

Aplicación de la polarimetría a la determinación de la pureza de un azúcar

Apellidos, nombre	García Martínez, Eva ¹ (evgarmar@tal.upv.es)
Departamento	¹ Departamento de Tecnología de Alimentos
Centro	ETSIAMN. Universitat Politècnica de València

1 Resumen de las ideas clave

La polarimetría es una técnica no destructiva, rápida y reproducible, consistente en medir la rotación óptica producida sobre un haz de luz polarizada al pasar por una sustancia ópticamente activa. La rotación óptica viene determinada por la estructura molecular y la concentración de moléculas quirales. Un compuesto es considerado ópticamente activo si la luz linealmente polarizada sufre una rotación cuando pasa a través de una muestra de dicho compuesto. Cada sustancia ópticamente activa tiene su propia rotación específica.

En este artículo vamos a describir la determinación de la pureza del azúcar comercial (sacarosa) mediante técnicas polarimétricas, conociendo el poder rotatorio específico de la misma en disolución acusa. La metodología se basa en que la disolución de sacarosa tras su inversión (hidrólisis ácida) sufre un cambio en su ángulo de rotación. Además, se explicarán conceptos necesarios para entender la técnica, como son el concepto de luz polarizada, de actividad óptica y de capacidad rotatoria específica. Finalmente se desarrollará un supuesto práctico.

2 Introducción

La polarimetría es una técnica que se basa en la medición de la rotación óptica producida sobre un haz de luz polarizada al pasar por una sustancia ópticamente activa. La actividad óptica rotatoria de una sustancia tiene su origen en la asimetría estructural de los átomos de carbono, nitrógeno, fósforo o azufre en la molécula, lo cual es conocido como quiralidad. La quiralidad generalmente es descrita como una imagen de espejo de una molécula, la cual no puede superponerse con ella misma (Figura 1). Al polarizar la luz y dejar que tan solo vibre en un plano, si hacemos pasar la luz por una disolución de una substancia quiral, ésta girará el plano de la luz polarizada.

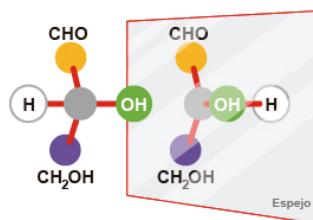


Figura 1. Átomo de carbono quiral (en gris), de un monosacárido unido a cuatro sustituyentes diferentes

Basándonos en esta propiedad de los azúcares, la polarimetría se puede utilizar en la industria agroalimentaria para la cuantificación de sacarosa en la industria azucarera, de lactosa en la industria láctea y del almidón tras su hidrólisis parcial a glucosa en la industria cerealista. El uso de polarímetros también es un método extendido para la comprobación de la pureza en disoluciones azucaradas, tal y como describiremos en este objeto de aprendizaje. Para entender un poco más cómo funciona esta técnica, vamos a definir algunos conceptos relacionados.

2.1 Luz polarizada

La luz natural está formada, de acuerdo con la teoría ondulatoria, por ondas electromagnéticas transversales cuyo factor de campo eléctrico en todas las direcciones es perpendicular a la dirección de propagación. Sin embargo, cuando un haz de luz pasa por un polarizador se eliminan todos aquellos componentes cuyas vibraciones no se producen en una determinada superficie o plano de polarización (Figura 2). Cuando esto ocurre se dice que la luz está polarizada. Si además solo se polariza una longitud de onda determinada, se obtiene luz monocromática polarizada linealmente, que se emplea para realizar las medidas polarimétricas.

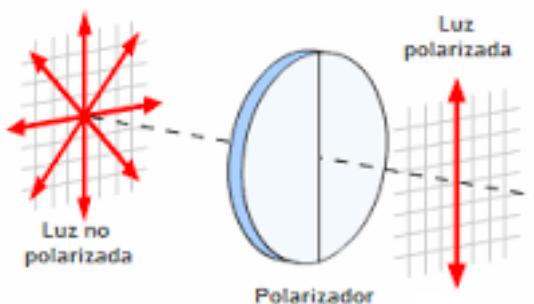


Figura 2. Luz polarizada

2.2 Actividad óptica

La actividad óptica es la propiedad de una sustancia para hacer girar el plano de luz polarizada. Los compuestos que presentan este comportamiento se llaman ópticamente activos.

La sacarosa hace rotar el plano de polarización en el sentido de las manecillas del reloj, por lo que se le denomina azúcar dextrorrotatorio o déxtrógiro (+), la glucosa o dextrosa también desvía el plano de luz hacia la derecha. La fructosa o levulosa hace girar el plano de polarización hacia la izquierda por lo que se dice que es un azúcar levorrotatorio o levógiro (-).

La actividad óptica de los azúcares es una consecuencia directa de la estereoquímica tetraédrica del carbono con hibridación sp^3 con cuatro grupos sustituyentes distintos, a estos átomos, como se ha comentado antes, se les suele denominar centros de quiralidad (Figura 1). Estas moléculas no tienen plano de

simetría que las atraviese, de tal manera que sus mitades sean la imagen especular de la otra.

2.3 Capacidad rotatoria específica

La capacidad de hacer girar el plano de polarización es una propiedad intrínseca de una molécula ópticamente activa, ésta es constante para unas condiciones determinadas y se utiliza por ello en su caracterización. Además, si aplicamos la ley de Biot, la relación que expresa esta capacidad se le denomina rotación específica o capacidad rotatoria específica, $[\alpha]_T^\lambda$, y está dada por la ecuación 1:

$$[\alpha]_T^\lambda = \frac{\alpha}{l \cdot c} \quad (1)$$

donde:

$\lambda = 589,3\text{ nm}$ (normalmente se utiliza la longitud de onda de la línea D del sodio)

$T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

α = ángulo de rotación de la luz polarizada

l = espesor de la capa de muestra atravesada (dm)

c = concentración de la disolución de sustancia ópticamente activa (g/mL). Salvo que se indique lo contrario el disolvente es el agua.

De esta manera, conociendo $[\alpha]_T^\lambda$ y l , midiendo α y resolviendo la ecuación 1, se puede determinar el contenido c de azúcar de una disolución. Los valores de rotación específica de cada tipo de azúcar se encuentran en bibliografía (Tabla 1).

Sustancia	$[\alpha]^{20}_D$
Glucosa	+52,7
Fructosa	-90,72
Sacarosa	+66,5
Lactosa	+52,53
Galactosa	+83,88
Maltosa	+138,3

Tabla 1. Rotación específica de algunos azúcares

3 Objetivos

Con este objeto de aprendizaje se persigue que los alumnos sean capaces de:

- Aplicar la polarimetría para determinar el contenido en sacarosa y glucosa de una disolución azucarada y por tanto determinar su pureza.
- Calcular la concentración de sacarosa y glucosa a partir del ángulo de rotación obtenido con el polarímetro.

4 Desarrollo

A continuación, se va a describir el fundamento del método polarimétrico y se detallará con un ejemplo práctico el protocolo analítico aplicado a la determinación de la pureza del azúcar comercial (sacarosa).

4.1 Material y reactivos

El ángulo de rotación de una disolución de sacarosa, en su caso mezclada con glucosa, se determina polarimétricamente después de su inversión (hidrólisis ácida). La diferencia entre ambas rotaciones da el contenido en sacarosa. El contenido en glucosa se podrá calcular también conociendo la rotación específica de los azúcares presentes.

Para llevar a cabo la determinación polarimétrica de la sacarosa que se describe en este artículo se necesitará el siguiente material:

- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| - Polatímetro | - Azúcar comercial |
| - Tubo polarimétrico de 2 dm | - Agua destilada |
| - Balanza | - HCl 37% riqueza |
| - Baño de agua termostatado | - Termómetro |
| - Matraz aforado de 100 mL | - Filtro de pliegues de celulosa |
| - Pipetas de 0,5 mL y 50 mL | |
| - Erlenmeyer de 100 mL | |

4.2 Procedimiento experimental

Determinación del ángulo de rotación antes de la inversión

Pesar unos 10 g de muestra, se pasan a un matraz aforado de 100 mL y se disuelven en unos 50 mL de agua destilada caliente. Después de mezclar, se enrasa y se filtra, desechando los primeros 10 mL. Para las medidas polarimétricas deben utilizarse solo disoluciones que no estén turbias. Introducir la disolución en el tubo del polarímetro, previamente ajustada a 20°C. Leer el ángulo de rotación obtenido (α_v) (Figura 3).



Figura 3. Polarímetro y tubos polarimétricos de medida

Determinación del ángulo de rotación después de la inversión

Por otra parte, 50 ml de la solución anterior se introducen en un erlenmeyer de 100 mL, se añaden 25 mL de agua destilada, se agita la mezcla y se procede a realizar la inversión de la sacarosa. Para ello, se añaden 5 ml de HCl de riqueza 37%, se introduce un termómetro y se calienta la mezcla sumergiendo el matraz en un baño de agua caliente a 70 °C. Cuando el termómetro interior marca 67 °C, se cuentan 5 min., procurando que la temperatura esté comprendida entre 67 y 70 °C y se agita con frecuencia. Al cabo de 5 min se saca el matraz y se sumerge en agua fría. Se completa el volumen hasta 100 mL a 20 °C. Se homogeneiza el contenido del matraz y la solución se introduce en el tubo polarimétrico. Leer el ángulo de rotación obtenido (α_n).

4.3 Resolución de un supuesto práctico

Supongamos que partimos de una muestra de azúcar comercial y queremos saber su pureza. Tras llevar a cabo en el laboratorio el procedimiento experimental descrito en el apartado 4.2, ¿Cómo podemos calcular el contenido en sacarosa y glucosa de la disolución azucarada a partir del valor del ángulo de rotación antes (α_v) y después de realizar la inversión (α_n). Vamos a ver cómo.

a) Contenido en sacarosa

El contenido en sacarosa de la disolución se obtiene con la siguiente ecuación 2:

$$Cs \text{ (g/100mL)} = (\alpha_v - 2\alpha_n) \cdot 0,567 \quad (2)$$

Siendo:

α_v = ángulo de rotación de la muestra antes de la inversión

α_n = ángulo de rotación de la muestra después de la inversión

Si el valor de α_v y α_n obtenidos en el laboratorio es 54,1 ° y 2,4 °, respectivamente, despejando Cs de la ecuación 2, nos da que nuestra disolución azucarada tiene una concentración de sacarosa de 27,95 g/100mL.

b) Contenido en glucosa

El contenido en glucosa de la disolución se obtiene con la siguiente ecuación 3:

$$\alpha_v = \frac{[\alpha]_G \cdot C_G}{100} + \frac{[\alpha]_S \cdot C_S}{100} \quad (3)$$

Siendo:

$[\alpha]_G = +52,7$ (Tabla 1)

$[\alpha]_S = + 66,5$ (Tabla 1)

$l = 2 \text{ dm}$

C_S = contenido en sacarosa calculado en a)

Por lo tanto, en nuestro caso, con $\alpha_v = 54,1^\circ$ y $C_S=27,95 \text{ g}/100\text{mL}$, despejando C_G de la ecuación 3, nos da que nuestra disolución azucarada no es una disolución de sacarosa pura, sino que tiene 16,06 g de glucosa/100mL.

5 Cierre

En este objeto de aprendizaje se ha descrito el fundamento y el procedimiento para determinar la pureza del azúcar comercial empleando la técnica de la polarimetría. Para ello se han definido algunos conceptos necesarios para comprender la polarimetría, como qué es la luz polarizada, la actividad óptica y la rotación específica de una sustancia. Además, se ha explicado cómo realizar el procedimiento experimental y cómo realizar los cálculos para obtener la concentración de sacarosa y glucosa de la muestra mediante un supuesto práctico.

6 Bibliografía

Matissek, R., Schnepel, F., Steiner, G. (1998). Análisis de los alimentos, Ed. Acribia, S.A

Skoog, D., Holler, F., Nieman, T. (2001). Principios de Análisis Instrumental, Ed. Mc Graw Hill.