Simulación del test de alcoholemia con reacciones redox · Jorge Alonso

Esta experiencia tiene por objetivos:

- Comprender el mecanismo de una reacción redox aplicada a un contexto práctico.
- Simular el funcionamiento de un reactivo de control de alcoholemia mediante la evaporación y arrastre de etanol en flujo de aire.
- Elaborar una escala colorimétrica de referencia (patrones de calibración).
- Estimar cuantitativamente la presencia de etanol en función del número de gotas utilizadas (1 a 5 gotas).

Fundamento

El control de alcoholemia clásico en aire espirado se basa en una reacción de oxidación-reducción (redox). El etanol (CH_3CH_2OH) presente en el aliento reacciona con una disolución ácida de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$), la cual actúa como un fuerte agente oxidante. Durante el proceso, el etanol se oxida a ácido acético (CH_3COOH), mientras que el anión dicromato ($Cr_2O_7^{2-}$), de un característico color naranja, se reduce a catión cromo(III) (Cr^{3+}), que presenta una coloración verde intensa.

La reacción química global:

$$2\ Cr_2O_7^{2-}\ (\text{naranja}) + 3\ CH_3CH_2OH + 16\ H^+ \rightarrow\ 4\ Cr^{3+}\ (\text{verde}) + 3\ CH_3COOH + 11\ H_2O$$

La intensidad del viraje de color (del naranja al verde) es directamente proporcional a la cantidad de etanol transferido por el flujo de aire espirado. Comparando el color obtenido con una escala patrón previamente preparada, es posible determinar de forma semicuantitativa el grado de alcohol en la muestra.

El primer dispositivo práctico para estimar el alcohol en sangre a partir del aire espirado fue el Drunkometer, desarrollado por Robert Borkenstein y rolled en 1938. Posteriormente, en 1954, Borkenstein inventó el Breathalyzer, un dispositivo que utilizaba la reacción de oxidación del etanol con dicromato de potasio en medio ácido para medir fotométricamente la concentración de alcohol. Este sistema supuso un hito fundamental en la seguridad vial y el control policial del tráfico.

Material

- 6 Tubos de ensayo con gradilla.
- Pajitas de plástico flexibles.
- Algodón
- Cuentagotas graduados.
- Cronómetro.
- Rotulador permanente para vidrio.

Reactivos

- Dicromato de potasio 0,01 M.
- Ácido sulfúrico al 28%.
- Etanol 96º.
- Agua destilada.

Procedimiento experimental

Fase A: Preparación de la Escala Patron (colores de Referencia)

1. Antes de realizar las mediciones con aire espirado, preparar 5 tubos de calibración en la gradilla para disponer de la gama de colores de referencia:

- **Tubo P0 (0% alcohol):** 3 mL de dicromato ácido + 3 mL de agua+ 0 mL de etanol. (Color: Naranja).
- **Tubo P1 (Bajo):** 3 mL de dicromato ácido + 3 mL de agua + 2 gotas directas de etanol diluido. (Color: Naranja-Verdoso).
- **Tubo P2 (Medio):** 3 mL de reactivo dicromato ácido + 3 mL de agua + 4 gotas directas de etanol. (Color: Verde Oliva).
- **Tubo P3 (Alto):** 3 mL de reactivo dicromato ácido + 3 mL de agua + 6 gotas directas de etanol. (Color: Verde Intenso).
- **Tubo P5 (Muy Alto):** 3 mL de reactivo dicromato ácido + 3 mL de agua + 8 gotas directas de etanol. (Color: Verde Intenso).

2. Agitar suavemente los tubos patrón y dejarlos reposar 3 minutos.

Fase B: Ensayo con Pajita simulando control de alcoholemia

1. En un sexto tubo de ensayo, repetir las condiciones del tubo P0 previamente descrito.
2. Introducir un algodón impregnado en alcohol dentro de una pajita y soplar con moderada intensidad durante 4 segundos dentro del tubo de ensayo.
3. Dejar reposar el tubo 3 minutos y apuntar los resultados.

Fase C: Registro de resultados

Finalmente se compara el color final de cada tubo (1 al 5) con la escala patrón (P0 a P3) e indica el grado de concentración estimado, según se recoge en la Tabla 1.

Patrón	N° de gotas	Color observado	Patrón coincidente (P0 - P3)	Concentración estimada
Tubo P0	0 gota		-	Nula/Muy Baja
Tubo P1	2 gotas		-	Baja
Tubo P2	4 gotas		-	Moderada
Tubo P3	6 gotas		-	Alta
Tubo P4	8 gotas		-	Muy Alta
Muestra				

Tabla 1. Tabla de registro de resultados.

Conclusión

Se puede concluir la experiencia planteando las siguientes cuestiones al alumnado:

- Explica el cambio de color observado desde el punto de vista del estado de oxidación del cromo. ¿Qué especie química es responsable del color verde (más presente en el tubo P4)?
- ¿Por qué es necesario acidificar la disolución de dicromato de potasio con ácido sulfúrico para que ocurra la reacción?
- Si el tiempo de soplado aumentase a 2 minutos en el tubo de muestra, ¿afectaría al resultado? Justifica tu respuesta basándote en la volatilidad del etanol.
- ¿Qué posibles fuentes de error cuantitativo presenta este método casero/semicuantitativo en comparación con un etilómetro digital moderno?

Jorge Alonso
Colegio Nuestra Señora de los Ángeles (Madrid)
Contacto: *jorge.alonsil@gmail.com*

Bibliografía

- Borkenstein, R. F., Smith, H. W. (1961). The Breathalyzer and its application. *Medicine, Science and the Law*, 2(1), pp. 13-22.
- Skoog, D. A *et al.* (2014). *Fundamentos de Química Analítica* (9.ª ed.). Cengage Learning.
- Dubowski, K. M. (1980). Alcohol analysis in biological fluids. *Journal of Forensic Sciences*, 25(1), 11090J.