

Die Verdauung mit dem Rotationsrheometer Kinexus nachahmen

Claire Strasser, Applications Laboratory, Selb, und Florian Rummel, Product Line Manager Rheometry

Einleitung

Es gibt viele Gründe, warum ein Patient nicht selbstständig essen kann und ihm flüssige Nahrung direkt in den Magen-Darm-Trakt ohne orale Aufnahme verabreicht wird. Dazu zählen Schluckstörungen aufgrund einer Erkrankung, die Genesung nach einer Operation an Hals oder Speiseröhre, Frühgeburt usw.

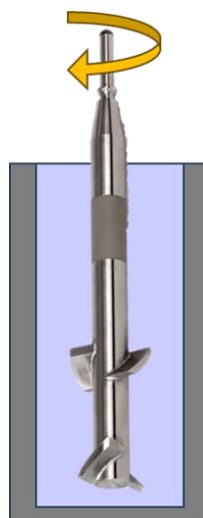
Sondennahrungsformulierungen decken den Nährstoffbedarf des Patienten und enthalten essentielle Nährstoffe wie Kohlenhydrate und Proteine. Ihre Zusammensetzung ist nicht nur entscheidend für das Wohlbefinden und die Sicherheit des Patienten, sondern sie müssen auch die Erwartungen hinsichtlich Fließfähigkeit, Stabilität und Bioverfügbarkeit der Inhaltsstoffe erfüllen. Die Formulierungen müssen leicht durch die Sonden fließen können. Darüber hinaus sollten sie im Ruhezustand stabil sein, um Sedimentation und Phasentrennung zu verhindern. Von entscheidender Bedeutung ist schließlich das Fließverhalten im Magen, um das Risiko von Erbrechen und Atemproblemen zu verringern. In der sauren Umgebung des Magens finden Verdauungsprozesse statt, die zu strukturellen und rheologischen Änderungen in Lebensmitteln führen.

Im Folgenden wird die Verdauung einer handelsüblichen Sondennahrungsformulierung außerhalb des Körpers im Kinexus-Rotationsrheometer simuliert. Anschließend wird die auf diese Weise hergestellte Probe mittels eines Frequenzsweeps charakterisiert. So kann der Einfluss der Verdauung auf die rheologischen Eigenschaften untersucht werden.

Ex-situ-Verdauung mit dem Rotationsrheometer Kinexus

Der Aufbau zur Verdauungssimulation besteht aus:

- dem Rotationsrheometer Kinexus, ausgestattet mit einem 2-flügligen Edelstahlrührer mit einem Durchmesser von 32 mm (Abbildung 1). Der Innenzylinder wurde in das Temperiermodul eingesetzt, um die Temperatur genau regeln zu können.
- einem Edelstahlzylinder mit einem Durchmesser von 34 mm.
- einer Lösungsmittelfalle mit Wasser, um die Verdunstung der Probe zu minimieren.



1 2-flügliger Rührer in einem 34-mm Zylinder

APPLICATIONNOTE Die Verdauung mit dem Rotationsrheometer Kinexus nachahmen

Die saure Umgebung des Magens wurde durch Zugabe einer Lösung mit pH-Wert 2 zur Sondennahrungsformulierung (Lösung 3, siehe auch Tabelle 1) simuliert. Die Verdauung wurde durch das drei Stunden lange Rühren dieser Mischung bei 37 °C und einer Schergeschwindigkeit von 1 s⁻¹ simuliert.

Um sicherzustellen, dass mögliche Unterschiede zwischen den Messungen auf die vorhandene Säure und nicht auf die Herstellung zurückzuführen sind, wurde eine zweite Lösung wie in Tabelle 1 beschrieben hergestellt.

Einfluss der Verdauung auf die rheologischen Eigenschaften

An den drei gemäß Tabelle 1 hergestellten Lösungen wurden Frequenzweeps mit einer Plattengeometrie mit 60 mm Durchmesser durchgeführt. Auch hier war die Geometrie mit einer mit Wasser gefüllten Lösungsmittelfalle ausgestattet. Dieses Zubehör kann an alle

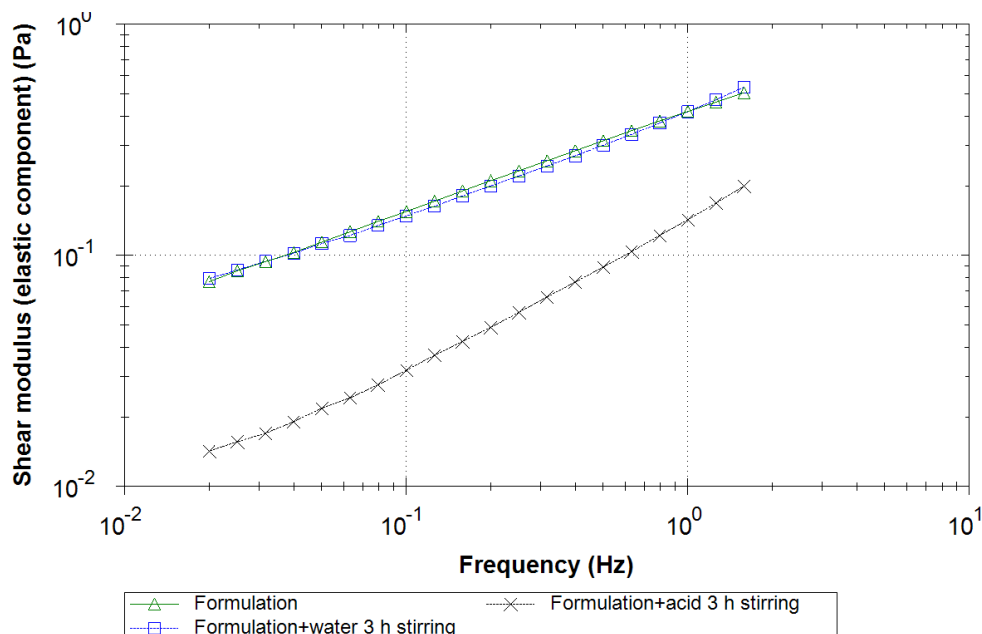
Geometrien der Kinexus-Geräte angepasst werden. Die Messungen wurden bei 25 °C und einer Deformation von 1 % durchgeführt. Diese Verformung wurde ausgewählt, da sie im linear-viskoelastischen Bereich der Materialien liegt, der mittels Amplitudensweeps (nicht dargestellt) ermittelt wurde.

Abbildung 2 zeigt die Kurve des elastischen Schubmoduls, gemessen während des Frequenzweeps an den drei Lösungen.

Die Kurven des elastischen Schubmoduls aus den Messungen am reinen Rohrmaterial (grüne Dreiecke) und aus der Referenzlösung (nach Zugabe von 3 % Wasser und 3-stündigem Rühren) (blaue Quadrate) zeigen keine sichtbaren Unterschiede. Die Zugabe einer Säurelösung zur Feed-Formulierung mit anschließendem 3-stündigem Rühren der Mischung führen hingegen zu einer Abnahme von G' (graue Kreuze).

Tabelle 1 Vorbereiten der Lösungen

Lösung Nr.	Formulierung der Sondennahrung	Rührbedingungen		
		Dauer	Temperatur	Scherrate
1	Rein	-	-	-
2	Zugabe von 3 Gew.-% destilliertem Wasser	3 Stunden	37 °C	1 s ⁻¹
3	Zugabe einer Lösung mit pHWert 2 (aus destilliertem Wasser und 5 Gew.-% HCl)	3 Stunden	37 °C	1 s ⁻¹



2 Elastischer Schubmodul der drei Lösungen

Zusammenfassung und Ausblick

Ausgestattet mit entsprechendem Setup, lässt sich der Verdauungsvorgang mit dem Rotationsrheometer Kinexus nachahmen. Die mithilfe des speziellen Systems bestehend aus einem Becher und dem 2-flügeligen Rührer hergestellte Lösung wurde auf Basis von Frequenzsweeps rheologisch mit einer Referenzlösung verglichen. Das Rühren in einer sauren Umgebung über einen Zeitraum von drei Stunden (wie im Magen) führte zu einer Verringerung des elastischen Schubmoduls.

Standardgeometrien und Zubehörteile des Kinexus-Rotationsrheometers eignen sich sowohl zur Vorbereitung der Sondernahrung in einer säuerlichen Umgebung als auch zur anschließenden rheologischen Charakterisierung bei kontrollierter Temperatur und ohne Verdunstung. Dank der geringen Drehmomentfähigkeit des Kinexus-Rheometers können selbst sehr schwach strukturierte Materialien präzise getestet werden.

Als mögliche Weiterentwicklung dieses Ansatzes ist insbesondere das Einbeziehen von Verdauungsenzymen zu erwähnen, um die Magen Umgebung noch detaillierter beschreiben zu können und die Verdauung besser nachzuahmen.