

Introducción al Potencial de Oxido-Reducción Como la Norma para dar Seguimiento a la Desinfección Postcosecha de Agua

Introducción

Las actividades de cosecha de frutas y hortalizas frescas, su manejo postcosecha como el enfriamiento, el empaquetado y el procesamiento involucran el uso de agua y por eso tienen una alta probabilidad de ampliar la contaminación de los patógenos vegetales y los microorganismos de preocupación de seguridad alimentaria. Los pequeños errores en los procedimientos de prevención de la contaminación y la desinfección de agua pueden tener consecuencias severas debido a la capacidad que tienen los microorganismos de moverse, especialmente en los sistemas de recirculación del agua.

El seguimiento y registro de los procedimientos de desinfección son un componente importante de un programa de calidad y seguridad postcosecha. El potencial de oxido-reducción (POR), medida en milivoltios (mV), ha sido introducido recientemente a los empacadoras y distribuidores de productos frescos como una técnica fácilmente estandarizada para la desinfección durante la cosecha y el manejo postcosecha. Operando similarmente como un termómetro digital o un electrodo de pH, los sensores POR permiten un registro, seguimiento y mantenimiento automático fáciles de los niveles críticos de los desinfectantes en los sistemas de agua.

El propósito de este escrito es proporcionar un breve resumen de la aplicación de POR en los procesos de desinfección postcosecha y describir la relación de valores de mV a las normas tradicionales que se basan en estimaciones de ppm (partes por millón) de desinfectante activo.

Resumen

La desinfección del agua es un paso crítico para minimizar la transmisión potencial de patógenos de una fuente de agua a los productos frescos, de producto a producto en un lote, y entre lotes con el tiempo. Los microorganismos transmitidos en el agua, sean patógenos vegetales postcosecha o agentes de enfermedades humanas, pueden mover rápidamente de un punto fuente limitado a los productos no contaminados. La superficie natural de las plantas, las aberturas naturales, las heridas causadas durante la cosecha y recorte, y los daños durante el manejo pueden servir como puntos de entrada para los microorganismos. Dentro de estos sitios, los microorganismos no son afectados por los tratamientos postcosecha comunes para el agua tales como el cloro, el dióxido de cloro, el ozono, peróxido, ácido peroxiacético, la irradiación UV y otros tratamientos aprobados. Es esencial entonces, que el agua utilizada para el lavado, enfriamiento, transporte, aspersiones postcosecha, u otros procedimientos sea mantenida en una condición apropiada. Los requerimientos de calidad microbiana del agua aumentan con el movimiento del producto desde el campo a la empacadora final. Eso es particularmente cierto en los sistemas de recirculación del agua, tales como los hidrogenfriadores o sistemas de inyección de hielo-líquido. Algunas aplicaciones específicas, como las aspersiones de agua sobre la superficie (por ejemplo, la cosecha del coliflor frecuentemente incluye una aspersión de agua clorada y la envoltura de la cabeza con una película protectora plástica) requieren el mantenimiento de agua de alta calidad.

El monitoreo es un punto de control esencial para asegurar la desinfección del agua utilizado para limpiar las superficies o para el contacto directo con los productos frescos. Tradicionalmente el tratamiento más comúnmente usado para el agua, el cloro o hipoclorito, ha sido seguido por mediciones cualitativas de ppm (partes por millón) total y o disponible de cloro libre (ver la publicación UC DANR #8003). Pruebas de titulación, o más comúnmente las piezas de papel impregnadas químicamente, estiman el rango de formas del cloro con actividad antimicrobiana (la más efectiva es el ácido hipocloroso o HOCl) en el agua. No hay un kit de pruebas que diferencie entre la forma más activa HOCl de la forma iónica mucho menos activa, el hipoclorito (OCl⁻) (Ver la discusión sobre los efectos del pH sobre la balanza del HOCl a OCl⁻). También hay kits colorimétricos similares para seguir las concentraciones del ozono en el agua.

Los registros para documentar las condiciones efectivas antimicrobianas por cualquier proceso de cosecha o postcosecha pueden ser una hoja para anotar o una lista de registro. Una calendarización periódica de muestreo basada en la experiencia con el producto específico y las condiciones de producción (tierra, residuos vegetales, fluidos o sólidos de producto dañado, o otros factores) pueden ser eficaces si el personal entrenado se apega a los procedimientos establecidos.

La experiencia práctica nos da evidencias que no siempre el control del proceso ni los procedimientos son seguidos. La estimación precisa del cloro generalmente requiere procedimientos más detallados y tediosos que muchos operadores están dispuestos a cumplir. Debido a que los kits de cloro no distinguen entre el HOCl y OCl, es también importante seguir y controlar el pH del agua. El balance dinámico de las dos formas de hipoclorito en el agua cambia notablemente entre el pH 6.5 y 8.0. La forma de acción antimicrobiana más rápida, HOCl, ocurre al 95 a 80% del cloro libre detectado con los papeles de prueba a un pH 6.5 a 7.0. Este nivel baja a menos al 20% a un pH superior al 8.0. Así que, aunque ocurre una reacción fuerte de color en el papel de prueba o kit colorimétrico, la eficacia del desinfectante es mucho menor a un pH alto. Esto va siendo especialmente problemático con tiempos de contacto cortos. Reglas generales basadas en olor o indicaciones visuales son raramente predictores de la desinfección microbiana. Los sistemas de flujo continuo usados sin seguimiento pueden aplicar concentraciones de desinfectantes ilegales, innecesarias, o potencialmente dañino a la salud. Aun cuando el seguimiento se practique, frecuentemente no se mantienen registros de la capacidad potencial de desinfección del agua.

Ventajas del POR

El potencial de oxido-reducción (POR) ofrece muchas ventajas al seguimiento y registro periódico del potencial de desinfección, un parámetro crítico de la calidad del agua. Mejoras en el diseño de los sensores y el registro continuo analógico (tira de papel o carta circular) o ingreso de datos por computadora están disponibles. Los sensores han sido integrados a sistemas de alarma audibles, visuales o remotos para avisar al operador de una operación fuera del rango deseado. El POR es ideal para los sistemas de inyección automática y puede ser combinado con la inyección para el control del pH para optimizar la operación total del sistema. Equipo manual es costeable y esencial para verificar la operación del sensor en la línea de flujo.

Una ventaja primordial en la utilización del POR para el seguimiento de los sistemas de agua es que proporciona al operador una determinación rápida y de un solo valor del potencial de desinfección del agua en el sistema postcosecha. La investigación ha demostrado que un valor de POR de 650 a 700 mV resultan en la eliminación de bacterias de pudriciones y bacteria tales como *E. coli* y *Salmonella* en pocos segundos. Las levaduras causantes de pudriciones y el tipo más sensible de hongos que forma esporas también son eliminados a este nivel después de un tiempo de contacto de pocos minutos.

Preguntas Comunes

¿Qué relación existe entre el POR y ppm?

El POR no está relacionado directamente con los ppm debido a que mide la actividad oxidativa del agua y no la concentración del oxidante (cloro, ozono, o otro desinfectante). La concentración del cloro incrementa los valores POR pero a una velocidad menor de cambio (ver las figuras). En una manera similar, al alterar el pH para incrementar la proporción relativa de la concentración antimicrobiana de HOCl (baja pH, mayor acidez) el valor POR aumenta. Un valor de POR de 650 mV medido a un pH de 6.5 o 8.5 proporciona la misma capacidad de mortalidad, los ppm de cloro libre requeridos son mayores a pH más alto.

Un incremento de diez veces in ppm de cloro (10 a 100 ppm de NaOCl adicionado) no resulta en un aumento lineal en mV; los sensores de POR acercan a una capacidad de saturación y llegan a una cima. El potencial de oxidación más alto se traduce en valores altos de mV, a la máxima capacidad del sensor específico.

¿Cuáles son los rangos de POR efectivos?

Las determinaciones detalladas de efectividad de valores de POR para microorganismos de interés para la calidad postcosecha, vida de anaquel y seguridad alimentaria no están todavía disponibles. Los estudios terminados hasta la fecha apoyan fuertemente el uso de 650 mV como el valor umbral mínimo para una actividad antibacteriana típica. Este valor de 650 mV es consistente con las normas que fueron desarrolladas y han sido utilizadas en Europa desde mediados de 1980 para for calidad de agua potable municipal. Al mantener este valor POR proporciona una inactivación rápida de bacteria *Erwinia* y *Pseudomonas* causantes de pudriciones blandas igual que otros microorganismos que no forman esporas. Esporas de hongos más resistentes y quistes parásitos requerían valores de POR mayores o tiempos de contacto mayores.

¿Cual es la importancia de los tiempos de contacto?

Frecuentemente los desinfectantes tienen varios mecanismos de acción que serán letales a los microorganismos pero a velocidades diferentes. Uno de los mecanismos más rápidos de acción es la oxidación. Un oxidante fuerte, tal como el ozono o una condición fuertemente oxidante, como el hipoclorito concentrado o el dióxido de cloro, rápidamente transferirá electrones de la membrana bacteriana dando como resultado una pérdida de sus funciones vitales. Bajo condiciones menos oxidantes, entre 500 y 600 mV, la inactivación bacteriana ocurrirá pero solamente después de un tiempo de contacto prolongado.

¿Afecta el pH el POR?

El efecto del pH es sobre la actividad de un desinfectante específico que es usado para el tratamiento de agua. El POR expresa la medida de esta actividad bajo los constituyentes que interactúan con el agua. De esta manera es más fácil definir y mantener un potencial requerido de desinfección expresándose en valores de POR en lugar de utilizar ppm o pH. El cloro es fuertemente dependiente del pH, el ozono es moderadamente sensible al pH, y el dióxido de cloro es el desinfectante menos sensible.

¿Debo medir todavía los ppm?

Cualquier control de proceso, pero especialmente con un punto crítico de control en un programa de seguridad alimentaria, es importante desarrollar sistemas de verificación de los niveles de desinfección. Los papeles estándar o los kits de prueba colorimétrica, o un sensor manual calibrado si se utiliza un sensor POR montado, deben ser usados periódicamente para asegurar que las lecturas de POR primarias están dando un seguimiento preciso de las condiciones deseadas.

¿Como funciona la POR?

Los medidores de POR miden voltajes muy pequeños generados cuando el sensor es colocado en agua en la presencia de un agente oxidativo. El electrodo está hecho de platino u oro, lo cual transfiere reversiblemente sus electrones al agente oxidativo. Un voltaje es generado que es comparable al de un electrodo de plata en una solución de un sal de plata, similar a un electrodo de pH. Entre mayor es la cantidad de oxidante disponible, más grande será el voltaje comparativo generado entre los dos sensores.

¿Responde el POR entonces diferente con el cloro que con el ozono?

Cualquier valor específico de POR describe el potencial de oxidación del agua, sin tomar en cuenta la fuente o la naturaleza del desinfectante usado. Nuestra experiencia en sistemas modelo indica que las mediciones con POR son más consistentes en agua clorada que en el agua ozonizada. El agua clorada mantiene un POR relativamente constante hasta que la demanda del cloro por los compuestos orgánicos e inorgánicos excede la capacidad para mantener cloro libre en el agua. En contraste, en los estudios de laboratorio, el agua ozonizada estable a los 800 mV cayó rápidamente a los 250 mV después de la introducción de contaminantes bacterianos o material orgánico al agua. Las bacterias no fueron recuperables (no viables) en los pocos segundos necesarios para realizar el primer muestreo. Un alto potencial de oxidación del ozono estuvo claramente disponible en el agua y la inyección de ozono continuó a lo largo del estudio. Sorpresivamente el sensor de POR no pudo medir la velocidad de reacción. En tanto que la oxidación se completó los valores de POR empezaron a regresar lentamente al nivel original de 800 mV.

Palabras de advertencia

Mucha de la información disponible y experiencia práctica con sistemas basados en POR se encuentra en el sector privado. Intentamos proporcionar resúmenes informativos sobre aspectos importantes de la tecnología para un amplio número de individuos. Si tiene usted sugerencias sobre las metas de investigación que son aplicables a los productos hortícolas perecederos para la industria o los consumidores, por favor comunicarse con:

Trevor Suslow, Ph.D.
Especialista en Extensión, Departamento de Hortalizas
Universidad de California, Davis, CA 95616
Tel: 530-754-8313
Fax: 530-752-4554
tvsuslow@ucdavis.edu