



Fabrication & Manufacturing Inc

PROCEDIMIENTO ANALÍTICO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO

REVISIÓN: MARZO 30, 2001

INFORMACIÓN GENERAL

El Hipoclorito de Sodio es siempre producido en presencia de un exceso de soda cáustica. Dado que los consumidores requieren diferentes concentraciones, los fabricantes de hipoclorito de sodio necesitan conocer un procedimiento específico para la medida precisa de los componentes del producto a las diferentes concentraciones. El hipoclorito de Sodio necesita ser chequeado continuamente para garantizar: el contenido de hipoclorito de sodio (NaOCl), el exceso de soda cáustica (NaOH) y la alcalinidad (Na_2CO_3). Aunque el procedimiento de prueba que se describe a continuación no determina ni metales pesados, ni cloratos (NaClO_3), un sub-producto de la descomposición, todos estos parámetros deben ser chequeados, normalmente en laboratorios especializados a intervalos intermitentes.

ANÁLISIS DE MUESTRAS COMPARATIVAS

El método de prueba que se describe a continuación, producirá unos resultados seguros y repetitivos tanto para el productor como para el consumidor que asegurarán que el producto esté dentro de las condiciones y especificaciones deseadas.

Sin embargo se puede presentar que la concentración del hipoclorito de sodio chequeada por el productor sea diferente a la de los resultados obtenidos por el comprador. Muchas veces estas diferencias se presentan por pérdidas de la concentración del producto durante el envío debido a la descomposición pero es difícil establecer cuándo las diferencias se deben a éste problema ó a errores en los métodos de prueba ó procedimientos de medición de la misma.

Para que tanto productores como consumidores estén seguros de los datos obtenidos derivados de los análisis y éstos puedan ser verificados, existen procedimientos sencillos que les permitirán conocer éstos resultados además de la posible existencia en pérdidas de concentración del producto durante el tiempo de embarque ó por acción de la temperatura.

En el momento de realizar la carga del hipoclorito el productor debe tomar dos muestras testigo de 250 ml cada una, del hipoclorito que será cargado en el carro tanque ó en el contenedor y las almacenará adecuadamente en una nevera o en un recipiente con hielo seco para mantener las muestras frías y prevenir la descomposición de las mismas.

El productor se quedará con una muestra testigo y la otra debe ser enviada con el embarque de hipoclorito para que sea entregada al cliente para las pruebas respectivas. En el momento de la entrega, el cliente tomará otra muestra adicional de 250 ml del hipoclorito de sodio de descarga desde el carro tanque y deberá colocar ésta tercera muestra en una nevera ó vasija con hielo.

Inmediatamente tanto el producto con las muestras testigo hayan llegado a las instalaciones del cliente, éste debe notificar al Laboratorio del productor que las pruebas de la muestra fría enviada y recibida comenzarán, para que ambos (productor y consumidor) puedan chequear las muestras por lo menos tres veces cada una y si es posible al mismo tiempo. El consumidor también debe realizar la

misma cantidad de pruebas a la muestra que tomó de los carro tanques en el momento de la entrega del producto. Para la comparación de resultados ambos deben tener los datos de las pruebas repetidas y de la exactitud de las mismas, así como de la descomposición del producto durante el embarque para un tiempo de entrega y temperatura establecidos.

Las diferencias entre los resultados de consumidor y productor del hipoclorito de sodio deben estar entre más ó menos 0.5%. Si estos resultados no se logran se debe realizar una revisión y comparar los métodos y equipos utilizados en cada laboratorio.

MÉTODO ANALÍTICO

EQUIPO

El método analítico descrito a continuación requiere equipo e implementos de vidrio de laboratorio. Los métodos pueden ser fácilmente ejecutados usando pipetas e implementos de vidrio volumétricos. El nivel de precisión (y ahorro de costos en químicos) está directamente relacionado con las mediciones. Por ejemplo, altos grados de precisión proveerán un mejor control de calidad del producto y pueden reducir potencialmente los costos de manufactura del mismo. Los equipos de Laboratorio que son presentados en la siguiente lista, tienen su correspondiente número del catálogo científico con el fin de que usted tenga en su laboratorio el equipo necesario para analizar el hipoclorito manufacturado en su planta.

EQUIPOS DE LABORATORIO	NÚMERO DE CATÁLOGO DE FISHER
Erlenmeyer (250 ml)	10-041A (pack of 6)
Pipeta Volumétrica	
5 ml	13-650-2F (caja de 12)
10 ml	13-650-2L (caja de 12)
25 ml	13-650-2P (caja de 6)
50 ml	13-650-2S (caja de 6)
Peras de succión y expulsión	14-070-1 (empaques de 3)
Dispensadores de Líquido (opcionales) 5-30 ml	13-706-18 (opcionales)
Frasco Pesador	03-422F (paquete de 6)
Matraz Volumétrico (250 mL)	1-205D (caja de 6)
Cilindros Graduados (10 mL)	08-555A (caja de 3)
Cilindros Graduados (50 mL)	08-555C (caja de 3)
Buretas (50 mL)	03-700-12B (caja de 2)
Soportes de Buretas	14-688 (estuche de 1)
Agitador Magnético	14-493-120S (estuche de 1)
Barras Agitadoras Magnéticas	14-511-62 (caja de 10)
Balanza Analítica (0.001 g)	01-920-76 (mínimo 1)
Pesos de Referencia (30 g)	01-920-76 (mínimo 1)
Hidrómetro	
1.000-1.050	11-603-7A
1.050-1.100	11-603-7B
1.100-1.150	11-603-7C
1.150-1.200	11-603-7D
1.200-1.250	11-603-7E
1.250-1.300	11-603-7F

SUGERENCIAS PARA EL MONTAJE DE LOS PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS

1. Obtener una muestra representativa después de haber purgado lo suficiente para poder obtener una muestra fresca y representativa libre de material extraño.

- Las muestras deben ser almacenadas en lugares oscuros y fríos y analizadas en el menor tiempo posible.
Nota: en caso de que la muestra no pueda ser analizada de inmediato, ésta debe permanecer almacenada a una temperatura de 40°F (5°C).
- Use buenas técnicas de pipeteado. Utilice peras para llevar la solución hasta el nivel por encima del menisco de la pipeta. Haga que el nivel del líquido quede al nivel de la marca del menisco. Permita que el nivel de la pipeta alcance el menisco, luego vierta la muestra dentro del Erlenmeyer, incline la pipeta hasta que toque la punta con la pared del frasco y así recoger la muestra completa.
- Antes de titular la muestra, es necesario lavar la bureta de titulación con ácido, agua destilada y finalmente con el agente de titulación. Llene la bureta, abra la llave de paso (válvula) para hacer que el agente de titulación empiece a descender hasta la marca de 0.00 ml (menisco de la bureta). Asegúrese de que el extremo inferior de la bureta no contiene burbujas de aire.
- Durante la titulación agite constantemente para asegurar que la muestra y el titulante se homogenicen completamente.
- Volver a llenar la bureta para la próxima titulación.

MÉTODOS ANALÍTICOS DE ALTA PRECISIÓN

PREPARACIÓN DE MUESTRAS

- Tarar el frasco de pesado en la balanza analítica. Pipetear 25 ml de la muestra de hipoclorito dentro del frasco pesador y pesar hasta cerca de 1.0 mg (0.001 gr). Este es el peso de la muestra original.

Note: Gravedad Específica del Hipoclorito =
$$\frac{\text{peso de la muestra}}{25 \text{ mL}}$$

- Llevar la muestra hasta un volumen de 250 ml en un frasco volumétrico, lavando toda la muestra del vaso de pesado con agua destilada. Diluir hasta el menisco del frasco con agua destilada y mezclar agitando constantemente. Alícuotas de esta muestra serán usadas para las titulaciones del hipoclorito de sodio y los excesos de cáustica y de carbonato. Normalmente el volumen de las alícuotas de la solución son 5 ó 10 ml para la prueba de hipoclorito y 50 ml para las pruebas de excesos de cáustica y de carbonato.

GRAMOS POR LITRO DE CLORO DISPONIBLE

REACTIVOS

Acido Acético Glacial – 1:1 (1 L)
Solución Indicadora de Almidón (1 L)
Tiosulfato de Sodio – 0.1N (1 L)
Yoduro de Potasio KI en cristales (500 g)

NÚMERO DE CATÁLOGO FISHER

LC10290-2 Nota: Esto es 50% en peso de ácido acético
SS408-1
SS368-1
P410-500

PROCEDIMIENTO

- Adicionar 50 ml de agua destilada a un Erlenmeyer.
- Pipetear una alícuota de 5 ml de la muestra del hipoclorito al Erlenmeyer con agitación constante.

ALICUOTAS SUGERIDAS (25/250):

3-10% Hipoclorito de Sodio 10 mL . . . usando 0.1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. . . ~15 mL titulante.

10-16% Hipoclorito de Sodio 5 mL . . . usando 0.1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. . . ~20 –25 mL titulante.

- Adicionar 2 ó 3 gramos (1/2 cucharadita) de cristales de KI y 10 ml de ácido acético 1:1 (en éste orden) al Erlenmeyer .

4. Titular la solución con Tiosulfato de Sodio estandarizado (0.1 N) $[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$ hasta que la mezcla se torne de un color amarillo paja.

Nota: Una hoja blanca de papel puede ser colocada debajo el Erlenmeyer para ayudar a observar el cambio de color. Adicionalmente una pequeña fuente de luz puede ser colocada en la misma área con el fin de observar mejor el cambio de color y obtener resultados más confiables y repetitivos.

Nota: El Tiosulfato de Sodio debe ser adicionado gota a gota y no se debe detener la agitación en ningún momento. Si la adición de Tiosulfato no se hace lentamente, los resultados finales no serán confiables.

5. Adicionar 5 ml de indicador de almidón y continuar titulando lentamente gota a gota, hasta que el color azul desaparezca.

CÁLCULO DE LOS GRAMOS POR LITRO DE CLORO DISPONIBLE

Basados en la siguiente información sobre titulación:

Dilución Original:	25/250 Nota: 25 ml de hipoclorito original diluidos hasta un volumen de 250 ml.
Medida de la muestra:	Asumir 5 ml para el ejemplo
Titulante (Tiosulfato de Sodio):	Variable. Nota: usar el número molar que el proveedor suministre. Asumir titulante = 0.1009 M = 100.9 mM (para el ejemplo)
Titulante Consumido ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$):	Variable Nota: Asumir 21.9 ml de volumen usado durante la titulación (para el ejemplo).
Estequiometría:	$\frac{1}{2} = 0.5$

EXPLICACIÓN: La adición del ácido al frasco de titulación cambia la composición química original del hipoclorito desde NaOCl hasta HOCl y hasta Cl_2 . Bajo estas condiciones el tiosulfato de sodio puede ser usado para reducir la valencia del átomo de cloro desde +1 hasta -1 (para el ión Cloro - Cl), es decir un cambio de dos electrones. Estos dos electrones intercambiados son contados para cálculos de estequiometría de 1 hasta 2 ó 0.5.

Peso molecular de Cloro 70.91 gr / mol

1. GPL de cloro disponible =

$$\frac{(\text{mL de titulante}) \times (\text{mM de titulante})}{(\text{volumen de muestra} \times \text{Dilución original})} \times \text{Estequiometría} \times \frac{(1 \text{ mol})}{(1000\text{mM})} \times \frac{(70.91 \text{ gramos})}{(\text{mol})}$$

Cálculos del ejemplo citado anteriormente.

$$\frac{21.9 \times 100.9}{5 \times (25/250)} \times (0.5 \times 0.001 \times 70.91) = 156.71 \text{ gpl de cloro disponible}$$

$$\frac{21.9 \times 100.9}{5 \times (25/250)} \times 0.03546 = 156.71 \text{ gpl de cloro disponible}$$

**Nota: Si 10 ml de alícuota de la muestra de hipoclorito son usados para chequear la fuerza del hipoclorito, es necesario cambiar el valor del volumen de muestra en la fórmula por 10 ml.*

Definiciones alternativas de la concentración de soluciones de Hipoclorito.

Nota: La conversión de gramos por litro de cloro disponible a porcentaje en peso de hipoclorito de sodio ó porcentaje en peso de cloro disponible requiere una medida correcta de la gravedad específica usando el peso de la muestra obtenida dividida por 25 ml.

Sin embargo la prueba ha mostrado normalmente un error desde 0.5 hasta 1% introducido en la determinación de los cálculos del porcentaje en peso debido a los errores de peso normales del procedimiento de Laboratorio al pesar la muestra inicial de hipoclorito de 25 ml.

Por lo tanto en el ejemplo anterior asumiremos un error de 0.5% en los resultados finales para el porcentaje en peso del hipoclorito de sodio. Si los resultados finales fueran 13.70% un 0.5% de error puede significar que la muestra estará entre 13.63 hasta 13.77. Cuando se compara la concentración del hipoclorito entre el cliente y el productor éste error puede ser significativo.

En conclusión: los gramos por litro de cloro disponible sólo pueden ser usados para especificaciones, pruebas comparativas y precio del producto

Cuando los gramos por litro de cloro son usados para especificar el producto, se encuentra una relación directamente proporcional con las materias primas utilizadas. Por ejemplo, las materias primas utilizadas para producir un hipoclorito de 120 gpl de cloro disponible vs. un hipoclorito de 160 gpl están en una relación de 1.333. Por esta razón el valor del producto tiene una relación directa para los gpl de cloro disponible con excepción del costo de entrega.

Si el porcentaje en peso de hipoclorito de sodio ó el cloro disponible, son usados como resultados finales, existirán errores aún más grandes en la valoración del producto y no serán directamente proporcionales al porcentaje en peso.

1. Porcentaje en peso de Hipoclorito de Sodio (NaOCL) =
$$\frac{\text{gpl cloro disponible} \times 1.05}{10 \times \text{gravedad específica de la muestra}}$$
2. Porcentaje en peso de cloro disponible =
$$\frac{\text{porcentaje en peso de hipoclorito de sodio}}{1.05}$$
2. Porcentaje de Cloro disponible en hipoclorito comercial =
$$\frac{\text{gramos por litro de cloro disponible}}{10}$$

WT% DE HIDRÓXIDO DE SODIO Y DE CARBONATO DE SODIO

Actualmente se están utilizando muchos métodos para la fabricación del hipoclorito de sodio y para la medición de los excesos de cáustica y la alcalinidad. En estos métodos se puede incluir el uso de Bario para precipitar especies de carbonatos ó el uso de indicadores de pH durante los pasos de titulación. Powell Fabrication & Mfg. Inc recomienda los métodos analíticos que se describen a continuación, los cuales no incluyen el paso de precipitación con Bario. La Fenolftaleína y el Naranja de Metilo son usados como indicadores de pH.

NOTA: El Bario es utilizado en algunos laboratorios como titulante para encontrar el porcentaje en peso del hidróxido de sodio y del carbonato de sodio. De acuerdo a nuestra experiencia hemos podido establecer que se pueden presentar problemas de tipo químico y él método no da resultados confiables.

REACTIVOS

Acido Hidroclórico, 0.1 N (1 L)

Indicador de Fenolftaleína, 1% (500 ml)

Solución de Peróxido de Hidrógeno neutro, 30% (500 ml)

NÚMERO DE CATÁLOGO FISHER

SA54-1

SP62-500

H325-500

PROCEDIMIENTO

1. Adicionar 50 ml de agua destilada al Erlenmeyer.
2. Pipetear 50 ml de alicuota de hipoclorito en el Erlenmeyer con agitación.
Nota: Esta alicuota de muestra de 50 ml de hipoclorito debe ser tomada de la misma dilución 25/250 usada en la prueba de cloro disponible.
3. Agregar lentamente 3 ml de solución de peróxido de hidrógeno al 30% en el Erlenmeyer.

Nota: La adición de la solución de peróxido de hidrógeno al 30% debe hacerse cuidadosamente.

El peróxido de hidrógeno es adicionado para remover todo el hipoclorito de sodio de la solución por conversión de éste a sal y a oxígeno. Es necesario conocer que un hipoclorito de alta concentración producirá una reacción más fuerte. Esto significa que una neutralización de un hipoclorito del 15% requiere más cuidado al adicionar el peróxido que la neutralización de un hipoclorito al 5%. Es necesario tomar algunas precauciones si se están titulando muestras mas concentradas. Recuerde agitar la solución durante la adición del peróxido de hidrógeno. Fallas en la agitación pueden producir reacciones fuertes.

Para determinar si el peróxido de hidrógeno que ha sido adicionado es suficiente, después que se ha agitado la solución cuidadosamente y la misma ha sido suspendida, es necesario esperar por 30 segundos, para adicionar una gota más de peróxido de hidrógeno a la solución y si no se observa la formación de burbujas de oxígeno, no es necesario continuar con la adición de más peróxido de hidrógeno. Si aún se observan burbujas de oxígeno, es necesario continuar con la adición de gotas de peróxido hasta que éstas desaparezcan de la solución.

Nota: No usar peróxido de hidrógeno al 3% ya que éste puede liberar ácido en la solución y neutralizar el exceso de soda cáustica. Muchas veces este ácido puede reducir la concentración del exceso de cáustica. Usar solamente un peróxido de hidrógeno libre de ácido al 30%.

4. Adicionar 5 gotas del indicador de fenolftaleína y agitar.
5. Continuar la agitación y titulación de la solución con ácido clorhídrico 0.1 N hasta que el color rosa desaparezca.

Nota: Una hoja blanca de papel puede ser colocada debajo del Erlenmeyer para ayudar a ver el cambio de color. Adicionalmente una pequeña fuente de luz puede ser colocada en ésta área y junto con el papel blanco utilizada para asegurar una mejor precisión y repetitividad de los resultados.

Nota: El ácido clorhídrico 0.1N debe ser adicionado gota por gota y no en forma continua. Si la adición del ácido no se hace lentamente, los resultados finales no serán confiables o reproducibles.

Registre los ml de ácido utilizado.

N = normalidad del ácido estándar

A = ml de ácido usados en la titulación con fenolftaleína hasta punto final.

6. Adicionar 10 gotas de naranja de indicador naranja de metilo y agitar.
7. Continúe la agitación y la titulación de la solución muy lentamente, gota a gota, con HCl 0.1 N hasta que el color amarillo cambia a la primera aparición a un color "óxido / rojo". Este punto final de cambio no es instantáneo. Agitando constantemente la solución usted podrá observar que cada vez que cae una gota de ácido en la solución, ésta se tornará inicialmente y solo temporalmente de un color óxido / rojizo pero hay que esperar hasta que este cambio sea constante en la solución perdiendo así su color inicial (amarillo). Cuando se observe la primera apariencia estable de la solución, anotar los ml de ácido utilizados.

B = ml de ácido usados para la titulación del naranja de metilo hasta el punto final.

% en peso de NaOH

$$\frac{[B-2(B-A)]xN x 0.040}{\frac{50}{250} x wt\ of\ original\ sample} x 100$$

EXPLICACIÓN: La adición de ácido al erlenmeyer titula directamente la NaOH con HCl. Así el valor de 0.040 es el peso fórmula de NaOH (40) dividido 1000 porque estamos trabajando en mililitros. El indicador de fenolftaleína es de color rojo dentro de la base. Después de que la base es titulada, el ácido adicional empieza a cambiar el pH de la mezcla. Cuando el pH cambia desde 10 hasta 8.2, el indicador cambia del rojo a incoloro indicando que toda la base está titulada.

% en peso de Na₂CO₃

$$\frac{[2(B-A)]xN x 0.053}{\frac{50}{250} x wt\ of\ original\ sample} x 100$$

EXPLICACIÓN: Después que la titulación de la soda cáustica está completa, la adición de más ácido titulará el ion (CO₃²⁻) a dióxido de carbono (CO₂) un cambio de 2 electrones. Así, el valor 0.053 es el peso formula de Na₂CO₃ (106) dividido por el cambio de electrones y dividido por 1000 por que estamos trabajando en mililitros. Después de que el ión carbonato es titulado, el ácido adicional que se agregue empezará a cambiar el pH de la mezcla. Cuando el pH cambia desde 4,4 hasta 3,1, el indicador cambia de amarillo a rojo indicando que todo el carbonato ha sido titulado.

CÁLCULO DEL PH DE HIPOCLORITO

El pH del hipoclorito puede ser calculado usando los datos de la titulación del porcentaje en peso del hidróxido de sodio.

1. Medida de la gravedad específica del hipoclorito
2. Cálculo del % de soda cáustica grado comercial

$$\% NaOH\ comercial = Wt\% NaOH x gravedad\ específica$$

3. Cálculo de los g/L de NaOH.

$$\frac{g}{L} NaOH = Trade\% x 10$$

4. Cálculo de las moles/litro (M) de NaOH.

$$M NaOH = \frac{\frac{g}{L} NaOH}{40}$$

5. Cálculo del pH.

$$pH = 14 + \log (M NaOH)$$

La siguiente tabla contiene cálculos de pH basados en la titulación de la soda cáustica

CÁLCULOS DE PH DE HIPOCLORITO BASADOS EN EL WT% DE NaOH DE TITULACIÓN

% NaOH comercial	g/L NaOH	M NaOH	PH		% NaOH comercial	g/L NaOH	M NaOH	pH
0.001	0.01	0.00025	10.40		0.245	2.45	0.06125	12.79
0.002	0.02	0.00050	10.70		0.250	2.50	0.06250	12.80
0.003	0.03	0.00075	10.88		0.255	2.55	0.06375	12.80
0.004	0.04	0.00100	11.00		0.260	2.60	0.06500	12.81
0.005	0.05	0.00125	11.10		0.265	2.65	0.06625	12.82
0.010	0.10	0.00250	11.40		0.270	2.70	0.06750	12.83
0.015	0.15	0.00375	11.57		0.275	2.75	0.06875	12.84
0.020	0.20	0.00500	11.70		0.280	2.80	0.07000	12.85
0.025	0.25	0.00625	11.80		0.285	2.85	0.07125	12.85
0.030	0.30	0.00750	11.88		0.290	2.90	0.07250	12.86
0.035	0.35	0.00875	11.94		0.295	2.95	0.07375	12.87
0.040	0.40	0.01000	12.00		0.300	3.00	0.07500	12.88
0.045	0.45	0.01125	12.05		0.305	3.05	0.07625	12.88
0.050	0.50	0.01250	12.10		0.310	3.10	0.07750	12.89
0.055	0.55	0.01375	12.14		0.315	3.15	0.07875	12.90
0.060	0.60	0.01500	12.18		0.320	3.20	0.08000	12.90
0.065	0.65	0.01625	12.21		0.325	3.25	0.08125	12.91
0.070	0.70	0.01750	12.24		0.330	3.30	0.08250	12.92
0.075	0.75	0.01875	12.27		0.335	3.35	0.08375	12.92
0.080	0.80	0.02000	12.30		0.340	3.40	0.08500	12.93
0.085	0.85	0.02125	12.33		0.345	3.45	0.08625	12.94
0.090	0.90	0.02250	12.35		0.350	3.50	0.08750	12.94
0.095	0.95	0.02375	12.38		0.355	3.55	0.08875	12.95
0.100	1.00	0.02500	12.40		0.360	3.60	0.09000	12.95
0.105	1.05	0.02625	12.42		0.365	3.65	0.09125	12.96
0.110	1.10	0.02750	12.44		0.370	3.70	0.09250	12.97
0.115	1.15	0.02875	12.46		0.375	3.75	0.09375	12.97
0.120	1.20	0.03000	12.48		0.380	3.80	0.09500	12.98
0.125	1.25	0.03125	12.49		0.385	3.85	0.09625	12.98
0.130	1.30	0.03250	12.51		0.390	3.90	0.09750	12.99
0.135	1.35	0.03375	12.53		0.395	3.95	0.09875	12.99
0.140	1.40	0.03500	12.54		0.400	4.00	0.10000	13.00
0.145	1.45	0.03625	12.56		0.405	4.05	0.10125	13.01
0.150	1.50	0.03750	12.57		0.410	4.10	0.10250	13.01
0.155	1.55	0.03875	12.59		0.415	4.15	0.10375	13.02
0.160	1.60	0.04000	12.60		0.420	4.20	0.10500	13.02
0.165	1.65	0.04125	12.62		0.425	4.25	0.10625	13.03
0.170	1.70	0.04250	12.63		0.430	4.30	0.10750	13.03
0.175	1.75	0.04375	12.64		0.435	4.35	0.10875	13.04
0.180	1.80	0.04500	12.65		0.440	4.40	0.11000	13.04
0.185	1.85	0.04625	12.67		0.445	4.45	0.11125	13.05
0.190	1.90	0.04750	12.68		0.450	4.50	0.11250	13.05
0.195	1.95	0.04875	12.69		0.455	4.55	0.11375	13.06
0.200	2.00	0.05000	12.70		0.460	4.60	0.11500	13.06
0.205	2.05	0.05125	12.71		0.465	4.65	0.11625	13.07
0.210	2.10	0.05250	12.72		0.470	4.70	0.11750	13.07
0.215	2.15	0.05375	12.73		0.475	4.75	0.11875	13.07
0.220	2.2	0.05500	12.74		0.480	4.80	0.12000	13.08
0.225	2.25	0.05625	12.75		0.485	4.85	0.12125	13.08
0.230	2.3	0.05750	12.76		0.490	4.90	0.12250	13.09
0.235	2.35	0.05875	12.77		0.495	4.95	0.12375	13.09
0.240	2.40	0.06000	12.78		0.500	5.00	0.12500	13.10

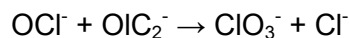
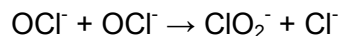
WT% DE CLORATO DE SODIO

En soluciones básicas, la descomposición del OCl^- ión clorato ha mostrado ser un proceso de segundo orden¹

$$\text{Rata} = k_2 [\text{OCl}^-]^2$$

Con la siguiente estequiometría: $3\text{OCl}^- \rightarrow \text{ClO}_3^- + 2\text{Cl}^-$

La descomposición de OCl^- produce ión clorito (ClO_2^-) como un intermediario aceptado en el siguiente mecanismo de reacción^{1,2}:



1. Gordon, G., Adam, L., Bubnis, B., 1995 "Minimizing Chlorate Ion Formation in Drinking Water When Hypochlorite Ion is the Chlorinating Agent", ISBN 0-89867-871-5, American Water Works Association Research Foundation, Denver, CO.
2. Gordon, G., Adam, L., Bubnis, B. 1995 "Minimizing Chlorate Ion Formation", Journal of the American Water Works Association, 87:6:97-106.

El método más confiable de identificación del ion ClO_3^- es por cromatografía (IC). El método de titulación de ClO_3^- sufre muchas interferencias lo que hace que el método no muy preciso. Powell Fabrication & Mfg. Inc tiene establecidos contratos con laboratorios analíticos para realizar la medición de los diferentes componentes del hipoclorito de sodio.

Novatek

5172 College Corner Pike

PO Box 608

Oxford, OH 45056

513-523-1545 (Tel) 513-523-0005 (Fax)

Concentración de Hipoclorito

Wt% de Hipoclorito

Wt% de Soda Cáustica

Wt% alcalinidad

Transparencia/Sólidos Suspendidos

Inorgánicos

Ion Clorato

Ion Bromato

Iones de Metales de Transición

Hierro

Cobre

Níquel

REFERENCES

Sodium Hypochlorite Safety and Handling Pamphlet, The Chlorine Institute, Inc., Washington DC

Soda Bleach Solutions, Diamond Shamrock, Cleveland, OH

Practical Guide to Chlorine Bleach Making, Allied Chemical, Morristown, NJ

Métodos Analíticos de alta Precisión

Cálculos

Gramos por litro de Cloro Disponible

Normalidad de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ in mM = _____ M x 1000 = _____ mM

ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (titulante) consumido = _____ mL

Medida de la muestra de solución alicuota = _____ mL

Dilución Original = 25/250 Hipoclorito fuerte diluido.

$\frac{(\text{mL de titulante}) \times (\text{mM de titulante})}{(\text{medida de muestra} \times \text{dilución original})} \times \text{Estequimetría} \times \frac{(1 \text{ mol})}{(1000\text{mM})} \times \frac{(70.91 \text{ gramos})}{(\text{mol})}$

Ejemplo de cálculos típicos aplicados al método descrito arriba.

Normalidad de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ en mM = 0.1009 M x 1000 = 100.9 mM

mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (titulante) consumido = 21.9 mL

Tamaño de muestra de solución (alícuota) = 5 mL

Dilución original = 25/250 hipoclorito fuerte

$\frac{21.9 \times 100.9}{5 \times (25/250)} \times (0.5 \times 0.001 \times 70.91) = 156.71 \text{ gpl de cloro disponible}$

$\frac{21.9 \times 100.9}{5 \times (25/250)} \times 0.03546 = 156.71 \text{ gpl de cloro disponible}$

**Nota: Si 10 mL de alícuota de muestra de hipoclorito son usados para la prueba de hipoclorito fuerte, entonces se debe cambiar la medida de la muestra para 10 ml en la formulación.*

% en peso de NaOH

Peso original de la muestra (25 mL) = _____ g (próximo a 0.001 g)

N = normalidad estándar del ácido = _____ N

A = mL de ácido utilizado para la titulación hasta el punto final de la fenolftaleína = _____ mL

B = mL de ácido utilizado para titular hasta el punto final el naranja de metilo = _____ mL

$$\frac{[B - [2(B - A)]] \times N \times 0.040}{\frac{50}{250} \times \text{wt of original sample}} \times 100$$

$$\frac{[(\quad) - [2(\quad - \quad)]] \times 0.1 \times 0.040}{\frac{50}{250} \times (\quad)} \times 100 = \text{_____ Wt\% NaOH}$$

% en peso de Na₂CO₃

$$\frac{[2(B - A)] \times N \times 0.053}{\frac{50}{250} \times \text{wt of original sample}} \times 100$$

$$\frac{[2(\quad - \quad)] \times 0.1 \times 0.053}{\frac{50}{250} \times (\quad)} \times 100 = \text{ ______ } \text{ Wt\% Na}_2\text{CO}_3$$

Gravedad específica de la solución

$$\frac{\text{25 mL de muestra original, pesol (grams)}}{25 \text{ mL}} = \frac{\text{______}}{25} = \text{______}$$

Powell

Fabrication & Manufacturing Inc
740 East Monroe Road St. Louis MI 48880
Phone 989.681.2158 Fax 989.681..5013
e-mail info@powellfab.com website www.powellfab.com