

Concepto de fracción másica y fracción volumétrica. Aplicaciones en alimentos

Apellidos, nombre	Talens Oliag, Pau (pautalens@tal.upv.es)
Departamento	Tecnología de Alimentos
Centro	Universitat Politècnica de València

1 Resumen de las ideas clave

La composición de los alimentos, generalmente, se expresa en peso/peso o en peso/volumen. A la hora de predecir distintas propiedades físicas de alimentos, es habitual trabajar con la fracción másica y/o con la fracción volumétrica de los distintos componentes que integran el alimento.

En este artículo docente vamos a abordar los conceptos de fracción másica y fracción volumétrica, así como la forma de determinar ambas fracciones para los distintos componentes de un alimento. Para ello, bastará con conocer la composición del mismo, bien por determinación experimental, bien por la información nutricional aportada en el etiquetado.

2 Introducción

La composición de los alimentos, generalmente, se expresa en peso/peso o en peso/volumen, en función de si se está trabajando con un alimento en estado sólido o un alimento en estado líquido. Los componentes que forman el alimento pueden analizarse instrumentalmente en un laboratorio o conocerse a través de la composición nutricional presente en el etiquetado. En este artículo docente no trabajaremos la forma de determinar instrumentalmente esa composición, sino que nos centraremos en como a partir de dicha composición, podemos obtener la fracción másica y fracción volumétrica de los distintos componentes que forman el alimento.

Conocer ambas fracciones tiene mucho interés dentro del campo alimentario, y en el caso del ámbito de propiedades físicas se trabaja mucho con estas fracciones con el fin de predecir distintas propiedades físicas como actividad de agua, densidad, calor específico, calor latente o conductividad, entre otras.

Dado que la fracción másica hace referencia a la masa, y la fracción volumétrica, al volumen, ambas fracciones pueden relacionarse a través de la densidad. La densidad es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de sistema ^[1].

3 Objetivo

Con la redacción de este artículo docente se persigue que los alumnos comprendan el concepto de fracción másica y fracción volumétrica, y adquieran destreza en la determinación de ambas fracciones para distintos alimentos en base a su composición.

4 Desarrollo

En el punto 4.1 vamos a describir el concepto de fracción másica y fracción volumétrica.

En el punto 4.2 veremos como a través de la composición del producto, podemos determinar ambas fracciones.

En el punto 4.3 veremos ejemplos reales de cálculos para un alimento.

4.1 Concepto de fracción másica y fracción volumétrica

La **fracción másica** de un compuesto (x_i), se define como el cociente entre la masa de ese compuesto (m_i) y la masa total del sistema (m_t) ^[2] (ecuación 1). De forma análoga, la **fracción volumétrica** de un compuesto (v_i), se define como el cociente entre el volumen del compuesto (v_i) y el volumen total del sistema (v_t) (ecuación 2).

$$x_i = \frac{m_i}{m_t} \quad (1)$$

$$v_i = \frac{v_i}{v_t} \quad (2)$$

Ambas fracciones presentan 3 características en común:

- Dado que, en ambos casos, se realiza el cociente de valores con las mismas unidades (unidades de peso o unidades de volumen), ambas fracciones son adimensionales.
- Sólo tienen valores comprendidos entre 0 y 1.
- La suma de todas las fracciones de los componentes que constituyen el alimento han de sumar 1.

Ambas fracciones se relacionan entre sí a través de la densidad, que no es más que el cociente entre la masa y el volumen ^[1] (ecuación 3)

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3)$$

4.2 Determinación de ambas fracciones a partir de la composición del alimento

Tanto experimentalmente, como haciendo uso del etiquetado, es posible disponer de la composición que tiene un producto. Generalmente, los compuestos presentes en los alimentos se agrupan en 5 macro-componentes: agua, proteínas, carbohidratos, grasas y cenizas. La suma de todos estos componentes da lugar al 100% del producto.

La gran mayoría de veces, tendremos esta composición por 100g de producto, aunque en algunas ocasiones, como ocurre con alimentos líquidos como los zumos o la leche, es normal determinar o tener la composición por 100 mL de producto. Debemos tener en cuenta que, en estos casos, salvo que la densidad del producto sea 1g/cm³, 100mL de producto no son 100g de producto, sino que la masa total del sistema será el producto de los 100mL por el valor de la densidad del producto en g/cm³ (o g/mL ya que cm³ es igual a mL).

La densidad que tenga el producto podrá determinarse experimentalmente, o predecirse a través de sus valores de composición mediante la ecuación 4 o ecuación 5, respectivamente, según queramos trabajar en fracciones másicas o en fracciones

volumétricas. En estas ecuaciones x_i , es la fracción másica de cada componente, v_i , el volumen de cada componente, y ρ_i , la densidad de cada componente.

$$\rho_{\text{producto}} = \frac{1}{\sum_i \frac{x_i}{\rho_i}} \quad (4)$$

$$\rho_{\text{producto}} = \sum_i v_i \cdot \rho_i \quad (5)$$

Existen tablas que permiten disponer del valor de la densidad de los distintos macrocomponentes presentes en un alimento a distintas temperaturas (tabla 1).

Tabla 1. Densidad de componentes alimentarios puros a diferentes temperaturas [3]

T (°C)	Densidad (kg/m ³)				
	Agua	Proteínas	Grasa	Carbohidratos	Cenizas
20	997.6	1289.4	916.4	1424.6	1743.4
30	995.2	1272.2	913.5	1413.3	1731.2
40	991.2	1258.4	906.7	1399.2	1719.8
50	986.8	1246.2	902.7	1386.4	1704.7
60	983.3	1231.4	894.3	1369.5	1691.5
70	978.2	1222.6	884.9	1358.2	1679.1
80	971.5	1212.9	880.0	1346.4	1668.8
90	965.0	1204.3	876.0	1337.2	1658.4
100	958.0	1198.4	874.2	1331.7	1649.3

Debemos tener en cuenta, y para el caso de alimentos sólidos que presenten aire ocluido en su interior que, aunque el aire presente, no interfiere en la fracción másica de cada componente en el alimento, si influye a la hora de determinar la fracción volumétrica del alimento, ya que parte del volumen del alimento estará ocupado por aire. Esa fracción volumétrica de aire vendrá definido por la porosidad del producto.

4.3 Ejemplos reales de cálculo

A continuación, vamos a ver algunos ejemplos reales de cálculo de fracción másica y fracción volumétrica para distintos alimentos.

Antes de realizar cualquier cálculo, lo primero que debemos hacer es sumar los componentes del alimento y comprobar que tenemos el total del producto. Si la suma no da el total del producto, generalmente es porque, o no está contabilizada el agua del producto (como ocurre cuando observamos la composición nutricional presente en el etiquetado de los alimentos), o que no estén contabilizados algunos componentes minoritarios (vitaminas, minerales, fibra, etc) que generalmente son contabilizados como cenizas.

Ejemplo 1. Imaginad que tenemos un alimento líquido, a 20°C, con una composición por 100g de producto de 10g de carbohidratos, 5g de proteína, 3g de grasas y 2g de cenizas.

La suma de los componentes es 20g, lo que nos indica que el resto hasta los 100g de producto es agua.

El cociente entre la masa de cada componente y la suma total (100g), nos permitirá calcular las fracciones másicas de cada componente. Para el ejemplo, la fracción másica de agua es 0.8, la de carbohidratos 0.1, la de proteína 0.05, la de grasa 0.03 y la de cenizas 0.02. La suma de todas las fracciones másicas es igual a 1.

Para determinar las fracciones volumétricas, haremos uso de la ecuación 3 y de la tabla 1. Por la ecuación 3 sabemos que el volumen es igual al cociente entre la masa y la densidad. Conocemos la masa de cada componente y su densidad a 20°C viene descrita en la tabla 1. Para el cálculo hay que tener en cuenta que la densidad de la tabla 1 viene en kg/m^3 , y por tanto habrá de dividirse por 1000 para tenerla en g/cm^3 o g/mL . Tras la realización de estos cálculos, el volumen, en mL, para el agua es 80.2, para los carbohidratos 7, para las proteínas 3.9, para las grasas 3.3 y para las cenizas 1.1, lo que hace un volumen total de 95.5 mL. Aplicando la ecuación 2 tenemos que la fracción volumétrica de agua es 0.84, la de carbohidratos 0.07, la de proteínas 0.04, la de grasa 0.03 y la de cenizas 0.01. La suma de todas las fracciones volumétricas es igual a 1.

Ejemplo 2. Imaginad que tenemos un alimento líquido, a 30°C, el cual tiene una densidad de 1.029 g/cm^3 y una composición por 100mL de producto es de 8g de carbohidratos, 2g de proteína, 3g de grasas y 2g de cenizas.

En este ejemplo, el peso de cada componente está sobre una base de cálculo de 100mL. Lo primero que tendremos que hacer es calcular la masa total de producto que tenemos para calcular la cantidad de agua presente en el alimento.

Haciendo uso de la ecuación 3 podemos determinar que la masa total del producto es 102.9g. Dado que la suma de los componentes es 15g, la resta de $102.9 - 15$, nos dará la cantidad de agua (87.9g).

El cociente entre la masa de cada componente y la suma total (102.9g), nos permitirá calcular las fracciones másicas de cada componente. Para el ejemplo, la fracción másica de agua es 0.85, la de carbohidratos 0.08, la de proteína 0.02, la de grasa 0.03 y la de cenizas 0.02. La suma de todas las fracciones másicas es igual a 1.

Para determinar las fracciones volumétricas, haremos lo mismo que en el ejemplo anterior. El volumen, en mL, para el agua es 88.3, para los carbohidratos 5.7, para las proteínas 1.6, para las grasas 3.3 y para las cenizas 1.2, lo que hace un volumen total de 100 mL. Aplicando la ecuación 2 tenemos que la fracción volumétrica de agua es 0.88, la de carbohidratos 0.06, la de proteínas 0.02, la de grasa 0.03 y la de cenizas 0.01. La suma de todas las fracciones volumétricas es igual a 1.

Ejemplo 3. Imaginad que tenemos un alimento a 20°C, compuesto por (p/p) un 20% de grasa, 6% de proteína, 20% de carbohidratos y 54% de agua, y con una porosidad del 17%.

La suma de todos los componentes nos da los 100g de producto. El cociente entre la masa de cada componente y la suma total (100g), nos permitirá calcular las fracciones másicas de cada componente. Para el ejemplo, la fracción másica de

agua es 0.54, la de carbohidratos 0.2, la de proteína 0.06, y la de grasa 0.2. La suma de todas las fracciones másicas es igual a 1.

Para determinar las fracciones volumétricas, debemos tener en cuenta que el alimento presenta un 17% de aire en su interior, que, aunque no modifica las fracciones másicas sí que lo hará a nivel volumétrico. Los componentes del alimento ocuparan un 83% del volumen del alimento y el aire el 17% restante. Al igual que en los ejemplos anteriores calcularemos el volumen, de cada componente en cm^3 , obteniendo 54.1 de agua, 14 de carbohidratos, 4.7 de proteínas y 21.8 de grasa. La suma hace un total de 94.6 cm^3 de volumen. Si hiciéramos el cálculo como en los ejemplos anteriores, obtendríamos una fracción volumétrica de 0.57 para el agua, 0.15 para los carbohidratos, 0.05 para las proteínas y 0.23 para las grasas, sin embargo, estas fracciones volumétricas no son correctas, ya que debemos tener presente que estas fracciones se corresponden con el 83% del producto, ya que el 17% restante es aire. Por tanto, si multiplicamos cada una de esas fracciones por 0.83, obtendremos las fracciones volumétricas de los distintos componentes. La fracción volumétrica de agua es 0.47, la de carbohidratos 0.12, la de proteínas 0.04, la de grasa 0.19 y la de aire 0.17. La suma de todas las fracciones volumétricas es igual a 1.

5 Cierre

En este objeto de aprendizaje se han expuesto las definiciones de fracción másica y fracción volumétrica, así como la forma de determinar ambas fracciones para los distintos componentes presentes en un alimento. Se han presentado ejemplos de distintos alimentos sólidos y líquidos.

6 Bibliografía

- [1] <https://es.wikipedia.org/wiki/Densidad>
- [2] [https://es.wikipedia.org/wiki/Fracci%C3%B3n_de_masa_\(qu%C3%ADmica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Fracci%C3%B3n_de_masa_(qu%C3%ADmica))
- [3] Choi , Y.; Okos, M.R. (1983). Thermal properties of liquid foods - review. American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASAE), 83, 6516: 53-76.