

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

**Olfactory and technical measurement of malodours caused by
food spoilage**

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

12.06.2012

von

Claudia Gilleßen

aus

Erfstadt

Referent: Prof. Dr. rer. nat. Rainer Stamminger

Korreferent: PD Dr. rer. nat. Peter Boeker

Tag der mündlichen Prüfung: 09.08.2012

Schriftenreihe der Haushaltstechnik Bonn

Band 2/2012

Claudia Gilleßen

**Olfactory and technical measurement of
malodours caused by food spoilage**

D 98 (Diss. Universität Bonn)

Shaker Verlag
Aachen 2012

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.: Bonn, Univ., Diss., 2012

Copyright Shaker Verlag 2012

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 978-3-8440-1311-5

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

„Denn die Menschen konnten die Augen zumachen vor der Größe, vor dem Schrecklichen, vor der Schönheit und die Ohren verschließen vor Melodien oder betörenden Worten. Aber sie konnten sich nicht dem Duft entziehen. Denn der Duft war der Bruder des Atems. Mit ihm ging er in die Menschen ein, sie konnten sich seiner nicht erwehren, wenn sie leben wollten. Und mitten in sie hinein ging der Duft, direkt ans Herz, und unterschied dort kategorisch über Zuneigung und Verachtung, Ekel und Lust, Liebe und Hass. Wer die Gerüche beherrschte, der beherrschte die Herzen der Menschen.“

- Patrick Süskind, Das Parfum –

"People could close their eyes to greatness, to horrors, to beauty, and their ears to melodies or deceiving words. But they could not escape scent. For scent was a brother of breath. Together with breath it entered human beings, who could not defend themselves against it, not if they wanted to live. And scent entered into their very core, went directly to their hearts and decided for good and all between affection and contempt, disgust and lust, love and hate. He who ruled scent ruled the hearts of men."

- Patrick Süskind, Perfume: The Story of a Murderer -

Abstract

Malodours produced by spoilt food often occur in the kitchen and the waste bin in households and are unpleasant for all those who experience them. The automatic technical measurement of malodours is difficult but still needed for controlling mechanisms which reduce them automatically.

The aim of the study is to investigate three commercially available metal oxide sensors and to find out if any are suitable to detect the malodour development of spoilt food on a regular basis. The selection of these types of chemical sensors for the technical measurement is based on the low cost, expected life time and broad-band selectivity. The sensors are used with two operating temperatures of 200 °C and 300 °C to investigate the best operating conditions. A variety of food (milk, broccoli, tomato sauce, eggs, tuna, and salmon) has been selected for this study due to its consumer relevance. The malodour development from the spoiling of this food is technically and olfactorily measured over a period of 48 hours. Odour concentrations are determined with an olfactometer four times during one test run (after 18, 24, 42, and 48 hours). Three different amounts of food are tested in three repetitions to obtain an insight into the stability and measurement limits of the sensors, as well as the human nose.

A clear signal change of all three sensors during the spoilage of milk, broccoli and also slightly for eggs is demonstrated. A similar behaviour is observed during the olfactory measurements. The highest odour concentrations are found emanating from the broccoli tested. Differences are not apparent between the sensors or between both of the operating temperatures used. However, they are partly apparent between the highest and lowest amounts of food tested. A relation between the changes in sensor signals and the increasing odour concentration is likely. The findings indicate the ability of the metal oxide sensors chosen for technical measurement of malodours produced during food spoilage. Further research is necessary concerning the relationship between the two parameters investigated to other kinds of food.

Deutsche Kurzfassung

Unangenehme Gerüche durch verderbende Lebensmittel entstehen häufig in Küchen und Abfallbehältern in Haushalten. Das automatische technische Detektieren von Gerüchen zur Kontrolle von Mechanismen, die diese reduzieren, ist von großem Interesse, jedoch schwierig umzusetzen. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Tauglichkeit dreier kommerzieller Metalloxidsensoren zur alltagstauglichen und kontinuierlichen Messung der Geruchsentwicklung beim Lebensmittelverderb zu untersuchen. Die Auswahl dieser Art von chemischen Sensoren beruht auf den niedrigen Kosten, der zu erwarteten Nutzungsdauer und der Breitbandselektivität. Die Sensoren werden mit zwei Betriebstemperaturen von 200 °C und 300 °C verwendet, um die besten Betriebsbedingungen zu untersuchen. Die Auswahl der Lebensmittel für diese Studie ist hinsichtlich ihrer Verbraucherrelevanz getroffen worden. Die Geruchsentwicklung während des Verderbs dieser Lebensmittel wird sensortechnisch und olfaktometrisch über eine Zeitdauer von 48 Stunden betrachtet. Die Geruchsstoffkonzentrationen werden mittels eines Olfaktometers viermal während eines Testdurchgangs bestimmt. Drei verschiedene Lebensmittelmengen werden in drei Wiederholungen getestet, um einen Einblick in die Stabilität und Messgrenzen der Sensoren, sowie der menschlichen Nase zu erhalten.

Eine klare Signaländerung aller drei Sensoren zeigt sich während des Verderbs von Milch, Brokkoli und auch in geringem Maß bei Ei. Ein ähnliches Verhalten kann während der olfaktometrischen Messungen beobachtet werden. Die höchsten Geruchsstoffkonzentrationen werden bei den Messungen mit Brokkoli ermittelt. Keine Unterschiede sind zwischen den Sensoren sowie zwischen den beiden verwendeten Betriebstemperaturen ersichtlich. Jedoch sind Unterschiede zwischen den höchsten und niedrigsten verwendeten Lebensmittelmengen teilweise zu beobachten. Ein Zusammenhang zwischen den Änderungen in den Sensorsignalen und der zunehmenden Geruchsstoffkonzentrationen deutet sich an. Die Ergebnisse zeigen eine mögliche Fähigkeit der Metalloxidsensoren für die technische Messung der entstehenden Gerüche während des Lebensmittelverderbs. Weitere Forschung mit einer Vielzahl anderer Lebensmittel ist notwendig um den Zusammenhang zwischen den zwei untersuchten Parametern zu belegen.

Contents

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | Introduction..... | 1 |
| 2 | Theoretical background | 3 |
| 2.1 | Food spoilage..... | 3 |
| 2.2 | Sense of smell..... | 5 |
| 2.2.1 | Chemistry of Odours | 7 |
| 2.2.2 | Olfactory Perception..... | 7 |
| 2.3 | Odour Analysis Possibilities..... | 11 |
| 2.3.1 | Olfactometry..... | 11 |
| 2.3.2 | Gas Chromatography – Olfactometry..... | 13 |
| 2.3.3 | Parametric Sensory Measurements..... | 14 |
| 2.4 | Technical Measurement of chemical compounds | 16 |
| 2.4.1 | Chemical Sensors..... | 19 |
| 2.4.2 | Metal Oxide Semiconductor Sensors | 20 |
| 2.4.3 | Application of Metal Oxide Semiconductor Arrays in the Food Sector | 22 |
| 3 | Objective | 25 |
| 4 | Material and Methods | 27 |
| 4.1 | Technical measurement..... | 27 |
| 4.1.1 | Selected food | 27 |
| 4.1.2 | Metal oxide semiconductor sensors..... | 31 |
| 4.1.3 | Experimental set-up and procedure | 31 |
| 4.1.4 | Data processing..... | 33 |
| 4.2 | Olfactory measurements | 34 |
| 4.2.1 | Performance of the olfactory measurement..... | 34 |
| 4.2.2 | Calculation of odour concentration | 37 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 5 | Results | 38 |
| 5.1 | Technical measurements | 38 |
| 5.1.1 | Change of the sensor signals to spoilage | 38 |
| 5.1.2 | Dependence of the operating temperatures on sensor signals | 43 |
| 5.1.3 | Dependence of the food amount on the sensor signals..... | 48 |
| 5.2 | Olfactory measurements | 55 |
| 6 | Discussion | 59 |
| 6.1 | Assessment and explanatory approaches of technical measurement | 59 |
| 6.2 | Assessment of olfactory measurements | 65 |
| 6.3 | Relation between technical and olfactory measurements | 67 |
| 6.4 | Limitations and potential of the technical odour measurement..... | 71 |
| 7 | Conclusion | 73 |
| | References | 74 |
| | List of abbreviations | 88 |
| | List of figures..... | 89 |
| | List of tables | 92 |
| | Acknowledgements | |
| | Curriculum vitae..... | |