



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

Determinación de la porosidad

Apellidos, nombre	Atarés Huerta, Lorena (loathue@tal.upv.es)
Departamento	Departamento de Tecnología de Alimentos
Centro	ETSIAMN (Universidad Politécnica de Valencia)



1 Resumen de las ideas clave

La porosidad de un alimento sólido (por ejemplo los granos de cereal) es una propiedad que afecta a su almacenamiento y se define como el volumen de aire referido al volumen aparente (volumen total) del alimento. En este artículo docente se muestra un método sencillo de determinación de la porosidad de un producto alimentario (el arroz), previa determinación de su densidad aparente y su densidad real. Ambas densidades se determinan por separado, y utilizando un pequeño cálculo se obtiene finalmente la porosidad del producto.

2 Introducción

La densidad es una propiedad básica de cualquier producto, y se define como su masa por unidad de volumen ^[1]. Las unidades más comunes de la densidad son g/ml y kg/m³.

En el caso de alimentos porosos tales como granos, es necesario especificar si se está haciendo referencia a su densidad aparente o real. La densidad aparente es el cociente entre la masa de producto y el volumen aparente del mismo (volumen incluyendo los huecos entre los granos). Por otro lado, la densidad real es el cociente entre la masa del producto y su volumen real (volumen excluyendo los huecos entre los granos) ^[2].

$$\rho_{\text{aparente}} = \frac{m}{V_{\text{aparente}}} \qquad \rho_{\text{real}} = \frac{m}{V_{\text{real}}}$$

Puesto que el volumen aparente siempre será superior al volumen real, la densidad real siempre será mayor que la densidad aparente.

Una vez conocidas ambas densidades, se puede llevar a cabo el cálculo de la porosidad (ϵ) aplicando la ecuación:

$$\epsilon = \frac{\rho_{\text{real}} - \rho_{\text{aparente}}}{\rho_{\text{real}}}$$

3 Objetivos

Con la redacción de este artículo docente se persigue que los alumnos adquieran la capacidad de:

- Analizar los fundamentos del método de las probetas para la determinación de la densidad aparente de un producto sólido poroso.
- Analizar los fundamentos del método del picnómetro para la determinación de la densidad real de un producto sólido poroso.



- Adquirir la capacidad de calcular la porosidad de un producto poroso partiendo de los datos necesarios (densidad aparente y real).

4 Desarrollo

A continuación se describe el método de determinación de la porosidad. Para comenzar se describirá la determinación de la densidad aparente, y se continuará con el método de obtención de la densidad real. A modo de ejemplo de alimento poroso se hablará de arroz.

4.1 Determinación y cálculo de la densidad aparente

La determinación de la densidad aparente de un sólido poroso como el arroz es relativamente sencilla, puesto que implica la medida de su volumen aparente (su volumen total, incluyendo los huecos entre los granos). Bastaría entonces con dividir una cierta masa de arroz entre el volumen aparente de esa misma muestra. Con el fin de estandarizar la determinación, se hace necesario el grado máximo de compactación de los granos.

Describiendo el proceso paso a paso: se toma una probeta de plástico y se determina su masa (m_{probeta}). Se vierte en la misma una cierta masa de arroz y se vuelve a pesar el conjunto ($m_{\text{probeta} + \text{arroz}}$). Se golpea la probeta en su base rítmicamente unas 20 veces para conseguir la compactación de la muestra y finalmente se mide el volumen ocupado por la muestra en la probeta (V_{aparente}). La densidad aparente se calcula como:

$$\rho_{\text{aparente}} = \frac{m_{\text{probeta+arroz}} - m_{\text{probeta}}}{V_{\text{aparente}}}$$

4.2 Determinación de la densidad real

Con el fin de determinar la densidad real, se utiliza el método del picnómetro. Un picnómetro es un recipiente de vidrio con tapa ^[3] como el que se puede observar en la figura 1. Su tapa cuenta con un tubo capilar vertical abierto a la atmósfera que permitirá que el llenado se haga siempre del mismo modo (completando el volumen del picnómetro). El cuello del picnómetro es de vidrio esmerilado para favorecer el cierre. Por su forma, en el enrasado pueden quedar burbujas alojadas bajo el esmerilado, lo que habrá de evitarse. Enrasar el picnómetro significa llenarlo completamente, evitando la formación de burbujas en su interior. Al cerrarlo, el nivel del líquido utilizado (agua) subirá por el capilar y rebosará, quedando el capilar también lleno de agua. Una vez el agua haya rebosado, habrá que secar el picnómetro por fuera antes de pesarlo.

Para determinar la densidad real de un producto poroso como el arroz se necesita la masa del picnómetro en cuatro situaciones diferentes. Todas las masas deben determinarse en balanza analítica y con la tapa.

1. Pesarse el picnómetro vacío y anotar su masa (m_p)



2. Añadir una cierta masa de arroz y anotar la masa del conjunto (m_{p+a})
3. Cubrir el arroz con agua y someter el conjunto a baja presión en un desecador conectado a una bomba de vacío. De ese modo se consigue desgasificar (eliminar burbujas de aire alojadas entre los granos de arroz). Completar el llenado con agua (fluido de referencia) y enrasar. Anotar la masa (m_{p+a+w}).
4. Llenar el picnómetro de agua y enrasar. Pesarse y anotar su masa (m_{p+w}).

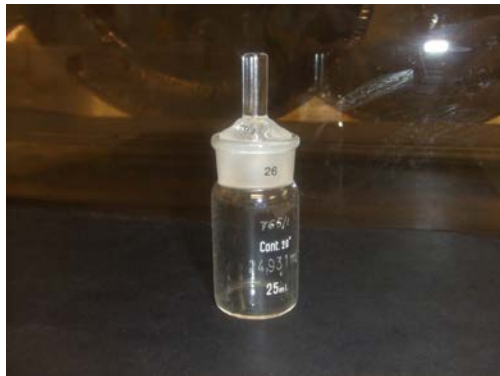


Figura 1: picnómetro de vidrio

Una vez determinados los cuatro datos necesarios, se puede hallar la densidad real del arroz.

4.3 Cálculo de la densidad real

Veamos los cálculos necesarios para hallar la densidad real del producto poroso. La figura 2 muestra de manera visual los datos que se tienen.

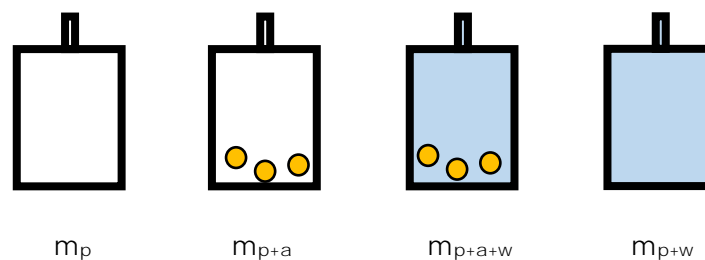


Figura 2: masas determinadas en el laboratorio para poder calcular la densidad real del arroz

La figura 3 muestra de manera visual el cálculo necesario para obtener la masa de agua desplazada por los granos de arroz (m). La diferencia entre m_{p+a} y m_p dará la masa de arroz utilizada. Si se resta este valor a m_{p+a+w} se obtendrá la masa de un picnómetro que no está totalmente lleno de agua, sino que tiene huecos correspondientes a los granos de arroz. Esta masa se resta a m_{p+w} para determinar la masa de agua que ocuparía el mismo volumen que ocupan los granos de arroz, o lo que es lo mismo, la masa de agua desplazada por los granos de arroz (m).

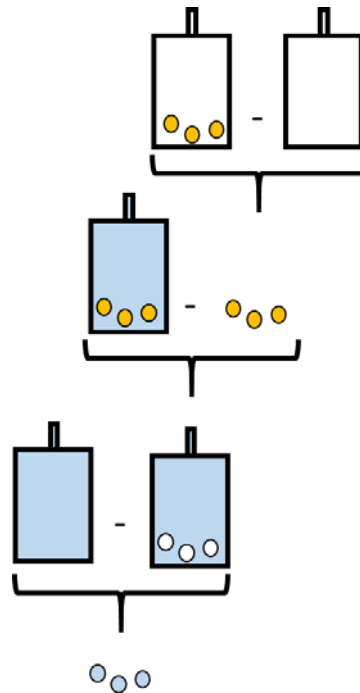


Figura 3: deducción visual de la masa de agua desplazada (m)

Así pues, se acaba de deducir que m se calcula según la ecuación:

$$m = m_{p+w} - [m_{p+a+w} - (m_{p+a} - m_p)]$$

Una vez determinada la masa de agua desplazada (m), se calcula el volumen ocupado por los granos de arroz (V_{real}) según la ecuación:

$$V_{\text{real}} = \frac{m}{\rho_w}$$

Finalmente, se halla la densidad real del arroz dividiendo la masa de arroz ($m_{p+a} - m_p$) entre el volumen real del mismo. Como conclusión de este apartado, el método del picnómetro ha permitido el cálculo de la densidad real de un producto poroso (el arroz) a través de la determinación de la masa de agua desplazada por el arroz.

4.4 Cálculo de la porosidad

Una vez determinadas la densidad real y la densidad aparente del producto poroso, el cálculo de la porosidad es muy sencillo y se lleva a cabo utilizando la ecuación:

$$\varepsilon = \frac{\rho_{\text{real}} - \rho_{\text{aparente}}}{\rho_{\text{real}}}$$



4.5 Aplicación

Se determinó la porosidad del arroz con el método descrito. A continuación, se muestran los datos experimentales y los resultados obtenidos utilizando el método descrito en este artículo docente:

1. Determinación de la densidad aparente del arroz:

Masa de la probeta vacía: 26.99g

Masa de la probeta llena de arroz: 68.98g

Por lo tanto la masa de arroz fue la diferencia: 41.99g

Volumen aparente del arroz en la probeta después de la compactación: 48ml

Con estos datos y utilizando el método descrito en el apartado 4.1., se calculó la densidad aparente del arroz: 0.87 g/ml

2. Determinación de la densidad real del arroz

Masa del picnómetro vacío (m_p): 33.324g

Masa del picnómetro con arroz (m_{p+a}): 41.059g

Masa del picnómetro con arroz enrasado con agua (m_{p+a+w}): 62.215g

Masa del picnómetro enrasado con agua (m_{p+w}): 60.380g

Con estos datos y utilizando el método descrito en el apartado 4.2., se calculó la densidad real del arroz: 1.31 g/ml

3. Determinación de la porosidad del arroz:

$$\varepsilon = \frac{\rho_{\text{real}} - \rho_{\text{aparente}}}{\rho_{\text{real}}} = 0.34$$

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje se han descrito los métodos de determinación experimental de la densidad aparente y real de un alimento poroso, así como los cálculos necesarios para obtener los resultados. A partir de los mismos se puede a su vez calcular la porosidad del producto. Además se ha aplicado este método a un ejemplo numérico concreto.

6 Bibliografía

- [1] <http://es.wikipedia.org/wiki/Densidad>
- [2] Experimentos de fisicoquímica de alimentos. SPUPV98.061
- [3] <http://es.wikipedia.org/wiki/Picn%C3%B3metro>