

## Optimierung der Verpackungsgröße von Lebensmitteln durch Messung der Stampfdichte



Perfil Liu  
Application Research Lab, Bettersize Instruments Ltd.

**Abstract:** Eine angemessene Verpackungsgröße ist in der Lebensmittelindustrie nicht nur wichtig, um den Erfolg des Verpackungsprozesses zu gewährleisten, sondern auch, um die Kosten für den Transport der Produkte zu senken. In diesem Anwendungsbericht wird untersucht, wie die Größe des Behälters für Lebensmittelpulver durch Messung der Schüttdichte und der Stampfdichte bestimmt wird. In dieser Untersuchung wurden drei Arten von Proteinpulvern, darunter Molkenprotein, Sojaprotein und eine Molken-Sojaprotein-Mischung, mit einem automatischen Stampfdichtemessgerät - dem BeDensi T1 Pro - analysiert. Das Ergebnis zeigt, dass das Gerät Lebensmittelherstellern zuverlässige Informationen liefert, um die optimale Packungsgröße zu bestimmen und eine für den Kunden zufriedenstellende Verpackungsgröße zu wählen.

**Key words:** Tapped Density; Protein Powders; Packaging; Food; Bulk Density; Slack Fill.

### 1. Einführung

In den meisten Lebensmittelindustrien werden derzeit partikuläre Lebensmittel verarbeitet, wobei es sich um verschiedene Pulver handelt, die von Zutaten wie Mehl, Zucker und Gewürzen bis hin zu Endprodukten wie Proteinpulver und Instantkaffee reichen.<sup>[1]</sup> Während des gesamten Verarbeitungsprozesses, von der Produktion über die Verpackung bis hin zu Lagerung, Transport und Vertrieb, muss große Sorgfalt walten.

Schüttguteigenschaften wie die Schüttdichte und die Stampfdichte spielen eine wichtige Rolle bei der Verpackung von Lebensmitteln<sup>[2]</sup>. Die Schüttdichte ist das Verhältnis der Masse zum Volumen eines losen Pulvers, entsprechend ist die Stampfdichte das Verhältnis der Masse zum Volumen von Pulvern, die über einen bestimmten Zeitraum geschüttet werden. Das Klopfverfahren zur Stampfdichtebestimmung simuliert die Vibrationen, denen alle Pulver während der Produktion, der Lagerung, dem Transport und der Verteilung ausgesetzt sind. In Abbildung 1 ist verdeutlicht, dass der Zwischenraum zwischen den Partikeln mit einbezogen wird.<sup>[3]</sup> Durch Erschütterungen des Pulvers während der Lagerung und des Transports wird die Packungsdichte durch

Reduzierung des Zwischenkornvolumen erhöht.

Viele pulverförmige Lebensmittel werden in Säcken oder Schüttgutbehältern verpackt über eine lange Strecke transportiert. Die Stampfdichte des Pulvers ist ein wichtiger Parameter zur Bestimmung der optimalen Größe des Pulverbehälters. Bei Pulvern mit geringer Schüttdichte ist es beispielsweise eine wirksame Methode, eine kompaktere Verpackung zu entwerfen, indem dem Produkt während und nach der Befüllung die Luft entzogen wird. Daher kann die optimale Verpackungsgröße durch die Bestimmung von Schüttdichte und Stampfdichte genau berechnet werden, was für die Wirtschaftlichkeit des Pulvertransports von großer Bedeutung ist. Außerdem ist es von entscheidender Bedeutung, dass in jeder Verbraucherpackung das richtige Füllvolumen vorhanden ist.<sup>[4]</sup> Unangemessene Füllmengen, z. B. solche, die beim Öffnen durch den Kunden einen zu großen Hohlraum im Behälter aufweisen, führen zur Unzufriedenheit des Kunden und können sogar zu Anschuldigungen wegen Irreführung des Kunden auf der Grundlage des Federal Food Drug & Cosmetic Act (FDCA) führen.<sup>[5]</sup>

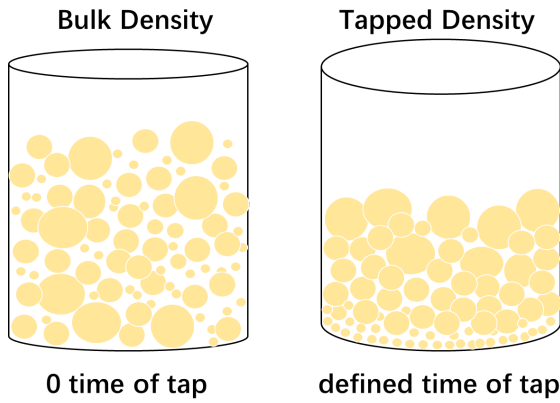


Abbildung 1. Vergleich von Schüttdichte (links) und Stampfdichte (rechts)

In der Proteinverpackungsindustrie gibt es das Phänomen, dass Proteinpulverbehälter oft nicht vollständig gefüllt werden. Die Differenz deckt das entsprechende Volumen ab, das der Abdichtung und dem Schutz des Produkts dient und durch die Vibration des Pulvers während des Transports und der Lagerung entsteht. Wenn die Produkte schließlich in den Regalen eines Supermarktes ankommen, kann ein übermäßiger Leerraum entstanden sein.

Daher ist es notwendig, die Schüttdichte und die Stampfdichte von Proteinpulvern zu ermitteln, damit ein vernünftiges Gleichgewicht zwischen der lockeren Füllung und dem tatsächlichen Fassungsvermögen eines Behälters hergestellt werden kann. Ziel dieses Anwendungsberichts ist es, die Schüttdichten verschiedener Proteinpulver zu untersuchen, um angemessene und kundenfreundliche Verpackungsgrößen zu erreichen.

## 2. Methode

Das Molkenprotein und das Sojaprotein wurden in einem lokalen Supermarkt in Shenzhen, China, gekauft. Das Molken-Sojaprotein wurde durch Mischen von Molkenprotein- und

Sojaproteinpulvern hergestellt. Um aussagekräftige Dichteergebnisse zu erhalten, müssen die Messbedingungen angegeben werden. Die Messung wurde mit dem BeDensi T1 Pro in Übereinstimmung mit den ISO-Normen durchgeführt. [6,7] Ein 250-ml-Messzylinder mit 50 g Probe wurde bei Raumtemperatur 625 Mal mit dem Stampfdichtepprüfgerät geklopft. Die gemessene Dichte wird nach der folgenden Formel ermittelt:

$$\rho_x = m/V_x$$

mit Klopfanzahl  $x$ , Dichte  $\rho$ , Masse  $m$ , Volumen  $V$ .  $\rho_0$  und  $\rho_{625}$  sind die gemessenen Dichtewerte in Gramm pro Milliliter nach dem Transfer bzw. nach 625 mal Klopfen.

Um die geeignete Behältergröße mit den Versuchsergebnissen zu bestimmen, wurden 500 g Molkenproteinpulver in drei verschiedene Behälter (10, 20 und 30 Vol.-%) gefüllt. Nach 625 maligem Klopfen wurden die verschiedenen Behältergrößen bewertet.

## 3. Ergebnis

### 3.1 Reines Protein

Es wurden die Schüttdichten von reinem Molkenprotein und Sojaproteinpulver ermittelt. Aus Tabelle 1 geht hervor, dass sowohl  $\rho_0$  und  $\rho_{625}$  von Sojaprotein größer sind als von Molkenprotein, was bedeutet, dass ein kleinerer Behälter für die Verpackung von reinem Sojaprotein geeignet ist.

Tabelle 1. Die Dichten der reinen Proteinpulver

Protein	$\rho_0$	$\rho_{625}$
	(g/ml)	
Molke	0.33	0.50
Soja	0.42	0.59

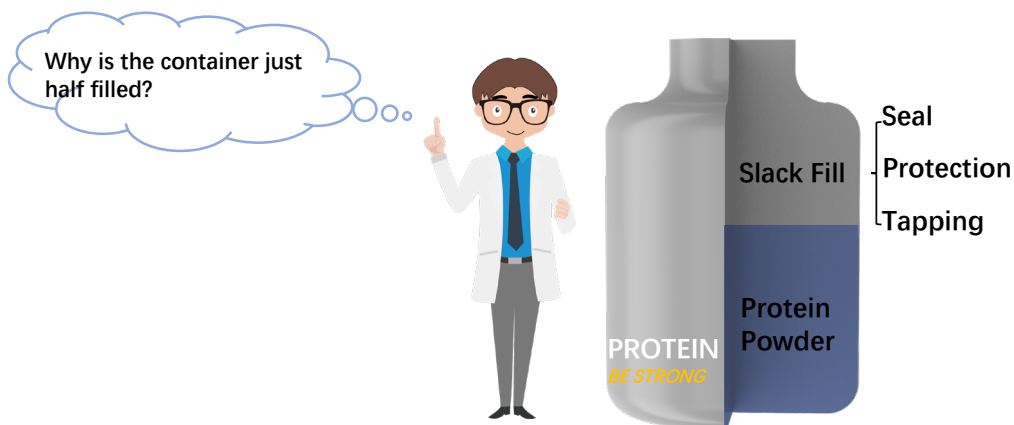


Abbildung 2. Packungsdifferenz bei einem Proteinpulverbehälter

### 3.2 Gemischtes Protein

Die Stampfdichte von gemischten Molke-Soja-Proteinpulvern wurde ebenfalls mit dem automatischen Stampfdichteprüfgerät gemessen. Tabelle 2 zeigt die Dichten von gemischten Proteinen mit 25, 50 und 75 Gew.-% Molkenproteinen. Die Schüttdichte des Sojaproteins nimmt mit dem Massenanteil des Molkenproteins zu. Für die Lagerung der verschiedenen Proteinprodukte müssen geeignete Behälter oder Beutel bestimmt werden.

Tabelle 2. Die Dichten der gemischten Proteinpulver

Protein	$\rho_0$	$\rho_{625}$
	(g/ml)	
Molke-Soja (3:1)	0.35	0.54
Molke-Soja (1:1)	0.39	0.57
Molke-Soja (1:3)	0.41	0.59

Außerdem sind die gemessenen Stampfdichten etwas größer als die berechneten Stampfdichten auf der Grundlage des Massengewichts der beiden Pulver, wie in Abbildung 3 dargestellt. Die berechneten Werte wurden mit der nachstehenden Gleichung ermittelt:

$$\rho_{mix} = \rho_{625}^{whey} \omega_{whey} + \rho_{625}^{soy} \omega_{soy}$$

mit der berechneten Stampfdichte  $\rho_{mix}$  und der Massenanteil  $\omega$ . Wie bereits erwähnt, können kleine Partikel infolge Pulvervibration zwischen die größeren Partikel gelangen und so das Volumen verringern und die Dichte erhöhen. Es ist keine geeignete Methode, die Stampfdichte einer Proteinpulvermischung nur anhand eines einfachen Modells der Komponenteneigenschaften zu berechnen, da die Dichte auch von der Partikelgröße und -verteilung, der Partikelform und der Oberflächenstruktur beeinflusst wird.<sup>[8]</sup> Folglich benötigen die Hersteller ein standardisiertes Prüfgerät für die Stampfdichte, um die Stampfdichte des Pulvers exakt zu bestimmen.

Tabelle 3. Änderungen des Füllgrads bei losem und verschlossenem Produkt

Container Volume (ml)	500 g Loose Protein Powder		500 g Tapped Protein Powder		Customer Emotion
	Volume (ml)	Slack Fill (vol%)	Volume (ml)	Slack Fill (vol%)	
1683	1515	10	1000	41	😊
1893		20		47	😐
2164		30		54	😞

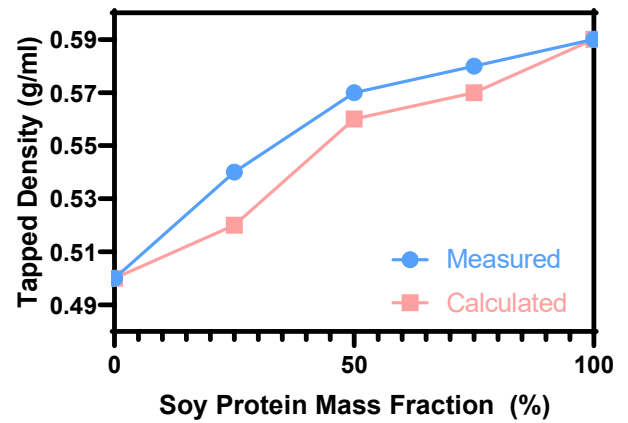


Abbildung 3. Berechnete und gemessene Stampfdichten der Proteingemische

## 4. Diskussion

Anhand der Ergebnisse konnte für jedes der Pulver die geeignete Behältergröße bestimmt werden. Außerdem wurde ermittelt, welcher Füllgrad bei den Kunden eine positive Resonanz hervorrufen würde. Die Verpackung von 500 g Molkenproteinpulver wurde mit verschiedenen Behältergrößen und Füllmengen simuliert.

Tabelle 3 zeigt die Füllmengen der losen und gestampften Produkte, die in unterschiedlich große Behälter verpackt wurden. Zum besseren Verständnis der Veränderungen ist in Abbildung 4 ein Schema der Veränderungen des Füllgrads der simulierten Probe dargestellt. Nach einem Probentransport erhöht sich der prozentuale Anteil des Leervolumens, z.B. von 30 Vol% im losen Produkt auf 54 Vol% im gestampften Produkt. Je größer die Verpackungsgröße ist, desto höher ist Leeranteil. Das Ergebnis einer Umfrage zeigt, dass in diesem Fall die meisten Mitarbeiter von Betersize mit dem anfänglichen Leervolumen von 30 Vol% unzufrieden waren, wie in Tabelle 3 dargestellt.

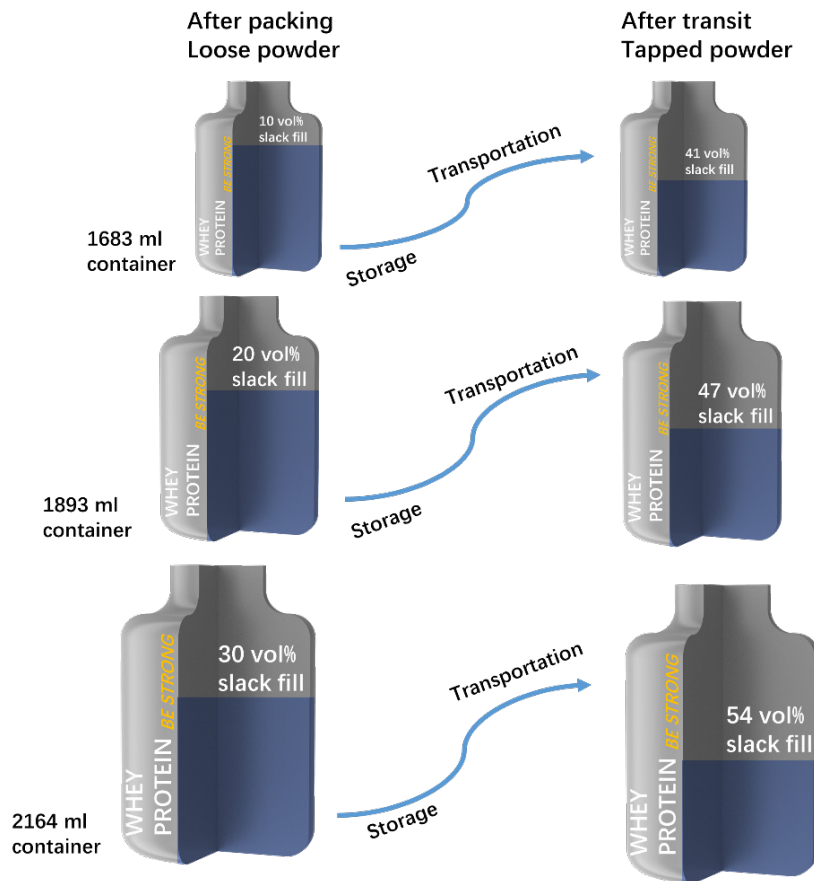


Abbildung 4. Die Änderungen des Leervolumens zwischen Füllung und Transport

Wenn in diesem Fall der Proteinbehälter anfangs einen Füllungsgrad von 30 Vol% hat, beträgt der Leeranteil nach einem Transport mehr als 50 Vol%, was den Erwartungen des Kunden widersprechen würde. Kunden sind zufriedener, wenn die Leeranteil möglichst gering ist, deshalb sollte der anfängliche Leeranteil auch weniger als 20 Vol% betragen.

## 5. Conclusion

Die Stampfdichte der reinen und gemischten Proteinpulver wurde erfolgreich mit dem BeDensi T1 Pro gemessen. Verschiedene Arten von Proteinpulvern haben unterschiedliche Stampfdichten, so dass Packungsgrößen auf der Grundlage der Dichte bestätigt werden sollten. Mit der Änderung des Massenverhältnisses in der Proteinmischung ändert sich auch die Schüttdichte. Die Stampfdichte sollte mit einem standardisierten Stampfdichtemessgerät gemessen und nicht anhand eines einfachen Modells der Komponenteneigenschaften berechnet werden. Basierend auf den Ergebnissen kann eine vernünftige Packungsgröße für das Molkenproteinprodukt bei einem anfänglichen Leeranteil von 20 % erreicht werden.

Daher ist ein Stampfdichteprüfgerät ein Muss für alle Hersteller, die auf Grundlage solcher Informationen

Verpackungen mit angemessener Größe entwerfen möchten. Die BeDensi T Pro-Serie kann Lebensmittelpulverherstellern zuverlässige Informationen zur Bestimmung des optimalen Verpackungsvolumens liefern, die bei der Festlegung einer ansprechenden, zweckmäßigen und kundenfreundlichen Verpackung hilfreich sind.

## 6. Literatur

- [1] Pablo J., Guatavo V. (2010). Food Powder Flowability Characterization: Theory, Method, and Applications. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1(1), pp. 211-239
- [2] Malave, J., Barbos-Canovas, G.V. and Peleg, M. (1985). Comparison of the Compaction Characteristics of Selected Food Powders by Vibration, Tapping and Mechanical Compression. *Journal of Food Science*, 50, pp. 1473-1476
- [3] Merkus H. (2009). Particle Size Measurements: Fundamentals, Practice, Quality. 1st ed. The Netherlands: Springer.
- [4] Onwulata C. (2005). Encapsulated and Powdered foods. 1<sup>st</sup> ed. Boca Raton: CRC Press
- [5] Federal Food Drug & Cosmetic Act (FDCA) Section 403(d) (21 U.S.C. 343(d)).

[6] ISO8967/IDF134 Dried milk and dried milk products –  
Determination of bulk density.

[7] Lin R, Wang Y., Selomulya C. (2022) Physical Properties of  
Dairy Powders. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. pp. 504-520

[8] Merkus, H., Meesters G. (2014) Particulate Products:  
Tailoring Properties for Optimal Performance. 1st ed.  
Netherlands: Springer.

**Bettersize**  
BETTER PARTICLE SIZE SOLUTIONS

**Bettersize Instruments Ltd.**

**Website:** <https://www.bettersizeinstruments.com>

**Email:** [info@bettersize.com](mailto:info@bettersize.com)

**Address:** No. 9, Ganquan Road, Lingang Industrial Park, Dandong,  
Liaoning, China

**Postcode:** 118009

**Tel:** +86-415-6163800

**Fax:** +86-415-6170645

Download Our Application Notes:



Visit Our BeDensi T Pro Series Site:

