

**Investigation into food coloring using
anthocyanin- and carotenoid-based
preparations**

Judith Thea Ludwiga Müller-Maatsch



**Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie**

Band 53

Institut für Lebensmittelwissenschaften und Biotechnologie

Universität Hohenheim

Lehrstuhl Technologie und Analytik pflanzlicher Lebensmittel

Prof. Dr. habil. Dr. h.c. Reinhold Carle

Investigation into food coloring using anthocyanin- and carotenoid-based preparations

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften

(Dr. rer. nat.)

Fakultät Naturwissenschaften

Universität Hohenheim

Vorgelegt von

Judith Thea Ludwiga Müller-Maatsch

Aus Würzburg

2018

Die vorliegende Arbeit wurde am 20.09.2018 von der Fakultät Naturwissenschaften der Universität Hohenheim als „Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften“ angenommen.

Dekan:	Prof. Dr. Uwe Beifuß
1. berichtende Person:	Prof. Dr. Dr. h.c. Reinhold Carle
2. berichtende Person:	Prof. Dr. Ralf Schweiggert
3. berichtende Person:	Prof. Dr. Jan Frank
Eingereicht am:	19.07.2018
Mündliche Prüfung am:	26.10.2018

**Schriftenreihe des Lehrstuhls
Lebensmittel pflanzlicher Herkunft**

Herausgeber: Prof. Dr. habil. Dr. h. c. R. Carle
Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie

Band 53/2018

Judith Thea Ludwiga Müller-Maatsch

**Investigation into food coloring
using anthocyanin- and carotenoid-based
preparations**

D 100 (Diss. Universität Hohenheim)

Shaker Verlag
Aachen 2018

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: Hohenheim, Univ., Diss., 2018

Copyright Shaker Verlag 2018

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 978-3-8440-6388-2

ISSN 1860-1367

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

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

Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die zu dem Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Mein besonderer Dank gilt

Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Reinhold Carle für die Möglichkeit der Promotion am Lehrstuhl für Technologie und Analytik pflanzlicher Lebensmittel. Besonderen Dank für die motivierenden Worte, persönliche Unterstützung und zahlreichen Beiträge zur fachlichen und sprachlichen Ausarbeitung der Arbeiten.

Herrn Prof. Dr. Ralf Schweiggert für die Hilfestellung bei Laborarbeiten sowie die Unterstützung bei der Erstellung der wissenschaftlichen Artikel und Präsentationen. Besonderer Dank für die engagierte Betreuung und die Übernahme des Co-Referats.

Herrn Prof. Dr. Jan Frank für die Bereitstellung als dritter Prüfer.

Herrn Dr. Christof Steingäß für die Unterstützung während der Durchführung von Laborarbeiten und der Ausarbeitung der Artikel für wissenschaftliche Journale.

Herrn Klaus Mix und Herrn Martin Leitenberger für die Unterstützung während der Durchführung von Versuchen im Technikum und im Labor und für die zahlreichen fachlichen Diskussionen.

Allen Kollegen des Fachgebietes Technologie und Analytik pflanzlicher Lebensmittel, insbesondere Frau Dr. Judith Hempel und Frau Dr. Claudia Gras, für die hervorragende Zusammenarbeit und gegenseitige fachliche Unterstützung.

Herrn Johannes Jasny und Frau Dr. Beate Gebhardt (Fachgebiet Agrarmärkte und Agrarmarketing), die mich in die Durchführung von Konsumentenstudien und Analyse von Nachhaltigkeitskonzepten eingeführt haben.

Frau Lena Bechtold, Frau Florence Kreiser, Frau Katrin Gurtner, Frau Luise Reuter, Frau Lena Marie Haspel und Frau Madlen Müller die im Rahmen Ihrer Master- und Abschlussarbeiten wertvolle Beiträge geleistet haben.

Frau Esther Nagel, Frau Katharina Henn, Frau Isabell Spürgin, Frau Regina Sperl und Herrn Johannes Bürger für Ihre Beiträge zum Ausblick im Rahmen Ihrer Bachelorarbeiten.

DANKSAGUNG

Allen Freunden die mich während der dieser Zeit begleitet haben. Besonderer Dank gilt hier Karim van Wonderen, Catherine Besch und Daniela Schmidt die zur sprachlichen Ausarbeitung beigetragen haben.

Meiner Familie die mich während des Studiums und der Promotion immer unterstützt haben. Insbesondere danke ich meinen Geschwistern für ihr offenes Ohr und ihre Ratschläge, meinen Eltern für die Zuwendungen, meinen Großeltern für die Bereitschaft Publikationen in einer fremden Sprache zu lesen.

Meinem Mann für die zahlreichen fachlichen Diskussionen und kreativen Lösungsansätze, die aufbauenden Worte, unermüdliche Unterstützung und Liebe.

CONTENTS

	PRELIMINARY REMARKS	I
	GENERAL INTRODUCTION	1
CHAPTER 1	The carmine dilemma: Does the natural colorant preference outweigh nausea?	59
CHAPTER 2	Adulteration of anthocyanin- and betalain-based coloring foodstuffs with the textile dye 'Reactive Red 195' and its detection by spectrophotometric, chromatic and HPLC-PDA-MS/MS analyses.	81
CHAPTER 3	Co-pigmentation of pelargonidin derivatives in strawberry and radish model solutions by the addition of phenolic fractions from mango peels.	95
CHAPTER 4	Investigation into the removal of glucosinolates and volatiles from anthocyanin-rich extracts of red cabbage.	121
CHAPTER 5	Non-destructive approach for the characterization of the in situ carotenoid deposition in gac fruit aril.	147
CHAPTER 6	Carotenoids from gac fruit aril (<i>Momordica cochinchinensis</i> [Lour.] Spreng.) are more bioaccessible than those from carrot root and tomato fruit.	165
	CONCLUDING REMARKS	182
	SUMMARY	190
	ZUSAMMENFASSUNG	192

PRELIMINARY REMARKS

The presented work in this thesis is a collection of articles published in international peer reviewed journals, which are listed below.

FULL PAPERS

MÜLLER-MAATSCH, J.; JASNY, J.; HENN, K.; GRAS, C.; CARLE, R. (2018). The carmine dilemma: Does the natural colorant preference outweigh nausea? *British Food Journal*, **120**, 1915-1928.

MÜLLER-MAATSCH, J.; SCHWEIGGERT, R.M.; CARLE, R. (2016). Adulteration of anthocyanin- and betalain-based coloring foodstuffs with the textile dye ‘Reactive Red 195’ and its detection by spectrophotometric, chromatic and HPLC-PDA-MS/MS analyses. *Food Control*, **70**, 333–338.

MÜLLER-MAATSCH, J.; BECHTOLD, L.; SCHWEIGGERT, R.M.; CARLE, R. (2016). Co-pigmentation of pelargonidin derivatives in strawberry and red radish model solutions by the addition of phenolic fractions from mango peels. *Food Chemistry*, **213**, 625–634.

MÜLLER-MAATSCH, J.; GURTNER, K.; CARLE, R.; STEINGASS, B.C. (2018). Investigation into the removal of glucosinolates and volatiles from anthocyanin-rich extracts of red cabbage. *Food Chemistry*, **275**, 406-414.

HEMPEL, J.*; MÜLLER-MAATSCH, J.*; CARLE, R.; SCHWEIGGERT, R.M. (2018). Non-destructive approach for the characterization of the in situ carotenoid deposition in gac fruit aril. *Journal of Food Composition and Analysis*, **65**, 16–22.

(*both authors contributed equally)

MÜLLER-MAATSCH, J.; SPRENGER, J.; HEMPEL, J.; KREISER, F.; CARLE, R.; SCHWEIGGERT, R.M. (2017). Carotenoids from gac fruit aril (*Momordica cochinchinensis* [Lour.] Spreng.) are more bioaccessible than those from carrot root and tomato fruit. *Food Research International*, **99**, 928–935.

ORAL COMMUNICATIONS

MÜLLER-MAATSCH, J.; CARLE, R.; Stabilization of anthocyanins by co-pigmentation using mango peel and rooibos phenolics. September 28, 2018; 12th World Congress on Polyphenols Application, Bonn (Germany)

MÜLLER-MAATSCH, J.; GEBHARDT, B.; SPERL, R.; CARLE, R.; Assessing the sustainability of natural and artificial food colorants. September 6, 2018; Congress FOOD2030: Towards sustainable agri-food systems, Stuttgart-Hohenheim (Germany)

MÜLLER-MAATSCH, J.; Key challenges in the purification of anthocyanin-rich extracts from red cabbage. July 28, 2018; Forum for PhD students, Bad Boll (Germany)

MÜLLER-MAATSCH, J.; KREISER, F.; HEMPEL, J.; PAQUET-DURAND, O.; CARLE, R.; SCHWEIGGERT, R.M.; Characterization and chromoplastidal deposition of carotenoids from gac fruit (*Momordica Cochinchinensis*) arils. June 29, 2016; Pigments in Food Congress in Cluj- Napoca (Romania)

MÜLLER-MAATSCH, J.; Co-pigmentation of pelargonidin derivatives. May 9, 2015; Forum for PhD students, Bad Boll (Germany)

POSTER PRESENTATION

MÜLLER-MAATSCH, J.; BECHTOLD, L.; SCHWEIGGERT, R.M.; CARLE, R.; Stabilization of anthocyanins in strawberry juice preparation by intermolecular co-pigmentation. February 22; 2017; 9th International Workshop on Anthocyanins, Auckland (New Zealand)

BOOK CONTRIBUTION

MÜLLER-MAATSCH, J.*; GRAS, C.*; The “carmine problem” and potential alternatives. In Carle, R.; Schweiggert, R.M. (Eds.), *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages. Industrial Applications for Improving Food Color*.

(*both authors contributed equally)

The co-authors' contributions to the articles presented in CHAPTERS 1-6 are specified as follows:

The works presented above were all carried out under the supervision of Prof. Dr. Dr. h.c. **Reinhold Carle** at the Institute of Food Science and Biotechnology, Chair Plant Foodstuff Technology and Analysis, University of Hohenheim. Prof. Carle substantially contributed to the conception of this thesis and gave valuable advice. He made essential contributions to the interpretation of the results and proof-read all manuscripts.

Prof. Dr. **Ralf Schweiggert** was the post-doctoral supervisor of this thesis. He contributed to the planning and implementation of all laboratory experiments. As corresponding author of CHAPTER 2, 3, 5, and 6, Prof. Schweiggert provided counsel on creating the manuscripts, was responsible for all formal aspects, and proof-read the articles.

Mr. **Johannes Jasny** helped conducting the statistical analyses of the questionnaires' results. Furthermore, he contributed to the interpretation of the participants' answers and the discussion of the results in CHAPTER 1.

As part of her Bachelors' thesis in Food Technology at the Chair of Plant Foodstuff Technology and Analysis, University of Hohenheim, Ms. **Katharina Henn** substantially created the online version of the questionnaire detailed in CHAPTER 1. Furthermore, she performed and assessed parts of the interviews.

Ms. **Claudia Gras** co-supervised the Bachelor's thesis of Katharina Henn, contributed to the creation of the online questionnaire, and proof-read CHAPTER 1.

Ms. **Lena Bechtold** performed the purification of the strawberry juice and assisted in developing the co-pigmentation experiments in CHAPTER 3 as part of her Master's thesis in Food Technology at the Chair of Plant Foodstuff Technology and Analysis, University of Hohenheim.

Ms. **Katrin Gurtner** contributed to the design and implementation of the works outlined in CHAPTER 4. During her Master's thesis in Food Technology at the Chair of Plant Foodstuff Technology and Analysis, University of Hohenheim, she produced red cabbage extracts and performed several purification experiments.

Dr. **Christof Steingass** was involved in the creation of CHAPTER 4. He assisted in the performance of the flavor analysis and contributed to the evaluation, interpretation, and discussion of the obtained results.

Ms. **Judith Hempel** performed parts of the analysis of carotenoids presented in CHAPTER 5. As co-first author of CHAPTER 5, she substantially contributed to the evaluation, interpretation, and discussion of the obtained results.

As part of their respective final theses in Food Chemistry at the Chair of Plant Foodstuff Technology and Analysis, University of Hohenheim, Ms. **Jasmin Sprenger** and Ms. **Florence Kreiser** were involved in the investigations into Gac fruit aril. Both developed and performed assays comparing the bioaccessibility of carotenoids from the Asian fruit to the ones deriving from tomato and carrot (CHAPTER 6).