



탭 밀도를 측정을 통한 식품 포장 크기의 최적화

Perfil Liu
Application Research Lab, Bettersize Instruments Ltd.

개요 : 식품 산업에서 합리적인 포장 크기는 포장 공정의 성공을 보장할 뿐만 아니라 제품 운송 비용을 줄이는 데도 중요합니다. 이 애플리케이션 노트에서 벌크 밀도와 탭 밀도를 측정함으로써 식품 분말 용기의 크기가 어떻게 결정되는지를 살펴봅니다. 본 연구에서는 유청 단백질, 대두 단백질, 유청-대두 단백질 혼합물 이렇게 세 가지 유형의 단백질 분말을 자동 탭핑 테스트 BeDensi T1 Pro 로 분석하였습니다. 결과는 이 기기가 식품 제조업체에 신뢰할 수 있는 정보를 제공하여 최적의 포장 크기를 결정하고 고객에게 만족하는 용기를 선택하는 데 전적으로 의존하고 있음을 보여줍니다.

키워드 : 탭 밀도 ; 단백질 파우더 ; 포장 ; 음식 ; 벌크 밀도 ; 느슨한 채우기 (slack-fill).

1. 소개

식품 산업의 대부분은 현재 밀가루, 설탕, 향신료와 같은 재료에서 단백질 분말 및 인스턴트 커피와 같은 최종 제품에 이르기까지 다양한 분말을 포함하는 입자성 식품을 취급합니다. [1] 생산에서 식품 포장, 궁극적으로 보관, 운송, 유통에 이르기까지 전 취급 과정에서 세심한 주의를 기울여야 합니다.

벌크 밀도 및 탭 밀도와 같은 부피 특성은 식품 포장에 직접적이고 중요한 역할을 합니다. [2] 벌크 밀도는 느슨한 분말의 부피에 대한 질량의 비율입니다. 탭 밀도는 정해진 시간 동안 탭핑된 분말의 부피에 대한 질량의 비율입니다. 사실상 탭핑 공정은 생산, 저장, 운송 및 유통 중에 모든 분말이 견딜 수 있는 진동을 시뮬레이션합니다. 그림 1 에서 입자 사이에 틈새 공간이 포함되어 있음이 분명합니다. [3] 저장 및 운송 중에 탭핑이 되면 중간에 공기의 양이 감소되어 부피가 줄어들게 됩니다.

일반적으로 많은 분말 식품은 봉지나 벌크 용기에 포장되어 판매점에서 유통된 후 소비를 위해 장거리 운송됩니다. 분말의 밀도는 분말 포장 용기의 최적화된 크기를 설정하기 위해 알아야 할 중요한 파라미터입니다. 예를 들어, 가벼운 벌크 밀도 분말의 경우, 충전 도중과 후에 제품에서 공기를 제거

하여 보다 컴팩트한 포장을 설계하는 것이 효과적입니다. 따라서 벌크 밀도와 탭 밀도를 확인하여 최적의 포장 크기를 정확하게 계산할 수 있으며 분말 운반의 경제적 측면에서 매우 중요합니다. 또한 각 소비자 팩에 올바른 주입량이 있는지 확인하는 것도 중요합니다. [4] 고객이 개봉할 때 용기에 빈 공간이 너무 많은 경우와 같이 불합리한 주입량은 고객을 불만족스럽게 하고 심지어 연방 식품의약품 및 화장품 법 (FDCA) 에 따라 고객을 오도했다는 비난으로 이어질 수 있습니다. [5]

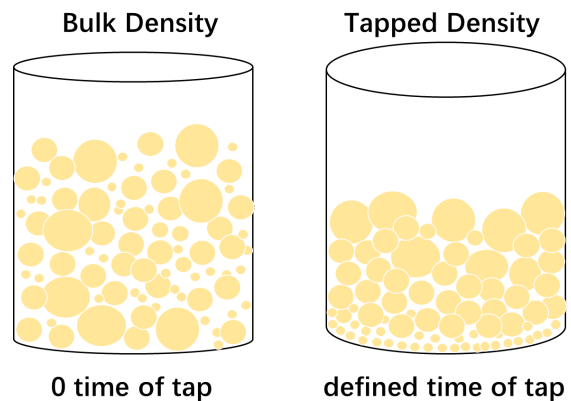


그림 1. 벌크 밀도와 탭 밀도 비교

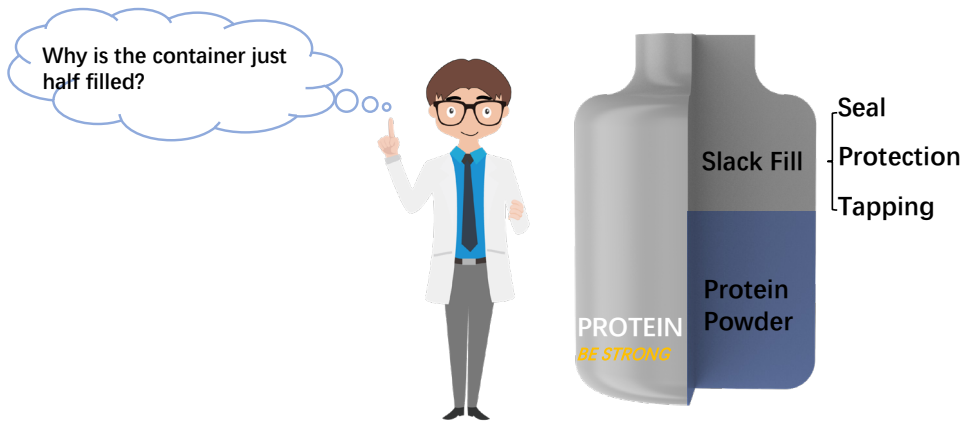


그림 2. 느슨하게 채워진 단백질 분말 용기

예를 들어 단백질 포장 산업에서는 단백질 분말 용기가 거의 채워지지 않는 흥미로운 현상이 있는데, 이 현상은 Slack-fill로 인해 발생합니다. Slack-fill은 용기의 실제 용량과 그 안에 포함된 제품의 부피 차이입니다. Slack-fill은 제품의 밀봉 및 보호 기능을 하며 배송 및 보관 시 분말의 진동에 의해 발생하는 부피를 적절히 커버합니다. 궁극적으로 슈퍼마켓 선반에 제품이 도착하면 탭핑으로 인해 내부에 과도한 빈 공간이 있을 수 있습니다.

따라서 공장에서 Slack-fill과 실제 용량 사이의 합리적인 균형을 유지할 수 있도록 단백질 분말의 벌크 밀도와 탭 밀도를 파악할 필요가 있습니다. 본 애플리케이션 노트의 목적은 제조업체를 위한 합리적이고 고객 친화적인 포장 크기를 달성하기 위해 다양한 단백질 분말의 탭 밀도를 조사하는 것입니다.

2. 방법

유청 단백질과 대두 단백질은 중국의 한 슈퍼마켓 선반에서 구입했습니다. 유청 단백질과 대두 단백질 파우더를 혼합하여 유청-대두 단백질을 만들었습니다. 밀도 결과를 의미 있게 만들려면 탭핑 조건을 인용해야 합니다. 탭핑 테스트는 ISO 표준에 따라 BeDensi T1 Pro로 수행되었습니다.^[6,7] 50g 샘플이 포함된 250 ml의 눈금 실린더를 탭 밀도 테스트로 625 회 실온에서 탭핑하였습니다. 측정된 밀도는 다음과 같은 공식으로 구합니다.

$$\rho_x = m/V_x$$

여기서 x 는 탭의 횟수이며, ρ 는 밀도, m 은 질량, V 는 부피이다. ρ_0 와 ρ_{625} 는 각각 옮긴 후와 625회 탭핑 후 밀리터당 그램으로 측정된 밀도입니다.

테스트 결과와 함께 적절한 용기 크기를 결정하기 위해 500g 유청 단백질 분말을 세 가지 다른 Slack-fill 용기 (10, 20, 30 vol%)에 채운 후 작동하였습니다. 625회 탭핑 후 Battersize 동료 20명의 다양한 크기의 용기에 대한 피드백이 수집되었습니다.

3. 결과

3.1 순수 단백질

순수한 유청 단백질과 대두 단백질 분말의 탭 밀도를 얻었습니다. 표 1은 대두 단백질의 ρ_{625} 와 ρ_0 이 유청 단백질보다 크다는 것을 나타내며, 이는 순수한 대두 단백질을 포장하는데 더 작은 용기가 적합하다는 것을 의미합니다.

표 1. 순수한 단백질 분말의 밀도

단백질	ρ_0	ρ_{625}
	(g/ml)	
유청	0.33	0.50
대두	0.42	0.59

3.2 혼합 단백질

유청-대두 단백질 혼합 분말의 탭 밀도 또한 자동 탭 밀도 테스터를 사용하여 측정하였습니다. 표 2는 25, 50, 75 wt.% 유청 단백질을 가진 혼합 단백질의 밀도를 보여줍니다. 대두 단백질의 탭 밀도는 유청 단백질과의 질량 비율과 함께 증가합니다. 다양한 단백질 제품을 저장할 수 있는 용기를 결정해야 합니다.

표 2. 다양한 비율을 가진 혼합 유청-대두 단백질의 밀도

단백질	ρ_0	ρ_{625}
	(g/ml)	
유청-대두 (3:1)	0.35	0.54
유청-대두 (1:1)	0.39	0.57
유청-대두 (1:3)	0.41	0.59

또한 측정된 탭 밀도는 그림 3과 같이 두 분말의 질량 중량에 기초하여 계산된 탭 밀도보다 약간 더 큼니다. 계산된 값은 아래 방정식에서 구했습니다.

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

여기서 ρ_{mix} 는 혼합물의 계산된 탭 밀도이고, ω 는 질량 비율입니다. 언급된 바와 같이, 탭핑이나 운송 중에 작은 입자는 큰 입자 사이의 공기를 대체하여 부피를 줄이고 밀도를 증가시킬 수 있습니다. 단백질 분말 혼합물의 밀도는 그것의 입도와 입도 분포, 입자 모양과 표면 구조에 의해서도 영향을 받기 때문에 단지 구성 성분 특성의 단순한 모델을 사용하여 단백질 분말 혼합물의 탭 밀도를 계산하는 것은 적절한 방법이 아닙니다.^[6] 따라서 제조업체가 분말의 탭 밀도를 과학적이고 정확하게 연구하려면 표준 탭 밀도 테스트가 필요합니다.

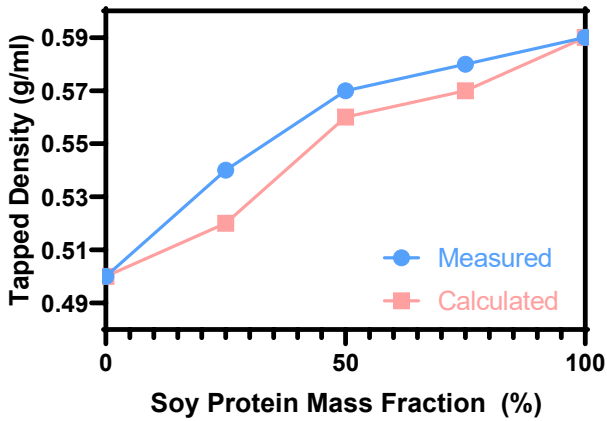


그림 3. 단백질 혼합물의 측정 및 계산된 탭 밀도

표 3. 느슨한, 탭핑한 제품에서 Slack-fill 부피 변화

용기 볼륨 (ml)	500g 느슨한 단백질 분말		500g 탭핑한 단백질 분말		고객 감정
	볼륨 (ml)	Slack Fill (vol%)	볼륨 (ml)	Slack Fill (vol%)	
1683	1515	10	1000	41	😊
1893		20		47	😐
2164		30		54	😞

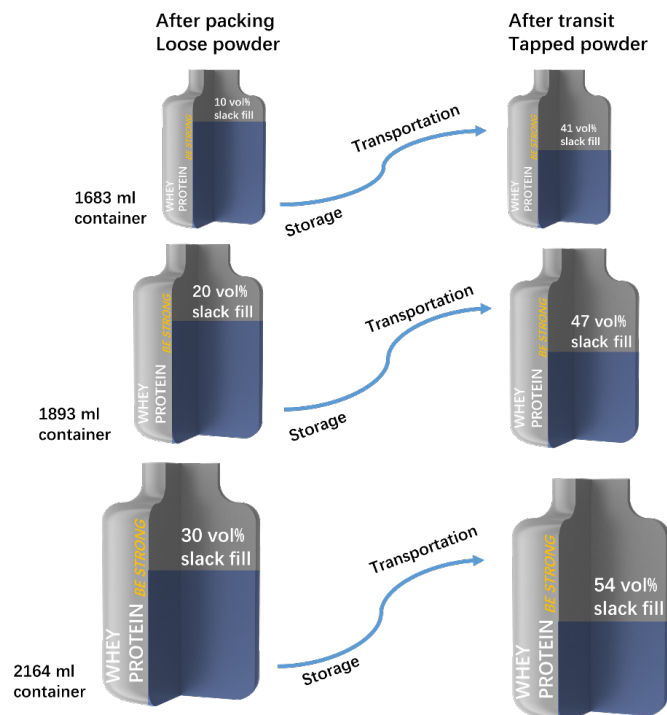


그림 4. 보관 및 운송 중 시뮬레이션된 샘플의 Slack-fill 변화

4. 토론

세 가지 유형 단백질 분말의 벌크 밀도와 탭 밀도가 성공적으로 측정되었습니다. 이러한 결과로부터 각 분말에 대한 적절한 용기 크기를 결정할 수 있습니다. 또한 Slack-fill 비율은 고객으로부터 긍정적인 반응을 이끌어낼 것입니다. 500g 유형 단백질 분말의 포장 용기 크기와 Slack-fill 로 시뮬레이션 되었습니다.

표 3 은 서로 다른 부피의 용기에 포장된 느슨하고 탭핑된 제품의 Slack-fill 볼륨을 보여줍니다. 변화를 쉽게 이해할 수 있도록 시뮬레이션된 샘플의 Slack-fill 변화 개략도를 그림 4 에 나타내었습니다. 이동 후 탭 밀도의 증가로 인해 Slack-fill 비율이 증가했습니다. 예를 들어, 느슨한 제품의 30vol% Slack-fill 비율은 탭핑한 제품에서 54vol% 로 증가합니다. 포장 크기가 클수록 Slack-fill 비율이 높아집니다. 피드백 결과에 따르면, 이 경우 대부분의 Better-size 직원은 표 3 에 나온 것처럼 초기 Slack-fill 이 30vol% 인 것에 불만족스러워 했습니다.

이 경우, 단백질 용기가 처음에 30vol% Slack-fill 을 가질 때, 탭핑된 Slack-fill 은 50vol% 를 초과하여 고객의 기대에 어긋나게 됩니다. 반대로, Slack-fill 이 20vol% 미만이면 고객은 더 만족할 것입니다. 이는 초기 Slack-fill 을 20vol% 미만으로 조절하여 합리적인 포장 크기를 달성할 수 있음을 시사합니다.

I 5. 결론

순수 및 혼합된 단백질 분말의 탭 밀도는 BeDensi T1 Pro 를 사용하여 성공적으로 측정되었습니다. 순수 단백질 파우더의 경우, 분말의 종류에 따라 탭 밀도가 다르기 때문에 밀도를 전제로 포장 크기를 확인해야 합니다. 단백질 혼합물의 질량 비에 따라 탭 밀도가 달라집니다, 그리고 탭 밀도는 구성 요소 특성의 단순한 모델로 계산하기 보다는 표준 탭 밀도 테스터로 측정해야 합니다. 탭핑 테스트 결과에 따라 유청 단백질 제품에 대한 합리적인 포장 크기는 20 vol% Slack-fill 에서 달성 할 수 있습니다.

따라서, 표준 탭 밀도 테스터는 분말의 탭 밀도를 정확하게 연구하고 이 정보를 통해 적절한 크기의 포장을 설계하려는 모든 제조업체에게 절대적으로 필요합니다. BeDensi T Pro 시리즈로 식품 분말 생산업체에 신뢰할 수 있는 정보를 제공하여 목적에 적합하면서도 유용하고 시선을 끌만한 고객 친화적인 최적의 포장 부피를 결정할 수 있습니다.

I 6. 참조

- [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. 1st 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

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:

