universität wien

DIPLOMARBEIT

„Monosaccharid- Zusammensetzungen verschiedener Polysaccharide aus Lebensmitteln in Südost-Asien“

Verfasserin

Edvina Keserovic

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Pharmazie (Mag.pharm.)

Wien, 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt:	A 449
Studienrichtung lt. Studienblatt:	Pharmazie
Betreuerin / Betreuer:	O.Univ.Prof.Mag.Dr. Helmut Viernstein

Danksagung

Ich bedanke mich bei Herrn O.Univ.Prof.Mag.Dr. Helmut Viernstein für die Bereitstellung des Themas, sowie für die rasche und unkomplizierte abschliessende Lektüre und Beurteilung.

Herrn Hon.Prof.Frank M.Unger danke ich für die Betreuung während meiner praktischen Arbeit, seine Hilfsbereitschaft und für die Korrektur der Diplomarbeit.

Frau Mozhgan möchte ich besonders herzlich für ihre Unterstützung bei der Lösung der im Diplomarbeitsalltag auftauchenden kleinen Schwierigkeiten und für nützliche Ratschläge und Hinweise danken.

Weiters möchte ich mich bei meinen lieben Freundinnen und Studienkolleginnen Claudia Köberl und Anna Poznanska für all die unvergesslichen Studienjahre, für die gemeinsamen, schwierigen und auch lustigen Lernzeiten an den Fachprüfungen bedanken. Danke für eure Freundschaft!

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern und meiner Schwester, die mich während meiner Studienzeit immer unterstützt haben. Danke, dass Ihr meine Entscheidungen und Pläne respektiert und an mich geglaubt habt!

Vom ganzen Herzen möchte ich meinem Freund, Dzemo danken, dass er immer für mich da war und auch in den stressigen Zeiten des Studiums stets Geduld und Verständnis für mich aufgebracht hat.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 4

1.1 Zielsetzung 4

1.2 Functional Food: Präbiotika und Probiotika 5

1.2.1 Funktionelle Lebensmittel 5

1.2.2 Präbiotika 5

1.2.3 Probiotika 5

1.3 Ballaststoffe 8

1.3.1 Pflanzliche Gummen: Allgemein, Vorkommen und Funktion 9

1.3.1.1 Karaya-Gummi 10

1.3.2. Algenpolysaccharide 10

1.3.3 Reservepolysaccharide 12

1.3.4 Zellwandpolysaccharide 12

2. Süsswasseralgen - Freshwater algae 14

2.1 Algen – Allgemein 14

2.1.1 Geschichte 14

2.1.2 Botanik 14

2.1.3 Algenvielfalt 15

2.1.4 Vorkommen und Verbreitung 15

2.1.5 Die verschiedenen Algenarten 16

2.1.5.1 Makroalgen 16

2.1.5.2 Mikroalgen 17

2.1.6 Inhaltsstoffe mit möglicher pharmazeutischer und medizinischer Wirkung und als hochwertige Lebensmittel 17

2.1.7 Erkenntnisse über Algeninhaltsstoffe 18

2.1.8 Algenzellwände 19

2.1.9 Potential, Anwendung und Nutzen der Algen 22
2.2 Essbare Süsswasseralgen - edible fresh water algae 23
2.2.1 Einige bedeutsame essbare Süsswasser-Mikroalgen 23
2.2.1.1 Chlorella pyrenoidosa 23
2.2.1.2 Spirulina platensis 24
2.2.1.3 Aphanizomenon flos-aquae (AFA) 25
2.2.2 Einige essbare Süsswasser-Makroalgen 26
2.2.2.1 Süsswasser- Makroalgen Südostasiens, im Nan River, Mekong River und nördlichen Thailand 26
2.2.2.2 Cladophora glomerata 27
2.2.2.3 Nostochopsis lobatus 28
2.2.2.4 Microspora spp. 29
3. Sterculia lychnophora Hance 35
3.1 Medizinische Anwendung: 37
3.2 Möglichkeit anderer Anwendungen 38
3.3 Ökologischer aktueller Status 38
3.4 Ergebnisse bereits erfolgter Untersuchungen 39
4. Material und Methoden 41
4.1 Ausgangsmaterialien 41
4.2. Gewinnung der alkalilöslichen Fraktion aus Sterculia lychnophora Hance. 41
4.2.1 Ionenaustauschchromatographie 45
4.3 Charakterisierung der Polysaccharidzusammensetzung 46
4.3.1 Hydrolyse 46
4.4 Dünnschichtchromatographie, DC (Thin-Layer Chromatography, TLC) 48
5. Ergebnisse 52
5.1 Vorversuche zur Strukturaufklärung des Polysaccharids aus den Früchten von Sterculia lychnophora 52

5.1.1. Gewinnung der alkalilöslichen Fraktion 52

5.2 Ionenaustauschchromatographie - Trennung in saures und neutrales Polysaccharid 53

5.3 Ergebnisse der Dünnschichtchromatographie 55

5.3.1 Untersuchung der Monosaccharidzusammensetzung des sauren Polysaccharids aus *Sterculia lychnophora* Hance 55

5.3.1.1 Hydrolyse des sauren Polysaccharids aus Sterculia lychnophora mit 2 M Trifluoressigsäure (TFA) - Hydrolyse unter aggressiven Bedingungen 58

5.3.1.2 Carboxyl-Reduktion des sauren Polysaccharids 58

5.4 Untersuchung der Monosaccharidzusammensetzung des Trockenextrakts aus der essbaren Süsswasseralge, Microspora spp. 60

5.4.1 Hydrolyse der Probe Microspora spp. unter aggressiven Bedingungen (2M TFA, 120°C, 2h) ... 60

5.5 Vergleich der Monosaccharidzusammensetzung von Sterculia lychnophora und Süsswasseralge Microspora spp. 63

6. Zusammenfassung und Diskussion 64

Literaturverzeichnis 67

Abbildungsverzeichnis 71

Tabellenverzeichnis 73

Lebenslauf 74

1. Einleitung

1.1 Zielsetzung

Die permanent wachsende Weltbevölkerung muss mit Nahrung versorgt werden und bei guter Gesundheit gehalten werden. Auf der Suche nach neuen Nahrungs- und Arzneiquellen richtet sich der Blick nach Südostasien, wo insbesondere die traditionelle Ernährung in Thailand als besonders gesundheitsfördernd gilt.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, beispielhaft zwei in Südostasien beheimatete Lebensmittel näher zu erläutern, die duch ihren Gehalt an präbiotischen Polysacchariden als Bestandteile von "Functional Foods" von Interesse sind. Es handelt sich dabei um die Süsswasseralge *Microspora spp.* und um den Schleimstoff aus den Früchten des tropischen Baumes *Sterculia lychnophora* Hance. Beide Nahrungsprodukte werden seit Jahrhunderten in Thailand verzehrt und sind daher toxikologisch unbedenklich.

Das wachsende Interesse an natürlichen Lebensmitteln hat die weltweite Nachfrage nach Nutraceuticals angehoben.

In den folgenden Kapiteln wird die Bedeutung der Algen allgemein und ihre Nutzung als Nahrungsquelle diskutiert. Im Kapitel 5 wird die Gewinnung der Polysaccharid-Anteile aus Samen von Sterculia lychnophora sowie aus Microspora-Algen beschrieben. Es folgt eine Bestimmung der Monosaccharid-Zusammensetzung dieser Polysaccharide und deren Vergleich mit ähnlichen Produkten, wie sie in früheren Diplomarbeiten untersucht worden sind.

Verschiedene Arznei- und Heilpflanzen werden zunehmend als pharmazeutische Produkte oder Nahrungsmittelzusätze verwendet. Derzeit gibt es zunehmend immer mehr Nutraceuticals, die aus natürlich vorkommenden Kohlenhydraten gewonnen werden, denen eine ausgesprochene Sicherheit, Qualität, Wirksamkeit oder biologische Aktivität für den gesundheitlichen Nutzen zugesprochen und bewiesen wird.

1.2 Functional Food: Präbiotika und Probiotika

1.2.1 Funktionelle Lebensmittel

„Als Functional Food beziehungsweise funktionelle Lebensmittel im Gegensatz zu Nahrungsergänzungsmitteln, werden verarbeitete Lebensmittel genannt, die durch spezielle Inhaltsstoffe, wie Probiotika, Vitamine, Mineralstoffe oder ungesättigte Fettsäuren angereichert werden. Sie sollen so die Gesundheit verbessern und verschiedenen Krankheiten vorbeugen, wie Krebs, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes Mellitus und Osteoporose. Tatsächlich weisen diese funktionellen Lebensmittel eine immense Wachstumsrate und eine rasante Umsatzentwicklung auf dem Markt auf.” [1]

1.2.2 Präbiotika

„Unverdauliche Kohlenhydrate, die ihren Wirt günstig beeinflussen, indem sie selektiv das Wachstum, die Aktivität und Zusammensetzung der Darmflora, einer oder einer begrenzten Anzahl von Bakterienspezies im Kolon stimulieren. Sie stellen für die probiotischen Bakterien, insbesondere Bifidobacteria und Lactobacilli, eine Substratquelle für Wachstum und Stoffwechsel dar. Dies fördert und unterstützt das Gleichgewicht im intestinalen Ökosystem.” [2]

Diese natürlich präbiotisch wirkenden Oligosaccharide wie Inulin, Xylooligosaccharide oder Lactulose finden sich unter anderem in Chicoree, Knoblauch, Spargel, Zwiebel sowie in Milchprodukten.

1.2.3 Probiotika

Probiotisch heisst "für das Leben". Probiotika sind spezielle, lebende Mikroorganismen, welche die Magen-Darm-Passage überleben und daraufhin im Dickdarm ihre positive gesundheitsfördernde Wirkung erzielen. [3]

Probiotika werden einerseits zur präventiven Wirkung in funktionellen Lebensmitteln eingesetzt und andererseits zur therapeutischen Wirkung in Arzneimitteln.

Lactobacillus-Spezies	Bifidobacterium-Spezies
L. acidophilus	B. adolescentis
L. casei	B. animalis
L. gasseri	B. bifidum
L. johnsonii	B. breve
L. paracasei	
L. plantarum	
L. reuteri	
L. rhamnosus	

Tabelle 1: Probiotische Lactobacillus- und Bifidobacterium-Spezies, die zur Herstellung von Lebensmitteln eingesetzt werden [4]

Probiotischer Effekt	erwiesen	teilweise erwiesen	Fraglich
Auf die Darmfunktion			
Verkürzung der Durchfalldauer bei Darminfektionen	✘		
Hemmung unerwünschter Keime durch Konkurrenz oder Produktion antimikrobiell wirksamer Substanzen		✘	
Besiedelung der Darmschleimhaut		✘	
Regulierung der Darmmotilität bei Obstipation		✘	
Auf das Immunsystem			

Beeinflussung des Immunsystems (in vitro)	✘		
Stärkung des Immunsystems (in vivo)		✘	
Auf den Körperstoffwechsel			
Senkung der Konzentration einiger gesundheits-schädlicher STW-Produkte und krebspromovierender Enzyme	✘		
Antimutagene Wirkung Verhinderung von Krebs			✘
Senkung des Cholesterinspiegels			✘
Sonstige ernährungsphysiologische Effekte			
Verbesserung der Laktoseverdauung	✘		
Förderung der Calciumresorption		✘	
Bereitstellung bestimmter wasserlöslicher Vitamine	✘		

Tabelle 2: Gesundheitsfördernde Effekte probiotischer Lebensmittel [4]

Weitere mögliche Wirkungen:

- Risikoverringerung von Durchfallerkrankungen
- Schützende Wirkung vor dem Eindringen krankmachender Viren und Bakterien
- Unterstützung der Verdauung und Resorption von Nährstoffen

- Synthese von Vitaminen
- Positiver Effekt auf das erworbene und angeborene Immunsystem
- Positive Wirkung bei Nahrungsmittelallergien
- Verhinderung von entzündlichen Hauterkrankungen
- Krebsverhindernder und-hemmender Einfluss

1.3 Ballaststoffe

Ballaststoffe sind jene Komponenten der Nahrung, die der Verdauung und der Absorption im menschlichen Dünndarm widerstehen und im Dickdarm in unterschiedlichem Ausmass fermentiert werden.

Ballaststoffe sind unverdauliche komplexe Kohlenhydrate, und werden in lösliche (z.B. Pektin) und unlösliche Ballaststoffe (z.B. Zellulose) unterschieden. Sie spielen bei der Verdauung eine entscheidende Rolle. Unlösliche Ballaststoffe wie die in Hülsenfrüchten (Linsen, Bohnen) enthaltenen, binden viel Wasser, indem sie im Darm aufquellen und die Peristaltik stimulieren. Dadurch wird der Darmträgheit und der Verstopfung vorgebeugt. Gifte und Schadstoffe im menschlichen Organismus werden durch Ballaststoffe gebunden. Lösliche Ballaststoffe (z.B. aus Äpfeln, Haferkleie), entfernen Gallensäuren aus dem Körper und regen die Neubildung von Gallensäuren aus dem in der Nahrung enthaltenen Cholesterin an. Dadurch kann der Cholesterinspiegel vermindert und die Ablagerung von Cholesterin in den Blutgefässen verhindert werden. [5]

Physiologische Eigenschaften der Ballaststoffe:

a) Laxantien bei Obstipation
b) Erhöhung des pH-Werts im Magen
c) Erzeugung eines weichen Stuhls
d) Sättigungsgefühl bei Adipositas
e) Verzögerung der Glucose-Resorption bei Diabetes
f) Senkung des Cholesterinspiegels durch Ausscheidung von Gallensäuren

- Die größte Bedeutung haben die Hemicellulosen, Zellulose, Pektine, Lignine, Pflanzengummis, Algenpolysaccharide und andere Polysaccharide wie resistente Stärke.

Polysaccharide	**Monomere Bausteine**	**Vorkommen**
Stärke (verdaulich)	Glucose	Getreide,Kartoffeln
Ballaststoffe (unverdaulich)		
-Zellulose	Glucose	Pflanzenzellwände
-Hemizellulosen	Arabinose, Xylose, Glucose, Mannose	Pflanzenzellwände
-Pektine	Galacturonsäure,Rhamnose, Galactose	Pflanzenzellwände
-Gummis	Arabinose, Xylose, Uronsäuren, Galactose	Pflanzenexsudate
-Schleimstoffe	Arabinose, Rhamnose, Uronsäuren, Galactose	Algen
-Fructane (Inulin)		Zichorie

Tabelle 3: Verdaulichkeit, Bausteine und Hauptquellen der Polysaccharide [6]

1.3.1 Pflanzliche Gummen: Allgemein, Vorkommen und Funktion

„Pflanzengummen (syn. Gummenpolysaccharide) sind Exsudate von Holzpflanzen, die in der Regel nach einer mechanischen Verletzung aus Pflanzen austreten und an der Luft zu einer festen, glasigen Masse erstarren. Gummen ergeben mit Wasser mehr oder weniger viskose, häufig klebrige Lösungen bzw. quellen auf, ohne jedoch geordnete Gelstrukturen auszubilden.” [7]

Pflanzliche Gummen sind in den Samen der Pflanzen vorhanden und dienen zur Energieversorgung der jungen Pflanze, ähnlich wie Stärke. In der Nahrungsmittelindustrie werden sie als Stabilisatoren, Geliermittel und Verdickungsmittel eingesetzt, wie zum Beispiel: Agar, Alginat, Dammar, Gellan, Guakernmehl, Gummi arabicum, Karaya Gummi, Mastix, Traganth (E413), Xanthan (E415). Es besteht keine genaue Einteilung der *Gummen*, denn sie

gehören zu den Reservepolysacchariden wie auch zu den Zellwandbestandteilen. Gummen zählen zu den Ballaststoffen.

1.3.1.1 Karaya-Gummi

Karaya-Gummi, (Indischer Traganth, Sterculia-Gummi, E 416) ist ein Pflanzengummi, das aus einem sauren Polysaccharid, enthaltend D-Galactose, L-Rhamnose, D-Galacturonsäure, D-Glucuronsäure und estergebundene Essigsäure besteht.

Herkunft: Karaya-Gummi wird vorwiegend als eingetrocknetes Schleimsekret aus verschiedenen Sterculia-Arten (Malvaceae, früher Sterculiaceae) in Zentralindien gewonnen.

Verwendung: Wegen des hohen Quellvermögens wird Karaya-Gummi in Nahrungsmitteln (Eierlikör, Suppen, Kaugummi) und Medikamenten als Gelier-und Verdickungsmittel eingesetzt. In der Lebensmitteltechnologie ist es in der EU als Lebensmittelzusatzstoff (E416) zugelassen. Es dient auch als Zusatz zum Klebstoff für Zahnprothesen, zur Kolostomiebeutelherstellung und in der Medizin bei Obstipation als Abführmittel in Arzneimitteln. Karaya-Gummi ist grundsätzlich unverdaulich und wird durch Bakterien kaum abgebaut. [8]

1.3.2. Algenpolysaccharide

Neben den Zellwandbestandteilen wie Zellulose und Pektine, enthalten Algen weitere Strukturpolysaccharide, zu denen Agar-Agar und Alginsäure gehören. Agarose und Carrageenane sind als wasserbindende Kohlenhydrate in den Algen zu finden. [9]

Manche pflanzliche Gumme und Algenpolysaccharide sind hochviskos, bilden Gele und haben die Fähigkeit, Schadstoffe im Darm zu binden.

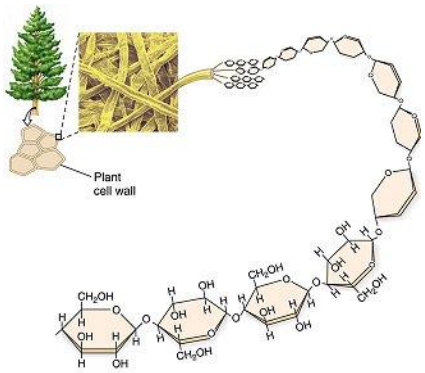
Lösliche Ballaststoffe und Quellstoffe	Unlösliche Ballaststoffe (Füllstoffe)
Pektin	Zellulose
Algengele (Agar-Agar, Alginat, Carrageen)	Hemizellulose
Pflanzengummi (Gummi arabicum, Karaya)	Lignin
Samenschleime (Guar, Johannisbrotkernmehl)	
Zellulosederivate (Methylzellulose)	

Tabelle 4: Beispiele von löslichen Ballaststoffen und Quellstoffen, unlöslichen Ballaststoffen und Füllstoffen [10]

Vorkommen und Funktion der Polysaccharide / Hydrokolloide

Der verbreitete Einsatz der Polysaccharide in der Lebensmittelindustrie, für medizinische Zwecke (Arzneimittel, Medizinprodukte) und in der pharmazeutischen Technologie basiert auf typischen physikalisch-chemischen Eigenschaften dieser Hydrokolloide, wie Wasserlöslichkeit, Quellvermögen, Viskositätserhöhung, Gelbildungsvermögen und hydrolytische Abbaubarkeit (Verdaulichkeit und Fermentierbarkeit). [11]

Verdauliche Kohlenhydrate werden durch menschliche Enzyme abgebaut und liefern unterschiedlich rasch Energie. Die unverdaulichen Ballaststoffe leisten als bioaktive Substanzen einen Anteil zu Erhaltung der Gesundheit, des Wohlbefindens und üben vielfältige positive Einflüsse auf den Magen-Darm-Trakt und den Stoffwechsel aus.



1.3.3 Reservepolysaccharide

Stärke als weitverbreitetes Reservepolysaccharid, zusammengesetzt aus Amylose und Amylopektin, die in den Pflanzen gespeichert vorliegen, ist als Energiequelle für den Menschen von sehr grosser Bedeutung. Bei den Algen sind es auch Stärke und Florideenstärke (Xylane), die als Reservepolysaccharide vorkommen. [12] Die Kohlenhydrate als Zellbestandteile und Reservestoffe (meist saure Polysaccharide) der Algen haben strukturbildende und zum Selbstschutz nützliche Funktionen.

Höhere Pflanzen	**Algen**
Fructane	Fructane
Galactane	Alfa-glucane (Stärke)
Galactomannane	Beta-Glucane
Glucomannane	Xylane
Alfa-Glucane (Stärke)	

Tabelle 5: Reservepolysaccharide der höheren Pflanzen und Algen.

1.3.4 Zellwandpolysaccharide

In der pflanzlichen Zellwand und den Zellwänden der Algen ist hauptsächlich Zellulose (lineares Homoglycan, langkettig) vorhanden.

Höhere Pflanzen	Algen
Zellulose	Alginate
Hemizellulose	Zellulose
Arabinogalactane	Galactane
• **Galactomannane**	• Agar
• **β-Glucane**	• Carageenane
• **Mannane**	β-Glucane
• **Xylane**	Mannane
• **Xyloglucane**	Xylane
Pektine	L-Fucane
• **Arabinane**	
• **Arabinogalactane**	
• **Galactane, Galacturonane**	
• **Rhamnogalacturonane**	

Tabelle 6: Zellwandbestandteile der höheren Pflanzen und Algen. [13]

2. Süsswasseralgen - Freshwater algae

2.1 Algen – Allgemein

2.1.1 Geschichte

„Bereits vor 5000 Jahren sind von den alten Chinesen Algen- und Meerwasserkuren überliefert. Später behandelte der berühmte griechische Arzt Hippokrates (460-377 v.Chr.) Rheuma, Ischias, und Hautkrankheiten mit Meerwasser.

In Ägypten und Griechenland, vor allem aber im altem Rom gehörten Badekuren sowohl zu den medizinischen Behandlungsformen als auch zum körperlichen Wohlbefinden. Im Abendland konnte der Londoner Arzt Richard Russel (1700-1771) die vorbeugende und heilende Wirkung vom Meerwasser beweisen.” [14]

„Die früheste Aufzeichnung über den Gebrauch von Algen stammt aus dem Jahre 45.v.Chr. Der unbekannte Autor von *Bellum Africanum* beschrieb dort, wie …sie (die Griechen) in Zeiten des Mangels Algen von der Küste sammelten und, nachdem sie sie in Süsswasser wuschen, dem Vieh gaben und damit deren Leben verlängerten" (Indergaard & Minsaas 1991). Aus einem gallischen Gedicht (600 n.Chr) geht hervor, dass Mönche die Rotalge *Palma palmata* zum Verzehr sammelten. Auch im viktorianischen England des 19. Jahrhunderts waren Braunalgen bei der Behandlung von Knochenschwäche bei Kindern, bei Rheuma, Gicht und Menstruationsbeschwerden in Form verschiedener Gebräuche sehr gängig.” [15]

2.1.2 Botanik

Der Begriff Alge wird in der Phykologie oder Algologie (Algenkunde) unterschiedlich verwendet und beschrieben. Generell sind es unterschiedliche pflanzliche Lebewesen, die sogenannten Thallophyten, die keine differenzierten Wurzeln, Spross oder Stängel haben. Viele Algen sind photoautotrophe Wasserpflanzen, die sich eigenständig ernähren und die Energie der Sonnenlichtquelle entnehmen, d.h. Photosynthese betreiben. Somit erzeugen sie rund 80-90% des Sauerstoffs, und Kohlendioxid wird von Algen in organische Verbindungen umgewandelt. Sie wachsen in Form von winzigen Einzellern, aber auch als Komplexe, vielzellige Formen, deren Grösse die mächtiger Grosstangen erreicht. Sie weisen einen echten Zellkern und weitere

Zellorganellen auf, die durch Zellmembranen getrennt sind. Ihre Reproduktion erfolgt über Zellteilung (asexuell), als auch sexuell durch Sporenbildung.

2.1.3 Algenvielfalt

Algen umfassen eine riesige Artenvielfalt. Zu ihnen zählen Prokaryonten und Eukaryonten d.h. Organismen mit und ohne Zellkern. Prokaryotische Algen werden als Cyanobakterien (Blaualgen) charakterisiert. Andere grosse Gruppen der eukaryotischen Algen werden in Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung der Photosynthesepigmente- und produkte in bestimmte einzelne Algenklassen (Abteilungen) nach Farbe unterteilt in Rotalgen, Grünalgen, Braunalgen, Kieselalgen, Euglenophyceen, Dinoflagellaten, Chrysophyceen, Haptophyceen, Cryptophyceen und weitere. Algen werden grob in zwei große Algenklasse, die vielzelligen Makroalgen und die einzelligen Mikroalgen, unterteilt. [16]

2.1.4 Vorkommen und Verbreitung

Algen sind große Überlebenskünstler und haben die Fähigkeit, sich den verschiedenen Umweltbedingungen ideal anzupassen. Fast 71% der Erdoberfläche wird von Meeren bedeckt. Die verschiedenen Lebensräume der Algen sind Salz-und Süssgewässer, perennierende, kurzfristige feuchte Standorte, trockene Gegenden, heiße und eisige Klimaten. Zu den vorherrschenden Meeresalgen zählen die Rot-und Braunalgen. Speziell im Süßwasser finden sich die begeisselten einzelligen Algen, die die Bezeichnung Glaucophyta tragen und als Uralgen bekannt sind. Dazu zählen die Grünalgen und Xanthophyceae.[17]

	Ungefähre Artenzahl	Vorkommen im Süsswasser	Vorkommen im Meerwasser
Chlorophyceae	7000	++++	+
Bacillariophyceae	6000	+++	+++
Rhodophyceae	4000	+	++++
Phaeophyceae	1500	+	++++
Chrysophyceae	1000	++	++++
Dinophyceae	1000	+	++++
Euglenophyceae	1000	++++	+
Xanthophyceae	500	++++	+
Cryptophyceae	120	+	+

Tabelle 7: Vorkommen und Verteilung der wichtigsten Algenklassen [16]

2.1.5 Die verschiedenen Algenarten

2.1.5.1 Makroalgen

Die wohl gröbste Einteilung der Algenarten ist die in Makroalgen und Mikroalgen.

Makroalgen sind grosse Algen, die ohne Mikroskop gesehen werden können und in verschiedenen Farben und Formen vorkommen. Als vielzellige Meeres- oder auch Süsswasseralgen sehen sie gras-und blattähnlich aus, können eine Länge von mehreren Metern erreichen und sich an Felsen und Steinen anheften. Eine dieser Makroalgen ist die Braunalge (Phaeophyta). Sie enthalten Stoffe wie Alginsäure und Laminaran und sind im Stande, Jod aus

dem Meer zu speichern, was therapeutisch bei Jodmangel (Struma) angewendet werden kann. Es gibt ungefähr 265 Gattungen und bis ca. 2000 Arten von Braunalgen.

Noch vielfältiger sind die Rotalgen (Rhodophyta) mit ca. 600 Gattungen und mehr als 5500 Arten. Sie produzieren Agar-Agar (Geliermittel) und Carrageen (Gelier-und Verdickungsmittel).

Eine weitere Makroalgenfamilie, die speziell in Süsswasser vorkommt, die grosse Kolonien bis zu 15 Zentimetern bilden kann, ist die Grünalge. Hier werden ca. 500 Gattungen und ca. 8000 Arten unterschieden. [17]

2.1.5.2 Mikroalgen

Typisch in Süssgewässern und marinen Systemen sind die Mikroalgen aufzufinden. Sehr kleine einzellige Organismen, die mit dem blossem Auge nicht sichtbar sind und sich einzeln oder in Ketten als Gruppen zusammenschliessen. Zu ihnen zählen die einzelligen Blaualgen, die in weitere Algengattungen unterschieden werden. Gemäß wissenschaftlichen Kriterien werden diese Blaualgen wesentlichen Bakteriengruppen und nicht den Algen im eigentlichen Sinne zugeordnet. Trotzdem findet sich in der Literatur die Bezeichnung Algen. Sie werden in circa 150 Gattungen mit circa 2000 Algenarten unterteilt.

2.1.6 Inhaltsstoffe mit möglicher pharmazeutischer und medizinischer Wirkung und als hochwertige Lebensmittel

Vorteile dieser Algenarten

Makroalgen sind seit zwei Jahrtausenden im Orient bereits aufgrund ihrer Inhaltsstoffe vielfältig nutzbar und gut bekannt. Sie besitzen viele Nahrungs- und Gesundheitsvorteile, wie zum Beispiel antiphlogistische, antibakterielle, antioxidative, antikoagulative und antivirale Eigenschaften. Somit finden sie sich, wegen ihrer reichlichen bioaktiven Komponenten in verschiedenen Speisen, pharmazeutischen und kosmetischen Produkten wieder. [14]

Die wohltuende Wirkung der Algen

Algen sind natürliche Rohstoffe "par excellence", die im Laufe ihrer Entwicklung spezielle Abwehrstoffe gebildet haben. Besondere Eigenschaften sind Polysaccharidsynthese, Vitaminsynthese oder die Synthese oxydations-hemmender Enzyme und hoher Salzgehalt. Aus dem Meerwasser nehmen sie alle Mineralien auf, die bis zu 50.000 fach angereichert sind. [14]

Zusammensetzung der Algen: Kohlenhydrate (40-50%), Proteine, Lipide, Mineralsalze, Spurenelemente, Vitamine.

„Wie alle Pflanzen enthalten Algen neben essentiellen Nährstoffen (Vitamine, Mineralstoffe, Spurenelemente, Aminosäuren, mehrfach ungesättigte Fettsäuren und Ballaststoffe) auch andere bioaktive Substanzen. Zu diesen gesundheitsfördernden sekundären Pflanzenstoffen mit pharmakologischen Wirkungen zählen zum Beispiel Algenfarbstoffe (Chlorophyll und Carotinoide), Gerüstsubstanzen (Polysaccharide wie Alginsäure, Fucoidan und Laminarin, Pektin, Schleimstoffe, Galactane), Sterole (Fucosterol) und Polyphenole (Phlorotannine).” [18]

Die Algen ernähren sich durch Osmose von Mineralsubstanzen und sind somit 10mal reicher an Spurenelementen als Erdpflanzen. Durch Osmose werden die Mineralionen bei topischer Anwendung aus den Algen freigesetzt, gelangen in die Epidermis und gehen progressiv in den Blutkreislauf über. Es kommt zur Stimulierung des Zellstoffwechsels und "Gleichgewichtsherstellung" des Organismus. [14]

2.1.7 Erkenntnisse über Algeninhaltsstoffe

Polysaccharide- Geliermittel für Nahrung und Darm

Von grosser Bedeutung für Pharmazie und Medizin, wie auch für die Kosmetikindustrie, sind die einzigartigen Polysaccharide aus unterschiedlichen Algenarten.

Algen werden als Fertigpräparate an den Verbraucher abgegeben. Algeninhaltsstoffe werden den Nahrungsmitteln als Verdickungs- Geliermittel sowie Fett- und Schaumbildner zugesetzt. Eine weitere Funktion erfüllen sie auch im menschlichen Körper, indem sie als Ballaststoffe fungieren. Durch ihre Wasserlöslichkeit erhöht sich das Volumen der Lösung im Darm, es erfolgt ein Sättigungsgefühl und die Resorption von Zucker und Cholesterin wird reduziert. Eine

wohltuende Wirkung auf den Darm ist bewiesen. Ballaststoffe sind in den Algenzellen als Gerüst- und Schleimstoffe aus komplexen Kohlenhydraten vorhanden, zum Beispiel Agar, Alginate und Carrageen.

Bakterielle Enzyme wie ß-Glucosidase und ß-Glucuronidase werden durch Agar-Agar und Carrageen inhibiert; diese Polysaccharide haben die Fähigkeit, die Spaltung von Cellulose (ß-glycosidisch gebundener Zucker) und die Reaktivierung von cancerogenen Stoffen zu unterbinden.

Die weiteren möglichen, therapeutischen Nutzen der Algenpolysaccharide im Gastrointestinaltrakt könnten die verbesserte Nährstoffversorgung, Schadstoffbindung, Durchblutung und Anregung des Stoffwechsels sein.

Die gesundheitsfördernde und-erhaltende Wirkung, sowie die biologische Aktivität und Qualität fertiger Algenprodukte ist abhängig von Art, Ernteort, Zeitpunkt und Herkunft der entsprechenden Algen. [14,19]

2.1.8 Algenzellwände

Zu den Gerüstsubstanzen der Algenzellwand zählen die ß-1,4-D-Mannane und ß-1,3 oder 1,4-D-Xylane. Sie bilden mikrofibrilläre Strukturen aus. Manche Algen enthalten auch noch Cellulose. Zu den Matrixsubstanzen gehören Pektine und Saure Phycokolloide (saure schleim-und gelbildende Polysaccharide) wie:

- Alginsäure und Alginate

(INCI-Bezeichnung Algin). Das Polysaccharid Alginat ist aus den Bausteinen β-D-Mannuronsäure und α-L-Guluronsäure aufgebaut und über 1,4-Bindungen verknüpft.

Alginate sind physiologisch unbedenklich und finden Anwendung in der Nahrungsmittelindustrie (Lebensmittelzusatzstoffe), Kosmetik, Zahnmedizin für Dentaldruckmassen aus Na- oder Ca- Salzmischungen, in der Medizin in Sprühpflastern und in Verbänden. Diese wirken hämostiptisch (blutstillend).

Neu auf dem Markt ist ein Alginatmedikament mit schleimhautabdeckender Wirkung, das gegen Sodbrennen helfen kann: Gaviscon® Advana.

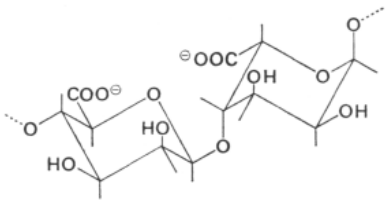


Abbildung 1: Alginat

- Agar-Agar

Als Gelatine Asiens wird Agar-Agar genannt. Ihre Bausteine sind hauptsächlich; β-D-Galactopyranose und 3,6-Anhydro-α-L-Galactopyranose. Es stammt aus Rotalgen (Rhodophyta) und hat eine wundheilende und prebiotische Wirkung. Ausserdem wird es verwendet als Verdickungsmittel, Gelbildner für Stabilisatoren in der Lebensmittelindustrie und Pharmazie, und zur Nährmedienherstellung in der Mikrobiologie. Als Zahnabdruckmaterial in der Zahnmedizin, Quellstofflaxans, Salben und Suppositorien findet es weiteren Einsatz. [20]

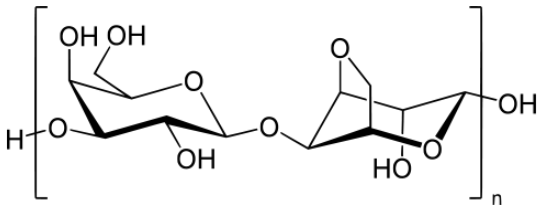


Abbildung 2: Agar-Agar

- Carrageen

Carrageen ist ein Polysaccharid aus κ–Carrageen (D-Galactose) und λ-Carrageen (α-1,4-D-Anhydrogalactose) als Galactansulfat aus Rotalgen. Bei einen hohem Sulfatierungsgrad ist auch die Wasserlöslichkeit erhöht; wenn der Anhydrogalaktoseanteil gross ist, sinkt die Wasserlöslichkeit und die Gelbildung ist hoch. Diese Polysaccharide werden in der Nahrungsmittelindustrie als Geliermittel und Stabilisatoren angewendet. Carrageen inhibiert die Replikation und die Reversetranskriptase von HIV-Viren in *in vitro*-Bedingungen. Alternativnamen sind zum Beispiel: Irländisches Moos, Lichen irlandicus, Perlmoos, E 407. [20]

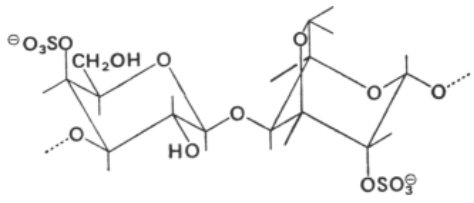


Abbildung 3: Carrageen

- ß-1,3-Glucane

In vielen Versuchen wurde gezeigt, dass diese Polysaccharide aus Braunalgen eine immunstimmulierende Wirkung (auf Makrophagen) haben, und somit eine krebsvorbeugende Eigenschaft besitzen. Das Phyocain stimuliert die zelluläre und humorale Immunantwort über C11b / C18-Rezeptoren. Der Speicherstoff Laminarin hat heparinähnliche und immunaktivierende Eigenschaften.

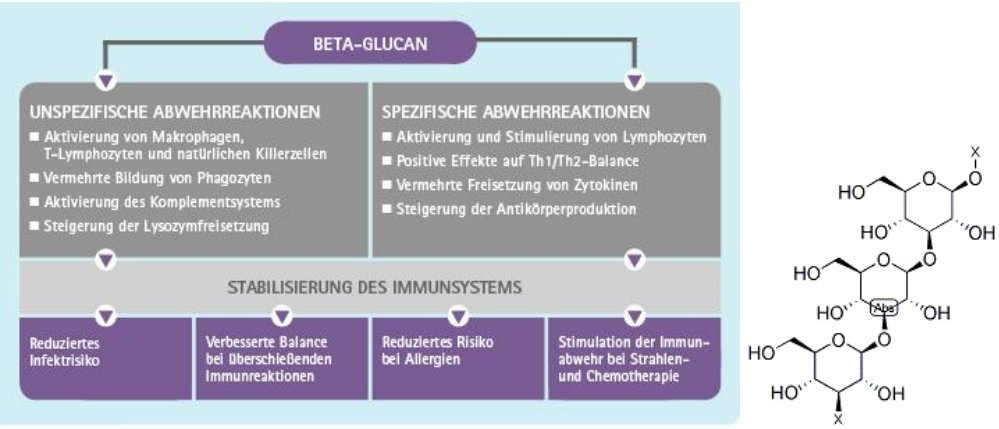


Abbildung 4: Wirkung und Strukturformel von Beta-Glucanen [21]

- Fucoidane

Fucoidane sind typisch in Braunalgen anzutreffen und werden auch als Fucane bezeichnet. „Nach der IUPAC- Definition sind sie Polysaccharide, die hauptsächlich aus sulfatierter L-Fucose (6-Desoxy-L-Galactose) bestehen und weniger als 10% Monosaccharide enthalten.” [22]

In einer Vielzahl von wissenschaftlichen Studien wurden verschiedene pharmakologische Wirkungen nachgewiesen. Diese umfassen eine antibakterielle, antivirale (gegen Herpes Simplex Viren), antithrombotische, cancerostatische, anti-oxidative, immunmodulatorische und blutlipidsenkende Wirkung. Abhängig von der Struktur der Fucoidane, haben sie eine biologische

Wirksamkeit, indem sie für die Lebensmittel und Kosmetikindustrie als "Anti-Aging"- Effekt die Hautelastizität erhöhen und die Hautdicke verringern.

- Fucosereiche Oligo und Polysaccharide (FROP)

FROP stimmulieren: die Zellproliferation, die Kollagen- und Elastinsynthese in Fibroblasten und erhöhen die verringerte Spannkraft der Haut und des Bindegewebes, somit beugen sie einer Hautalterung vor.

2.1.9 Potential, Anwendung und Nutzen der Algen

Die Mikroalgen bieten eine grosse Auswahl gewerblich nützlicher Produkte, wie zum Beispiel Fette, Öle, Zucker, sowie bioaktive Komponenten, einschliesslich Carotinoide, Chlorophyl und Phycocyanin. Mikroalgen haben bereits potentielles Interesse als neue Energiequelle erweckt. [17]

- Lebensmittelindustrie- In der Produktion von gesunden Lebensmitteln spielen Algen eine bedeutsame Rolle als Zusatzstoffe wie Agar und Alginat, indem sie mit einem hohen Gehalt an Eiweiss und Vitalstoffen zu den neuen Trends der Functional Food-Produkte zählen. Als Nahrungsmittel findet man sie im europäischen Raum, als Beilagen, Gewürze, oder trendige Sushi-Produkte.
- Kosmetikindustrie- die gezielte Anwendung der Algen als "Anti-Aging"-Produkte
- Nahrungsergänzung- am meisten Süsswasseralgen wie Spirulina und Chlorella
- Landwirtschaft- Futter und Düngemittel

Algen spielen eine signifikante Rolle in vielen Bereichen wie zum Beispiel als essbare Algenerzeugnisse, Arzneimittel, Kosmetika, sowie in der Treibstoff- und Textilindustrie. Sie sind nicht nur ein wichtiger Teil des Ökosystems, indem sie einen grossen Teil des Sauerstoffs für das Leben auf der Erde produzieren, sondern auch eine immense Hilfe bei der Kontrolle der Probleme der Schadstoffbelastung; somit spielen sie eine Rolle als Biofilter. Als Ergänzung zu all diesen Anwendungen sind sie auch ein Teil der Traditionellen Medizin zur Behandlung verschiedener Erkrankungen, wie Husten, Bluthochdruck, Diarrhoe, Gicht etc. Nun werden sie

auch bereits in verschiedenen Studien untersucht um einen Nutzen in der Krebsbehandlung zu bestätigen. [23]

Eine Gemeinsamkeit aller Algen ist die Stärkung der allgemeinen Gesundheit und der Immunabwehr.

Meeresalgen werden in der Algenkosmetik, in der asiatischer Küche mit wachsender Verbreitung in Europa, in Sushi und Suppen angeboten. Alle Meeresalgen sind jodhaltig und bei Jodmangel sehr effektiv. Zeitweise höhere Joddosen erhöhen den Stoffwechsel und die Temperatur des Körpers, wodurch viele Bakterien und Viren nicht gedeihen können; somit verkürzt sich die Erkrankungsdauer. [24]

Die Nahrung in Asien besteht aus 10% Makroalgen. Es wird vermutet, dass das hohe Durchschnittsalter der Japaner von über 80 Jahren und die bemerkenswerte Anzahl von Leuten, die über 100 Jahre alt werden, auch auf den Verzehr von Algen zurückzuführen sind. [15]

2.2 Essbare Süsswasseralgen - edible fresh water algae

2.2.1 Einige bedeutsame essbare Süsswasser-Mikroalgen

Algen erfreuen sich einigen Jahren immer grösserer, weltweiter Beliebtheit. Unterschiedliche Süsswasseralgenarten sind als vollwertige Lebensmittel bekannt und werden als Nahrungsergänzungsmittel in Kapseln, Tabletten, Pulvern oder Dragees verabreicht. Die im Süsswasser lebenden Mikroalgen werden als Rohstoffe für die Produkte genutzt. Als frisches Gemüse oder Trockenware können Algen eine interessante Abwechslung und ernährungspysiologisch sinnvolle Ergänzung auf dem Speiseplan sein.

Einige vielfältige, essbare, mikroskopisch kleine Algen, die im Süsswasser zu Hause sind, und zu den jodfreien Mikroalgen gehören, findet man vor Allem in Afrika, Amerika und in asiatischen Ländern. [25, 26]

2.2.1.1 Chlorella pyrenoidosa

Sie zählt zu den grünen Süsswasseralgen, die überwiegend in Ostasien genutzt werden. Ihre wesentlichen Bestandteile sind 60% vollwertiges Eiweiss, 11% Fett, Mineralstoffe (Calcium, Kalium, Eisen) und ein herausragender Chlorophyllanteil, wodurch die grüne Farbe der Algen

entsteht. Chlorophyll, das dem Hämoglobin (roter Blutfarbstoff) ähnelt, hat revitalisierende Eigenschaften. Darüber hinaus weist die Mikroalge einen grossen Anteil an Vitamin A, B12 und andere Vitamin B-Komplexanteile auf.

In verschiedenen Studien wurde bewiesen, dass Chorella als wichtige Nahrungsergänzung eine blutdrucksenkende, cholesterinsenkende und wundheilende Wirkung aufweist. Seit 40 Jahren wird sie in vielen Industrieländern (Japan) als Nahrungsergänzungsmittel benutzt. [27]

Durch ihre mehrschichtige Zellwand hat Chlorella einen hohen Ballaststoffgehalt. Schadstoffe, wie radioaktive Substanzen, Arzneimittelrückstände, oder Formaldehyd können gebunden und ausgeschieden werden. Neben dieser entgiftenden Eigenschaft steigern die Süsswasseralgen essentiell die Immunabwehr und stärken den Körper bei Krebs. [25, 24]

Die Moleküle von Chlorophyll und Hämoglobin unterscheiden sich nur durch das zentrale Atom (Magnesium bzw.Eisen)

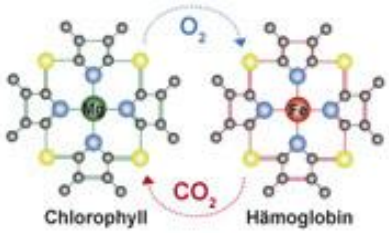


Abbildung 5: Chlorophyll- und Hämoglobin-Molekül

2.2.1.2 Spirulina platensis

Verschiedene Spirulinaprodukte werden aus der Blaualge Spirulina platensis, auch eine Süsswassermikroalge, gewonnen. Auf Basis ihrer Nährstoffzusammensetzung, einem hohen Eiweissanteil (essentielle Aminosäuren), hohen Kohlenhydratgehalt, in dem der Rhamnoseanteil sehr gross ist, wichtigen Mineralstoffen und den besonderen Gehalt an Vitamin B12, wie auch Beta-Carotin, Chlorophyll, Phycocyanin gehören sie zu den im Handel weitverbreiteten Mikroalgen. Das Phycocyanin (blaues Pigment) steigert die Aktivität der weissen Blutkörperchen (Leukozyten) und verstärkt somit die Abwehr. Der Zellaufbau beinhaltet eine sehr dünne Zellmembran aus Mucopolysacchariden. Der Spirulina werden besondere gesundheitsfördernde

und pharmakologische Eigenschaften nachgesagt. Zum Beispiel wird die Leistungsfähigkeit und Konzentration gefördert, der Stoffwechsel positiv beeinflusst und der Cholesterinspiegel gesenkt. In vielen weltweiten Studien (USA, Japan) wurden die immunaktivierenden und blutstillenden Eigenschaft der Spirulina bewiesen. Nebenwirkungen wurden bei diesen Algen nicht berichtet, denn sie zählen zu den ganzheitlichen Nahrungsmitteln. [24]

Abbildung 6: Spirulina platensis

2.2.1.3 Aphanizomenon flos-aquae (AFA)

Diese Süsswasseralgen gehören auch zu den blauen Mikroalgen und sind als Nahrungsergänzungsmittel am Markt. Es wurden verschiedene medizinische Aspekte dieser AFA-Algen untersucht, indem sie eine antivirale Wirkung zum Beispiel bei Herpes, Grippe etc. und eine antidepressive Wirkung aufweisen können. Bei bekannten neurologischen Beeinträchtigungen wie ADHS (Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Syndrom) bei Kindern oder Demenzerkrankung (Alzheimer) bei älteren Menschen, können die AFA-Präparate eine alternative Option zur ärztlichen Behandlung sein. [28]

In vielen Fällen von allergischem Schnupfen, Neurodermitis, und Asthma konnte die Langzeiteinnahme von Süsswasseralgen die Symptome lindern. Die anti-allergischen Eigenschaften beruhen vermutlich auf Chlorophyll, das die Aufbereitung allergisch wirkender Bestandteile hemmt. [28]

Abbildung 7: AFA-Algen

2.2.2 Einige essbare Süsswasser-Makroalgen

2.2.2.1 Süsswasser- Makroalgen Südostasiens, im Nan River, Mekong River und nördlichen Thailand

Makroalgen sind Algen, die mit blossem Auge gesehen werden können. In Süsswasser wachsen sie als schleimige Kolonien, Blätter oder Filamente. Sie zählen zu den wichtigen Organismen im fliessenden Ökosystem, die als Sauerstoffproduzenten und Primärproduzenten der Nahrungskette dienen. In manchen Süsswasser- Ökosystemen treten sie in Flussbettbereichen als filamentöse Formen auf. Die Einheimischen verwenden diese Algen, die zur Esskultur gehören, als Nahrungsmittel schon seit vielen Jahren.

Es besteht keine einhellige Meinung über die Anzahl der Ordnungen der Chlorophyta. In der folgenden Zusammenstellung sind die wichtigsten, und damit die am eindeutigsten eingegrenzten, wiedergegeben.

Eine Klassifikation der Süsswasseralgen nach neuen Publikationen in ihre grossen Gruppen:

- *Grünalgen (Chlorophyceae), einschließlich:*
    - *-Swimming cells and colonies (Volvocales)*
    - *-Non-motile cells and colonies (Chlorococcales)*
    - *-Filamentöse Algen (of various families)*
    - *–Desmiden (Conjugales in part)*

- *Gelb-grüne Algen (Xanthophyceae)*
- *Gold-gelbe Algen (Chrysophyceae)*
- *Diatomeen (Bacillariophyceae)*
- *Cryptophyceae*
- *Dinoflagellaten (Dinophyceae)*
- *Euglenoide Flagellaten (Euglenophyceae)*
- *Rotalgen (Rhodophyceae)*
- *Blau-grüne Algen (Myxophyceae oder Cyanophyceae)* [29]

2.2.2.2 Cladophora glomerata

Klassifikation:

Empire: Eukaryota

Kingdom: Plantae

Phylum: Chlorophyta

Class: Ulvophyceae

Order: Cladophorales

Family: Cladophoraceae

Abbildung 8: Cladophora glomerata *Kützing*

2.2.2.3 Nostochopsis lobatus

Wissenschaftlicher Name: *Nostochopsis lobatus* Wood em. Geitler

Klassifikation:

Empire: Prokaryonten

Königreich: Bakterien

Stamm: Cyanobakterien

Klasse: Cyanophyceae

Familie: Nostochopsidaceae

Gattung: Nostochopsis [52]

Eine Studie zeigte, dass das ernährungsphysiologisch wichtige Cyanobakterium Nostochopsis lobatus unter den Bioressourcen als funktionelles Lebensmittel vielversprechend ist. Die Verwendung von N. lobatus wird empfohlen wegen hohen Nährwerten und antioxidativen Eigenschaft in der Nahrungsergänzungsmittelindustrie, wie zum Beispiel in therapeutischen Zubereitungen von alkoholfreien Erfrischungsgetränken und als Zusatzstoffe. [53]

2.2.2.4 Microspora spp.

Microspora –Wissenschaftliche Klassifikation:

Gebiet: Eukaryota

Phylum: Chlorophyta

Kategorie: Chlorophyceae

Familie: Microsporaceae

Klasse: Microspora [30, 31]

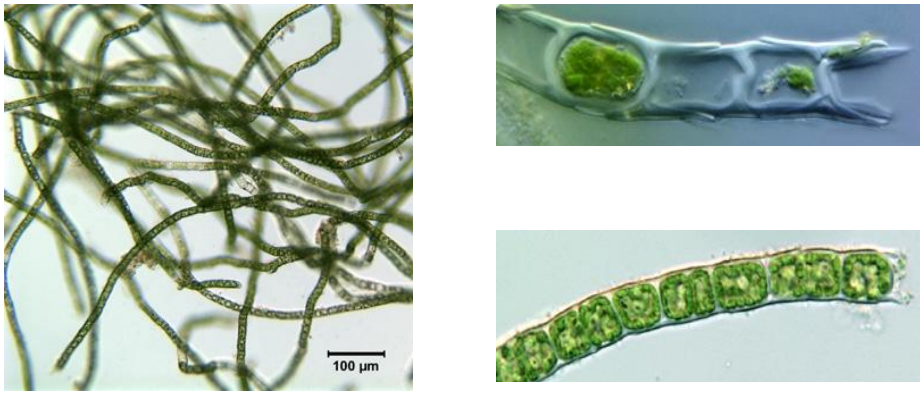


Abbildung 9: Microspora Thured, H-förmige Zellwand [32]

Super Taxa	Taxa Notes	Organism Classifier	Organism Name
Algae, Plantae	**Algae, nonvacuolar Plants, Microorganisms**	**Chlorophyta**	**Microspora**
			Microspora amoena
			Microspora amoena var. crassior
			Microspora floccosa
			Microspora pachyderma
			Microspora quadrata
			Microspora stagnorum
			Microspora tenuiderma
			Microspora tumidula
			Microspora wittrockii

Tabelle 8: Taxonomische Studien der Gattung Microspora THURED (Chlorophyceae) [33]

Microspora sp. kommt vom griechischen *micros "kleine" und spora, " Spore"* und ist eine unverzweigte, filamentöse Grünalge, mit zylindrischen oder geschwollenen, häufig bauchigen, tonnenförmigen Zellen. Die wichtigste Charakteristik ist die Anwesenheit H-förmiger Zellwandabschnitte, die bei günstiger Beleuchtung gut gesehen werden können und deutlich am Ende der Filamente zu sehen sind. Indem diese Filamente degenerieren, stehen sie oft frei. Microspora hat netzförmige Chloroplasten, die Stärke, aber keine Pyrenoide enthalten. [32]

Vielfalt der Makroalgen in Thailand, Nan River und Provinz Chiang Rai

Eine nähere Beschreibung der endemischen Süsswasseralgen im Nan River (Thailand) findet sich in neueren Studien. Diese beschreiben genauere Anwendungen einiger Gattungen als medizinische und pharmakologische Produkte.

Zur engeren Auswahl erforschter endemischer Süsswasser- Makroalgen im Nan River, Thailand zählen die *Cladophora glomerata Kützing ("Kai") und Nostochopsis lobatus Wood em Geitler* oder *("Lon").*

In einer weiteren Studie stellte man zusätzlich fest, dass *"Kai"* aus zwei Gattungen besteht d.h. *Cladophora glomerata* und *Microspora spp.,* die zum Stamm der Grünalgen (Chlorophyta) gehören und *"Lon"* aus einer Gattung *Nostochopsis* besteht, die zum Stamm der Blau-grün-Algen (Cyanophyta) zählt.

In Nordthailand, vor allem im Nan River, Mekong River, in Chiang Khong Distrikt, Chiang Rai Provinz, tritt in der Trockenzeit eine grosse Zahl dieser *"Kai"* und *"Lon"* Makroalgen Gattungen auf. Optimale Bedingungen für die Verbreitung dieser Algen ist die Winterzeit. Die "Kai" Algenarten *C.glomerata* und *Microspora spp*., werden in beiden Flüssen gefunden, während die "Lon" Algenart, *Nostochopsis lobatus* Wood speziell nur im Nan River aufzufinden ist. Die Bewohner dieser Gebiete wenden diese Algenarten in vielen Fällen als einheimische Nahrungsmittel an, indem sie verschiedene Varietäten von *"Kai"* als Essen wie Kaiyee, Honoeng oder Homiek und Kaipan zubereiten.Diese werden mit klebrigem Reis gegessen oder in Form von Chips, Backwaren, Nudeln in verschiedenen Produkten verzehrt. [43, 42]

Einige dieser Makroalgen, wie *"Lon"*, werden zu Salaten beigemischt und als "Yum" benannt. Weiters, finden sie medizinische Anwendung als fiebersenkendes Mittel oder, als sehr verbreiteter Gebrauch mancher Dorfbewohner, seit der Antikenzeit bei Magengeschwüren. [41]

2.) In einer weiteren Studie, die in der thailändischen Nan Provinz stattfand, in der zusätzlich zu *C.glomerata* auch noch eine Grünalgenart *Microspora flocossa* beschrieben wurde, untersuchte man die Toxizität dieser Makroalgen.

Diese zwei Arten *C.glomerata* und *M.flocossa* wachsen zusammen in den Nan und Kong Flüssen. Sie sind essbare Makroalgen, die bei den thailändischen Bewohnern unter dem Namen "Gai" bekannt sind und werden schon jahrhundertelang als Nahrungsquelle geschätzt. Erst seit einigen Jahren gewannen sie an Popularität bei Touristen als Nahrungsmittel. *C. glomerata* und *M.floccosa* beinhalten reichlich Proteine, Faserstoffe, sind wertvolle Vitaminquellen und bieten noch wichtige gesundheitliche Vorteile wie zum Beispiel, anti-aging, appetitanregend, so wie Vorbeugung gegen häufige Krankheiten. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass weder *C. glomerata* noch *M .floccosa* eine Veränderung der Leber- und Nierenwerte bzw. der Funktion dieser Organe und dessen Funktion bewirkte. Ebenso fand sich kein signifikanter Unterschied in der Leukozytenzahl. Mit dieser Studie konnte die wissenschaftliche Annahme des sicheren, generellen, täglichen Konsums dieser Makroalgen für die Verbraucher bestätigt werden. Nach den langen umfangreichen Untersuchungen im Thailand zeigte sich ein schnelles Umsatzwachstum dieser natürlichen, nicht gefährlichen, essbaren, neuen Algenprodukte, die ernährungsphysiologisch bedeutsam sind. [44]

Vielfalt der Makroalgen im Nord Thailand, Mekong River und Chiang Rai Provinz

Eine durchgeführte Studie, über die Vielfalt der Makroalgen im Mekong River, in der Chiang Rai Provinz von Thailand von Mai 2007 bis April 2008 zeigte, dass die Mehrheit der am häufigsten vorkommenden Makroalgen dieser Region, die *Cladophora glomerata* Kützing und *Microspora pachyderma (*Wille) Lagerheim aus der Division der Grünalgen (Chlorophyta) waren. [51]

Neuere Studien zur therapeutischen Wirkung

Die Untersuchung pharmakologischer Aktivitäten zeigen, dass diese Makroalgen (sowohl *Cladophora glomerata* und *Nostochopsis lobatus)* eine antiulcus, antiinflammatorische, analgetische und antioxidative Wirkung aufweisen, wobei nur *Cladophora glomerata* einen blutdrucksenkenden Effekt zeigte.

Die Rolle der freien Radikale und des aktiven Sauerstoffs in der Pathogenese der menschlichen Krankheiten, darunter Krebs und Atherosklerose ist wissenschaftlich belegt.

Interessanterweise spielen Antioxidantien eine Rolle bei verschiedenen pharmakologischen Wirkungen, wie zum Beispiel als antiinflammatorische, antiatherosklerotische, antitumorale, antibakterielle und antivirale Wirkstoffe.

Die antiulcus, antiinflammatorische, analgetische und antioxidative und hypotensive Aktivität dieser zwei Makroalgen des Süsswassers, fanden dementsprechend naheliegende therapeutische Anwendung.

Damit könnten sie als "Nutri-Arzneimittel" zur Linderung von Magengeschwüren, Dyspepsie, rheumatoider Arthritis usw. eingesetzt werden. Allerdings sind weitere detallierte Untersuchungen dieser pharmakologischer Aktivitäten erforderlich, um eine Bestätigung des therapeutischen Potentials zu erhalten. [41]

Abbildung 10: Map of Thailand, Chiang Mai Province, Mekong River

3. Sterculia lychnophora Hance

Abbildung 11: Sterculia lychnophora *Hance*

Sterculia lychnophora hat noch einige verschiedene Bezeichnungen abhängig vom Gebiet des Vorkommens: Poontalai, pangdahai, mak chong, samrong oder malva nuts, *Scaphium scaphigerum* (G.Don) Guib and Planc, als *Scaphium macropodum* oder *Scaphium lychnophorum*. Die Samen dieser Pflanze beinhalten grosse Mengen an Schleimstoffen und werden oft in der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM) eingesetzt.

Systematische Gliederung:

Königreich: Plantae

Abteilung: Magnoliophyta

Klasse: Magnoliopsida

Order: Malvales

Familie: Sterculiaceae

Art: S.lychnophora

Sterculiaceae oder Stinkbäume gehören zu der Familie der Malvengewächse (Malvaceae), sind eine Gattung der Stinkbäume (Sterculia) und der Unterfamilie der Stinkbaumgewächse (Sterculiaceae). In den tropischen und subtropischen Gebieten sind sie mit einer Zahl von 100-150 Arten weltweit verbreitet. Die grösste Vielfalt dieser Pflanzenarten ist im tropischen Asien zu finden.

Systematik einiger Sterculia Arten:

Sterculia abbreviata E.L.Taylor ex Mondragón

Sterculia brevissima H.H.Hsue

Sterculia costaricana Pittier

Sterculia dawei Sprague

Sterculia foetida L.

Sterculia lychnophora Hance

Sterculia guapayensis Cuatrec

Sterculia lanceolata Cav.

Sterculia urens Roxb.

Sterculia villosa Roxb. ex Sm. Und viele weitere.[45]

Botanische Beschreibung:

Aussehen: *Sterculia lychnophora* ist ein grosser, immergrüner Laubbaum, der eine Höhe von 18-30m erreichen kann. Sein Holz ist hart und schwer, dennoch leicht zu sägen und bearbeiten. Die

Blätter sind 12-15cm lang, 8-10cm breit und die 8-15mm kleinen Früchte der *S.lychnophora*, haben eine grün-gelbe und später, bis zur Reifung eine dunkelbraune Farbe.

Abbildung 12: Samen der *Sterculia lychnophora*

Die getrockneten Samen sind braun, haben eine rauhe Schale und werden in der Regel vom Baum nach dem Schütteln oder Schneiden der Zweige gesammelt. Der optimale Zeitpunkt zum Sammeln ist, wenn die Früchte ihre Farbe von grün nach bräunlich wechseln.

Vorkommen: *Sterculia lychnophora* findet sich hauptsächlich in der tropischen Zone des süsostasiatischen Festlands. Diese anspruchsvolle, vielseitige Baumart wächst in feuchten, primären und sekundären Wäldern von Kambodscha (Ratanakiri, Kampot, Pursat und Sihanoukville) oberhalb 1700 m, weiters in Vietnam, China, Malysia, Indonesia und dem östlichen Teil von Thailand. [47,49]

Die essbaren, reifen, schleimhaltigen Samen der *Sterculia lychnophora* finden im südostasiatischen Raum traditionelle medizinische und kulinarische Verwendung.

3.1 Medizinische Anwendung:

Boat-fruited Sterculia Samen (Semen *Sterculiae lychnophorae*) Extrakt hat die Wirkung, die Wärme aus der Lunge zu entfernen, Halsschmerzen zu heilen, toxische Stoffe zu eliminieren und den Darm zu entspannen. Indikation des Extraktes aus Sterculia-Samen sind bei Heiserkeit der Stimme, trockenem Husten, Verstopfung mit Kopfschmerzen und blutunterlaufenen Augen. Die Sterculia-Samen werden dementsprechend entweder abgekocht oder eingeweicht (Decoct)

eingesetzt. [48] Neben den medizinischen Effekten, können auch unerwünschte Wirkungen wie zum Beispiel, Übelkeit, Husten, weisser Schleim oder geschwollene Zunge auftreten, wenn die genaue Dosierung dieser Samen der S.lychnophora nicht eingehalten wird. Nicht mehr als drei Samen pro Getränk sollten genommen werden. Personen mit dauerhaften Verdauungsgsproblemen und Durchfällen sollten diese ebenfalls meiden.

Einige weitere medizinische Eigenschaften der thailändischen Malva- Nuss sind Fettreduktion und Unterdrückung des Hungers bei denjenigen Patienten, die abnehmen müssen. Weiters wird die Darmleistung erhöht und das menschliche Immunsystem stimuliert. [50]

3.2 Möglichkeit anderer Anwendungen

Das Holz dieser Baumart ist für den Hausbau, Inneneinrichtung, Bootbau und als Brennholz geeignet. Vgl. [16]

In China werden die S.lychnophora- Früchte oft dem Tee, den Desserts, gesunden Buccaltabletten, dem Kandiszucker, der Lakritze oder dem Jasmintee zugesetzt und beigemischt. In Vietnam werden die Samen der Sterculia im Wasser eingeweicht, schwellen an und werden mit Zucker, Eis und Basilikumsamen gemixt und als Erfrischungsgetränk verwendet. Derzeit sind nur wenige Informationen über einige bioaktive Komponenten publiziert worden.

Lebensmittel, die mit den Gummen der Malva Nuss angereichert sind werden vom Verbraucher gut angenommen, denn es besteht bereits gut etabliertes medizinisches Wissen über die Anwendung der Malva Nuss.

3.3 Ökologischer aktueller Status

Die bisherigen intensive Gewinnung der Samenfrüchte und Nutzung der ausgewachsenen Bäume der *Sterculia lychnophora* führte zur Bedrohung der Ausrottung dieser Baumart. Derzeit wird sie in Gebieten von Cambodia wegen dieser Gefahr stark geschützt. Im Jahre 2002 definierte die zweite CTSP-Sitzung Forest Gene Conservation Strategy die Erhaltung der *Sterculia lychnophora* Hance als prioritäre Pflanzenart, sofortige Erhaltungsmassnahmen, Intervention und geeignete Schutzmassnahmen. [17]

Abbildung 13: *Sterculia lychnophora* Baum

3.4 Ergebnisse bereits erfolgter Untersuchungen

Aufgrund der hohen Nachfrage für medizinische Versorgung bei Diabetes (TypII), besteht die kontinuierliche Suche nach Antidiabetes (Typ II) Stoffen. Es beschäftigte sich dazu auch eine *in vitro* Studie, mit den Pflanzenschleimen verschiedener essbarer Pflanzen und Heilpflanzen aus Thailand. Unter diesen Pflanzen befand sich auch die Sc.scaphigerum und es wurden aufgrund verschiedenen physikochemischen Eigenschaften, die biologische Aktivität der Mucilage der Schleimstoffe aus dieser Pflanze bei Diabetes (TypII) untersucht. Berücksichtigt wurden die bioaktiven Eigenschaften zum Abfangen von Glucose, Hemmung der Alpha-Glucosidase und als Radikalfänger im Vergleich zum Glucomannan (löslicher Ballaststoff aus Konjac-Mehl).

Diese Studie zeigte, dass auch eine Lösung 0,5% des Schleims von Scaphium scaphigerum, eine hemmende Wirkung von Alpha-Glucosidase hatte. Als weitere *in vitro* Eigenschaft zeigte sie ein mögliches Abfangen von Glucose und eine hohe DPPH- Radikalfängereigenschaft. [35]

Alpha Glucosidase ist ein Verdauungsenzym im Bürstensaum der Dünndarmschleimhaut, das eine zuckerspaltende Wirkung besitzt. Durch Inhibitoren dieses Enzyms wird die Aufspaltung und Resorption von Kohlenhydraten und der postprandiale Blutzuckeranstieg hinausgezögert.

In den Samen von *Sterculia lychnophora* sind die wichtigsten bioaktiven Komponenten die Polysaccharide. Diese Polysaccharide wurden in einer Studie auf ihre endzündungshemmende Aktivität, ihre strukturellen und funktionellen Eigenschaften untersucht und beschrieben. Die chemische Analyse der Zusammensetzung dieser Samen ergab 12,36 % Proteine, 5,89% Fett, 53,23% Kohlenhydrate und 29,45% reduzierenden Zucker. Die chemische und Monosaccharid-Zusammensetzung der wasserlöslichen (W-SP), nicht wasserlöslichen (A-SP) und alkali-unlöslichen mucilagene Polysaccharide (IMP) wurden analysiert: Gesamt- Kohlenhydrate 69,74%, 44, 14%, 80,18%, weiters Uronsäure mit 14,78%, 7,35%, 5,35% und Proteine von 9,12%, 13,54%, 3,45%. Es handelt sich um Heteropolymere; sie enthalten neutrale Zucker wie Rhamnose, Arabinose, Galactose, Glucose und einen kleinen Anteil von Xylose. Mit Hilfe von Surface Response Methodology (RSM), DEAE-Cellulose Column CL-6B, FT-IR, HPAEC-PAD, GC-MS und 1D und 2D NMR spectroskopischer Technik wurden weitere analytische Messungen durchgeführt. [36]

4. Material und Methoden

4.1 Ausgangsmaterialien

Das Ausgangsmaterial (Gesamtmenge circa 100 g) des Schleimstoffs aus *Sterculia lychnophora* und das Extrakt aus der Süsswasseralge *Microspora spp.* (circa 70 g) wurden aus Thailand von der Universität Chiang- Mai freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

a) aus der Süsswasser-Alge Microspora spp.

„Die grüne Süsswasser- Makroalge Microspora spp., wurde in Thailand, Nan River, Thawangpha District, Nan Province gesammelt und für die weitere Analyse bereitgestellt. Die Probe wurde zuerst mit destilliertem Wasser bei 50 °C extrahiert und anschliessend gefriergetrocknet. Das Rohpulver der wasserlöslichen Komponenten von Microspora spp., wurde mit verschiedenen analytischen Techniken untersucht. " [37]

b) aus der Pflanze *Sterculia lychnophora* Hance

Das Polysaccharidgemisch (Mucilage) aus den Samen eines in Südostasien heimischen Baumes (*Sterculia lychnophora* Hance) bekommt man durch Extraktion mit Wasser unter mechanischem Rühren, Filtration, Trocknung und Verreibung. Dieser Trockenextrakt von *Sterculia lychnophora* war das Ausgangsprodukt für weitere Untersuchungen.

4.2. Gewinnung der alkalilöslichen Fraktion aus Sterculia lychnophora Hance.

Genaue Analysenmethoden und Vorstufen für die Isolierung und Trennung der Polysaccharidmischung in verschiedene Fraktionen wurden aus früheren Diplomarbeiten entnommen. [34,55]

Material

-Erlenmayerkolben (100 ml)

-Magnetrührer mit Heizplatte und Thermostat (Heidolph MR 3001 K)

-4 M NaOH

-Aqua destillata

-Zentrifuge

-Zentrifugenröhrchen

-250 ml Becherglass

-pH-Meter (Microprocessor pH 539 WTW Bartelt)

-pH-Papier

-Eisbad

-25% Salzsäure

-Dialyseschlauch (Cellulose-Membran, 43mm*27mm, Sigma Aldrich)

-Dialyseklammern für den Dialyseschlauch

-Entmineralisiertes Wasser

-5 l Plastikbecher

-Lyophilisator (Christ LMC-1, BETA 1-8K)

-Methanol/Trockeneis (Merck, Linde)

-Rotavapor Heidolph WB 2001

Durchführung

Extraktion zur Gewinnung der alkalilöslichen Fraktion

Ungefähr 1 g des Ausgangsmaterials wurde mit 30 ml 4 M NaOH in einem Erlenmayerkolben suspendiert. Das Gefäß wurde mit Parafilm verschlossen und die Mischung am Magnetrührer mit Heizplatte über Nacht bei 60 °C gerührt. Die Temperatur wurde mit einem Thermometer (Heidolph EKT 3000) kontrolliert.

Zentrifugation

Durchführung:

Am nächsten Tag wurden zur Lösung 30 ml dest. Wasser zugegeben und bei 20-30 °C 5 Min.bei 10.000 rpm zentrifugiert. Der Überstand wurde gesammelt und der Rückstand noch zweimal mit 25 ml 2 M NaOH gewaschen und anschliessend erneut zentrifugiert. Die entsprechenden Überstände wurden in einem Becherglas vereinigt und weiterverarbeitet.

Neutralisation des Überstandes

Mittels pH-Meter wurde der pH-Wert der vereinigten Lösungen bestimmt. Unter ständigem Rühren am Eisbad wurde mit ca. 25-30% HCl bis zu einem Wert von 6,98 neutralisiert.

Dialyse

Durchführung:

Zur Vorreinigung und Öffnung der Poren wurde ein geeignetes Stück Dialyseschlauch (Cellulose Membran Sigma Aldrich) 20 Min. in entmineralisiertem Wasser gekocht. Die neutralisierten Proben wurden in Dialyseschläuche gefüllt und mit Klammern verschlossen.

In einem 5 l Plastikbecher mit entmineralisiertem Wasser wurden die befüllten Dialyseschläuche 3 mal für 30 Minuten über Verwendung eines Magnetrührers dialysiert, wobei der Behälter immer mit frischem Wasser gefüllt wurde. Im Anschluss wurde über Nacht in entmineralisiertem Wasser weiterdialysiert.

Lyophilisation

Prinzip:

„Wird das Lösungsmittel/oder Suspensionsmittel einer Substanz bei tiefen Temperaturen direkt aus der festen in die gasförmige Phase übergeführt, um die verbleibende Festsubstanz zu trocknen, nennt man dieses Verfahren Gefriertrocknung oder auch Lyophilisation. Der Trocknungsvorgang ist in den allermeisten Fällen eine Sublimation von gefrorenem Wasser, d.h.

von Eis. Das wichtigste Ziel der Gefriertrocknung ist ein lagerfähiges und nach der Wiederdurchfeuchtung unverändertes Ausgangsprodukt zu erhalten.” [38]

Durchführung:

Nach dem Beenden der Dialyse, wurde das Dialysat in zwei 250 ml Schliffrundkolben übergeführt. Der Lyophilisator erreichte die Temperatur von ca. -56 °C, indem er eine halbe Stunde vorgekühlt wurde. Die Kolben wurden am Rotavapor befestigt, gedreht und in den vorbereitetem Trockeneis-Methanol-Kältebad zum Gefrieren gebracht. Nun wurden die gefrorenen Lösungen an den vorgekühlten Lyophilisator gehängt und über Nacht (etwa 16-20 Std.) lyophilisiert. Am nächsten Tag waren die Proben getrocknet und das erhaltene Polysaccharid hatte eine watteähnliche, gelb-bräunliche, luftige Konsistenz. (Die Ausbeute der Ausgangssubstanz an Mucilage war ca. 54%).

Abbildung 14: Lyophylisator Heto PowerDry

4.2.1 Ionenaustauschchromatographie

Eine geeignete Methode, um ein saures Polysaccharid von einem neutralen Polysaccharid zu trennen und die jeweilige Monosaccharidzusammensetzung zu bestimmen, ist die Ionenaustauschchromatographie.

Durchführung:

a) In einem Becherglas wurden 16 g DEAE-Cellulose abgewogen, in 30 ml destilliertem Wasser suspendiert und zum Quellen gebracht. Danach überführte man das entstandene Gel in einen Messzylinder um das Volumen nach der Sedimentation abzulesen.

b) Ein 0.1 M TRIS-Puffer wurde mit 25% Salzsäure auf pH=7,5 eingestellt.

c) Das vorbereitete Gel wurde auf einer Filternutsche zweimal mit jeweils 500 ml Aqua destillata gewaschen und in 50 ml Aqua destillata suspendiert, indem das Vakuum abgedreht wurde. Gleich danach wurde das Gel mit dem eingestellten 0,1 M Puffer zweimal unter Vakuum gewaschen und in einem Becherglas im 0,1 M TRIS-Puffer suspendiert.

d) Der pH-Wert der Suspension (8,43) wurde mit 0,01 M Zitronensäure auf den pH-Wert von 7,5 eingestellt.

e) In 20 ml 0,1 M TRIS-Puffer wurden 0,25 g vom Gesamtpolysaccharid gelöst; die Lösung wurde mit dem Ionenaustauscher-Gel gemischt und unter Rühren (Magnetrührer) für 40 Min. reagieren gelassen.

f) Die entstandene Gel-Polysaccharid-Mischung wurde in die aufgebaute Säule gefüllt und mit einer Fliessgeschwindigkeit von etwa 1 ml/min mit TRIS-Puffer eluiert um ein neutrales Polysaccharid zu erhalten.

g) Mit Hilfe der DC wurden die einzelnen Fraktionen des Polysaccharidanteils überprüft.

h) Im zweiten Schritt wurde mit 0,5 M NaCl das saure Polysaccharid eluiert.

i) Die jeweiligen neutralen und sauren Fraktionen wurden zur weiteren Verarbeitung verwendet.

-Weitere Schritte der Verarbeitung erhaltener Fraktionen

Die erhaltenen Lösungen wurden am Rotavapor bis zu einem kleinen Volumen eingeengt und dialysiert, um die Salze der Puffer zu entfernen. Hiermit erhält man zwei Polysaccharid-Fraktionen, die anschließend gefriergetrocknet wurden. Der weitere Ablauf folgte wie bei der Gewinnung der Polysaccharidmischung.

Material

-DEAE-Cellulose

-Ca. 100 ml 0,1 M TRIS-Puffer/ HCl pH= 7,5

-25% Salzsäure

-0,5 M NaCl ca.500 ml

-0,01 M Zitronensäure

-Aqua destillata

-Filternutsche

-Vakuumflasche

-Säule

4.3 Charakterisierung der Polysaccharidzusammensetzung

4.3.1 Hydrolyse

Ziel: Spaltung der glykosidischen Bindungen ohne Zerstörung der entstehenden Monosacccharide.

Prinzip

Um ihre Monosaccharidzusammensetzung zu analysieren, wurden die Polysaccharide mit Hilfe der sauren Hydrolyse gespalten. Durch die Anlagerung eines Protons an die glykosidische

Bindung wird die saure Hydrolyse katalysiert. Der Sauerstoff ist negativ polarisiert und reagiert über ein freies Elektronenpaar und erhält eine positive Ladung. Dieses ist energetisch ungünstig. Es kommt zur Bindungsspaltung der glycosidischen Bindung. Ein Monosaccharid mit einer Hydroxylgruppe liegt vor. Es lagert sich ein Hydroxid-Ion über ein freies Elektronenpaar des Sauerstoffs an das C-Atom des anderen Monosaccharids, somit entsteht eine Hydroxylgruppe an diesem C-Atom. [39]

Material

-Trifluoressigsäure TFA, (99%, Sigma-Aldrich)

-Micropipetten

-Aqua destillata

-Stickstoffgasflasche, ein Schlauch mit Pasteurpipette

-Methanol (min. 99,8%, Sigma-Aldrich)

-Trockenschrank

-Heizplatte

-Wasserbad

Durchführung

Etwa 10 mg der Probe wurden in einen Zentrifugierröhrchen eingewogen, mit 2 ml Trifluoressigsäure (TFA) versetzt und bei der Temperaturen von 120 °C für 2 h inkubiert. Danach wurde die Trifluoressigsäure, bei 60 °C am Waserbad unter Abzug mit Stickstoff abgedampft. Dem entstandenen Rückstand fügte man mehrmals etwa 1 ml Methanol oder Wasser hinzu und dampfte erneut bis zu Trockene ein, um den Rest der TFA zu entfernen. Die Proben wurden nochmal in Wasser aufgenommen und zur weiteren Analyse mit Hilfe von Linomat 5 auf die DC-Platten aufgetragen.

4.4 Dünnschichtchromatographie, DC (Thin-Layer Chromatography, TLC)

Prinzip

„Die DC ist ein schnelles und einfaches Verfahren zur Auftrennung von Substanzgemischen und zur Identifizierung/Charakterisierung bzw. halbquantitativen Bestimmung der einzelnen Komponenten, so dass sie häufig als Screening-Verfahren für bestimmte Stoffgruppen eingesetzt wird. Wie bei anderen chromatographischen Methoden beruht die Trennung darauf, dass die zu untersuchenden Substanzen zwischen einer stationären und einer mobilen Phase in unterschiedlicher Weise verteilt werden: Bei DC bewegt sich das Laufmittel (mobile Phase) über eine dünne Schicht des Sorptionsmittels (stationäre Phase) und transportiert dabei die einzelnen Komponenten des Substanzgemisches je nach Löslichkeit und/oder Adsorptionsverhalten unterschiedlich weit. DC-Trennungen erfolgen im Allgemeinen nach der aufsteigenden Methode, indem DC-Platten in das Laufmittel getaucht werden, das dann infolge der Kapillarkräfte in der Beschichtung über die Plattenfläche nach oben gesaugt wird.” [40]

Material

-Stationäre Phase; DC-Fertigplatten: (20*20 cm), die auf 5*10 oder 10*10 zugeschnitten wurden, DC-Kieselgel 60, fluoreszierend bei 254 nm.

-Entwicklungskammer (CAMAG)

-Linomat 5 (CAMAG), halbautomatisches Auftragegerät

-DC-scanner

-Eprouvetten

-Trockenschrank

-Haarfön

-entionisiertes Wasser

-Methanol (min. 99,8%, Sigma Aldrich)

-Acetonitril (min 99,9%, Fluka)

-Thymol, p.a

-Schwefelsäure konzentriert

-Trichloressigsäure

Lösungsmittel:

Methanol

Entionisiertes Wasser

Standards:

L-Rhamnose-Monohydrat (min 99%, Sigma)

D-Xylose (99%, Sigma)

D-Glucose

D-Galactose

D-Mannose

D-Galacturonsäure

D-Arabinose

Fliessmittel (Laufmittel)

Acetonitril/Wasser (17:3)

Detektionsreagens

Tauchbad: Thymolreagens: 0,5 g Thymol+ 5 ml Schwefelsäure konzentriert+ 95 ml Ethanol

Auftragsvolumen: 4 µl

Konzentration : 10 mg/ ml

Auswertung im Tageslicht

Abbildung 15: Monosaccharidprodukte

Durchführung

Die Proben, Einwaage von ca. 1-2 mg wurden in 0,5 ml Methanol gelöst auf die DC-Platten (10mal10) mit Hilfe vom Linomat 5 aufgetragen. Mit einem Haarföhn wurden die aufgetragenen Flecken getrocknet. In die gesättigte Entwicklungskammer mit hergestelltem Fliessmittel wurden die Platten hineingestellt und bis zu einer Lösungsmittelfront ca. 0,5 bis 1 Zentimeter unter dem oberen Rand der Platte entwickelt. Mit einer Zange entnahm man die DC-Platte heraus, föhnte ab und um eine bessere Trennung zu erhalten, entwickelte man es mehrere Male weiter. Zur Färbung der Zucker wurde die DC-Platte in ein Thymolreagenz getaucht, für 15 min in den Trockenschrank (ca. 110 °C) gelegt.

Abbildung 16: Linomat 5

„Das Gerät Linomat 5 bietet ein halbautomatisches Probenauftragen für qualitative und quantitative Analysen sowie für präparative Trennungen. Das Gerät ist routinetauglich bei mittlerem Probendurchsatz, erfordert aber zum Probenwechsel – im Gegensatz zum DC-Probenautomaten 4 – die Anwesenheit einer Bedienperson. Mit dem Linomat werden die Proben strichförmig auf die chromatographische Schicht aufgesprüht. Dieses Verfahren ermöglicht es, grössere Probenvolumina als bei der Kontaktauftragung aufzutragen. Beim Sprühvorgang verdampft das Lösungsmittel praktisch vollständig und die Probe wird zu einem scharfen Band wählbarer Länge konzentriert. ” [54]

5. Ergebnisse

5.1 Vorversuche zur Strukturaufklärung des Polysaccharids aus den Früchten von Sterculia lychnophora

5.1.1. Gewinnung der alkalilöslichen Fraktion

Extraktion

Die Einwaage von 1,0 g des Polysaccharids aus dem Trockenextrakt der Früchte von Sterculia lychnophora wurde mit der 4 M NaOH behandelt. Sofort konnte man eine gelb-bräunliche Färbung der Lösung wahrnehmen. Die Mischung wurde bei 60 °C über Nacht gerührt. Am anderen Tag war noch eine kleine Menge ungelöster Substanz zu entdecken. Es wurde davon ausgegangen, dass sich die gewünschten Polysaccharide bereits in Lösung befanden, und nur noch eventuell Zellulose ungelöst blieb. Nach der Zentrifugation, wurde der Rückstand noch zwei Mal mit 2 M NaOH behandelt und nochmals zentrifugiert. Die vereinigten Überstände des Extraktes wurden mit 25% Salzsäure neutralisiert.

Dialyse

Zur Monosaccharid-Analyse mit DC musste der hohe Salzanteil aus der Lösung mittels Dialyse entfernt werden. Die Proben wurden in die vorgekochten Dialyseschläuche gefüllt und in einem 5 l Plastikbecher gegen entionisiertes Wasser über Nacht dialysiert. Das Volumen betrug nach der Dialyse 126 ml.

Nach Lyophylisation (18-22 h) gewann man die alkalilösliche Polysaccharidfraktion als Pulver von gelb-bräunlicher, luftiger, watteähnlicher Konsistenz.

Die entstandene Färbung könnte ein Anzeichen für die Veresterung der Zucker mit lignanartigen Substituenten sein; diese beeinträchtigt aber die nachstehenden Analysen nicht. Die Ausbeute an Schleimstoff nach der Gefriertrocknung war 54% bei einer Einwaage von ca. 1,01 g.

Einwaage	Masse des Gesamtpolysaccharids	%
1005,91mg	540mg	53,68

Tabelle 9: Ausbeute an alkalilöslicher Fraktion

5.2 Ionenaustauschchromatographie - Trennung in saures und neutrales Polysaccharid

Eine bestimmte Menge (250 mg des Gesamtpolysaccharids) wurde für die säulenchromatographische Trennung verwendet.

Angesichts der früheren Arbeiten über Ocimum basilicum [46] wurde die Säulenelution in zwei Schritten durchgeführt. Zunächst wurde mit 0,1M Tris-Puffer eluiert, um aufällige neutrale Anteile zu erhalten. DC ergab dabei keine sichtbare Färbung.

Somit stellte man fest, dass die Probe keine signifikanten Mengen einer neutralen Polysaccharidfraktion enthält. Dennoch wurden die eluierten Fraktionen gesammelt und dialysiert und ergaben 0,019%.

Im zweiten Schritt wurde mit 0,5 M NaCl eine saure Fraktion eluiert, man konnte gleich eine Änderung des Eluats erkennen, welches eine bräunliche Färbung zeigte. Diese Färbung ähnelt der Farbe der Polysaccharidmischung; wahrscheinlich ist die dafür verantwortliche Substanz an die funktionellen Gruppen des sauren Polysaccharids gebunden.

Der direkte Nachweis auf der DC-Platte durch die stark sichtbare, braune Färbung nach der Detektion mit Thymolreagenz, deutet das Vorhandensein einer sauren Polysaccharidfraktion in der Probe an.

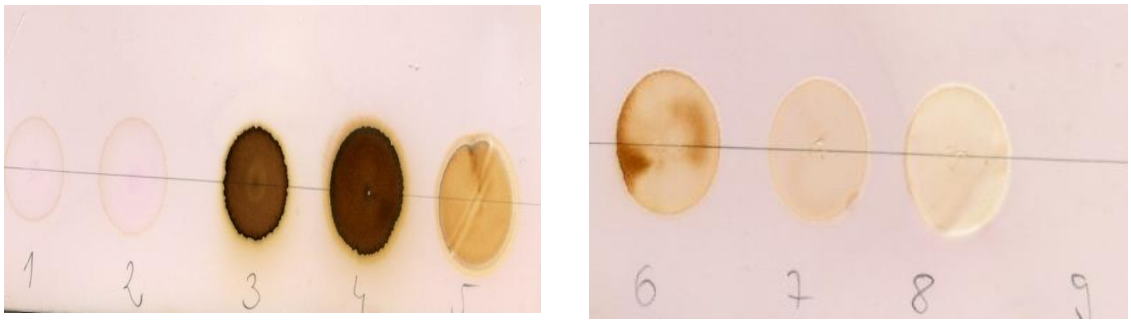


Abbildung 17: Nachweis der sauren PS-Fraktion

Einwaage	Ausbeute des neutralen PS	Ausbeute des sauren Polysaccharids
250 mg	0,019%	60%

Tabelle 10: Ausbeute nach der Ionenaustauschchromatographie

Wegen der ersichtlich sehr niedrigen Ausbeute des neutralen Polysaccharids, wurde der weiteren analytischen Untersuchung keine Wichtigkeit beigemessen.

Es wurde nur das saure Polysaccharid weiter analysiert.

Die gewonnenen Fraktionen (48 ml) wurden weiter der Dialyse und der Lyophilisation unterzogen.

Im nächsten analytischen Schritt, wurde eine Dünnschichtchromatographie nach der Säurehydrolyse des isolierten, sauren Polysaccharids durchgeführt.

5.3 Ergebnisse der Dünnschichtchromatographie

In der folgenden Tabelle sind einige möglicherweise enthaltene Monosaccharide als Standards nach sinkenden Rf-Werten und der entsprechenden Farbgebung mit Thymol-Sprühreagenz angeführt.

Monosaccharid	**Farbe**
L-Rhamnose	Braungelb
D-Xylose	Blau
D-Arabinose	Graublau
D-Galactose	Bräunlichrot
D-Glucuronsäure	Grau
D-Galacturonsäure	Braungrau

Tabelle 11: Monosaccharide nach sinkendem Rf-Werten und Farbgebung

5.3.1 Untersuchung der Monosaccharidzusammensetzung des sauren Polysaccharids aus *Sterculia lychnophora* Hance

Die Dünnschichtchromatographie wurde mit dem Linomat-Auftragegerät vorgenommen, um Genaueres über die Komponenten der alkalilöslichen Fraktion und der einzelnen Monosaccharide der *Sterculia lychnophora* zu ermitteln.

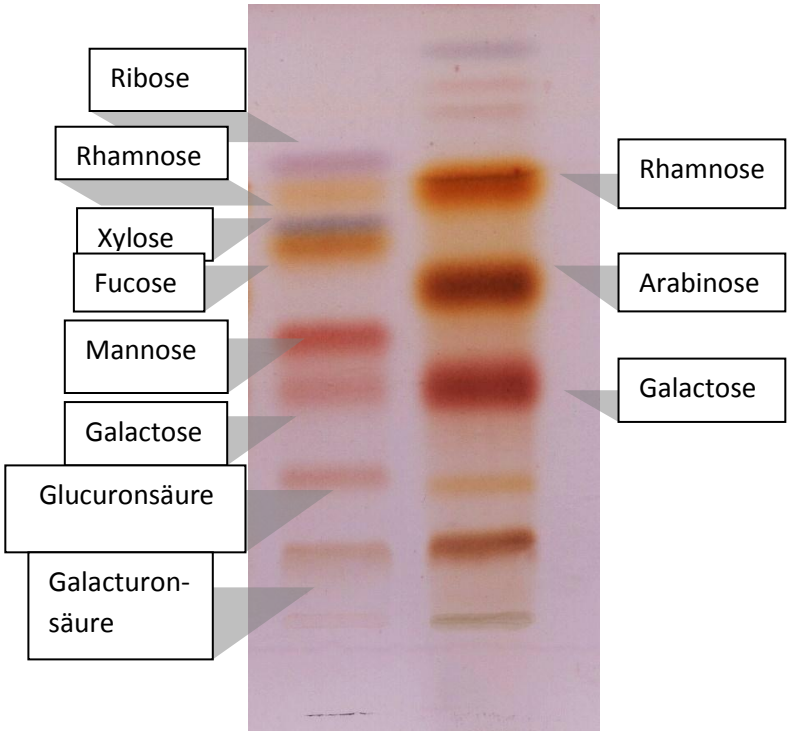


Abbildung 18: DC eines Mischstandards und der gesamten Polysaccharidfraktion (Linomat 5)

Bahn 1: 4 µl Mischstandard mit neun Monosacchariden von oben nach unten (Ribose, Rhamnose, Xylose, Fucose, Mannose, Galactose, Glucuronsäure, Galacturonsäure)

Bahn 2: 4 µl Probe (das gesamte Hydrolysat)

Detektionsreagenz: Thymol, Fliessmittel: Acetonitril/H_2O (17:3)

Abbildung 18 zeigt ein Dünnschichtchromatogramm eines Mischstandards aus neun Monosacchariden, wobei nur einmal entwickelt wurde. Es zeigte sich eine relativ schlechte Auftrennung der Monosaccharide, speziell die braunroten Banden von Galactose und Mannose waren ineinander verschwommen. In weiterführenden Versuchen wurde dreimal entwickelt woraus sich eine verbesserte Auftrennung ergab.

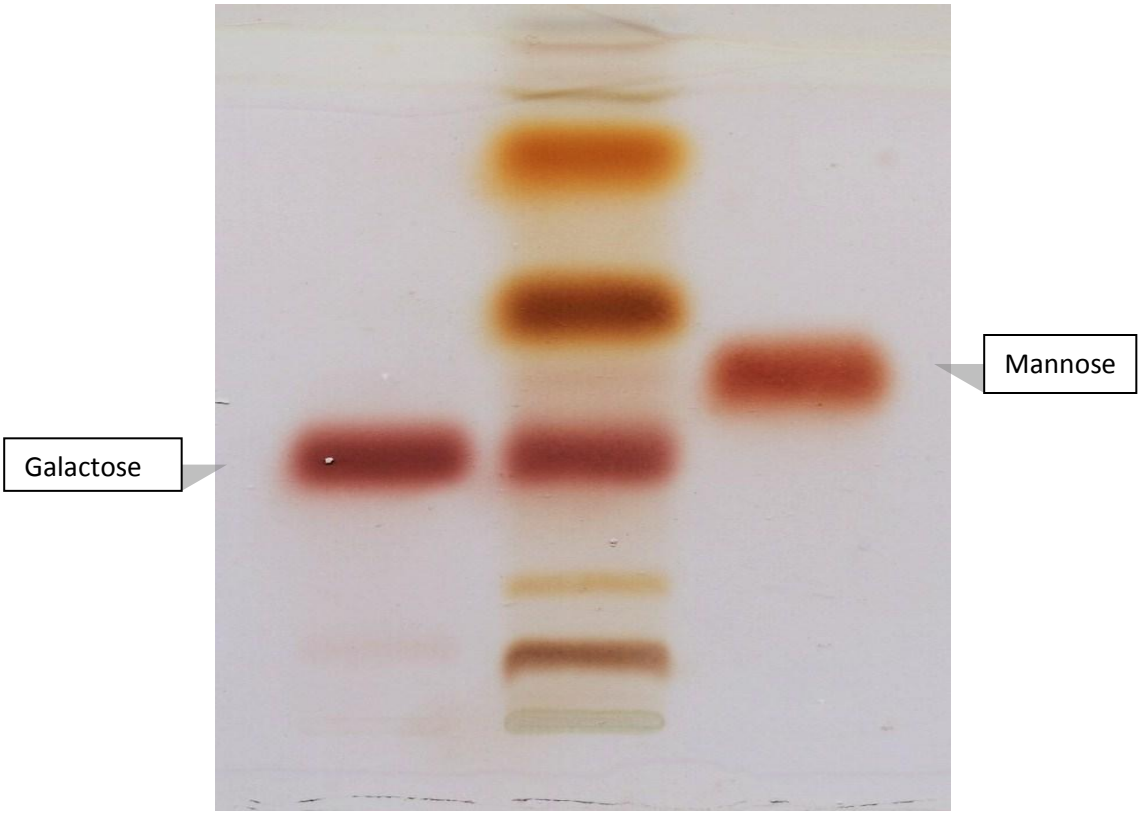


Abbildung 19: Unterschied Galactose und Mannose

Bahn 1: 4 µl Galactose

Bahn 2: 4 µl Probe

Bahn 3: 4 µl Mannose

Abbildung 19 zeigt eine DC-Platte mit standardisiertem Auftragen einzelner Monosaccharidstandards 4 µl Galactose und 4 µl Mannose. Es wurde festgestellt, dass eindeutig das Monosaccharid Galactose in der Probe enthalten ist.

5.3.1.1 Hydrolyse des sauren Polysaccharids aus Sterculia lychnophora mit 2 M Trifluoressigsäure (TFA) - Hydrolyse unter aggressiven Bedingungen

Um die Monosaccharidzusammensetzung mittels DC zu untersuchen, wurden die Polysaccharidfraktionen (je 1 mg) 2 h bei 120 °C mit 2 M TFA hydrolysiert. Thymol erwies sich als geeignetes Detektionsreagenz zum Nachweis aller vorhandenen Monosaccharide. Die DC-Platten wurden dreimal entwickelt, was sich auch bei früheren Diplomarbeiten bewährt hatte. [46]

5.3.1.2 Carboxyl-Reduktion des sauren Polysaccharids

Parallel zur Hydrolyse wurde das saure Polysaccharid reduziert. (Reduktion der Carboxylgruppen der Uronsäuren), was zu weiteren analytischen Schritten für die HPLC genutzt werden sollte.

Abbildung 20: Hydrolyse und Carboxylreduktion des sauren Polysaccharids, 2 M TFA, 2 Std. 120 °C, 3 mal entwickelt, Linomat 5

Bahn 1: MST 1 (Rhamnose und Galactose) je ca. 20 mg / 10 ml H_2O

Bahn 2: Saures Polysaccharid-Hydrolysat mit 2 M TFA

Bahn 3: Saures Polysaccharid-Hydrolysat mit 2 M TFA nach der Reduktion

Bahn 4: gesamt Polysaccharid nach der Hydrolyse

Bahn 5: MST 2 (Arabinose und Galacturonsäure) je ca. 20 mg/ 10 ml H_2O

In der Abbildung 20 zeigt sich eine deutliche Auftrennung der hydrolysierten Polysaccharidfraktion, d.h. die gesamt alkalilösliche Fraktion und die daraus gewonnene Teilfraktion des sauren Polysaccharids im Vergleich zu den rechts und links aufgetragenen Mischstandards (MST 1 und MST 2). Mit dem Linomaten wurden die Bahnen aufgetragen und die Platte dreimal entwickelt. Daraus resultierte eine gute Auftrennung der Monosaccharide, indem das saure Polysaccharid diese Reihenfolge von oben nach unten der bestehenden Monosaccharide zeigte: L-Rhamnose, L-Arabinose, D-Galactose, D-Galacturonsäure.

Bahn 3 zeigt die Hydrolyseprodukte aus dem carboxylreduzierten *Sterculia lychnophora* Polysaccharid. Die Bande von Galacturonsäure ist fast völlig verschwunden, die der Galactose relativ intensiver geworden.

Die intensiven Farben der Banden der entsprechenden Monosaccharide:

- L-Rhamnose (braungelb)
- L-Arabinose (graublau)
- D-Galactose (braunrot)
- D-Galacturonsäure (rötlich-grau)

In der unteren Hälfte der DC-Platte zwischen Galacturonsäure und Galactose erscheinen dünne hellgraue Banden in den Bahnen 2, 3 und 4. Diese könnten auf Disaccharide oder Oligosaccharide zurückzuführen sein, welche bei unvollständiger Hydrolyse des Polysaccharids entstehen.

5.4 Untersuchung der Monosaccharidzusammensetzung des Trockenextrakts aus der essbaren Süsswasseralge, Microspora spp.

Die aus Nan River Province, Thawangpha Distrikt, Thailand stammende Süsswasseralge *Microspora spp*., wurde getrocknet, mit destilliertem Wasser bei 50 °C extrahiert und das Extrakt lyophilisiert. Mit dem Lyophylisat wurde eine DC-Analyse der Monosaccharidzusammensetzung durchgeführt.

5.4.1 Hydrolyse der Probe Microspora spp. unter aggressiven Bedingungen (2M TFA, 120°C, 2h)

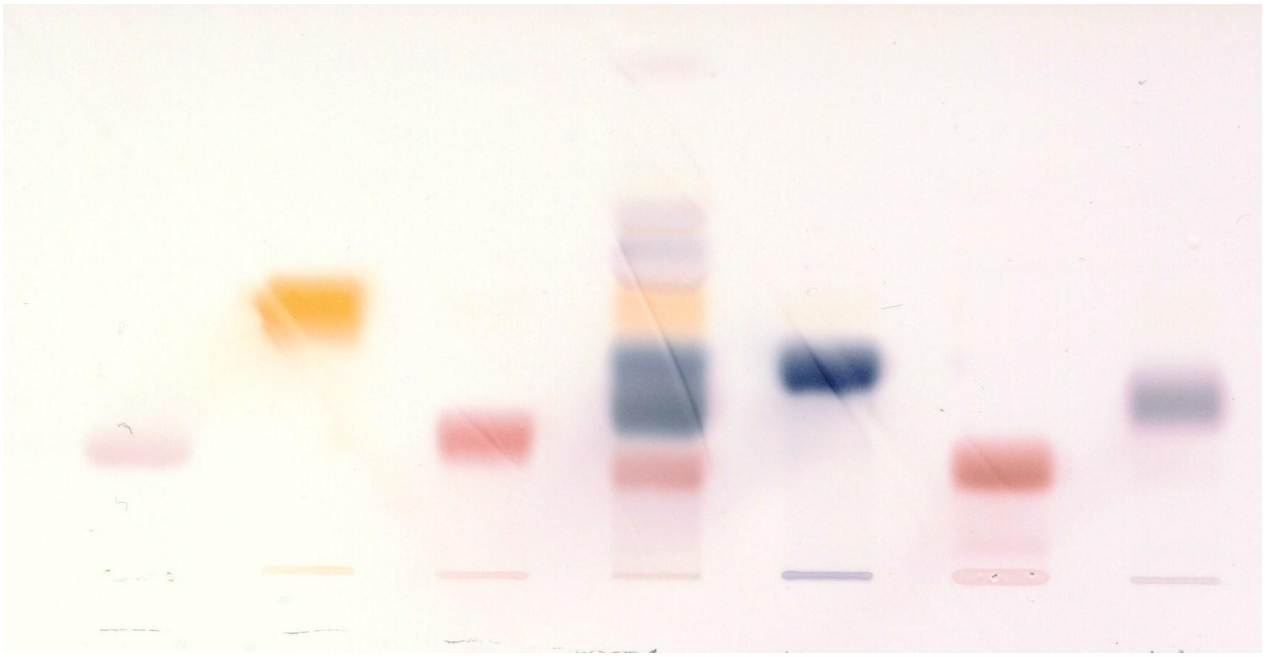


Abbildung 21: DC-Platte einzelner Monosaccharide, Hydrolyse-Probe, Linomat, 2 mal entwickelt, Laufmittel: Acetonitril/Wasser

Bahn 1: 5 µl Glucose-Standard (ca. 20 mg/10 ml H_2O)

Bahn 2: 5 µl Rhamnose-Standard (ca.25 mg/10 ml H_2O)

Bahn 3: 5 µl Mannose-Standard (ca.25 mg/10 ml H_2O)

Bahn 4: 5µl Probe

Bahn 5: 5 µl Xylose-Standard (ca.75 mg/10 ml H_2O)

Bahn 6: 5 µl Galactose-Standard (ca.25 mg/10 ml H_2O)

Bahn 7: 5 µl Arabinose-Standard (ca.25 mg/10 ml H_2O)

Die Probe wurde mit 2 M TFA, bei 120 °C für 2 Stunden hydrolysiert und auf eine Dünnschichtplatte mit Linomat aufgetragen.

Abbildung 22: Vergleich der Probe mit Mischstandard

Bahn 1: 4 µl Mischstandard (Rhamnose, Xylose, Arabinose, Galactose)

Bahn 2: 5 µl Probe

Temperatur 120 °C, TFA (2 M) 1 ml, Detektionsreagenz: Thymol

In der Abbildung 22 sollen nochmal genau die vorhandenen Monosaccharide als Mischstandard im Vergleich zu Probe veranschaulicht werden.

Nach der Hydrolyse konnten folgende Zucker in der wasserlöslichen Fraktion der *Microspora spp*. identifiziert werden:

- Rhamnose
- Xylose
- Arabinose
- Galactose

Die schwache Färbung oberhalb der Rhamnose-Bande könnten auf Zersetzungsprodukte nach der Hydrolyse deuten.

5.5 Vergleich der Monosaccharidzusammensetzung von Sterculia lychnophora und Süsswasseralge Microspora spp.

Abbildung 23: DC-Vergleich Monosaccharidzusammensetzung von Sterculia lychnophora und Microspora spp.

In Abbildung 23 wird die DC-Analyse des Polysaccharid-Hydrolysats aus *Sterculia lychnophora* der DC-Analyse des Polysaccharid-Hydrolysats aus der Süsswasseralge *Microspora spp.* gegenübergestellt. Beide Polysaccharide enthalten Rhamnose, Arabinose und Galactose. Das Polysaccharid aus *Sterculia lychnophora* enthält relativ viel Galacturonsäure und ist daher eher pektin-artig; dagegen enthält das Polysaccharid aus der Süsswasseralge *Microspora spp.* relativ viel Arabinose; es handelt sich dabei wahrscheinlich um ein verzweigtes Arabinan oder Arabinogalaktan. Beide Polysaccharide sind in traditionell essbaren Pflanzenteilen enthalten und eignen sich daher prinzipiell als "Functional foods" oder kalorienarme Nahrungsergänzungsmittel.

6. Zusammenfassung und Diskussion

Diese Diplomarbeit befasst sich mit der Untersuchung der Monosaccharidzusammensetzung aus dem Extrakt der Süsswasseralge Microspora spp. und den Früchten der Pflanze Sterculia lychnophora Hance.

Aus den Extrakten, gewonnen aus Microspora spp. und den Früchten der Pflanze Sterculia lychnophora Hance wurden Polysaccharidgemische gewonnen und eine alkalilösliche Polysaccharidfraktion erhalten.

Ein wesentlicher Punkt der vorliegenden Arbeit war die Isolierung der sauren und neutralen Polysaccharidfraktion mit Hilfe der Ionenaustauschchromatographie mit DEAE-Zellulose und die DC-Analyse der Monosaccharidzusammensetzung. Nachzuweisen war nur das saure Polysaccharid aus Sterculia lychnophora Hance.

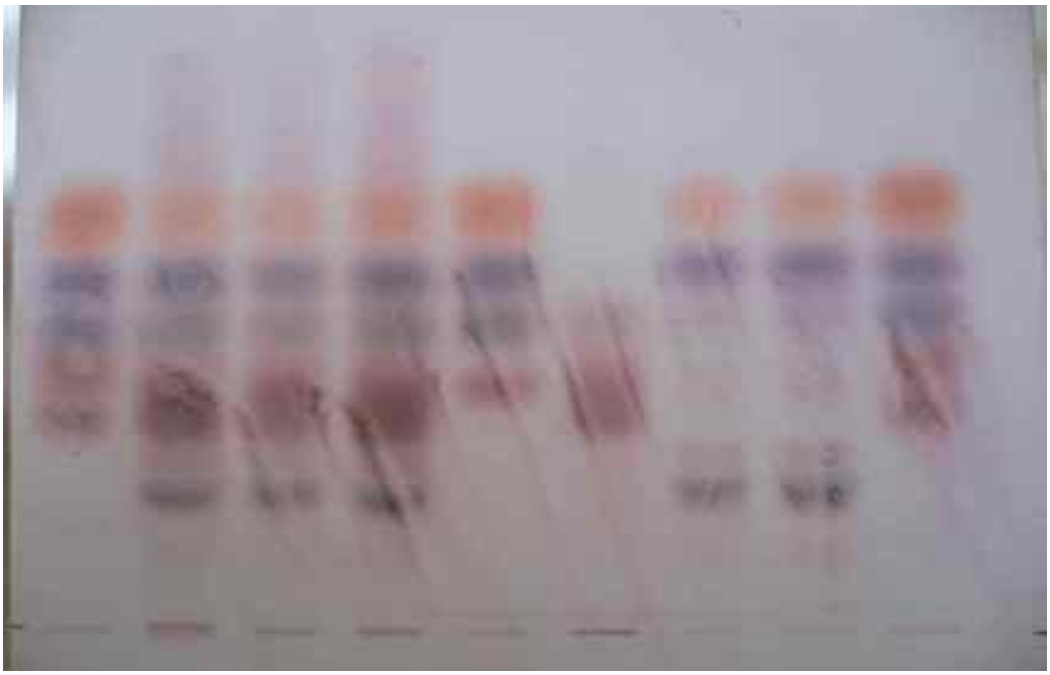
Für das saure Polysaccharid aus *Sterculia lychnophora* Hance konnten Rhamnose, Arabinose, Galactose und Galacturonsäure bestimmt werden (Abb. 18).

In der wasserlöslichen Fraktion der Microspora spp. wurden die Zucker Rhamnose, Xylose, Arabinose und Galactose identifiziert (Abb.22).

Ein weiteres Ziel dieser vorliegenden Arbeit war es, das Potential, den Nutzen und die pharmazeutisch-medizinische Anwendung verschiedener Algen, insbesondere der Süsswasseralgen und dessen Vertreter *Microsporra spp*. zu beschreiben (siehe Kapitel 2). Anschliessend wurde die thailändische Pflanze, *Sterculia lychnophora* Hance und ihre medizinischen Wirkungen erläutert (siehe Kapitel 3).

Auch in vorangegangenen Diplomarbeiten wurden Monosaccharid-Zusammensetzungen von Polysacchariden aus südostasiatischen Pflanzen untersucht. So wurde zum Beispiel aus den Samen von *Ocimum basilicum* [46,55] eine alkalilösliche Polysaccharidfraktion erhalten, die neutrale und saure Polysaccharide enthält.

Das neutrale Polysaccharid wies Glucose, Galactose, Mannose und Arabinose als Komponenten auf. Beim sauren Polysaccharid konnte Xylose, Rhamnose, Arabinose, und Spuren von Glucose und Galactose sowie eine Uronsäure bestimmt werden.



1 2 3 4 5 6 7 8 9

Abbildung 24: Zusammensetzung einzelner Fraktionen, isoliert aus Ocimum basilicum [46]

Bahn 1 und 9: Standards; Rhamnose, Xylose, Arabinose, Mannose, Galactose

Bahn 2, 3,4: Gesamt-Polysaccharid Ocimum basilicum

Bahn 5: Standards; Rhamnose, Xylose, Arabinose, Glucose

Bahn 6: Neutrales Polysaccharid (Glucose, Galactose, Mannose, Arabinose)

Bahn 7 und 8: Saures Polysaccharid Rhamnose, Xylose

Aus den Samen einer weiteren Pflanze thailändischer Herkunft, *Hyptis suaveolens* [34] konnte ebenfalls ein saures und ein neutrales Polysaccharid, mit folgender Monosaccharidzusammensetzung identifiziert werden:

Die DC-Analyse in Abbildung 25 zeigt, auf der Bahn 8 das neutrale Polysaccharid mit den Zuckern Mannose, Glucose und Galactose und das saure Polysaccharid, auf der Bahn 5, enthält Xylose, Fucose, Glucose, Galactose, 4-O-methyl-Glucuronsäure und Glucuronsäure.

Die bereits früher untersuchten Pflanzenpolysaccharide aus *Ocimum basilicum*, *Hyptis suaveolens* und *Sterculia lychnophora* zeigten im Vergleich zur Süsswasseralge *Microspora spp*. eine sehr ähnliche Monosaccharidzusammensetzung.

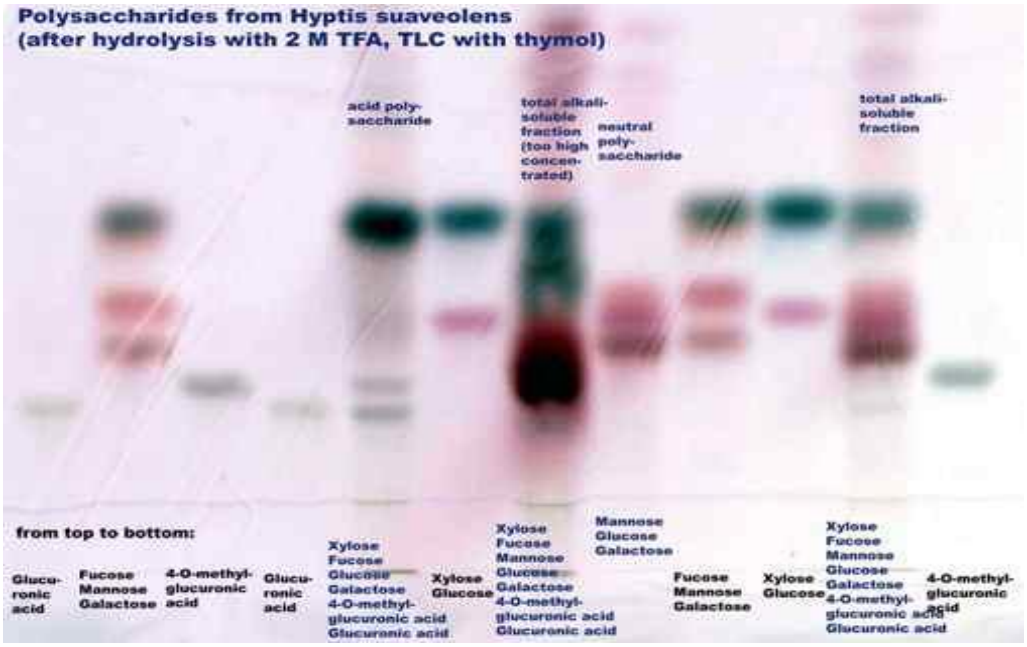


Abbildung 25: Monosaccharidzusammensetzung aus Hyptis suaveolens [34]

Literaturverzeichnis

[1] Functional Food htpp://www.hausmed.de/gesund-leben/functional-food (Stand Dezember/2010)

[2] Kurt Widhalm (Hrsg), Ernährungsmedizin, (2009), (3. überarbeitete und erweiterte Auflage), Deutscher Ärzte-Verlag, Seite 153

[3] http://www.hausmed.de/suche/q/präbiotika (Stand Januar/2011)

[4] Heinrich Kasper, Ernährungsmedizin und Diätetik, (2009), Der Urban & Fischer Verlag 2009; Seite 152

[5] Die 100 gesündesten Lebensmittel http://www.randomhouse.de/content/edition/excerpts/60904.pdf , Stand Januar 2011

[6] Chemische und physiologische Aspekte von Nahrungskohlenhydraten http://www.rosenfluh.ch/rosenfluh/articles/download/926/Aspekte_von_Nahrungskohlen_hydraten.pdf

[7] Rudolf Hänsel, Otto Sticher, (2010) Pharmakognosie-Phytopharmazie, (9.Auflage), Springer Verlag, Seite 524

[8] Ref. [7], Seite 522

[9] Gerhard Richter, (1997) Stoffwechselphysiologie der Pflanzen, 6.Auflage, Thieme Verlag, Seite 251

[10] http://www.akadmed.org/wiki/index.php?title=Ballaststoffe

[11] Ref. [7], Seite 473

[12] Ref. [7], Seite 470

[13] Ref. [7], Seite 472

[14] Thalasso http://www.sole-spa.de/index.php?option=com_content&view=article&id=35&Itemid=31 (Stand 1/2011)

[15] Nachhaltige Marikultur http://www.crm-online.de/wordpress/wp-content/uploads/2010/05/B4_2010_0520_White_Paper_lev+SR.pdf (Stand 1/2011)

[16] Chlorella vulgaris http://www.danzinger138.de/chlorella/algen_allgemein.htm# (Stand 1/2011)

[17] Macroalgae and Microalgae- What`s the difference? http://www.simplexityhealth.com/associatenew/technical/macvsmic.html (Stand 2010)

[18] Schwerpunkt-Algen in Ernährung und Medizin-Meersalat und Wunderdroge? http://www.iug-umwelt-gesundheit.de/pdf/2004-3_schwerpunkt2.pdf (Stand 3/2004)

[19] Algen http://www.thalasso-verband.de/index.php?idcat=37&sid=fld455591d74cc9c4a85c8390b0aceaf (Stand 2011)

[20] Lebensmittel www.foodnews.ch/x-plainmefood/20_lebensmittel (Stand 3/2008)

[21] www.nutimmun.de/de/service/wissenswertes/glucane.html (Stand 2011)

[22] Rudolf Hänsel, Otto Sticher, (2010) Pharmakognosie-Phytopharmazie (9.Auflage), Springer Verlag, Seite 587

[23] Uses of Algae www.buzzle.com/articles/uses-of-algae.html (Stand 2011)

[24] Algen und Algenprodukte als hochwertige Lebensmittel www.algen-algenprodukte.de (Stand 2006)

[25] Spirulina aus kontrolliert biologischem Anbau http://www.biogena.at/web/produkte~id-76-Spirulina_400 (Stand 2006)

[26] Algen- Gemüse aus dem Wasser www.totalneutral.net/fileadmin/user-upload/Fachinfos/pdf_dl/02-002.pdf (Stand 2009)

[27] Algen gehören ins Meer? Spirulina www.pta-aktuell.de/media/pdf/PTA_06_2002_28-32.pdf (Stand 2002)

[28] Süsswasseralgen, Gemüse und Kräuter entgiften www.g-netz.de/Gesundheit_aktuell/_kaske/pestizide.shtml (Stand 2001)

[29] Hillary Belcher & Erica Swale, (Dezember 1976), A Beginner`s Guide to Freshwater Algae, London: Her Majesty`s Stationery Office, Seite 5

[30] www.wordlingo.com/ma/enwiki/de/Microspora

[31] The Genus Microspora www.lifesciences.napier.ac.uk/algalweb/Microsp.htm (Stand 2010)

[32] Microspora Thured-Green algae http://silicasecchidisk.conncoll.edu/LucidKeys/Carolina_Key/html/Microspora_Main.html (Stand 2009)

[33] Lokhorst, Gijsbert M, Taxonomic study of the genus Microspora THURED (Chlorophyceae); Rijksherbarium, NL-2300 RA, Leiden, Netherlands (June, 1999)

[34] Riha J. (2007), Saures Polysaccharid aus Hyptis suaveolens: Präbiotikum und protektives Hydrogel

[35] C. Palanuvej, S. Hokputsa, T. Tunsaringkarn, N. Ruangrungsi.; (2009) *In Vitro* glucose Entrapment and Alpha-Glucosidase Inhibition of Mucilaginous Substances from Selected Thai Medical Plants. Sci Pharm; 837-847

[36] www.china-papers.com/?p=31635; Study on Structure and Functional Properties of an Acidic Polysaccharide Isolated from Boat-fruited Sterculia Seeds; (Stand July, 2010)

[37] L.Mungmai, Y. Peerapornpisal, H.Viernstein, F.M. Unger, W.Praznik, R. Loeppert, (2010); Carbohydrate content of edible algae *Microspora* from Nan River, Thailand.

[38] Oetjen, Georg-Wilhelm; Gefriertrocknen; (1997) VCH Verlagsgesellschaft mbH; Seite 1

[39] Hydrolyse: Spaltung unter Wasseranlagerung www.williswissensweb.homepage.t-online.de/chemie/lebensmittel/fnachweise.html (Stand 2010)

[40] Reinhard Matissek, Gabriele Steiner, Markus Fischer; (2010) Lebensmittelanalytik; Springer Verlag, Seite 356

[41] Y. Peerapornpisal, D. Amomdedpison, C.Rujjanawate, K. Ruangrit and D. Kanjanapothi; Two Endemic Species of Macroalgae in Nan River, Northern Thailand, as Therapeutic Agents; ScienceAsia 32, Supplement 1 (2006): 71-76

[42] www.aseanbiodiversity.info/Abstract/53002724.pdf; Y. Peerapornpisal, S. Chaisuk, C. Chaiubol and P. Waiyaka; An Ecology and the use of Kai and Lon in Nan and Khong Rivers; 28.Congress on Science and Technology of Thailand; 2002, page 403

[43] www.thaiscience.info Y. Peerapornpisal, I. Pongsirikul, K. Ruangrit et. al. ; Potential of use of fresh water macroalgae in Nan River as food and drug in the second year; 2005

[44] P. Fahprathanchai, K. Saenphet, Y. Peerapornpisal and S. Aritajat; Toxicologycal of Cladophora glomerata Kützing and Microspora Floccosa Thured in albino rats; (2006), Vol 37 (suppl 3), p. 206-209

[45] Stinkbäume http://de.wikipedia.org/wiki/Stinkbäume (Stand 2011)

[46] Wenig, L. (2008), Präbiotische Polysaccharide aus Ocimum basilicum: Trennung und Charakterisierung der Bestandteile der alkalilöslichen Fraktion unter Einsatz von Anionen-Austausch-Chromatographie, Diplomarbeit an der Universität Wien

[47] Cambodia Tree Seed project, *Sterculia lychnophora* Hance http://aefek.free.fr/travaux/iso_album/wholebook.pdf (Stand 2004)

[48] Boat-fruited Sterculia Seed Extract http://www.fzrm.com/plantextracts/Boat-fruited_Sterculia_Seed_extract.htm (Stand 2008)

[49] Sterculia lychnophora http://en.wikipedia.org/wiki/Sterculia_lychnophora (Stand 2010)

[50] Malva Saft www.magic-berries.com/malva-nut-benefits.html (Stand 2009)

[51] Pongpan L., Supattira P. and Yuwadee Peerapornpisal; Diversity of Benthic Diatoms and Macroalgae and Water Quality in the Mekong River Passing Chiang Rai Province, Thailand; 2009 KKU Sci.J.37 (Supplement) 143-152

[52] Nostochopsis lobatus http://zipcodezoo.com/Bacteria/N/Nostochopsis_lobatus/ (Stand 2009)

[53] U.Pandey and J. Pandey; Enhanced production of biomass, pigments and antioxidant capacity of a nutritionally important cyanobacterium *Nostochopsis lobatus;* Bioresource Technology Volume 99, Issue 10, July 2008, Pages 4520-4523

[54] www.camag.com/downloads/free/brochures/CAMAG_TLC07-09D.pdf, (Stand 2011)

[55] Tschenett R. (2006), Präbiotische Polysaccharide aus Ocimum basilicum: Charakterisierung der Monosaccharidzusammensetzung der alkalilöslichen Fraktion, mit besonderer Berücksichtigung der quantitativen Dünnschichtchromatographie, Diplomarbeit (Universität Wien)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Alginat……..20

Abbildung 2: Agar-Agar ……....20

Abbildung 3: Carrageen……..21

Abbildung 4: Wirkung und Strukturformel von Beta-Glucanen……21

Abbildung 5: Chlorophyll und Hämoglobin-Molekül…….....24

Abbildung 6: Spirulina platensis…….…...25

Abbildung 7: AFA-Algen……...26

Abbildung 8: Cladophora glomerata Kützing…….....…..28

Abbildung 9: Microspora Thured, H-förmige Zellwand……29

Abbildung 10: Map of Thailand, Chiang Mai Province, Mekong River……34

Abbildung 11: Sterculia lychnophora Hance……..35

Abbildung 12: Samen der Sterculia lychnophora……...…37

Abbildung 13: Sterculia lychnophora Baum……..39

Abbildung 14: Lyophilisator Heto Power Dry…….....44

Abbildung 15: Monosaccharid Produkte……50

Abbildung 16: Linomat 5……...51

Abbildung 17: Nachweis der sauren Polysaccharid-Fraktion……54

Abbildung 18: DC eines Mischstandards und gesamte Polysaccharid-Fraktion……56

Abbildung 19: Unterschied Galactose und Mannose…….....57

Abbildung 20: Hydrolyse und Carboxylreduktion des sauren Polysaccharids……..…58

Abbildung 21: DC einzelner Monosaccharide, Hydrolyse-Probe, Linomat, 2mal entwickelt…..60

Abbildung 22: Vergleich der Probe mit Mischstandard unterschiedlich konzentrierter Zucker…….....…….....61

Abbildung 23: DC Vergleich der Monosaccharide von Sterculia lychnophora und Microspora spp.....63

Abbildung 24: Zusammensetzung einzelner Fraktionen, isoliert aus Ocimum basilicum.....65

Abbildung 25: Monosaccharidzusammensetzung aus Hyptis suaveolens……66

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Probiotische Lactobacillus-und Bifidobacterium-Species, die zur Herstellung von Lebensmitteln eingesetzt werden……..6

Tabelle 2: Gesundheitsfördernde Effekte probiotischer Lebensmittel…….……...…….7

Tabelle 3: Verdaulichkeit, Bausteine und Hauptquellen der Polysaccharide…….……..…...9

Tabelle 4: Beispiele von löslichen Ballaststoffen und Quellstoffen, unlöslichen Ballaststoffen und Füllstoffen…….……..…11

Tabelle 5: Reserve-Polysaccharide der höheren Pflanzen und Algen……...12

Tabelle 6: Zellwandbestandteile der höheren Pflanzen und Algen……... 13

Tabelle 7: Vorkommen und Verbreitung der wichtigsten Algenklassen…….…..16

Tabelle 8: Taxonomische Studien der Gattung Microspora Thured…….….30

Tabelle 9: Ausbeute an alkalilöslicher Fraktion…….……...…….53

Tabelle 10: Ausbeute nach der Ionenaustauschchromatographie……...……54

Tabelle 11: Mischstandard nach sinkenden Rf-Werten und Farbgebung……...……55

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Edvina Keserovic

Wohnort: 1200 Wien und Sarajevo

Nationalität: Bosnien und Herzegowina

Geburtsdatum: 12.4.1983

Geburtsort: Gradacac, Bosnien und Herzegowina

Eltern: Dr. Vahid Keserovic (Facharzt für Notfallmedizin)

Bisera Keserovic

Geschwister: Adela Keserovic

Ausbildung:

1993- 1996: Hauptschule Markt Indersdorf, Deutschland (Bayern)

1996- 1998: Realschule Dachau, Deutschland

1998- 2002: Medizinische Hochschule, Sarajevo

2002: Beginn des Diplomstudiums Pharmazie in Sarajevo

2004: Fortsetzung des Diplomstudiums Pharmazie in Wien

2009: Beginn der Diplomarbeit im Department für Pharmazeutische Technologie und Biopharmazie

Berufserfahrung:

2004: Marktforschung – FOCUS Media Research

2004- 2006: M&P-Marketing und Planung Werbeagentur

2006- 2009: Wanek Marketing-Service