

Aus dem Institut für Lebensmitteltechnologie

Universität Hohenheim

Fachgebiet: Lebensmittel pflanzlicher Herkunft

Prof. Dr. habil. R. Carle

**Recovery, Characterization and Application  
of a Functional Food Ingredient containing  
Carotenes and Oligogalacturonic Acids  
from Carrot Pomace**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors  
der Naturwissenschaften

der Fakultät N  
Naturwissenschaften  
der Universität Hohenheim

von  
**Thomas Stoll**  
aus Kirchheim / Teck

**2004**

Die vorliegende Arbeit wurde am 05.04.2004 von der Fakultät Naturwissenschaften der Universität Hohenheim als "Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften" angenommen.

Tag der mündlichen Prüfung: 01.07.2004

Dekan: Prof. Dr. K. Bosch

Berichterstatter, 1. Prüfer: Prof. Dr. R. Carle

Mitberichterstatter, 2. Prüfer: Prof. Dr. B. Kunz

3. Prüfer: Prof. Dr. W. Schwack

Berichte aus der Lebensmitteltechnologie

**Thomas Stoll**

**Recovery, Characterization and Application  
of a Functional Food Ingredient containing  
Carotenes and Oligogalacturonic Acids  
from Carrot Pomace**

D 100 (Diss. Universität Hohenheim)

Shaker Verlag  
Aachen 2004

**Bibliographic information published by Die Deutsche Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data is available in the internet at <http://dnb.ddb.de>.

Zugl.: Hohenheim, Univ., Diss., 2004

Copyright Shaker Verlag 2004

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-3017-3

ISSN 1614-273X

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

*Meiner Familie  
und meinen Freunden*



Damit das Mögliche entsteht, muß immer  
wieder das Unmögliche versucht werden

*Hermann Hesse*



## DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich all denen meinen herzlichen Dank aussprechen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Mein besonderer Dank gilt

Herrn Prof. Dr. R. Carle für die Überlassung des Themas, die stete Bereitschaft zur Diskussion und umfassenden Förderung dieser Arbeit sowie für die hervorragenden Arbeitsbedingungen.

Herrn PD Dr. Andreas Schieber für die engagierte Mitbetreuung meiner Arbeit und die zahlreichen konstruktiven Diskussionen.

Herrn Prof. Dr. B. Kunz (Institut für Lebensmitteltechnologie, Universität Bonn) für die Übernahme des Korreferats.

Frau Dr. Sybille Neidhart für die hilfreichen Anregungen zur Optimierung der enzymatischen Hydrolyse.

Frau Sandra Bayha für die zuverlässige und unermüdliche Assistenz bei der Durchführung der umfangreichen Versuche.

Frau Ute Schweiggert und Herrn Steffen Zürn für die wertvollen Beiträge zu dieser Arbeit, die sie im Rahmen ihrer Diplomarbeiten geleistet haben.

Herrn Martin Leitenberger für die tatkräftige Unterstützung, vor allem in apparatetechnischen Fragestellungen.

Herrn Klaus Mix für die kompetente Unterstützung bei der Durchführung von Versuchen im Technikumsmaßstab.

Herrn Dr. Klaus M. Biemel (Institut für Lebensmittelchemie, Universität Hohenheim) für die Aufnahme der Massenspektren.

Herrn Dr. Michael Mensah-Wilson für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Allen Kolleginnen und Kollegen für die gute Zusammenarbeit und das hervorragende Arbeitsklima.

Den Herren M. Seidel und F. Rösenberg (Gemüsesaft GmbH, Neuenstadt am Kocher-Stein) für die gute Kooperation im Rahmen des BMBF-Projektes *"Integrierter Umweltschutz in der Ernährungsindustrie"*.

Herrn Dr. H.-U. Endreß (Herbstreith & Fox KG, Neuenbürg) für die zur Verfügung gestellten Pektine und Oligogalacturonsäure-Muster.

Den Firmen Novo Nordisk Ferment Ltd. (Dittingen, Schweiz), AB Enzymes GmbH (Darmstadt) und DSM Food Specialities (Lille Cedex, Frankreich) für die freundliche Überlassung diverser Enzympräparate.

Dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Finanzierung dieser Arbeit (BMBF 0339820).

# CONTENTS

	PRELIMINARY REMARKS	I
	GENERAL INTRODUCTION	1
CHAPTER 1	Carrot pomace – an underestimated by-product ?	41
CHAPTER 2	Process for the recovery of a carotene-rich functional food ingredient from carrot pomace by enzymatic liquefaction	45
CHAPTER 3	Application of hydrolyzed carrot pomace as a functional food ingredient to beverages	65
CHAPTER 4	High-performance liquid chromatographic separation and on-line mass spectrometric detection of saturated and unsaturated oligogalacturonic acids	79
CHAPTER 5	Quantitative determination of saturated oligogalacturonic acids in enzymatic digests of polygalacturonic acid, pectin and carrot pomace by on-line LC-ESI-MS	89
	CONCLUDING REMARKS	101
	SUMMARY	107
	ZUSAMMENFASSUNG	111