

Hohe Frequenz schont Lebensmittel

Möglichkeiten einer neuartigen Erhitzungstechnologie werden weiter erforscht

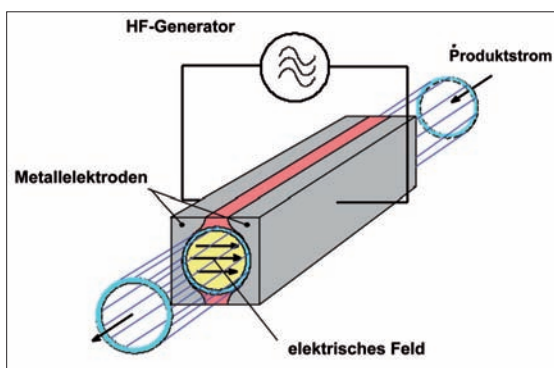
Der Nutzen und die Anwendungsmöglichkeiten der Hochfrequenzerhitzung in einem Durchlauferhitzer für flüssige Lebensmittel wurden am Fraunhofer-IVV in Freising im Rahmen eines IVLV-Projekts erforscht. In einem kürzlich mit Förderung durch die Bayerische Forschungsförderung gestarteten Anschlussprojekt soll das Verfahren nun in die praktische Umsetzung gebracht werden. In weiteren Vorhaben untersucht das Fraunhofer-IVV auch den Einsatz der Hochfrequenzerhitzung zur schonenden Wärmebehandlung bereits verpackter Lebensmittel.

Das Projekt „Hochfrequenz-Durchlauferhitzer zur Pasteurisierung und Sterilisierung viskoser und partikelhaltiger Lebensmittel“ wurde im Auftrag der IVLV am Fraunhofer IVV in Freising durchgeführt. Ein neuartiger, rohrförmiger Hochfrequenz-Durchlauferhitzer (HF-Erhitzer) für flüssige Lebensmittel wurde im Rahmen des Vorhabens an einer Technikumsanlage sowohl experimentell als auch theoretisch untersucht. Wesentliche Ziele des Vorhabens waren es, ein besseres verfahrenstechnisches Verständnis der HF-Erhitzung zu erarbeiten, Potenziale und verfahrenstechnische Grenzen des neuen Erhitzungsverfahrens für hochviskose und partikelhaltige Lebensmittel besser abzuschätzen und die Auswirkungen elektrischer und rheologischer Produkteigenschaften auf das Erhitzungsverhalten zu ermitteln. Außerdem wurden erste numerische Modelle als Werkzeuge entwickelt, mit denen das Erhitzungsverhalten unterschiedlicher Lebensmittel im HF-Erhitzer prognostiziert werden kann und die zum Scale-up und zur Optimierung von HF-Erhitzen im Produktionsmaßstab eingesetzt werden können.

Hochviskose Produkte untersucht

Die im Projekt eingesetzten Versuchsprodukte zeigten durchgehend hohe Viskositäten bis zu 10 Pas und strukturviskoses Fließverhalten. Selbst bei industriellen Volumenströmen von einigen 1.000 l/h tritt im HF-Erhitzerrohr daher

laminare Strömung auf. Deshalb befasste sich die Untersuchung ausschließlich mit dem laminaren Betrieb des HF-Erhitzerrohres. Erhitzungsversuche mit unterschiedlichen flüssigen Lebensmitteln in HF-Erhitzerrohren mit 25 mm und 50 mm Durchmesser zeigten,



Schematische Darstellung des HF-Erhitzerrohres

dass eine sehr schnelle und stabile Erwärmung mit Aufheizraten von bis zu 3 °C/s erzielt werden kann. Allerdings entsteht am Ausgang des Erhitzerrohres aufgrund des laminaren Strömungsprofils meist ein ausgeprägtes Temperaturprofil mit einem Temperaturminimum in der Rohrachse und Temperaturmaxima an der Rohrwand. Solange die Aufheizrate unter den Versuchsbedingungen einen Wert von 3 °C/s nicht überschritt, konnte das Verhältnis von Temperaturanstieg an der Rohrwand zu Temperaturanstieg in der Rohrachse unter einem Wert von zwei gehalten werden. Meist war er deutlich besser. Es ist zu erwarten, dass durch milde Mischeffekte, wie sie durch Bögen im Produktrohr und durch größere suspendierte Partikel bewirkt werden, die Temperaturprofile noch erheblich verbessert werden können. In Versuchen mit Modellprodukten, die suspendierte Partikel in hoher Konzentration enthielten, konnten tatsächlich annähernd gleich-

mäßige Temperaturquerschnittsprofile am Ausgang des Erhitzerrohres gemessen werden. Thermisches Durchgehen bzw. instabiles Aufheizverhalten wurde selbst bei maximal erreichbaren Aufheizraten von 8 °C/s nicht beobachtet. Das Aufheizverhalten von sus-

pensierte Partikel im Hochfrequenzfeld wurde an Einzelpartikeln in ruhender Flüssigkeit untersucht, wobei vor allem der Einfluss von Unterschieden der elektrischen Leitfähigkeit zwischen Partikel und Flüssigkeit betrachtet wurde. Es konnte gezeigt werden, dass auch größere Partikel in

ihrem Kern ähnlich schnell und gleichmäßig erwärmt werden wie die sie umgebende Flüssigkeit. Meist unterscheidet sich in Lebensmittelsuspensionen die elektrische Leitfähigkeit von Partikel und Flüssigkeit um weniger als den Faktor zwei. In diesen Fällen ist auch die Erwärmung von Partikeln und Flüssigkeit sehr ähnlich und führt am Ende der Erhitzung zu ähnlichen Endtemperaturen. Besitzen die Partikel eine deutlich höhere elektrische Leitfähigkeit als die Flüssigkeit, erwärmen sie sich schneller. Besitzen sie weniger als 30 Prozent der elektrischen Leitfähigkeit der Flüssigkeit, erwärmen sie sich merkbar langsamer.

Numerisches Modell entwickelt

Für das temperaturabhängige nicht-newtonsche Fließverhalten von Lebensmitteln und für die kreissymmetrische laminare Rohrströmung dieser Flüssigkeiten wurden numerische Modelle entwickelt. Das Rohr-

IVLV
Wissen vernetzen!

IVLV e.V.

Schragenhofstraße 35

80992 München

Tel.: 089/14 90 09 0

Fax: 089/14 90 09 80

Internet: www.ivlv.de

E-Mail: office@ivlv.de

strömungsmodell zeigte ausgezeichnete Übereinstimmung mit Messungen der Geschwindigkeitsprofile im Rohrquerschnitt sowohl bei homogener Temperaturverteilung als auch bei ausgeprägten Temperaturprofilen. Es eignet sich daher gut für die fluiddynamische Modellierung von laminar durchströmten Erhitzerrohren. Auf dieser Grundlage wurde ein erstes kreissymmetrisches, thermisches Modell der HF-Erwärmung im Erhitzerrohr konstruiert, das die elektrischen Eigenschaften der Produkte und ihre Veränderung mit der Temperatur berücksichtigt. Temperaturprofile, die mit dem Modell berechnet wurden, geben die Charakteristika der am Erhitzerrohr gemessenen Profile qualitativ korrekt wieder. Allerdings sind die modellierten Temperaturunterschiede im Rohrquerschnitt noch deutlich größer als die im Experiment tatsächlich gemessenen. Dennoch steht mit dem Modell ein wertvolles Instrument für die Prognose des Aufheizverhaltens von Lebensmitteln und die Optimierung des Erhitzers zur Verfügung.

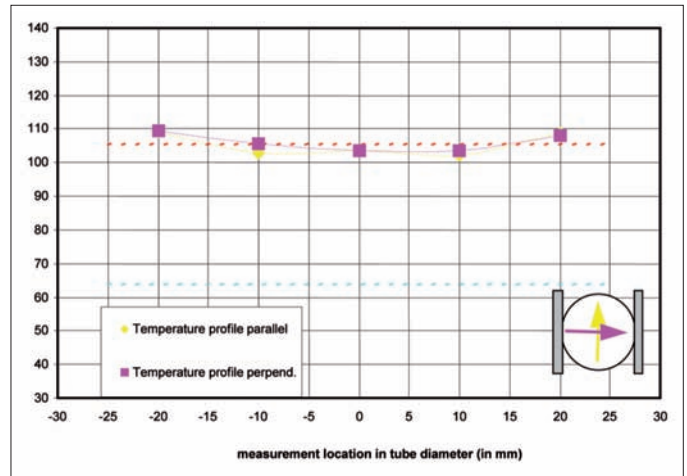
Thermische Belastung geringer

Bei hochviskosen, laminar strömenden Lebensmitteln und insbesondere bei Produkten mit größeren Partikeln wie Fruchtzubereitungen oder Fertiggerichten ist im untersuchten HF-Erhitzerrohr eine gleichmäßige und stabile Erwärmung mit Aufheizraten bis etwa 3 °C/s möglich. Ausgleichs- und Haltezeiten zur Erwärmung der suspendierten Partikel können meist entfallen. Die dramatische Beschleunigung der Erwärmung gegenüber konventionellen Erhitzungsverfahren kann genutzt werden, um die thermische Belastung der Produkte bei der Pasteurisierung oder Sterilisierung zu verringern und um ihre sensorische Qualität zu verbessern. Das durchgeführte Vorhaben hat das Verständnis für die Wirkungsweise, das Be-

triebsverhalten und das Anwendungspotenzial des HF-Erhitzers wesentlich vorangebracht. Es leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Einführung des schonenden HF-Erhitzungsverfahrens in die industrielle Praxis. In einem weiteren Projekt soll nun mit Unterstützung der Bayerischen Forschungsstiftung und unter Beteiligung mehrerer Lebensmittelhersteller und Anlagenbauer die Umsetzung des Verfahrens in die industrielle Praxis vorangetrieben werden.

Projekt mit verpackten Produkten

Kürzlich wurde ein weiteres Projekt gemeinsam mit dem Max Rubner-Institut (MRI) durch das Fraunhofer-IVV realisiert, in dem der Einsatz der Hochfrequenzheizung zur schonenden Wärmebehandlung von verpackten Lebensmitteln untersucht wurde. Viele Lebensmittel werden durch Pasteurisierung oder Sterilisierung haltbar und distributionsfähig gemacht. Die Erwärmung von bereits verpackten Lebensmitteln erfolgt meist in dampf- oder wasserbeheizten Apparaten, oft auch in Gegendruck-Autoklaven. Dabei muss die Energie mittels Wärmeleitung von außen durch die Verpackung in den Kern des Lebensmittels gelangen. Dieser Vorgang erfordert lange Verweilzeiten und führt vielfach zu thermischen Schädigungen. Die

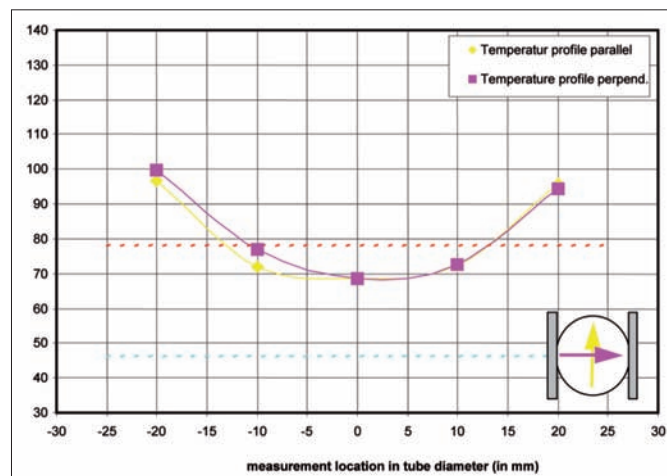


Temperaturprofil einer Partikelsuspension mit hoher Partikelkonzentration am Austritt des Erhitzerrohres

Produkte verlieren durch die Erhitzung Vitamine, Aroma, Geschmack, Farbe und Struktur. Eine schnellere, gleichmäßige Erwärmung auf die zur Stabilisierung erforderliche Endtemperatur könnte die sensorische und ernährungsphysiologische Qualität der erhitzten Lebensmittel erheblich steigern. Dies gilt sowohl für Frischprodukte, die im Kühlregal vertrieben werden, als auch für ungekühlte Dauerkonserven. Ziel des Vorhabens war die Entwicklung eines Verfahrens zur schnellen und schonenden Erwärmung von verpackten Lebensmitteln im elektrischen Hochfrequenzfeld (HF-Feld) und seine Anpassung an unterschiedliche Lebensmittelprodukte und Verpackungsformen. Die Innovation des Verfahrens besteht darin, dass die verpackten Lebensmittel während der

Erhitzung im Hochfrequenzfeld in einem Wasserbad eingetaucht sind. Durch das Wasser wird eine im Vergleich zu Luft deutlich gleichmäßigere Einkopplung des HF-Feldes in das Lebensmittel bei niedrigeren Elektrodenspannungen erreicht. Das Wasserbad ermöglicht zudem eine zusätzliche Temperierung an der Produktausseite, womit die Gleichmäßigkeit der Erwärmung weiter verbessert wird. Im Verfahren wird entionisiertes Wasser verwendet, das aufgrund seiner extrem niedrigen elektrischen Leitfähigkeit praktisch keine Energie aus dem Hochfrequenzfeld aufnimmt. Umfangreiche Versuche zeigten, dass die Wärmebehandlung im Vergleich zur konventionellen Autoklavenerhitzung um einen Faktor 5 bis 10 beschleunigt werden kann. Durch die sehr schnelle Erwärmung kann die thermische Belastung der Lebensmittel verringert und die Qualität verbessert werden. Das Verfahren eignet sich zur Qualitätssteigerung von Lebensmitteln mit langer Haltbarkeit sowie zur Verlängerung der Haltbarkeit von Produkten, die im Kühlregal vertrieben werden. Die Gesamtkosten des Prozesses dürften in einer ähnlichen Größenordnung liegen wie bei der konventionellen Erhitzung, bei Ersatz von Autoklaven sind deutliche Energie- und Kosteneinsparungen zu erwarten.

TP/ct



Temperaturprofil einer strukturviskosen Flüssigkeit ohne Partikel am Austritt des Erhitzerrohres