

Institut für Landtechnik
Professur für Haushalts- und Verfahrenstechnik
Prof. Dr. rer. nat. Rainer Stamminger

**Investigation of chemical and microbiological residues on dishes
cleaned by hand and machine on the basis of specific examples**

I n a u g u r a l – D i s s e r t a t i o n

zur

Erlangung des Grades

Doktor der Ernährungs- und Haushaltswissenschaft
(Dr.oec.troph.)

der

Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

vorgelegt am

29.05.2006

von

Sarah Ihne

aus

LenneStadt

(D 98)

Referent: Prof. Dr. R. Stamminger

Korreferent: Prof. Dr. H. Büning-Pfaue

Tag der mündlichen Prüfung: 11.08.2006

Schriftenreihe der Haushaltstechnik Bonn

Band 1/2006

Sarah Ihne

**Investigation of chemical and microbiological
residues on dishes cleaned by hand and machine
on the basis of specific examples**

D 98 (Diss. Universität Bonn)

Shaker Verlag
Aachen 2006

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.: Bonn, Univ., Diss., 2006

Copyright Shaker Verlag 2006

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-10: 3-8322-5410-2

ISBN-13: 978-3-8322-5410-0

ISSN 1863-320X

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

Abstract

Investigation of chemical and microbiological residues on dishes cleaned by hand and machine on the basis of specific examples

New technologies in dishwashing by machine in private homes and new kinds of cleaner have been introduced in the previous years. EN 50242 is the basis for the assessment of dishwashers for the energy label. As invisible residues like chemical and microbiological substances are not covered by the visual examination according to EN 50242, both aspects are objects of this study. Although the penetration of automatic dishwashers is increasing, the manual dishwashing is still very common. Therefore it was another task to compare both processes to each other.

Nonionic and anionic surfactants on automatic and manual cleaned dishes were chosen as primary substance for the investigation on chemical residues. The impact of the kind of dishwashing program, the composition and quantity of the cleaning agents onto residual surfactants on plates were investigated. Another method to detect such chemical residues was studied by regarding its applicability and suitability. The reduction of bacterial activity was examined using test microorganisms *Geobacillus stearothermophilus*, *Enterococcus faecium* and *Staphylococcus aureus* on inoculated plates which have been cleaned by hand and machine under various conditions.

Between 16.9 and 197.5 ng/cm² of nonionic surfactants are detected on plates cleaned in machine, from 23.7 up to 165.5 ng/cm² of anionic surfactants are quantified as residues on manual cleaned plates. These amounts are at or below the range of values reported in earlier studies. The amount of total organic carbon content (TOC) detected in the final rinse water in automatic dishwashing is regarded as not to be in relationship with nonionic residues on plates. The TOC measurements are therefore seen to be not appropriate to estimate the amount of residues of nonionic surfactants on dishes.

The reduction of test microorganisms on plates cleaned by machine ranges between 4.5 and 8.7 orders of magnitude and considerably less on plates cleaned by hand with 2.2 up to 3.5 orders of magnitude. A high degree in transfer of test microorganisms from inoculated plates into dishwashing water and onto clean plates and sponges is observed. Predominantly the high temperatures, the use of cleaning agents and changes of water results in the higher reduction of test organisms in automatic dishwashing. In manual dishwashing the reduction of test microorganisms is less because of the lower wash temperature, the short contact time between water and microorganisms and the use of cleaning liquids with only marginal biocide impact.

Zusammenfassung

Untersuchung chemischer und mikrobiologischer Rückstände auf manuell und maschinell gespültem Geschirr an hand ausgesuchter Beispiele

In den letzten Jahren wurden im Sektor der Haushalts-Geschirrspülmaschinen neue Technologien sowie eine neue Generation Maschinen-Geschirrspülmitteln auf den Markt gebracht. Die EN 50242 ist die Grundlage für die Vergabe des Energielabels bei Geschirrspülern. Im Rahmen dieser Norm werden nicht sichtbare Materien, wie chemische und mikrobiologische Rückstände, durch die visuelle Begutachtung nicht erfasst. Daher sind diese beiden Punkte Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Obwohl der Anteil an Haushalten, die eine Geschirrspülmaschine besitzen, immer weiter angestiegen ist, ist das Spülen per Hand nach wie vor weit verbreitet. Daher ist der Vergleich beider Spülmethoden ein weiterer Aspekt dieser Arbeit. Als Leitsubstanzen der chemischen Untersuchungen wurden nichtionische Tenside auf maschinengeschpültem, anionische Tenside auf handgeschpültem Geschirr ausgewählt. Der Einfluss des Spülprogramms, die Zusammensetzung und die Menge der verwendeten Reiniger auf die Rückstände wurden untersucht. Eine alternative Methode zur Bestimmung der chemischen Rückstände wurde auf ihre Anwendbarkeit überprüft. *Geobac. stearothermophilus*, *E. faecium* und *Staph. aureus* wurden als Testorganismen auf Teller aufgebracht, die Reduktion durch das Spülen per Maschine und Hand unter verschiedenen Bedingungen bestimmt. Zwischen 16,9 und 197,5 ng/cm² nichtionischer Tenside wurden auf maschinell, zwischen 23,7 und 165,5 ng/cm² anionischer Tenside auf manuell gespülten Tellern gemessen. Diese Mengen sind innerhalb oder unterhalb der Größenordnungen, die in früheren Untersuchungen berichtet wurden. Der Gehalt an organischem Gesamtkohlenstoff (total organic carbon, TOC), der in der Klarspülgang-Wasserprobe beim maschinellen Spülen bestimmt wurde, steht nicht mit den auf Tellern gemessenen nichtionischen Tensiden im Zusammenhang. Daher wird die TOC-Messung im Spülwasser zur Bestimmung von nichtionischen Tensiden auf Geschirr als ungeeignet angesehen. Die Reduktion der Organismen auf Tellern, die in der Maschine gespült wurden, lag zwischen 4,5 und 8,7 Logarithmusstufen. Auf handgeschpülten Tellern war die Reduktion mit 2,2 bis 3,5 Logarithmusstufen wesentlich geringer. Ein Übertrag der Organismen von kontaminierten Tellern auf das Wasser, auf nicht kontaminierte Teller und Schwämme war in hohem Maße zu beobachten. Vorwiegend die hohen Temperaturen, biozide Maschinen-Reiniger und die Wasserwechsel führten in der Maschine zu den höheren Reduktionen. Beim manuellen Spülen ist die Reduktion geringer, da die Wassertemperatur niedriger, die Kontaktzeit zwischen Wasser und kontaminierten Tellern kürzer sowie der eingesetzte Reiniger weniger biozid ist.

Contents

1	Introduction	1
1.1	Residues in dishwashing	1
1.2	Process of washing dishes	5
1.3	Cleaning agents	7
1.4	Surfactants	8
2	Objectives	10
3	Material and Methods.....	11
3.1	Dishwashing by machine	11
3.1.1	Cleaners used in investigations	11
3.1.2	Taking water samples	12
3.2	Dishwashing by hand	13
3.2.1	“one sump” manual dishwashing	14
3.2.2	“three sump” manual dishwashing	14
3.2.3	“running tap water” manual dishwashing	15
3.3	Chemical investigations	16
3.3.1	Investigation of plates after dishwashing by machine	16
3.3.2	Detection of nonionic surfactants on machine cleaned plates (BiAS).....	19
3.3.3	Total organic carbon in final rinse water	19
3.3.4	Investigation of anionics on hand cleaned plates	21
3.4	Microbiological investigations	22
3.4.1	Selection of test microorganisms	23
3.4.2	Used media	25
3.4.3	Preparation of plates	25
3.4.4	Preparing of sterile ballast soil	27
3.4.5	Investigation of cleaned plates	28
3.4.6	Microbiological investigation of automatic dishwashing water	28
3.4.7	Swab samples of the interior surface of dishwashing machines	29
3.4.8	Microbiological investigation of manual dishwashing water	29
3.4.9	Swab samples of sinks.....	30
3.4.10	Investigation of used sponges	30
3.4.11	Determination of <i>Geobacillus stearothermophilus</i> spore suspension.....	30
3.4.12	Determination of <i>Enterococcus faecium</i> bacteria suspension (H)	31
3.4.13	Determination of <i>Staphylococcus aureus</i> bacteria suspension (H).....	32

3.4.14	Washing of bacteria suspension (H).....	33
3.4.15	Membrane filtration method.....	33
3.4.16	Membrane filtration method (H).....	33
3.4.17	Decimal dilution series.....	34
3.4.18	Surface method for colony counting (H).....	34
3.4.19	Swab samples.....	35
3.5	Statistical methods.....	35
3.5.1	Calculation of average.....	35
3.5.2	Calculation of standard deviation.....	35
3.5.3	Reduction Factor, R_F	35
3.5.4	Systematic errors.....	36
3.5.5	Significance.....	36
4	Results.....	37
4.1	Chemical residues.....	37
4.1.1	Dishwashing by machine.....	38
4.1.2	Dishwashing by hand.....	45
4.2	Microbiological residues.....	46
4.2.1	Dishwashing by machine.....	46
4.2.2	Dishwashing by hand.....	65
5	Discussion.....	79
5.1	Chemical investigations.....	79
5.1.1	Nonionics on machine cleaned plates.....	79
5.1.2	Anionics on hand cleaned plates.....	84
5.1.3	Summary of investigations concerning residual surfactants on cleaned plates.....	85
5.1.4	Investigation of TOC in the final rinse water and nonionics on plates.....	87
5.2	Microbiological investigations.....	90
5.2.1	Dishwashing by machine.....	90
5.2.2	Dishwashing by hand.....	104
5.2.3	Comparing dishwashing by machine and by hand.....	119
5.2.4	Summary of investigations concerning microbiological residues.....	122
6	Conclusion.....	124
7	Future Prospects.....	125
8	References.....	126
	List of abbreviations.....	I

List of tables	III
List of figures	VII
Composition of Reference Cleaning Agent C.....	XI
Composition of Reference Rinse Aid Formula III.....	XI
Compositions of used media for microbiological investigations	XI
Composition of Ballast Soil	XIII
List of other materials	XIV
Acknowledgements	
Curriculum vitae	
Lebenslauf	