

Untersuchung von papierbasierenden Lebensmittelverpackungen mit infraroter ATR-Spektroskopie

Aurelia Bertini; Marion Egelkraut-Holtus

Shimadzu Europa GmbH

Wer sich mit Lebensmittelverpackungen beschäftigt, kommt um einen elementaren Bestandteil nicht herum: Cellulose. Sie ist ein Polymer, das sich aus β 1,4-glycosidisch verknüpften Glucose-Molekülen, den Cellobiose-Einheiten zusammensetzt (Abbildung 1) und aus Holz gewonnen wird – gemeinhin bekannt als Pappe oder Papier. Unter den Verpackungsmaterialien macht Papier den größten Anteil aus. Seine Vorteile liegen auf der Hand: es ist ein preiswerter, nachwachsender Rohstoff, der sich zu Altpapier recyceln lässt, das wiederum als Zusatz bei der Produktion neuer Verpackungen zum Einsatz kommt.

Lebensmittelpapier wird zum Beispiel als Einschlagpapier mit direktem Kontakt zum Lebensmittel angeboten, etwa frischem Aufschnitt oder als Hartpapier für Getränke in Form von Trinkbechern. Der Einsatzbereich lässt sich mit folgenden Stichworten umfassen: Bio-, To-Go-, und Fastfood-Verpackungen. Die Anwendung von Papierverpackungen als „Karton“ ist auf die Umverpackungen oder trockene Lebensmittel wie zum Beispiel Mehl, Zucker aber auch Nudeln oder Müsli beschränkt.

Papier alleine stellt keine Barriere gegen Feuchtigkeit und Sauerstoff dar. Pappen, die in den Lebensmittelverpackungen verwendet werden, sind aus mehreren Schichten aufgebaut. Dabei sind der außen liegenden Schicht Füllstoff wie Kaolin ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) und Talk (ein magnesium-haltiges Schichtsilikat) sowie Titandioxid als Weißpigment beige-mischt. Diese sorgen für glatte, weiße Oberflächen, die für Aufdrucke besser geeignet sind, als die raue unbehandelte Pappschicht. [1]

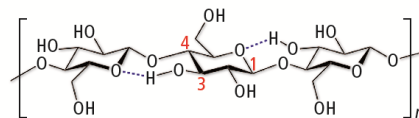


Abb. 1: Cellobiose-Einheit aus dem Cellulose-Polymer

ATR bestimmt Hauptkomponenten der Verpackungsoberflächen

Im Folgenden wird die ATR-FTIR-Spektroskopie genutzt, um auf schnellem Weg die Hauptkomponenten der Verpackungsoberflächen zu bestimmen. Das Kürzel ATR steht für „abgeschwächte Totalreflexion“ und beschreibt das verwendete Messprinzip: IR-Strahlung gelangt durch ein optisches Element zur Probe, zum Beispiel einen Diamantkristall. An der Grenzschicht zwischen Probe und ATR-Kristall wird der Großteil der einfallenden Strahlung reflektiert, während ein kleiner Teil in die Probe eindringt und mit ihr wechselwirkt. Die dadurch hervorgerufene Abschwächung der Totalreflexion wird gemessen.

Hierbei ist die Eindringtiefe der IR-Strahlung vom Einfallswinkel abhängig und beträgt im vorhandenen Versuchsaufbau ca. 2 μm . Mehrschichtensysteme lassen sich auf diese Weise jedoch nicht ausreichend untersuchen, da die Schichten oft nur wenige Mikrometer dick sind und nicht voneinander getrennt werden können. Die IR-Mikroskopie ermöglicht jedoch die Anfertigung von ATR Messungen der Schnittkante eines Mehrschichtensystems.

Die hier gezeigten Messungen wurden auf einem IRTracer-100 mit Diamant-ATR (Quest) durchgeführt. Im Infrarot-Spektrum der äußeren Oberfläche einer Pappschachtel für Schokoriegel können mehrere Komponenten identifiziert werden (Abbildung 2a).

Eine erste Datenbanksuche identifiziert ein Copolymer, bestehend aus Styrol- und Allylalkohol-Monomeren. Diese sind Bestandteil des bunten Aufdrucks. Durch Bildung eines Differenzspektrums zwischen dem Spektrum der Probe und dem der identifizierten Komponente, konnten außerdem noch Kaolin und Calciumcarbonat identifiziert werden (Abbildung 2b bis 2d).

Um Papierverpackungen gegen Feuchtigkeit zu stabilisieren, werden sie mit PE-Schichten (Polyethylen) überzogen, wodurch sich das Anwendungsgebiet für Papierverpackungen erweitert. Beispiele hierfür sind Milchtüten und Kaffeebecher. Zusätzlich verleiht der PE-Film der Verpackung eine erhöhte Reißfestigkeit. Da PE jedoch durchlässig für CO_2 und O_2 ist, beschränkt sich der Einsatz auf frische Lebensmittel, die innerhalb von kurzer Zeit verzehrt werden. [3]

Verpackung als Werbe- und Imageträger

Der Einsatz von Papier in Verpackungen kann genutzt werden, um dessen Image zu gestalten, aber auch um das Image des Lebensmittels zu unterstützen. So kann durch die Verwendung von Holz aus „verantwortungsvollen Quellen“ zum Beispiel das FSC-Siegel erhalten werden, welches das Produkt als besonders umweltfreundlich auszeichnet. [4]

Papier findet sich auch häufig als Verpackungsbestandteil qualitativ hochwertiger Produkte wieder. Wer ehrlich ist, muss zugeben, dass die wenigsten unserer Kaufentscheidungen rational begründet sind; die neurologische Forschung zeigt sogar, dass alle unsere Entscheidungen emotional getrieben sind. [5] Neben Werbetexten haben auch

visuelle und haptische Effekte einen großen Einfluss auf das Kaufverhalten, die zu komplex zusammengesetzten Verpackungssystemen führen.

FTIR analysiert mehrere Schichten der Verpackung

Beim Betrachten einer Tüte für Em-eukal Hustenbonbons (Abbildung 3) fiel zum Beispiel auf, dass sowohl der gelbe Bonbon als auch der „Em-eukal“-Schriftzug auf der Verpackung mit einer glatten, glänzenden Oberfläche ausgestattet sind.

Eine FTIR-Analyse zeigte, dass es sich hierbei um einen PP-Film handelt (Polypropylen). Darüber hinaus ist die Tüte von innen mit einem Ethylen-Acryl-Copolymerisat beschichtet, das als Haftvermittler oder zum Versiegeln für Verpackungsfolien verwendet wird. Zusätzlich wird auf der bedruckten äußeren Oberfläche der Tüte noch Nitrocellulose, ein typischer Bestandteil von Druckerfarben identifiziert. Diese einfache „Papiertüte“ setzt sich somit neben der Cellulose aus drei weiteren Materialien zusammen, was dem Konsumenten den Eindruck eines hochwertigen Produkts vermittelt. [3]

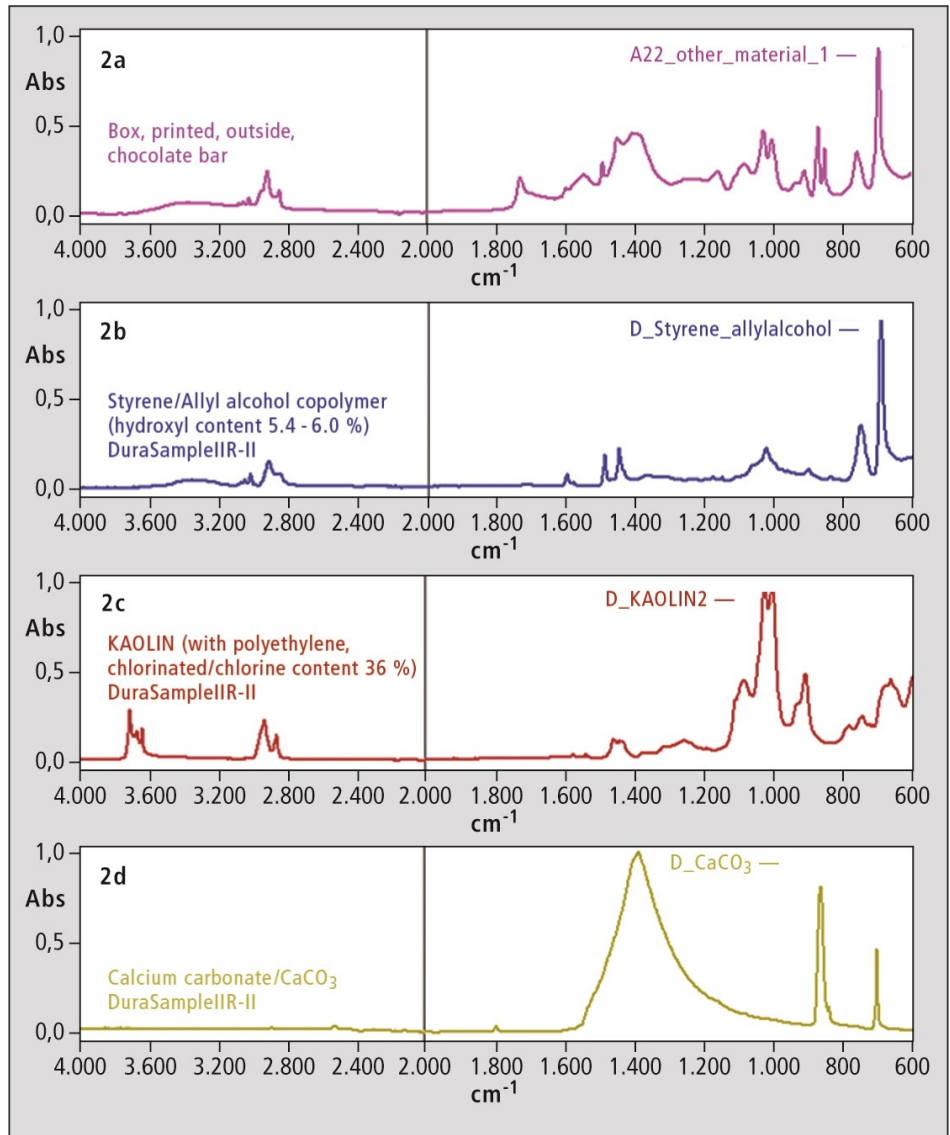


Abb. 2: Spektrum einer Pappschachtel (2a) und der darin identifizierten Komponenten Styrol-/ Allylalkohol Copolymer (2b), Kaolin (2c) und Calciumcarbonat (2d)



Abb. 3: Papiertüte für Hustenbonbons, deren Bestandteile mit FTIR untersucht wurden. [6]

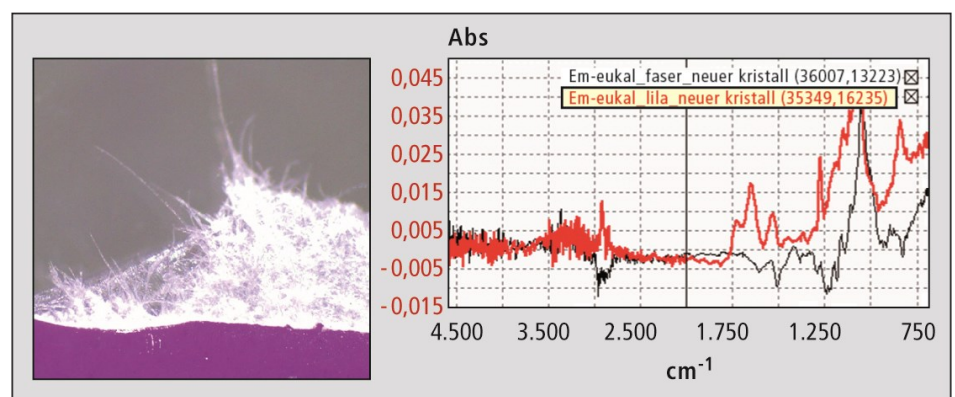


Abb. 4: Rot: Mikro-ATR-Spektrum der lila Oberfläche (Nitrocellulose); Schwarz: Mikro-ATR-Spektrum der weißen Fasern (Cellulose).

IR-Mikroskopie analysiert Bestandteile

Auch die IR-Mikroskopie ermöglicht die Analyse der Bestandteile von Verpackungen. Hierfür wird das Shimadzu Infrarot-Mikroskop AIM-9000 mit einem germaniumbasierenden ATR-Objektiv eingesetzt, wobei das Germanium-Kristall als optisches Element verwendet wird.

Die Em-eukal-Verpackung wird entlang ihrer Schichten aufgetrennt, wobei neben der lila Oberfläche Fasern und eine Kunststofffolie zum Vorschein kommen. Mit dem ATR-Kristall werden Spektren von 100 µm² großen Ausschnitten der entsprechenden Schichten aufgenommen. Das untersuchte Objekt sowie zwei der gemessenen Spektren sind in Abbildung 4 dargestellt.

Zusammenfassung

Papier ist ein beliebtes Material für die Verpackung von Lebensmitteln. Viele verschiedene Materialien werden in Kombination mit Papier eingesetzt, von denen jedes schnell und zerstörungsfrei mit der FTIR-Spektroskopie identifiziert werden kann. Wie demonstriert wurde, bestehen die Papierverpackungen zum Teil aus mehreren Schichten, einer Kombination aus Polymerschichten, um das Papier herum. Um die Infrastruktur eines solchen Mehrschichtensystems zu erfassen, empfiehlt sich die Infrarot-Mikroskopie, mit der Schichten in µm-Dicke analysiert werden können.

Literatur

- [1] *Papierherstellung – So wird aus Holz Papier*
- [2] *Verbraucherzentrale Verpackungsmaterial Papier, Karton, Pappe*
- [3] *Dr. H. Saechtling: Kunststoff Taschenbuch; 31. Ausgabe, Carl Hanser Verlag, München 2013.*
- [4] *Verein für verantwortungsvolle Waldwirtschaft e.V.*
- [5] *Christian Scheier: Wie Werbung wirkt: Erkenntnisse des Neuromarketing; 2. Ausgabe, Haufe Lexware, 2012*
- [6] *Bildnachweis*