung	Ort	Ref.
Früchte	Behandlung von Karies	Brunei	*(28)*
	Behandlung von Harnwegserkrankungen, Unterleibs-schmerzen und Gonorrhoe	Cook-Inseln	*(22)*
	Behandlung von Geschwüren im Rachenbereich und Hämorrhoiden; orale Aufnahme gegen Depressionen, Fieber, Tuberkulose, virale Infektionen und Krämpfe	Fidschi	*(29)*
	zerkaute Frucht wird auf die Lippe aufgetragen zur Behandlung von Geschwüren	Futuna	*(30)*
	Behandlung von Tuberkulose; als Bestandteil von Kompressen zur Behandlung von Wunden, Schnitten und Frakturen; Fruchtsaft aus unreifen Früchten gegen Diabetes, Bluthochdruck, Verdauungsstörungen, Menstruationsbeschwerden; die überreifen Früchte wurden gegen Müdigkeit und Bluthochdruck eingesetzt	Hawai‘i	*(27)* *(31)* *(32)*
	Behandlung von Geschwüren an den Füßen; Behandlung von Diabetes; Saft von unreifen Früchten gegen Diabetes	Mikronesien	*(33)*
	orale Einnahme gegen Tuberkulose und Fieber	Samoa	*(34)*
	Behandlung von Steinfischwunden; gegen Schwellungen des Halses, der Ohren, der Gliedmaßen	Tahiti	*(11)* *(22)*
Blüten	Behandlung von Entzündungen im Augenbereich	Fidschi	*(32)*
	Behandlung von Augenentzündungen, Konjunktivitis und Hordeoleen; gegen Hustenbeschwerden	Samoa	*(20)*
Blätter	Abführmittel	Afrika	*(11)*
	Behandlung von Gonorrhoe	Cook-Inseln	*(22)*
	Behandlung von Wunden durch giftige Fische; Kompressen bei Entzündungen, Rheuma und Verbrennungen	Fidschi	*(32)* *(35)*
	zerkleinert und gekocht als Tonikum; oral verabreicht als Abortivum	Hawai’i	*(16)*
	Behandlung von Rheuma und Wunden; gekaut gegen entzündetes und geschwollenes Zahnfleisch	Samoa	*(34)*
Rinde und Holz	Antiseptikum	Australien	*(11)*
	orale Einnahme zur Behandlung von Diabetes	Cook-Inseln	*(22)*
	Behandlung von Blasenbeschwerden	Fidschi	*(32)*
	orale Einnahme als Abortivum und gegen Magen-beschwerden	Futuna	*(30)*
	gegen bakterielle Infektionen	Rotuma	*(36)*
	orale Einnahme gegen Diarrhoe, Magenschmerzen und Husten	Samoa	*(34)*
	gegen Unfruchtbarkeit	Tonga	*(30)*
Wurzel	die Flüssigkeit aus zerriebenen Wurzeln wird gegen die Wunden von Steinfischvergiftungen eingesetzt; äußerliche Anwendung gegen Krebsgeschwüre	Cook-Inseln	*(22)*
	zerriebene Wurzel wird zur Behandlung von Yaws eingesetzt; wässriger Extrakt gegen Insektenstiche und Entzündungen	Fidschi	*(29)*
	Behandlung von Schwellungen; Behandlung von Steinfisch- und Stachelrochenwunden; gegen Pocken	Mikronesien	*(33)*
	Behandlung von Zahnschmerzen und Gelbsucht	Samoa	*(34)*

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Mittlerweile geht der Bekanntheitsgrad von Noni weit über den polynesischen Raum hinaus. Mit der Zulassung vom 1. Juli 1996 durfte Noni-Saft in den USA, Kanada, Japan, Australien, Mexiko, Norwegen und Hong Kong zum Verkauf angeboten werden *(37)*. In der Europäischen Union ist Noni-Saft als neuartige Lebensmittelzutat in pasteurisierten Fruchtsäften nach Verordnung (EG) Nr. 258/97 seit 5. Juni 2003 zugelassen *(3)*. Dem zugrunde lag ein Gutachten des Scientific Committee on Food (SCF), welches pasteurisierten Noni-Saft als sicher einstufte und auf Grundlage des Zulassungsantrages von Tahitian Noni eine Verzehrsempfehlung von 30 mL/Tag aussprach. Diese Verzehrsempfehlung liegt laut Tahitian Noni im hohen Preis und dem einzigartigen Geschmack von Noni-Saft begründet. Das SCF konnte aber keine Hinweise auf gesundheitsfördernde Wirkungen, die über die anderer Fruchtsäfte hinausgehen, nachweisen. Folglich wurde klargestellt, dass Werbung mit gesundheitsbezogenen Aussagen zur Heilung von Krankheiten ausdrücklich zu unterlassen sei *(37)*.

Diese Zulassung bezog sich ausschließlich auf pasteurisierte Fruchtsäfte von *M. citrifolia,* wohingegen z.B. gefriergetrocknete Pulver der Früchte oder anderer Pflanzenbestandteile, wie den Blättern, keine Zulassung erhielten. Bis Juni 2009 wurden 48 Noni-Säfte nach Antrag auf Gleichstellung in der EU notifiziert. Die zugelassenen Säfte sind in einer Liste auf den Webseiten der EU nachzulesen *(38)*. In Bezug auf einen Antrag auf Zulassung getrockneter und gerösteter Blätter von *M. citrifolia* zur Herstellung von Aufgussgetränken gab die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) am 11. August 2008 bekannt, dass diese in den zu erwartenden Aufnahmemengen sicher seien *(39)*. Die Zulassung erfolgte am 15. Dezember 2008 durch die Europäische Kommission *(4)*. Im April 2009 gab die EFSA des Weiteren bekannt, dass auch Noni-Fruchtpüree sowie Noni-Fruchtkonzentrat als sicher angesehen werden *(40)*. Die Zulassung dieser Zubereitungen aus Noni-Früchten wurde am 21. April 2010 erteilt *(5)*.

Die breitangelegte Werbung und clevere Vermarktungsstrategie der Noni-Produkte als Allheilmittel gegen eine Vielzahl von Erkrankungen, obwohl nach europäischem Lebensmittelrecht nicht zulässig, ließ eine große Anzahl an Konsumenten Noni-Produkte für sich entdecken *(6)*. Gerade im Internet existiert eine Vielzahl von Anbietern, welche Behauptungen aufstellen, denen zufolge der Genuss von Noni-Saft u.a. als Heilmittel von Entzündungen, Bluthochdruck, Verdauungsstörungen, aber auch schweren Erkrankungen wie AIDS, Krebs, Depression und Diabetes geeignet sei *(16)*. Die wissenschaftlichen Nachweise dafür fehlen jedoch größtenteils.

Es existieren aber mittlerweile einige wissenschaftliche Untersuchungen zu *M. citrifolia*, bei denen positive Wirkungen von Noni nachgewiesen werden konnten. Dabei zeigten sich z.B. positive Effekte auf die Wundheilung, aber auch hypoglykämische und hepatoprotektive

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Effekte. Weitere Untersuchungen zum medizinischen Nutzen von diversen Pflanzenteilen von *M. citrifolia* sind in Tab. 2-2 angegeben.

Tab. 2-2: Untersuchungen zu *M. citrifolia*. Ausgewählte Untersuchungen zu Bestandteilen von *M. citrifolia* hinsichtlich ihres medizinischen Nutzens.

Untersuchungs-materialien	Untersuchungen/Ergebnisse	Jahr	Ref.
Fruchtsaft	Mäuse mit Lewis-Lung-Cancer zeigten eine signifikant erhöhte Überlebensdauer	1999	*(41)*
Hexan-Extrakt der Blätter	starke Aktivität gegen *Mycobacterium tuberculosis*, den Erreger der Tuberkulose *in vitro*	2002	*(42)*
Fruchtextrakt	Inhibierung der LDL-Oxidation *in vitro*	2004	*(43)*
Fruchtextrakt (lyophilisiert)	bei Krebspatienten zeigte sich keine Tumorrückbildung, aber eine messbare Schmerzlinderung	2005	*(44)*
Fruchtsaft, Blätter	Förderung der Wundheilung *in vitro* und *in vivo*	2007 2009 2010	*(45)* *(46)* *(47)*
diverse Fruchtextrakte	erhöhte Proliferationsrate von B- und T-Lymphozyten *in vitro* und *in vivo*	2010	*(48)*
Ethanolextrakt des Fruchtpürees	analgetische und antiinflammatorische Effekte an Mäusen und in Humanzellen	2010	*(49)*
Fruchtsaft	Vorbeugung von Nervenzellschädigungen nach Ischämie bei Mäusen	2010	*(50)*
fermentierter Fruchtsaft	hypoglykämische und hepatoprotektive Effekte bei Diabetes-induzierten Mäusen	2011	*(51)*

Eine beträchtliche Anzahl der positiven Effekte von Noni in Werbeaussagen werden dabei dem Alkaloid „Xeronine“ zugeschrieben. Dieses existiert angeblich als Precursor „Proxeronine“ in Noni, welches im Körper gespalten wird und vielfältige positive Effekte auf den Organismus besitzt *(52)*. Weder die Struktur von „Xeronine“ noch von „Proxeronine“ wurden in dieser Publikation angegeben. Außerdem existiert bis dato keine peer-reviewed-Veröffentlichung, die diese Ergebnisse bestätigen konnte.

Trotz der oftmals fehlenden Beweise für die angepriesenen gesundheitsfördernden Wirkungen von Noni-Produkten hat sich inzwischen ein Milliarden-Dollar-Geschäft rund um die Vermarktung von Noni-Erzeugnissen entwickelt. Internationaler Marktführer beim Vertrieb von Noni-Produkten ist die Firma Tahitian Noni International aus den USA, welche nach eigenen Angaben allein 2004 einen Umsatz von 500 Millionen US$ machte und bis 2008 einen kumulativen Umsatz von 4 Milliarden US$ erreichte. Die 1996 gegründete Firma ist laut eigenen Angaben das am viertschnellsten wachsende Unternehmen aller Zeiten *(53)*. Tahitian Noni International beantragte im Jahr 2000 auch die Zulassung von Noni-Saft als Novel Food in der Europäischen Union, die im Jahr 2003 genehmigt wurde.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

2.1.4 Kultivierung von *Morinda citrifolia* auf Hawai‘i

M. citrifolia ist in den subtropischen und tropischen Klimazonen beheimatet und benötigt für das Wachstum Jahresdurchschnittstemperaturen von 20–35 °C. Deshalb verwundert es nicht, dass kommerzielle Noni-Plantagen auf Hawai‘i, den polynesischen Inseln Tahiti, Fidschi und Samoa, in Costa Rica sowie Indonesien zu finden sind *(7)*. Im August 2008 wurde vom Autor eine Noni-Plantage auf Big Island, Hawai’i im Puna District, besucht. Die dargestellten Photographien wurden dort aufgenommen.

Für den Aufbau einer Plantage werden Noni-Pflanzen aus den Samen oder aus Stecklingen der Wurzeln oder Sprossachsen vermehrt. Die Vermehrung der Pflanze aus den Samen dauert bis zum Keimen etwa 6–12 Monate, wohingegen die vegetative Vermehrung nur zwei Monate in Anspruch nimmt. Oft werden die Setzlinge anschließend, wie in Abb. 2-5 (links) gezeigt, zum Schutz vor Austrocknung in Autoreifen gepflanzt. Eine weitere Möglichkeit ist es, die Samen einfach in Lavaspalten zu platzieren und dort sich selbst zu überlassen (Abb. 2-5 Mitte). So können auch Lavafelder relativ einfach zum Aufbau einer Plantage verwendet werden (Abb. 2-6 rechts).

Abb. 2-5: Noni-Farm auf Big Island (Hawai’i). Setzling von *M. citrifolia*, der zum Schutz vor Austrocknung in einem Autoreifen steht (links). Lavaspalte, aus der eine junge Noni-Pflanze wächst. Die Samen werden in diese Spalten eingebracht, um neue Felder anzulegen (Mitte). Im Vordergrund sind frisch gepflückte Früchte gezeigt, die zum Abtransport für die Weiterverarbeitung bereit sind (rechts).

Da Noni recht langsam wächst (30–60 cm/Jahr), werden die Früchte das erste Mal nach etwa drei Jahren nach dem Auspflanzen geerntet. Auf den Farmen werden die Pflanzen auf eine Höhe von etwa zwei Metern geschnitten, um das Pflücken der Früchte zu erleichtern. Das tropische bzw. subtropische Klima erlaubt ein ganzjähriges kontinuierliches Wachstum der Früchte.

Die besuchte Farm besitzt eine Größe von 27 ha (Abb. 2-6). Die Farm ist nicht als Monokultur angelegt, sondern durchzogen von Papaya- und Mangobäumen, Bananenstauden, Kokos-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

nusspalmen und Ananaspflanzen. Durch den Verzicht des Einsatzes von Pestiziden und besonders Fungiziden, kann es bei hohen Niederschlagsmengen zu Pilzbefall auf den Blättern kommen. Diese Erkrankung der Pflanzen wird als Black Flag Disease bezeichnet und durch *Phytophthora spec.* hervorgerufen *(54, 55)*.

Abb. 2-6: Blick über die Noni-Farm auf Big Island (Hawai'i). Älterer Teil der Noni-Farm (links) und neuerer Teil der Noni-Farm, die auf einem erkalteten Lavafeld angelegt wurde (rechts).

Die Ernte der Früchte erfolgt manuell im Zweiwochen-Rhythmus. Dabei werden ausschließlich reife Früchte mit harter Konsistenz geerntet (vgl. Abb. 2-3). Eine ausgewachsene Pflanze erzeugt etwa 10 kg Früchte/Monat. Die geerntete Menge für die gesamte Farm beläuft sich somit, abhängig von der Niederschlagsmenge, auf ungefähr 1000 kg/Monat. In Noni-Monokulturen können durch den Anbau von besonders großfrüchtigen Genotypen jährlich bis zu 80 Tonnen Früchte/ha geerntet werden. Dies ist jedoch nur durch einen hohen Düngereinsatz, optimale Standortbedingungen und eine hohe Pflanzdichte von etwa 700 Pflanzen/ha zu erreichen *(56)*.

2.1.5 Produktion von Noni-Saft

2.1.5.1 Herstellung und Mikrobiologie von fermentiertem Saft

Saft aus *M. citrifolia* kann nach zwei verschiedenen Verfahren gewonnen werden. Diese beiden Verfahren sollen hier vorgestellt werden.

Das Produktionsverfahren für die Herstellung von fermentiertem Noni-Saft stammt aus Polynesien und stellt die traditionelle Vorgehensweise zur Herstellung von fermentiertem Noni-Saft dar. Durch die internationale Vermarktung von Noni-Saft ist es heute auch in den anderen Anbaugebieten verbreitet. Hierzu werden die Früchte im reifen, aber festen Zustand geerntet und in Säcke verpackt. Die Früchte reifen sehr schnell nach und werden innerhalb kurzer Zeit sehr weich, deshalb ist die umgehende Weiterverarbeitung unabdingbar.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die Früchte werden anschließend gewaschen und an der Luft getrocknet. Für das Waschen der Früchte existieren mehrere Möglichkeiten. So können die Früchte mit einem Wasserstrahl gewaschen oder in speziellen automatisierten Waschanlagen gesäubert werden. Einige Hersteller verwenden aber auch umgerüstete Waschvorrichtungen, welche z.B. für die Reinigung von Tomaten, Ingwer oder Kartoffeln verwendet werden. Anschließend werden die Früchte in Fermentationsbehältnisse überführt. Diese sind meist aus Edelstahl, Glas oder lebensmittelechtem Kunststoff und gewähren den Ausschluss von Sauerstoff. In diesen Behältnissen lagern die Früchte zwei Monate oder länger. Während dieser Zeit trennt sich der Saft selbständig von der Pulpe. Die höchste Saftausbeute von etwa 40–50 % wird erreicht, wenn Früchte im Stadium der Vollreife zur Fermentation verwendet werden. Diese kann durch nachträgliches Auspressen der Pulpe jedoch erhöht werden. Der Saft wird schließlich aus den Fermentationsbehältnissen abgezogen, filtriert und abgefüllt *(56)*. Durch den niedrigen pH-Wert von 3,5 ist eine Pasteurisation der Säfte zur Haltbarmachung nicht zwingend notwendig, jedoch zur Einfuhr in die Europäische Union vorgeschrieben *(3)*.

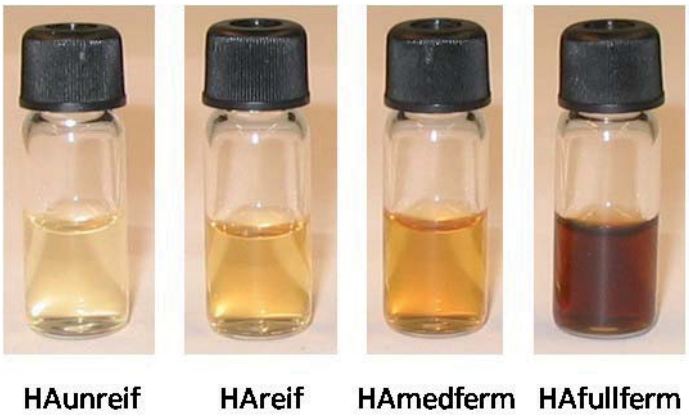

Abb. 2-7: Verschiedene Säfte von *M. citrifolia*. Saft von unreifen Früchten (HAunreif) und von reifen Früchten (HAreif) sowie zwei Wochen fermentierter Saft (HAmedferm) und vier Wochen fermentierter Saft (HAfullferm).

Während der Fermentation ändert sich die Farbe des Saftes von gelb für Saft von reifen Früchten über bernsteinfarben für Saft mit zwei Wochen Fermentationszeit zu dunkelbraun für Saft mit vier Wochen Fermentationszeit (Abb. 2-7). Darüber hinaus verändert sich der Geschmack der Säfte. Der Saft von unreifen Früchten ist deutlich heller im Gegensatz zu Saft aus reifen Früchten und besitzt eine deutliche Bitternote, die während der Fruchtreifung verschwindet. Der Saft von reifen Früchten schmeckt sehr süß. Bei der Fermentation nimmt die Süße der Säfte stark ab. Das fertige Produkt weist einen sauren Geschmack auf und eine Textur, die an Sojasauce erinnert.

Die während der Fermentation von Noni-Früchten ablaufenden mikrobiologischen Prozesse wurden von CHAN-BLANCO *et al.* 2007 in Costa Rica untersucht *(57)*. Hierbei zeigte sich, dass

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

innerhalb der ersten zwei Wochen ein exponentielles Wachstum der Schimmelpilz- und Hefepopulationen sowie der mesophilen Bakterien und Milchsäurebakterien stattfand. Die Populationen der mesophilen Bakterien sowie der Hefen und Schimmelpilze blieben innerhalb des Untersuchungszeitraums stabil. Die Anzahl der Milchsäurebakterien erreichte ihren Höhepunkt nach zwei Wochen. Diese nahmen dann stark ab und waren nach fünf Wochen nicht mehr nachweisbar (Abb. 2-8). Untersuchungen zur Fermentation von Früchten einer verwandten Morinda-Spezies (*M. coreia* HAM.) von KANTACHOTE *et al.* aus dem Jahr 2009 bestätigen diese Ergebnisse *(58)*. Es wird angenommen, dass die Abnahme der Population der Milchsäurebakterien durch die Veränderung des Substrates, durch die Bildung von Gasen und die Bildung antimikrobieller Substanzen während des Fermentationsprozesses hervorgerufen wird. Die antimikrobielle Wirkung von diversen Extrakten aus *M. citrifolia* ist hinlänglich bekannt *(31, 59, 60)*.

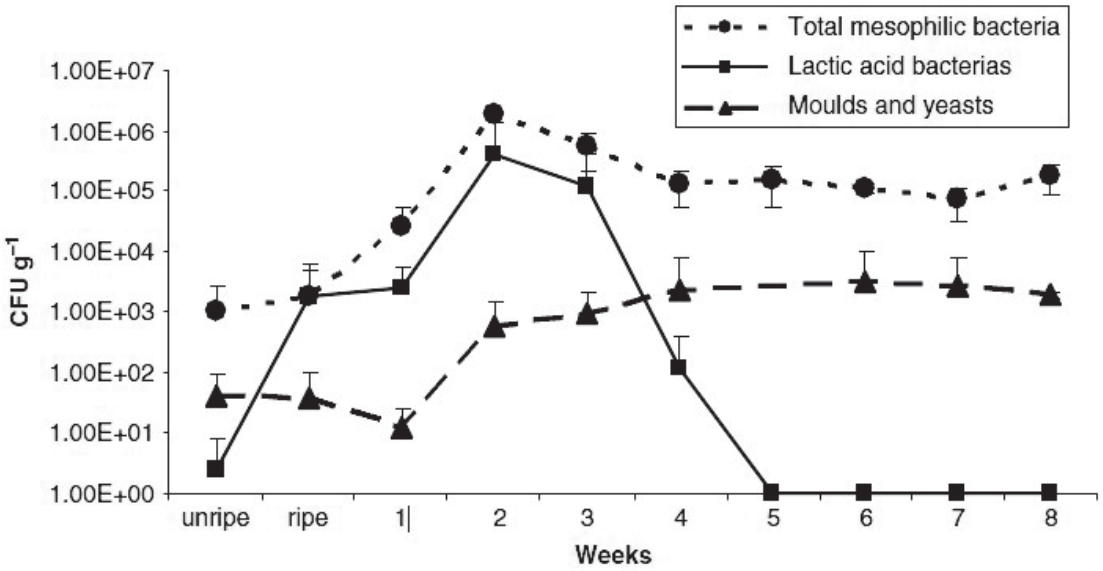

Abb. 2-8: Mikrobiologische Veränderungen während der Fermentation von Saft von *M. citrifolia*. Veränderung des Gehaltes an koloniebildenden Einheiten von mesophilen und milchsäurebildenden Bakterien sowie Schimmelpilzen und Hefen während der Fruchtreifung und des achtwöchigen Fermentationsprozesses von Noni-Saft nach CHAN-BLANCO *et al. (57)*.

Der pH-Wert des Safts sinkt während der ersten Woche der Fermentation leicht ab und bleibt danach relativ konstant bei pH 3,6. In Bezug auf die Inhaltsstoffe wurden die Konzentrationen von Ethanol, Milchsäure, Vitamin C und der phenolischen Komponenten Rutin und Scopoletin während der Fermentation untersucht. Dabei zeigte sich, dass der Ethanolgehalt in der ersten Woche auf etwa 10 g/L ansteigt und dann konstant bleibt. Die Gehalte an Milchsäure erreichen ihren höchsten Wert mit ca. 3 g/L nach drei Wochen und fallen danach etwas ab. Der Ascorbinsäure-Gehalt bleibt über den Untersuchungszeitraum

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

relativ unverändert. Der Gehalt an Rutin sinkt während der Fermentation etwas ab. Die Werte für Scopoletin dagegen erfahren im Zuge der Fermentation einen leichten Anstieg *(57)*.

2.1.5.2 Herstellung von frischem Saft

Zur Herstellung von frisch gepresstem Saft werden die reifen Früchte von *M. citrifolia* in einer Saftpresse abgepresst und anschließend in Flaschen oder Plastikbehältern abgefüllt. Bei dieser Methode beträgt die Saftausbeute bis zu 65 %. Frisch gepresster Saft besitzt einen süßeren und fruchtigeren Geschmack als fermentierter Saft. Seine Farbe ist goldgelb und er weist weniger Sedimente als fermentierter Saft auf. Für Produkte, welche auf frisch gepresstem Saft basieren, ist eine Pasteurisation unabdingbar, da andernfalls der Verderb umgehend einsetzen würde *(56)*.

2.1.6 Phytochemie von *Morinda citrifolia*

2.1.6.1 Nichtflüchtige Inhaltsstoffe

Aufgrund der mittlerweile recht populären Nutzung von *M. citrifolia* existieren eine große Anzahl biologischer und chemischer Untersuchungen, die teilweise mehr als 100 Jahre zurückgehen *(6)*. Aus der Pflanze *M. citrifolia*, d.h. aus Wurzeln, Holz, Blättern, Blüten und Früchten sind bisher ungefähr 200 Verbindungen isoliert worden. Zu den isolierten Sekundärmetaboliten aus Noni gehören vorrangig Anthrachinone und Anthrachinonglykoside, Fettsäuren und Di- bzw. Trisaccharid-Fettsäureester, Iridoide und Iridoidglykoside, Lignane und Neolignane, Flavonole und Flavonolglykoside, Cumarinderivate und Triterpenoide. Eine Auswahl an relevanten sekundären Pflanzeninhaltsstoffen, die aus den Früchten bisher isoliert worden sind, ist in Tab. 2-3 und Abb. 2-9 aufgeführt.
Die Säfte von Noni-Früchten wurden bezüglich ihrer Zusammensetzung untersucht. Noni-Säfte weisen einen Trockensubstanzgehalt von etwa 10 % auf. In der Trockensubstanz liegen hauptsächlich Ballaststoffe (34,5 %), die Monosaccharide Glucose (12 %) und Fructose (8 %), Proteine (25 %), Lipide (1,5 %) und Mineralstoffe (9 %) vor *(61)*. Untersuchungen der Polysaccharid-Fraktion von Noni zeigten, dass diese hauptsächlich aus pektischen Polysacchariden, wie Homogalacturonanen, Typ I Arabinogalactanen, Arabinan und Rhamnogalacturonanen sowie Typ II Arabinogalactan besteht. Bei der Analyse der aus der Spaltung der Polysaccharide erhaltenen Monosaccharide konnten Galacturonsäure, Galactose, Arabinose, Rhamnose, Glucose, Gluconsäure, Xylose, Mannose und Fucose nachgewiesen werden *(62, 63)*. An Mineralstoffen konnten in Noni-Saft Natrium, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Schwefel und Selen nachgewiesen werden. Relativ hohe Werte werden dabei für Kalium mit ca. 4 g/100 g Trockenmasse erreicht *(61)*. Noni-Früchte stellen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.