

REVISTA LMI

<revista digital, analógica y de conservación>

analógica 005

La fotografía del arte. La emulsión fotográfica de gelatina

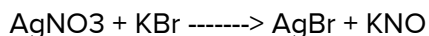
Por Paula Argomedo Ruíz de Velasco

La preparación de emulsiones fotográficas hoy en día es una ciencia. Sin embargo en épocas más tempranas la elaboración de emulsiones era un arte practicado solamente por expertos. A pesar de la gran cantidad de variables el químico especialista en emulsiones, mediante la observación entrenada, podía detectar el punto exacto donde debía detenerse la cocción de una emulsión basándose en la coloración que ésta adquiriría durante su cocción. Actualmente las prácticas para preparar emulsiones emplean la tecnología disponible para lograr resultados reproducibles.

Una emulsión fotográfica como su nombre lo indica es una emulsión de haluros de plata fotosensibles en un medio aglutinante. Los haluros quedan dispersos de manera uniforme y homogénea. Para preparar una emulsión de gelatina deben seguirse ciertos pasos que permiten que la gelatina adquiera las características necesarias para constituir un medio aglutinante adecuado para las partículas fotosensibles. Estos consisten en la formación de los haluros de plata en gelatina (preparados de manera que garanticen cierta fotosensibilidad) y la aplicación de la emulsión sobre un soporte. En el ámbito industrial el proceso se logra de la siguiente manera:

- Formación de los cristales de haluro de plata.
- Emulsificación y maduración de Ostwald.
- Crecimiento de los cristales. Maduración Física.
- Eliminación de residuos químicos (Sales solubles y otros compuestos).
- Incremento de la sensibilidad de los cristales mediante sustancias químicas agregadas.
- Preparación de la emulsión fotosensible para su aplicación en el sustrato.

Los cristales de haluro de plata se forman en una solución de agua con gelatina. Al mezclar dentro de esta solución acuosa una sal soluble de plata (nitrato de plata AgNO_3) con el haluro (yoduro de potasio KI, cloruro de potasio KCl o bromuro de potasio KBr) pequeños cristales de haluro de plata se precipitan como se puede ver en el siguiente ejemplo:



[La formación del bromuro de plata en una reacción de metástasis.]

Esta reacción da lugar a la formación de cristales fotosensibles dentro del medio aglutinante sin necesidad de añadir ninguna otra sustancia como ocurre en otras técnicas fotográficas.



Pasos en la elaboración de emulsiones:

1. Emulsificación

El primer paso en la fabricación de emulsiones modernas, consiste en mezclar las sales necesarias para formar los cristales de haluro de plata. La introducción de las sales se puede hacer con dos métodos: de un inyector y de dos inyectores.

En el primero se vierte lentamente la solución de nitrato de plata a la solución de gelatina que contiene los iones de haluro - ya sea KCl, KBr o KI.

En el segundo método se vierte la solución de nitrato de plata desde un surtidor y simultáneamente, desde otro surtidor, se introduce la solución de haluros dentro de un recipiente que contiene una solución de gelatina.

Durante la fabricación la solución de gelatina adquiere un aspecto lechoso, que se debe al crecimiento y precipitación de los cristales de haluro de plata.

Por cualquiera de los métodos, la variedad de emulsiones fotográficas que pueden obtenerse es prácticamente infinita. Una adición lenta de la solución de nitrato de plata promueve el crecimiento de los cristales resultantes. Mientras que una adición rápida, debido a la gran cantidad de iones, inhibe el crecimiento de los cristales manteniéndolos, por lo tanto, de menor tamaño. Por otro lado, el incremento de la temperatura también promueve la formación de cristales grandes, mientras que una agitación vigorosa genera lo opuesto.

2. Maduración de Ostwald

Durante la formación de las sales se producen cristales de diversos tamaños y formas, siendo los cristales de menor tamaño los más solubles. Para incrementar el tamaño y la uniformidad de los cristales el proceso de emulsificación comúnmente se completa con el proceso de maduración de Ostwald. Este consiste en disolver los cristales más pequeños mediante el incremento de la temperatura, para que éstos se redepositen sobre los cristales más grandes, aumentando así su tamaño.

Mientras más largo sea el tiempo de maduración mayor será el tamaño del cristal.

La mayoría de los cristales de haluro de plata formados durante el proceso de emulsificación tienen caras triangulares o hexagonales cuyas caras paralelas son angostas. Sin embargo, con el proceso de maduración los cristales tienden a volverse esféricos.

Además de las sustancias sensibilizadoras que se agregan durante la emulsificación algunas de las impurezas inherentes en la gelatina actúan como agentes sensibilizadores.

La mayoría de las emulsiones modernas contienen mezclas de haluros. En este caso ocurre una recristalización compleja (incluyendo diferentes haluros) durante la maduración de Ostwald. El fenómeno de recristalización puede dar formaciones extras al interior de los cristales y estos pueden producir centros sensibles que incrementan su sensibilidad.

3. Crecimiento de los cristales

A este paso se le llama maduración física y consiste en hacer crecer aún más los cristales de haluro de plata, elevando la temperatura de la emulsión y agregando agentes maduradores. Estos agentes pueden ser iones de haluro extras o compuestos derivados del amoníaco. Ambos agentes actúan como disolventes de los cristales más pequeños y por lo tanto promueven la redeposición de éstos, generando cristales más estables de mayor tamaño.

Los cristales de haluro de plata atraen débilmente a la gelatina sobre su superficie. (2)

Esta atracción es suficiente para mantener a los cristales separados y suspendidos en la emulsión. La gelatina al estar formada por una cadena de aminoácidos puede atraer electrostáticamente a los haluros de plata. Los aminoácidos pueden existir en forma neutra o ionizada; cuando están ionizados, los aminoácidos tienen un centro de carga negativa (-COO⁻) y un centro de carga positiva (-NH₃⁺). De este modo se puede establecer una atracción electrostática entre la gelatina y los iones positivos (Ag⁺) y negativos (Cl⁻, Br⁻, I⁻) del haluro de plata.

4. Remoción de los productos químicos y derivados o clarificación

Durante la precipitación de los cristales de haluro de plata, se producen sales solubles como el nitrato de potasio y otros compuestos que resultan de las cocciones de la emulsión. Para poder eliminar éstas sustancias no se requiere de clarificación.

Para ello se agregan gelatina y agua a la emulsión y se hace pasar a través de una malla. Después se lava con agua corriente fría.

5. Sensibilización de los cristales de haluro de plata

Los cristales formados contienen defectos estructurales o "dislocaciones" que pueden atrapar fotoelectrones durante la exposición, y por lo tanto incrementar la sensibilidad de la emulsión.

Además de aprovechar la morfología de los cristales las emulsiones pueden ser sensibilizadas químicamente. La sensibilización incrementa la eficiencia de las "tampas" de fotoelectrones. Esta puede hacerse a través de una segunda maduración en donde la sensibilidad de la emulsión se incrementa con el tiempo de digestión. Sin embargo, una sobre sensibilización puede provocar que los cristales se revelen aún sin exponerlos a la luz.

Los sensibilizadores químicos que se utilizan en las emulsiones pueden ser: azufre, agentes reductores o metales preciosos. De hecho las gelatinas que tienen residuos de azufre se conocen como gelatinas activas. Los compuestos de azufre resultan de la hidrólisis de la colágena durante el proceso de extracción de la gelatina, en donde los aminoácidos que contenían azufre se descomponen.

6. Agentes biocidas

Estos agentes se agregan a la emulsión durante el proceso de manufactura para evitar el crecimiento de hongos y/o bacterias. Los compuestos utilizados deben ser químicamente inertes a la gelatina y a los haluros de plata. Generalmente se utilizan derivados de tiurea como agentes inhibidores.

7. Agentes endurecedores

Los agentes endurecedores se agregan a la emulsión justo antes de la formación de la película sobre el soporte para reducir la solubilidad de la gelatina. Para ello se utilizan compuestos de cromo, circonio u otros iones metálicos, o bien aldeídos como el formaldehído o los dialdeídos.

Todos los agentes endurecedores reticulan las cadenas de gelatina para formar una estructura menos soluble. Los aldeídos enlazan dos grupos amino de moléculas adyacentes de gelatina, mientras que los iones metálicos forman enlaces intermoleculares entre los grupos ácido de las mismas.

Los agentes endurecedores reducen el hinchamiento de la gelatina incrementando el punto de fusión y la resistencia a la abrasión. (3)

8. Aplicación de la emulsión

Una vez que la emulsión contiene los agentes sensibilizadores, bactericidas, endurecedores e incluso colorantes que aumentan el contraste de la imagen procesada, la emulsión se aplica sobre el soporte.

La técnica de aplicación varía dependiendo del método empleado pero a grandes rasgos consiste en esparcir la emulsión líquida sobre el sustrato hasta formar una capa homogénea.

Sobre la capa anterior, generalmente se aplica otra capa delgada de gelatina endurecida para reducir el riesgo de abrasión.

9. Acabados de la emulsión en el papel fotográfico

Una vez que se ha aplicado la capa protectora de gelatina, la superficie se modifica de acuerdo al acabado que se desea obtener, lisa para papeles brillantes (calandrado 4) o con relieve para materiales con textura.

Los papeles para copias mate reciben dos capas delgadas de gelatina y a veces se agrega almidón u otras sustancias matificantes. El calandrado se omite en estos casos.

- Estructura y composición de la colágena y la gelatina
- Enfriado y rebanado
- Secado
- Filtración
- Esterilización
- Concentración
- Control
- Cocción
- Tratamiento ácido
- Tratamiento alcalino
- Lavado
- Desgrasado

- Desmineralización de huesos.
- Huesos

(1) Estos términos en ingles son: Simple jet y double jet.

(2) Esta propiedad de ciertos cuerpos de recoger sobre su superficie sustancias, líquidas gaseosas o pulverulentas se denomina adsorción.

(Cabe señalar que las emulsiones que se utilizan para recubrir papeles fotográficos no requieren del proceso de lavado ni del de digestión ya que la acidez o alcalinidad del medio en las fases de preparación de la emulsión influye mucho en las propiedades fotográficas de las capas. Fotografía: Teoría y Práctica pp. 319).

(3) The Theory of the Photographic Process cuarta edición Macmillan Publishing Co, Inc. Nueva York Collier Macmillan Publishers Londres. T.H. James. Research Laboratories Eastman Kodak Company 1966 pp. 77

(4) Procedimiento industrial para satinar hojas de materiales diversos pasándolas entre los cilindros calientes de la calandria: maquina para satinar telas o papel: Enciclopedia Ilustrada. volumen II págs. 564-565.

Para aprender más

Bibliografía Recomendada para su Consulta:

- Trelstad, Robert. "La colgaban" Mundo científico. No. 3, volumen 1, Editorial Fontalba, 1981, pp 284 a 296.