

Prozessinduzierte Veränderungen physikalischer Verpackungsmaterialeigenschaften als Marker für eine Hochdruck- oder Temperaturbehandlung verpackter Lebensmittel

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle I:	Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück Dr. Volker Heinz/Prof. Dr. Stefan Töpfl/MBA Bernhard Hukelmann
Forschungsstelle II:	Technische Universität München Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie, Freising Prof. Dr. Thomas Becker/Dr. Mohammed Hussein
Forschungsstelle III:	Technische Universität München Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW Lehrstuhl für Lebensmittelverpackungstechnik, Freising Prof. Dr. Horst-Christian Langowski
Industriegruppen:	Bundesverband der Deutschen Fleischwarenindustrie e.V., Bonn VDMA Fachverband Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen e.V., Frankfurt Forschungsvereinigung der Arzneimittel-Hersteller e.V. (FAH), Bonn
	Projektkoordinator: Dr. Herbert Bader, Mondi Consumer Packaging Technologies GmbH, Gronau
Laufzeit:	2012 – 2014
Zuwendungssumme:	€ 520.950,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Die Konservierung von Lebensmitteln erfolgt industriell überwiegend durch thermische Verfahren. Vor dem Hintergrund steigender Anforderungen an die Lebensmittelsicherheit sowie an die Produktqualität finden zunehmend auch nicht-thermische Verfahren, wie z.B. eine Behandlung mittels hohem hydrostatischen Druck, Anwendung. Der ernährungsphysiologische Wert und andere wesentliche Produkteigenschaften bleiben bei der Behandlung mit nicht-thermischen Verfahren weitestgehend erhalten. Unabhängig vom Konservierungsverfahren ist es nötig, die Behandlungsparameter und den Behandlungserfolg zu kontrollieren. Derzeit werden

zur Überwachung der Behandlungsparameter häufig Datenlogger an kritischen Punkten in der Anlage zur Protokollierung der Temperatur-Druck-Zeit-Bedingungen eingesetzt. Bei einer Hitzebehandlung ist dies zwar durchaus praktikabel, bei einer Hochdruckanwendung im industriellen Maßstab kann der vorliegende Druck jedoch nur durch Hochdrucksensoren auf der Niederdruckseite des Druckübersetzers bestimmt werden.

Wenngleich eine Überwachung der Prozessparameter in der Regel problemlos durchführbar ist, so ist eine zweifelsfreie Unterscheidung zwischen behandelten und unbehandelten Packungen in der Praxis, sowohl nach einer thermischen als auch nach einer

Hochdruckbehandlung, nicht immer möglich. Im Falle von Produktionsunterbrechungen, Schichtwechseln oder häufig wechselnden Produkttypen kann es zu Verwechslungen kommen. Dies stellt insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen, aufgrund ihrer oftmals handwerklichen Betriebsstrukturen und Materialflüsse ein Risiko dar. Ein zuverlässiger Nachweis kann hierbei auch durch die Optimierung der logistischen Abläufe nicht zweifelsfrei gewährleistet werden.

Prozessindikatoren, die eine rein thermische Behandlung anzeigen, stehen dem Markt für die Logistiküberwachung zur Verfügung. Sie basieren auf chemischen Reaktionen und zeigen durch einen Farbumschlag eine erfolgte Temperaturbehandlung an, so dass ein behandeltes Produkt gekennzeichnet ist. Wesentliche Nachteile dieser Methoden sind die hohe Variabilität biologischer Materialien, der hohe Auswertungsaufwand sowie die hohen Kosten, die mit dem Einsatz der Indikatoren verbunden sind. Vergleichbare Indikatoren in Form von Aufklebern für die Überprüfung von Hochdruckanwendungen oder kombinierter Anwendung von Druck und Temperatur stehen bisher nicht zur Verfügung.

Ziel des Forschungsvorhabens war es daher, als Alternative zu den bekannten Prinzipien zeitabhängige, druck- bzw. thermisch induzierte Veränderungen der physikalischen Eigenschaften von Kunststoffen, die als Verpackungsmaterial oder darauf angebrachte Applikation eingesetzt werden, sowie Veränderungen von Druckfarben zu nutzen.

Forschungsergebnis:

Zur Umsetzung der Forschungsergebnisse ergaben sich unterschiedliche Ansätze. Eine Möglichkeit eines Pasteurisationsnachweises ergibt sich hierbei mittels direkt auf die Verpackung aufgebrachtener Schwingkreise, die über Druckfarben ausreichender Leitfähigkeit realisierbar sind. Werden zusätzlich isolierende Farbschichten in die Strukturen eingebracht, ergibt sich durch die Kompressibilität der Druckfarbe eine Druckabhängigkeit der Struktur, die durch Analyse der Resonanzerscheinung des Schwingkreises messtechnisch detektierbar ist. Der Nachweis einer thermischen Pasteurisation kann durch die Einbringung eines hygroskopischen Materials erreicht werden. Der Feuchtigkeitsgrad dieses Materials während einer Pasteurisation hat

einen direkten Einfluss auf die Resonanzerscheinung des Schwingkreises und somit auf den Pasteurisationsgrad der Probe. Der Aufdruck von Schwingkreisen kann somit zum Nachweis einer Pasteurisation eingesetzt werden. Das Anwendungsfeld aufgedruckter Schwingkreise muss sich jedoch nicht auf die Lebensmittelbranche beschränken, so können solche Systeme beispielsweise auch allgemein zur Klassifizierung von Produkten eingesetzt werden.

Ein weiterer Ansatz verfolgte die optische Analyse der Oberflächenveränderung der Verpackungsfolien durch die Pasteurisation. Hierzu wurde ein Helium-Neon-Laser als kohärente Lichtquelle eingesetzt. Die Reflexion und Streuung des Laserstrahls an der optisch rauen Oberfläche der Verpackungsfolien ergeben durch die Helligkeitsverteilung des gestreuten Lichtes ein Speckle-Muster, das mittels einer Digitalkamera aufgenommen und anschließend durch Bildverarbeitungsalgorithmen analysiert wird. Hierbei zeigten unterschiedliche biaxial orientierte Proben signifikante Veränderungen durch den Einfluss einer thermischen Behandlung bzw. einer Hochdruckbehandlung. Für die Analyse handelsüblicher mehrschichtiger Verpackungsfolien musste eine komplexere nicht-lineare Klassifizierung vorgenommen werden. In diesem Zusammenhang wurden aus den Histogrammwerten der Speckle-Muster höhere, nicht-lineare Räume gebildet, die zur Generierung von Trainingsdaten des Systems verwendet wurden. Durch die Erstellung von Trainingsdaten zu unterschiedlich behandelten Proben konnten Klassifizierungen für unterschiedliche Temperatur- und Druckstufen vorgenommen werden, so dass anhand der Trainingsdaten nachfolgende Proben eindeutig zugeordnet werden konnten. Die sehr gute Klassifizierung der unterschiedlich behandelten Proben konnte anhand von zwei unterschiedlichen im Handel verwendeter mehrschichtiger Verpackungsfolien nachgewiesen werden.

Im Rahmen des Vorhabens konnte somit die Einsatzfähigkeit unterschiedlicher Systeme zum Nachweis einer Hochdruck-Temperaturbehandlung verpackter Lebensmittel aufgezeigt werden.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Im Jahr 2009 wurden an 140 industriellen Anlagen weltweit etwa 200.000 t Lebensmittel pro Jahr mittels Hochdruck behandelt. Hierbei waren die Anlagen in weltweit 75 Unternehmen installiert, wobei ein genereller Wachstum im Bereich der Hochdruckpasteurisation zu erkennen ist. Bei den behandelten Produkten handelt es sich vor allem um Frucht- und Gemüseprodukte, Fleischwaren und Meeresfrüchte. Bei der Behandlung von Lebensmitteln ergeben sich in diesem Zusammenhang durch die Pasteurisation Kosten von 0,1 €/Kg. Der steigende Markt im Bereich der Hochdruckpasteurisation verdeutlicht die zunehmende Bedeutung dieses Segmentes. Dies wiederum verstärkt den Wunsch bzw. die Verpflichtung der Hersteller, eine Behandlung einer Probe eindeutig nachweisen zu können. Speziell durch die überwiegend händisch vorgenommene Befüllung und Entnahme der Produkte aus den Anlagen besteht die Möglichkeit der Auslieferung von unbehandelten Proben. Die hieraus resultierende fehlerhafte Deklaration der Haltbarkeit der Lebensmittel kann zu Reklamationen, aber auch zu einer Schädigung des Endverbrauchers und somit zu einer Haftbarmachung des produzierenden Lebensmittelbetriebes führen. Solche Vorfälle können folglich, speziell in Ländern wie den USA, zu Klagen und hohen Prozesskosten führen.

Neben der Betrachtung des Nutzens dieser Systeme zum Nachweis einer Pasteurisation für die lebensmittelproduzierenden Betriebe ergeben sich weiterhin für andere Wirtschaftsbereiche Vorteile. So beschäftigen sich etwa 350 Unternehmen in Deutschland mit einem Umsatz von 17 Mrd. € und etwa 67.000 Mitarbeitern mit der Herstellung von Kunststofffolien, Schläuchen und Verpackungen, wobei etwa 50 % dieser Produkte im Bereich der Lebensmittelverpackung eingesetzt werden. Ein Anteil von etwa 10-15 % wird für eine Pasteurisation/Sterilisation geeigneter Folien verwendet. Eine Einführung von in die Verpackung integrierten Markern zum Nachweis einer Pasteurisation führt infolgedessen zu einer deutlichen Verbesserung der Absatzmöglichkeiten dieser Unternehmen. Durch die Notwendigkeit der Implementierung und Installation einer Auswerteeinheit in den Prozess der Hochdruckbehandlung ergeben sich ferner Absatzmöglichkeiten für Unternehmen, die im Bereich der Messtechnik, Auswertesysteme sowie dem Maschi-

nen- und Anlagenbau angesiedelt sind. Die Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus werden durch den VDMA und seinen an diesem Vorhaben beteiligten Fachausschuss Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen mit derzeit etwa 270 Mitgliedsunternehmen und ca. 57.200 Beschäftigten vertreten. Die überwiegende Zahl der Unternehmen dieser Branche sind kleine und mittelständische Unternehmen. Etwa 78 % des Umsatzes (Produktionswert gesamt ca. 8 Mrd. €) werden durch den Export erzielt.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2014.
2. Perez Alvarado, F. A., Hussein, M. A. und Becker, T.: Laser Speckle Spectroscopy Image Analysis for High Pressure and High Temperature Treatment Discrimination on LDPE, HDPE, BOPP, BOPA and PET Polymer Layers Used for Food Packaging. *J. Food Proc. Eng.*, DOI: 10.1111./jfpe.12345 (2016).
3. Fleckenstein, B. S., Sterr, J. und Langowski, H.-C.: The influence of high pressure treatment and thermal pasteurization on the surface of polymeric packaging films. *Packag. Technol. Sci.* 29 (6), 323-336 (2016).
4. Sterr, J., Fleckenstein, B. S. und Langowski, H.-C.: The effect of high-pressure processing on tray packages with modified atmosphere. *Food Eng. Rev.* 7 (2), 209-221 (2014).
5. Fleckenstein, B. S., Sterr, J. und Langowski, H.-C.: The effect of high pressure processing on the integrity of polymeric packaging – Analysis and categorization of occurring defects. *Packag. Technol. Sci.* 27 (2), 83-103 (2014).
6. Schröder, J.: Marker zum verpackungsweisen Nachweis einer Hochdruckbehandlung. *DIL-Newsletter* 4, 4 (2014).
7. Schröder, J.: Clevere Verpackung. *L-T Lebensmittel Technol.* 10, 30-33 (2014).

Weiteres Informationsmaterial:

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL)
Prof.-von-Klitzing-Str. 7, 49610 Quakenbrück
Tel.: +49 5431 183-0
Fax: +49 5431 183-114
E-Mail: info@dil-ev.de

Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Weihenstephaner Steig 20, 85354 Freising
Tel.: +49 8161 71-3262
Fax: +49 8161 71-3883
E-Mail: tbecker@wzw.tum.de

Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW
Lehrstuhl für Lebensmittelverpackungstechnik
Weihenstephaner Steig 22, 85354 Freising
Tel.: +49 8161 71-3437
Fax: +49 8161 71-4515
E-Mail: langowski@wzw.tum.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn
Tel.: +49 228 3079699-0
Fax: +49 228 3079699-9
E-Mail: fei@fei-bonn.de

... ein Projekt der **Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**

gefördert durch/via



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn, wird/wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.