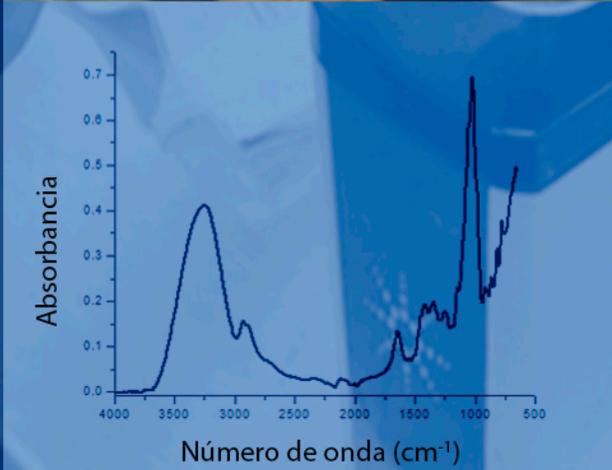
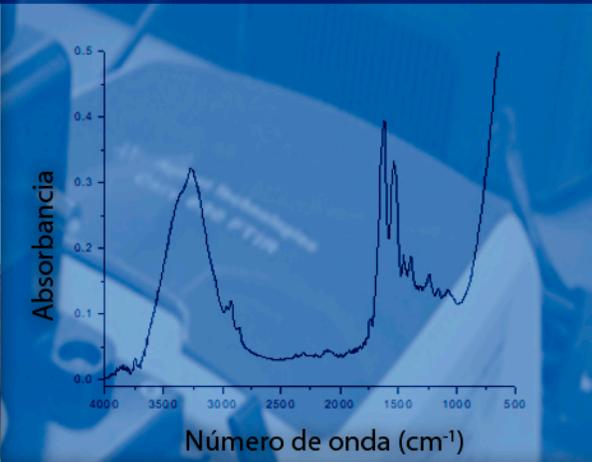


Principios y aplicaciones de la **espectroscopia de infrarrojo** en el análisis de alimentos y bebidas

Pedro Mondragón Cortez





Capítulo 2. Las técnicas de análisis y la actualidad ambiental verde

2.1 Introducción

Cuando seleccionamos una técnica analítica a menudo se hace pensando en que el resultado obtenido servirá para demostrar los objetivos planteados, este razonamiento científicamente es muy normal, sin embargo, en el momento de selección de la herramienta de análisis, pocas veces pensamos en lo contaminante o no que conlleva su uso. Esto puede resultar hasta cierto punto lógico, puesto que lo importante es obtener el resultado satisfactorio. Pero, hoy en día conviene hacer un alto, y preguntarse el nivel de amigabilidad con el medio ambiente que presenta el uso de la técnica analítica seleccionada, y, por lo tanto, poder hacer planes para en lo posible eliminar el uso de un agente químico contaminante, o disminuir su uso. Si bien, es verdad, que cotidianamente son varias las técnicas de análisis que utilizan compuestos químicos altamente tóxicos, por ejemplo, la cromatografía, y que se siguen habitualmente controles estrictos de eliminación o transformación de los residuos generados.

Por lo tanto, de acuerdo al pensamiento anterior, este libro empieza con este capítulo que habla sobre la filosofía de utilizar técnicas analíticas que sigan, en la manera de lo posible, metodologías que minimicen al máximo el uso de agentes químicos tóxicos para el ser humano y su entorno. Además, en este capítulo se hace mención de la importancia de los tiempos verdes, del concepto de la química verde y de sus principios, así como de las herramientas analíticas verdes, en donde en esta última clasificación, la técnica de espectroscopia de infrarrojo ocupa un lugar importante, ya que a menudo no requiere o produce residuos contaminantes durante su aplicación.

2.2 Los tiempos “verdes”

Hoy en día (año 2020), como todos sabemos, la palabra “verde” sirve para indicar, de acuerdo al contexto en que se encuentre la palabra, que la acción o hecho que se esté involucrando, en cualquier actividad humana, se hace con cuidado al medio ambiente o que se están utilizando procesos o técnicas con el menor involucramiento de sustancias tóxicas que lo

puedan dañar o contaminar. En pocas palabras una persona o institución es “verde” si contamina menos el medio que lo rodea (aire, agua o suelo) al llevar a cabo cualquier tipo de actividad (industrial, agrícola, de recreación, etc.).

El campo de la medición o caracterización química, física o fisicoquímica de muestras provenientes de materiales (orgánicos e inorgánicos), en la mayoría de las ocasiones es imprescindible el uso de sustancias tóxicas para obtener un resultado confiable. Estos compuestos tóxicos, llamados solventes o reactivos, son utilizados para lograr una óptima separación (y/o concentración) de los compuestos o sustancias que se desean conocer y medir su contenido en una muestra a través del uso de técnicas de análisis en un laboratorio. En la Figura 2.1 se puede observar una perspectiva de un laboratorio del CIATEJ.



Figura 2.1 El laboratorio del CIATEJ y algunas técnicas de análisis de alimentos y bebidas.

La cantidad y tipo de solventes dependerá en gran medida del tipo de medición que se desee realizar. A continuación, se mencionan algunos ejemplos de uso de solventes o reactivos químicos, los cuales a menudo son tóxicos al ser humano y al medio ambiente.

Cuando se desea revelar la estructura de un metal (un acero, por ejemplo), su superficie una vez lijada y pulida, se somete a un ataque químico con ácido nítrico (diluido en agua al 10%) con el propósito de revelar sus fases metalográficas.

Si se desea cuantificar la grasa en un alimento a menudo se utiliza hexano para atrapar la grasa contenida en el alimento. Posteriormente se elimina el solvente y se pesa la grasa obtenida. También, las técnicas de análisis denominadas de separación o cromatográficas (papel, gases o líquidos) utilizan con frecuencia cantidades importantes de solventes químicos tóxicos. Estas técnicas son utilizadas para identificar y cuantificar una gran cantidad de compuestos volátiles y no volátiles en diversos tipos de muestras orgánicas, y de acuerdo con el solvente utilizado se logrará una mejor separación de los compuestos a identificar provenientes de la muestra en cuestión.

Si bien, es importante recalcar que muchas técnicas de análisis utilizan compuestos altamente contaminantes, los cuales son necesarios para obtener un resultado confiable, hay que destacar que se hacen esfuerzos de desarrollo e investigación para involucrar un menor contenido de sustancias contaminantes o de ser posible una eliminación por completo de ellos en el desarrollo de un proceso de medición analítica.

En el contexto de este libro, la técnica de espectroscopia de infrarrojo es conocida por utilizar poca cantidad de muestra para su análisis y, frecuentemente, no requiere utilizar sustancias contaminantes de apoyo, es decir, se puede considerar a la espectroscopia de infrarrojo una técnica verde. Aunque hay que decir que algunas veces la muestra a analizar es sometida a un proceso de separación de algunos componentes utilizando ciertos tipos de sustancias químicas agresivas al medio ambiente (alcoholes, cetonas, etc.), pero en concentraciones relativamente pequeñas.

2.3 El concepto de química verde.

La química verde se define como el diseño de los productos químicos y procesos con el propósito de reducir o eliminar el uso y generación de sustancias peligrosas [1]. Esta definición fue formulada a inicios de 1990 y, desde entonces, ha adquirido una alta importancia. Alrededor del mundo, se han creado organismos, tanto gubernamentales como privados, que han generado programas de prevención. Además, se han creado programas educativos, basados en la química verde, en distintas universidades del mundo, tanto a nivel maestría como doctorado. En el año de 1997 apareció la primera revista dedicada a la química verde: *Green Chemistry Journal of the Royal Society Chemistry*.

Un aspecto clave de la química verde es el concepto del diseño [2]. El diseño, por definición, es una manifestación de la intención ser humano por elaborar un producto y no dejar al libre albedrío o por accidente alguno de sus detalles básicos. Esto incluye la innovación, planeación o concepción sistemática.

Por lo tanto, la química verde se caracteriza por la cuidada planeación de síntesis química y diseño molecular para reducir adversas consecuencias. La química verde ha sido utilizada en todos los ámbitos industriales: aeroespacial, automotriz, electrónica, agrícola, farmacéutico, etc.

Finalmente, la meta de la química verde es llegar a lograr una sustentabilidad técnica y/o económica a través del diseño de metodologías involucradas en la fabricación de un producto que minimicen el uso directo de sustancias químicas peligrosas, así como, se disminuya al máximo la generación de residuos contaminantes (o al menos que se han altamente biodegradables) durante su elaboración.

La filosofía de la química verde puede resumirse en los siguientes puntos [1]:

1. La química verde está diseñada para seguir, durante las etapas de un proceso, el ciclo de vida de un producto químico utilizado.
2. La química verde busca diseñar la naturaleza inherente de los productos y procesos químicos para reducir su riesgo intrínseco.
3. La química verde trabaja como un sistema cohesivo de principios y criterios.

2.3.1 Los doce principios de la química verde.

Los doce principios de la química verde fueron propuestos en el año de 1998 por los científicos Paul Anastas y John Warner [3]. Básicamente, los principios son una guía para minimizar el uso de productos químicos contaminantes durante la producción de un producto o servicio. A continuación, se enlistan los doce principios de la química verde.

1. Prevención: Es mejor evitar la producción de un residuo que tratar de limpiarlo una vez que se haya formado.
2. Economía atómica: Los métodos de síntesis deberán diseñarse de manera que reúnan al máximo, en el producto final, todos los materiales usados durante el proceso, minimizando la formación de subproductos.
3. Aplicación de metodologías que generen productos con toxicidad mínima: Cuando sea posible, los métodos de síntesis deberán diseñarse para utilizar y producir sustancias que tengan poca o nula toxicidad, tanto para el ser humano como para el medio ambiente.
4. Generar productos eficaces, pero no tóxicos: Los productos químicos deberán ser seleccionados de manera que mantengan la eficacia a la vez que reduzcan su toxicidad.
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares: Evitar el uso de sustancias que no sean indispensables (solventes para realizar separaciones, etc.) y en el caso de ser utilizadas que sean lo más inocuos posible.
6. Consumo energético eficiente: Los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico, minimizando su consumo. Sí es posible, llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambiente.
7. Uso de materias primas renovables: Las materias primas deberán ser preferentemente renovables en lugar de agotables, siempre que sea técnica y económicamente viable.
8. Reducir la derivatización: Se evitará, en lo posible, la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos).
9. Potenciación de la catálisis: Emplear, en lo posible, catalizadores selectivos y reutilizables, en lugar de reactivos estequiométricos.
10. Generar productos biodegradables: Los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no perduren en el medio ambiente, sino que se conviertan en productos que tengan una degradación inocua.

11. Desarrollar metodologías analíticas para el monitoreo en tiempo real: Las metodologías analíticas serán desarrolladas para permitir un monitoreo y control en tiempo real del proceso, detectando la formación de sustancias peligrosas casi de manera inmediata.

12. Prevención de accidentes químicos: Seleccionar las sustancias empleadas en los procesos químicos de manera que se minimice el riesgo de accidentes químicos, incluyendo las emanaciones, explosiones e incendios.

2.4 La química analítica verde.

La química analítica verde puede ser considerada como una rama de la química verde, y desde hace algunos años, ha sido de vital importancia en el desarrollo de nuevas metodologías dentro de la química analítica. La química analítica verde se encuentra basada en los doce principios de la química verde. Y en esencia, se busca reducir la aplicación o reducción de sustancias químicas peligrosas en la medición de las propiedades físico-químicas de una muestra. En la Figura 2.2 se puede observar esquemáticamente el procedimiento general para realizar una medición analítica en una muestra.

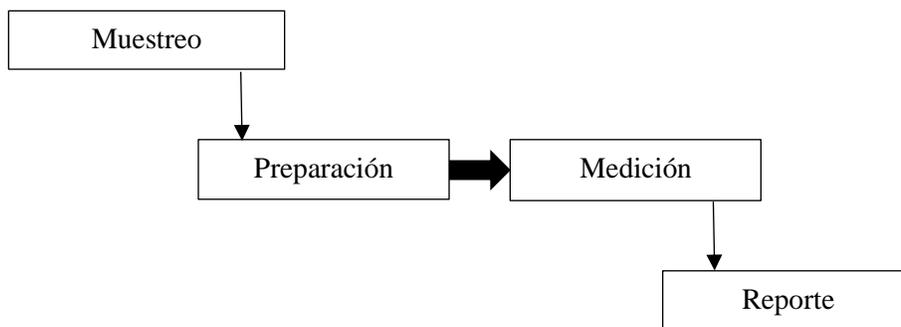


Figura 2.2 Procedimiento típico de medición de una muestra

2.4.1 Los principios de la química analítica verde.

Existen principios a seguir al llevar a cabo una medición química verde [4], los cuales se mencionan a continuación:

1. Eliminación de los solventes del proceso analítico (o al menos una importante reducción), particularmente de solventes orgánicos.
2. Reducción de vapores o gases, así como la reducción de desechos líquidos y sólidos.
3. Eliminación de agentes altamente tóxicos para humanos y para el medio ambiente de los procedimientos analíticos.

4. Reducción del consumo de energía y del trabajo en el desarrollo de procedimientos analíticos.

De acuerdo a los principios enunciados, la preparación adecuada de la muestra es una característica importante para seguirlos, al igual, obviamente, de la naturaleza química y física de la muestra. En forma ideal, una muestra para un análisis químico verde, debe de tener alguna de las siguientes características: tiempo de preparación reducido para un ensayo analítico (sin el uso de agentes o reducir al máximo su uso) y usar poca cantidad de muestra [5-7].

2.4.2 Las técnicas analíticas verdes.

La selección de una técnica química analítica depende del tipo de información física, química o fisicoquímica que se desea obtener de la muestra (véase diagrama de bloques en Figura 2.3). Esta información proporcionada por el equipo sirve para demostrar una hipótesis o lograr los objetivos planteados en un trabajo de investigación. A menudo, es necesario utilizar varias técnicas analíticas a la vez para obtener los resultados deseados y confiables.

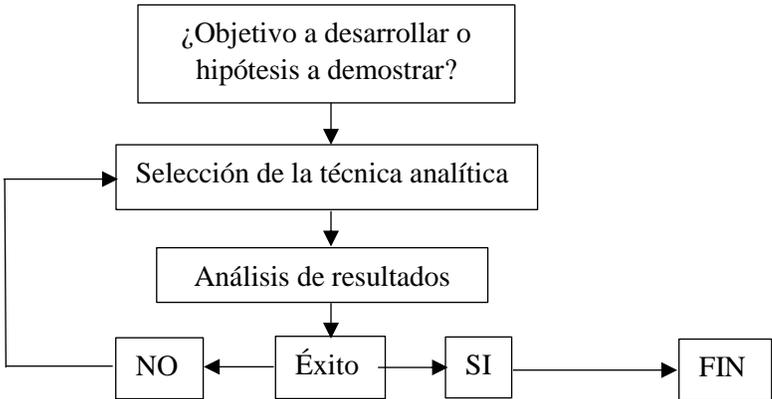


Figura 2.3 Diagrama de bloques para de la selección de una técnica de análisis

Existen muchas técnicas de análisis aplicadas ampliamente para la determinación de propiedades en muestras de alimentos y bebidas. Por ejemplo, las técnicas de espectroscopia (Espectrometría de infrarrojo, difracción de rayos X y colorimetría). Estas técnicas pueden ser consideradas como verdes, ya que a menudo solamente se necesita una muestra homogénea proveniente de un alimento o bebida para llevar a cabo el análisis.

Referencias

1. Anastas P., Eghbali N. (2010). Green Chemistry: Principles and Practice. Chemical Society Reviews, 39, 301-312.
2. Clark J. H. (1999). Green Chemistry: Challenges and opportunities. Green Chemistry, February, 1-8.
3. Clark J. H. (2006). Green Chemistry: today (and tomorrow). Green Chemistry, 8, 17-21.
4. Galuszka A., Migaszewski Z., Namiesnik J. (2013). The 12 principles of green analytical chemistry and the SIGNIFICANCE mnemonic of green analytical practices. Trends in Analytical Chemistry, 50, 78-84.
5. Spietelun A., Marcinkowski, de la Guarda M., Namiesnik J. (2013). Recent developments and future trends in solid phase microextraction techniques towards Green analytical chemistry. Journal of Chromatography A, 1321, 1-13.
6. He Y., Tang L., Wu X., Hou X., Lee Y. (2007). Spectroscopy: The best way toward Green Analytical Chemistry? Applied Spectroscopy Reviews, 42, 119-136.
7. Keith L. H., Gron L. U., Young J. L. (2007). Green Analytical Methodologies, Chemical Reviews, 107, 2695-2708.