

Situación problemática: ¿Cómo podemos separar el aceite, el vinagre y la sal del aderezo de la ensalada?

1.- Planteamiento de la situación

Para preparar un aderezo de ensalada se mezclan vinagre, aceite y sal en cantidades que varían según el gusto de cada cual. Pero si queremos volver a separar esos tres componentes, ¿cómo podemos hacerlo?

2.- Acotación que lleve a varias situaciones experimentales realizables.

Debemos tener presente cuáles son las características físicas de cada uno de los componentes que queremos separar:

Aceite: líquido viscoso, poco denso e inmiscible con el agua

Vinagre: líquido formado principalmente por agua. No todos los alumnos tienen claro que el vinagre es una disolución acuosa.

Sal: sólido soluble en agua

Estas características pueden relacionarse con los métodos de separación que se describen en los libros y que estamos estudiando en el laboratorio.

Es conveniente poner una limitación práctica: algunos grupos proponen separar la mezcla de vinagre y aceite calentando y evaporando el agua. Este proceso provoca proyecciones de agua y aceite y el aceite suele quemarse provocando mal olor y suciedad. Es mejor disuadirles de esta línea de trabajo o bien hacer una prueba a pequeña escala que les muestre la que se arma.

3.- Diseños experimentales con emisión de hipótesis sobre los resultados y sus consecuencias.

Primera parte:

Diseño 1: Con frecuencia, los diseños experimentales proponen separar agua y aceite aprovechando su inmiscibilidad. Cuando los alumnos escogen esta línea hay una duda previa que surge frecuentemente: la sal, ¿se queda en el agua o en el aceite? Para responder, lo mejor es diseñar un experimento en el que se pueda comprobar lo que pasa. Este experimento se puede mandar para hacer en casa (suelen proponer disolver sal en un vaso con vinagre y en otro vaso con aceite).

Diseño 2. La otra línea de diseños es la que escoge la separación de agua y aceite aprovechando su diferencia de volatilidad mediante calentamiento y evaporación. Ya se ha señalado su inconveniencia práctica, ya que al quedar el aceite encima del agua obstaculiza la evaporación. Este debate suele mostrar la confusión generalizada de los alumnos entre lo que es densidad y lo que es viscosidad, ya que los alumnos señalan que "el aceite es más denso porque es más espeso" y algunos anuncios publicitarios de productos de limpieza apoyan esta idea.

Segunda parte:

Una vez separados agua y aceite y aclarado dónde está la sal hay que diseñar la separación del agua y la sal. Suele haber dos líneas de diseño: evaporar el agua (con o sin calentamiento) o filtración.

Diseño 1. Esta última línea de trabajo la suelen proponer alumnos convencidos de que el filtrado es capaz de separar sólidos disueltos del disolvente. El error tiene varias fuentes que se comentan más adelante.

Lo más práctico es proponerles una filtración de agua salada para comprobar si el sistema funciona. El sabor del agua obtenida es el mejor preámbulo para comentar lo que una filtración separa y lo que no. Con ello, suelen volver sus propuestas experimentales hacia las otras líneas de diseño

Diseño 2. Algunos grupos proponen calentar el agua con la sal para evaporar ésta, por el procedimiento de poner el vaso con la disolución al fuego. Este diseño se apoya en la preparación de las papas arrugadas.

Diseño 3. Otra parte de los grupos propone cristalizar la sal dejando la disolución en el vaso, lo que lleva al debate de cuáles serán las mejores características del recipiente para orientarles hacia un cristizador o un plato.

Todas estas disquisiciones suelen llevar a unas líneas de diseños experimentales como las siguientes:

Decantación de agua y
aceite

(desde el vaso o con
embudo de decantación)

Cristalización de la sal

Evaporación por calor del
agua

Experimentos
complementarios:

Disolución de sal en aceite y
en agua

Filtración de agua salada.

Diseño heterodoxo. hay un diseño de trabajo que se sale de esta línea y que un grupo propuso y realizó con todo éxito: puesto que agua y aceite se separan en dos capas al estar en reposo y teniendo en cuenta el diferente comportamiento de ambos al enfriarlos, se puede hacer una separación mediante frío según el siguiente diseño:

Introducción de la

Congelación del agua
y separación del

Descongelación del agua
que contiene la sal y

mezcla en un
recipiente de plástico

aceite convertido en
una pasta mediante
una cuchara

evaporación o
cristalización

Este diseño nos pareció sorprendente, ya que se sale de la ortodoxia del trabajo de laboratorio, mostrándonos la potencia de dejar trabajar a la imaginación de nuestros alumnos.

4.- Puesta en práctica del trabajo y separación del error experimental

Decantación de agua y aceite desde el vaso. Es muy simple pero la separación es bastante imperfecta y depende mucho de la habilidad manual de los alumnos. Una línea muy apreciada por los que quieren terminar rápidamente.

Decantación de agua y aceite mediante embudo de decantación. Suelen surgir problemas con las llaves de los embudos, que se pueden romper, y hay que enseñar a los alumnos el correcto uso de los embudos. Su limpieza posterior es muy pesada y poco apreciada por los alumnos.

Desecación por calentamiento de la disolución de vinagre y sal. El principal problema que plantea es que cuando empieza la precipitación de la sal hay proyecciones y la última parte de la evaporación es muy lenta debido a la alta concentración de sal. Suele ser más práctico orientarles a dejar que la última parte del líquido se evapore lentamente durante un fin de semana. Aquí se aprecia la diferencia de usar vinagre sintético (disolución de ácido acético, incolora o blanquecina) de vinagre de vino, ya que la calcinación de este último incrementa el ya notable olor del acético evaporado.

Destilación de la mezcla de agua y aceite. Suelen proponerla alumnos que critican la pérdida del agua en los demás métodos, alegando que la destilación permite recuperar el agua destilada, quedando el aceite y la sal en el matraz de destilación. La presencia en este matraz de tres fases (sal sólida, aceite y agua) durante la ebullición del agua desaconseja este método, que además tiene un montaje complicado. Suele ser suficiente con decir que sólo interesa el aceite y la sal.

Evaporación del agua y cristalización de la sal. El principal inconveniente de este diseño es la impaciencia que produce si se tarda semanas en evaporar. Suele ser más práctico evaporar parcialmente por calentamiento y luego dejar cristalizando. Este método tiene la ventaja de poder obtener cristales bien formados, sobre los que se genera un debate acerca de las llamativas caras planas de los cristales. Para muchos alumnos, líneas rectas y caras planas caracterizan los materiales artificiales, por lo que el aspecto de los cristales de sal es bastante sospechoso.

5.- Contrastación de las hipótesis iniciales, cruce de información de varios experimentos.

El mayor interés está en las hipótesis erróneas que llevan a propuestas de experimentos que luego son fallidos, circunstancias que se dan en varios casos:

- hipótesis de que la sal se disuelve en el aceite.

Parece estar relacionada con la "desaparición" de la sal la añadirla a las papas cuando se fríen. Tras el experimento caen en la cuenta de que si las papas saben saladas es porque contienen la sal y de que parte de la sal se va al fondo de la sartén, formando parte de los depósitos que quedan en el aceite y que ellos suelen asociar a restos de las papas.

- hipótesis de que el filtro separará el agua de la sal disuelta.

Parece tener varias fuentes:

- Algunos alegan que la filtración separa sólidos de líquidos y la sal es un sólido, no diferenciando sólidos disueltos de insolubles.
- Otros señalan que las piedras destiladeras filtran el agua y la dejan sin sal.
- Otros alumnos señalan que los "filtros" que se ponen en los grifos de sus casas (que suelen funcionar por intercambio iónico) quitan las sales, confundidos por la denominación comercial de "filtro" de estos accesorios
- Algunos aluden a las descripciones de las membranas osmóticas de las desaladoras industriales, que "filtran" el agua de mar haciéndola potable.

Los resultados experimentales adversos a sus hipótesis crean el conflicto necesario para cambiar de posición con bastante eficacia, por lo que es muy útil didácticamente permitir que realicen estos diseños.

6.- Generalización y modelización, si la hubiera.

Tras este trabajo se modeliza con bastante facilidad un esquema de toma de decisiones para las separaciones en función de las características de las sustancias que se van a separar.

Características de las sustancias	Método de separación	Ejemplo
Líquidos inmiscibles	Decantación	Agua y aceite
Líquidos miscibles	Destilación	Agua y alcohol (vino)
Sólidos disueltos	Cristalización o evaporación con calor	Agua y sal
Sólidos insolubles	Filtración	Agua y arena

7.- Evaluación de la resolución.

Los alumnos suelen asociar un buen método a la recuperación de gran cantidad del aceite o de la sal, despreciando el diseño frente a la ejecución experimental. Es conveniente resaltar desde el primer planteamiento del problema que se da tanta o más importancia al diseño y al razonamiento que le acompaña que a la ejecución.

También es importante hacer ver que los diseños fallidos no son "negativos", sino que un

experimento que no sale nos puede mostrar por qué es errónea una hipótesis y, de esa forma, aprender tanto como con un experimento que funciona bien.

Situaciones relacionadas.

Hay varias situaciones que se relacionan bien con este problema:

- La limpieza de una marea negra, que se asocia muy bien con la separación de agua y aceite.
- La separación del aceite contenido en las aguas residuales de las ciudades, señalando la conveniencia de no tirar aceite por el desagüe.
- La obtención de sal en las salinas.
- La desalación de aguas salobres en zonas con escasez de agua.

Estas situaciones permiten volver a proponer el mismo problema pero asociado a situaciones prácticas, mostrando la utilidad de estos conocimientos en la vida real.