



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

“EFECTIVIDAD DE LOS SANITIZANTES”

T R A B A J O E S C R I T O
VÍA CURSOS DE EDUCACIÓN CONTINUA
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
I N G E N I E R O Q U Í M I C O
P R E S E N T A :
J U V E N A L A R I A S R O M E R O



MÉXICO, D.F.

2006.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado:

Presidente: Prof. Pedro Valle Vega
Vocal: Prof. Federico Galdeano Bienzobas
Secretario: Prof. Lucía Cornejo Barrera
1er Suplente: Prof. Jorge Rafael Martínez Peniche
2° Suplente: Prof. Eduardo Morales Villavicencio

Sitio en donde se desarrollo el tema: Facultad de Química, UNAM.

Nombre completo y firma del asesor del tema:

Dr. Pedro Valle Vega

Nombre completo y firma del sustentante:

Juvenal Arias Romero

A mis papás, gracias por su apoyo y esfuerzo durante todo este tiempo...

A todos mis amigos, mis chaines y chainas, todos los integrantes de la barda que desde hace tanto tiempo han sido una gran influencia en mi vida para cosas buenas, malas, o peores, je, je, je...

A mis hermanos y familiares...

A mi universidad...

Y sobre todo a ti que has aguantado de todo un poco por apoyarme en esta decisión, gracias cabecita.

INDICE	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	1
2. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL TEMA	4
2.1 Limpieza y desinfección	4
2.2 Agentes de limpieza	5
2.3 Sanitizantes	9
2.3.1 Halógenos y sus compuestos	10
2.3.2 Agentes oxidantes productores de oxígeno (compuestos per”)	13
2.3.3 Productos tensoactivos	15
2.3.4 Compuestos fenólicos	16
2.3.5 Compuestos de metales pesados	16
2.3.6 Álcalis y ácidos	17
2.4 Efectividad de la sanitización	18
2.4.1 Factores que pueden afectar la efectividad de los sanitizantes	18
2.4.2 Evaluación de los sanitizantes	20
3. DISCUSIÓN	24
4. CONCLUSIONES	25
5. BIBLIOGRAFÍA	26

1. INTRODUCCION

Desde el principio de su existencia, el hombre ha estado acompañado por seres vivos tan diminutos que no pudo percatarse de su presencia sino hasta hace relativamente poco tiempo, aunque estos ya estuvieran presentes en nuestro planeta desde tiempos mucho más remotos. Se cree que estos diminutos organismos fueron descubiertos en 1693 por el comerciante holandés Anton van Leeuwenhoek, mediante unas lentes que el mismo creó¹¹. Posteriormente, hace ya más de 100 años Louis Pasteur y sus colegas llegaron a la conclusión de que estos diminutos seres, a los que se llamó microorganismos, pueden causar enfermedades y descubrieron que el calor podía destruirlos. Así, a lo largo de la historia, el trabajo de muchos pioneros y científicos ha estimulado el estudio de los microorganismos dando como resultado el conocimiento de estos y de la manera de controlarlos.

Tan antigua como el hombre ha sido su necesidad de alimentarse, inicialmente aprovechando los recursos que encontraba disponibles a su paso y posteriormente desarrollando técnicas para conservarlos y transformarlos. La conservación de los alimentos se dio de manera accidental y se aplicaba desde hace mucho tiempo (3500-500 AC) sin un conocimiento o control para este fin, por ejemplo con el uso de humo, sal, vinagre, secado al sol, boratos y alumbre (Sulfato de aluminio y potasio)¹³.

Hoy en día la demanda de alimentos de alta calidad e higiene por parte del mercado y los consumidores, así como las regulaciones y los requerimientos que las autoridades sanitarias imponen a los productores y comercializadores, han

promovido que se sigan desarrollando nuevos métodos para la conservación y el cuidado de los alimentos, así como técnicas más simples y rápidas para su análisis.

La calidad e inocuidad de los alimentos recae en gran medida en los procedimientos y condiciones en las que estos se obtienen, manejan, procesan, almacenan y distribuyen hasta su consumo, es decir, en todos los segmentos de la cadena alimentaria – como la producción de alimentos para animales, la producción primaria, la transformación de los alimentos, el almacenamiento, el transporte y la venta minorista – “de la granja al consumidor”⁵, siendo de vital importancia en cada una de estas operaciones la limpieza y el saneamiento. En conjunto con el desarrollo de los procesos de la producción alimentaria, se han desarrollado programas para mantener la limpieza y sanidad, en los que se pueden emplear una gran variedad de productos químicos y métodos con características particulares y desempeños distintos frente a las condiciones de uso en que puede requerirse su aplicación. Así mismo se han desarrollado sistemas integrales para la gestión de la calidad y de la inocuidad como por ejemplo la norma internacional de reciente publicación ISO 22000:2005⁸, con el fin de que las organizaciones que están involucradas en la cadena alimentaria puedan demostrar su capacidad para controlar los peligros relacionados con la inocuidad de los alimentos, con la finalidad de asegurarse que estos sean inocuos en el momento del consumo humano.

La gran variedad de productos para la limpieza y saneamiento, así como el conocimiento de que su desempeño puede variar bajo las diferentes condiciones que se presentan en los procesos de la industria, es una importante razón para

considerar que es una necesidad evaluar su efectividad para combatir los peligros posibles en las condiciones particulares que se presenten. Esta es la razón por la que se elabora este trabajo, en el cuál se pretende mostrar algunas de las características y propiedades de los productos conocidos como sanitizantes o desinfectantes de uso más común en la industria alimentaria y las condiciones que pueden afectar su efectividad, así como comentar algunos de los métodos que se emplean para la evaluación de dichos productos, de manera que esta información pueda ayudar a determinar cuál de ellos puede ser el más adecuado.

2. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL TEMA

2.1 Limpieza y desinfección

En el ámbito del manejo de alimentos, el primero de estos términos puede en algunas situaciones presentarse solo, sin embargo el segundo de ellos no. Ningún procedimiento de desinfección o sanitización (términos que se aclararán a continuación) puede dar resultados plenamente satisfactorios, a menos que a su aplicación le preceda una limpieza completa¹⁶.

La limpieza es un término que a la mayoría nos resulta familiar, de acuerdo a su definición en la Norma Oficial Mexicana que regula las prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas¹⁵, **Limpieza** es el conjunto de procedimientos que tiene por objeto eliminar tierra, residuos, suciedad, polvo, grasa u otras materias objetables. Otras referencias la definen como el conjunto de operaciones que permiten eliminar la suciedad visible o microscópica mediante productos detergentes elegidos en función del tipo de suciedad y la superficie donde se asienta⁷.

En la NOM-093-SSA1-1994¹⁴, se define **Desinfección** como, reducción del número de microorganismos presentes en una superficie o alimento vegetal, a un nivel que no da lugar a contaminación nociva mediante agentes químicos, métodos físicos o ambos; Hyginov², la define como el conjunto de operaciones que tiene como objetivo la reducción temporal del número de microorganismos vivos y la destrucción de los patógenos y alterantes. Katsuyama⁹ emplea el término en inglés “*Sanitizing*” como

sinónimo de “*Disinfecting*”, considerándolo como la destrucción de microorganismos a números aceptablemente bajos, además comenta que generalmente la sanitización no destruye a las esporas bacterianas y que este término implica la limpieza física previa. Aunque muy a pesar de las controversias que esto ha generado, el término “*Sanitizing*” se ha españolizado como **Sanitización** que es un término que aunque no sea del todo correcto se ha vuelto de uso cotidiano en materia de alimentos. Con el fin de evitar la confusión que puedan generar los distintos términos que se encuentran en la literatura, para fines de este trabajo se considerarán sanitización y sanitizante, sinónimos de desinfección y desinfectante respectivamente.

2.2 Agentes de limpieza

Siendo la limpieza un requisito indispensable para la sanitización resulta importante presentar aunque sea en forma breve, cuáles son algunas de las variedades de productos que para ella se requieren y algunas de sus características o atributos deseables, como los que se presentan en la **Tabla 1** para los agentes de limpieza usados en los ambientes en que se procesan alimentos, aunque en realidad, ningún agente tensoactivo cumple con la totalidad de estos criterios, por lo que con frecuencia se agregan componentes adicionales a las formulaciones con el fin de producir atributos específicos, como los que se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 1: Atributos deseables en agentes de limpieza

Atributos deseables de los agentes de limpieza usados en ambientes de procesamiento de alimentos
Buena actividad superficial (humectante) Rápida solubilidad Facilidad de enjuague Ausencia de componentes tóxicos Buenos emulsificantes de grasas y aceites Facilidad de uso Carencia de corrosividad Costo razonable de adquisición y uso Que disuelvan depósitos minerales Que suspendan partículas de suciedad insolubles

Adaptada de Troller, John A. (ref. 18)

Tabla 2: Componentes de los limpiadores

Tipo	Compuestos específicos (ejemplos)	Propósito
Quelantes	Polifosfatos EDTA Gluconatos Orto-fosfatos	Atrapar cationes alcalinos en complejos en agua dura
Álcalis	NaOH Carbonato de sodio Silicatos	Excelentes detergentes, saponifican ácidos grasos
Ácidos	Clorhídrico Sulfúrico Láctico Levulínico	Disuelven depósitos minerales
Inhibidor de corrosión	Metasilicato de sodio	Previenen la corrosión alcalina de metales
Agentes humectantes	Alquil sulfatos Alquil aril sulfonatos Compuestos de amonio cuaternario	Emulsifican y penetran la suciedad Germicida
Abrasivos	Piedra pómez Carbonato de calcio	Fregar, restregar
Antimicrobianos	Hipoclorito de sodio Compuestos de amonio cuaternario	Sanitizantes de amplio espectro

Adaptada de Troller, John A. (ref. 18)

La elección de agentes de limpieza dependerá del tipo de suciedad que se desee eliminar, del material con que está construido el equipo, utensilio o superficie a limpiar, de si las manos del operario entran o no en contacto con la solución, de si se utilizará lavado manual o mecánico y también de las características químicas del agua, en especial su dureza¹⁷. Además de las consideraciones anteriores, también se contemplan factores de tipo económico. En la **Tabla 3** se muestran simplemente como ejemplos algunas indicaciones que pueden guiar en la elección del producto adecuado.

Tabla 3: elección del producto de limpieza

COMPOSICION DE LA SUCIEDAD	PRODUCTO DE LIMPIEZA		
	FAMILIA	EJEMPLOS DE PRODUCTOS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
AZÚCARES SOLUBLES	ALCALINOS	SOSA POTASA	SOLUBILIZANTE SAPONIFICANTE
OTROS HIDRATOS DE CARBONO	ALCALINOS		
	PRODUCTOS ENZIMÁTICOS		HIDROLIZANTE DESAGREGANTE
PROTEÍNAS	ALCALINOS	SOSA POTASA	SOLUBILIZANTE SAPONIFICANTE
	PRODUCTOS ENZIMÁTICOS	PROTEASAS	HIDROLIZANTE DESAGREGANTE
MATERIAS GRASAS	TENSOACTIVOS	ANIÓNICOS CATIÓNICOS NO IÓNICOS	HUMECTANTE EMULSIFICANTE
	PRODUCTOS ENZIMÁTICOS	LIPASAS	HIDROLIZANTE DESAGREGANTE
MINERALES	ÁCIDOS	CLORHÍDRICO NÍTRICO FOSFÓRICO	SOLUBILIZANTE
	SECUESTRANTES (QUELANTES)	EDTA POLIFOSFATOS GLUCONATO	SECUESTRANTE
SARRO ENOLÓGICO	ALCALINOS	SOSA	SOLUBILIZANTE

Adaptada de Hyginov, Critt. (ref. 7)

Aunque se realice la elección de un agente de limpieza adecuado, existen factores que influyen en su efectividad entre los cuales se pueden mencionar a grandes rasgos: La acción química (por ejemplo, concentración del producto en la solución de limpieza, pH y dureza del agua), la temperatura de la solución, el tiempo en que esta actúa, la acción mecánica (forma de tallado automatizada o manual) y los procedimientos, estos factores se pueden esquematizar como en la **Figura 1**, formando un círculo en el que existe un equilibrio entre ellos y en el que si alguno de los factores se ve disminuido, tendrá que ser compensado por el incremento en uno o más de los complementarios. Además, para cada producto este equilibrio puede ser distinto y lo ideal es encontrar la relación que proporcione resultados óptimos al mejor costo. Aunque existen técnicas para la determinación de la efectividad de los procedimientos de limpieza como la bioluminiscencia del ATP por ejemplo o los cultivos microbiológicos de microorganismos indicadores⁶, estas no serán discutidas en el presente trabajo.

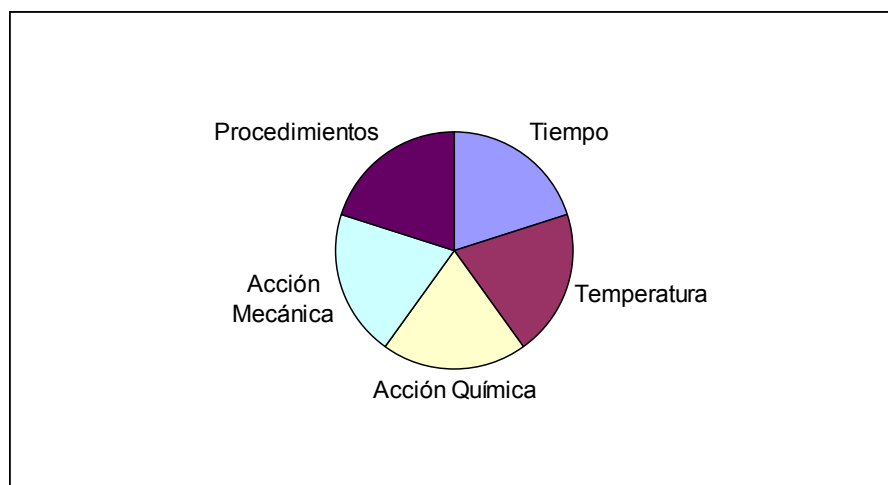


Figura 1. Factores que influyen en la efectividad de la limpieza

2.3 Sanitizantes

Al definir la desinfección o sanitización se mencionó que existen métodos físicos para llevarla a cabo, ejemplos de ello son el tratamiento con altas temperaturas o con algunos tipos de radiación, si embargo estos métodos requieren instalaciones especiales para su aplicación que deben ser aprobadas y validadas, además tienen el inconveniente de que no en todas las situaciones resultan prácticos, en estas situaciones los tratamientos con agentes químicos toman gran importancia¹.

Entre los sanitizantes químicos se pueden enumerar ciertas propiedades que se consideran ideales, aunque de manera normal ningún agente por si solo las posee en su totalidad, por lo que en ocasiones las formulas incluyen algunos componentes adicionales. En la **Tabla 4**, se enumeran algunas de estas propiedades.

Tabla 4: Propiedades ideales en los desinfectantes

Propiedades del desinfectante ideal
Destrucción microbiana uniforme y de amplio espectro contra bacterias vegetativas, levaduras y mohos
Rápida acción
Resistencia al medio ambiente (materia orgánica, residuos de detergente, dureza de agua, oscilaciones de pH)
Buenas propiedades de limpieza
No tóxico y no irritante para el usuario
Soluble en agua en todas proporciones
Inodoro o con olor aceptable
Estable concentrado y en diluciones de uso ordinario
Fácil de manejar
Fácil de conseguir
Barato
Fácil de medir en solución ordinaria

Adaptada de Marriott, Norman G. (ref. 11)

Al igual que con los agentes limpiadores, existe también una gran variedad de productos sanitizantes que se utilizan en la industria con el fin de destruir a los microorganismos de importancia para la salud pública que permanecen en las superficies de contacto con los alimentos. En los Estados Unidos de Norteamérica, los productos que se emplean para este fin deben ser aprobados por los organismos designados para regular el cuidado de la salud como la FDA (Food and Drug Administration) y existe una lista de las soluciones sanitizantes permitidas publicada en el Código de Regulaciones Federales (Code of Federal Regulations)⁴. Es importante que los sistemas de calidad consideren el control de los productos químicos en las áreas de procesamiento de alimentos, porque su mal manejo representa el riesgo de contaminarlos¹².

A continuación se mencionan algunos de los productos de la clasificación empleada por Kiermeier, Wildbrett y Mrozek¹⁹ de uso más común en la industria de alimentos. En la **Tabla 5** al final de esta sección se presentan aunque solo de manera ilustrativa algunos criterios de elección para un sanitizante.

2.3.1 Halógenos y sus compuestos

Por su capacidad como agentes oxidantes para atacar y destruir las sustancias orgánicas, todos los halógenos sirven para operaciones de desinfección, sin embargo en forma elemental solo el cloro y yodo tienen importancia práctica. En la desinfección de las industrias de alimentos los compuestos liberadores de cloro activo constituyen un importante grupo de principios activos, también de acción oxidante.

El cloro puro, gas tóxico amarillo verdoso, de olor penetrante se emplea en la desinfección del agua de bebida y agua industrial, así como para tratar las aguas residuales. También el Dióxido de cloro (ClO_2), gas amarillo rojizo, de olor punzante, se utiliza de la misma manera que el cloro gaseoso.

Los compuestos generadores de cloro activo, se caracterizan por su contenido de ácido hipocloroso o sus iones como principio activo en solución acuosa. La acción desinfectante de las soluciones de hipoclorito se debe a su propiedad de difundir el ácido hipocloroso a través de las paredes celulares de las bacterias, con lo que se destruyen sus componentes vitales. La fuerza desinfectante depende de la concentración de HOCl , por tanto, del valor de pH. Entre los compuestos más comunes de este tipo se encuentran los hipocloritos de sodio, de potasio y de calcio, cloruro de cal, las cloraminas orgánicas y los cloroisocianatos. Los hipocloritos de sodio y potasio constituyen el principio activo principal de todos los desinfectantes líquidos que contienen cloro activo, su estabilidad en el almacenamiento se ve amenazada por la disminución del pH, la luz (en especial, la UV), elevaciones en la temperatura y por los iones de metales pesados (como hierro, cobre, manganeso, níquel) o sustancias oxidables.

El yodo como desinfectante se usa por lo general en solución acuosa, en un litro de agua apenas pueden disolverse 200mg de yodo a temperatura ambiente. Se pueden conseguir concentraciones mayores en unión de yoduros. Para la preparación de desinfectantes concentrados se procede a solubilizar el yodo con ayuda de productos

humectantes en los que se pueden lograr concentraciones de hasta el 30% de este elemento. El yodo se encuentra en solución alcalina como yoduro o yodato, ninguno de los cuales posee acción antimicrobiana, esta actividad inicia a partir del punto neutro y la eficacia aumenta a medida que lo hace la acidez, ya que esta condicionada a la presencia de ácido yodhídrico e hipoyodito en soluciones acuosas de yodo. Para obtener mejores resultados se añade ácido, generalmente se añade ácido fosfórico a las soluciones de yodo. Los productos yodados que contienen agentes humectantes, en general tienen una tasa de yodo del 1 al 2%. Debido a la sublimación del yodo a temperaturas relativamente bajas, estos productos solo pueden emplearse en soluciones frías, por lo general se recomienda su uso a no más de 40°C.

El bromo y algunos compuestos bromados cuentan con una acción desinfectante idéntica a la de los compuestos correspondientes de cloro, sin embargo su fuerte olor limita mucho su empleo en la industria alimentaria. Llega a utilizarse de manera sinérgica con algunos compuestos de cloro.

El Flúor, es inadecuado como desinfectante debido a sus propiedades nocivas. En cambio el ácido fluorosilicoso (H_2SiF_6) o su sal sódica y el difluoruro de amonio $[(\text{NH}_4)\text{HF}_2]$ tienen empleo en la industria alimentaria, principalmente en las fábricas de cerveza.

2.3.2 Agentes oxidantes productores de oxígeno (compuestos “per”)

Por su comparable acción química, se esperaría que estos compuestos oxidantes tuvieran una acción antimicrobiana equiparable a la de los halógenos, sin embargo el potencial oxidativo es solo uno de los requisitos para que funcionen como desinfectantes, que debe ir acompañado de adecuada solubilidad, estabilidad y efecto de reacción específica sobre las células. De forma análoga al cloro activo, también se habla de oxígeno activo como principio activo.

En esta familia se encuentra el Peróxido de Hidrógeno (agua oxigenada) que por liberar oxígeno microbicida en el agua, es un principio activo que puede utilizarse sin dejar ningún tipo de residuo, por lo que puede emplearse en la conservación de alimentos. El peróxido de hidrógeno para desinfectar se puede encontrar en forma concentrada (30% de H_2O_2) conteniendo solo los estabilizantes necesarios, los aditivos industrialmente deseables solo pueden adicionarse inmediatamente antes de su empleo. Debido a sus características es usado especialmente en operaciones cercanas a los alimentos, como la esterilización de envases y la desinfección de instalaciones al iniciarse los turnos de trabajo.

De los Perácidos orgánicos varios pueden emplearse como desinfectantes, de importancia práctica son el ácido perfórmico, pero sobre todo el ácido peracético ($CH_3-CO-OOH$) o APA. Este último puede presentarse en diversos preparados con una gran gama de concentraciones estables en el almacenado, generalmente se utilizan productos líquidos con el 2-10% de APA. Tienen olor penetrante propio del APA, pero también del ácido acético presente en distintas concentraciones. El

contenido de H_2O_2 varía en amplios límites, por lo que debe vigilarse sobre todo al controlar la concentración, y debido a la escasa velocidad de destrucción de gérmenes del agua oxigenada la concentración de esta debe determinarse por separado. Su efecto en frío permite realizar desinfecciones eficaces por debajo de $10^\circ C$, aunque la aplicación a temperaturas más altas también da buenos resultados. También existen percompuestos inorgánicos, como el ácido peroxidisulfúrico ($H_2S_2O_8$), el ácido peroximonosulfúrico (H_2SO_5) y sus sales que se emplean como ácidos minerales oxidantes en operaciones de desinfección en zonas de pH intensamente ácido. Se preparan de manera adecuada y también entran en la composición de combinaciones de medios limpiadores y desinfectantes líquidos. Como compuesto sólido se encuentra el perborato sódico ($NaBO_2 \cdot H_2O_2 \cdot 3H_2O$), debido a su gran aptitud para mezclas alcalinas; aunque sin la presencia de un agente activador solo ejerce acciones oxidativas y germicidas efectivas a temperaturas superiores a los $60^\circ C$, por lo que habitualmente se utilizan activadores en frío, con lo que su acción se lleva a cabo por la formación de ácido peracético con el peróxido de hidrógeno generado por la disociación del perborato en solución acuosa. También se puede mencionar el Peróxido de sodio (Na_2O_2), que puede utilizarse en la desinfección de agua de 10 a 25 mg/l. También hay que mencionar al Ozono (O_3) que se emplea para esterilización de agua en concentraciones de 0.1 a 10 mg/l, pero se debe tener en cuenta el consumo que hacen de este las sustancias oxidables.

2.3.3 Productos tensoactivos

Son sustancias que reducen la tensión superficial de una solución acuosa frente a otras fases, con lo que desarrollan un efecto humectante y emulsionante, por ello en términos generales mejoran la eficacia de los desinfectantes. Muchos tensoactivos anfóteros y compuestos de acción catiónica poseen acción antimicrobiana propia, se disuelven bien en agua y forman mucha espuma, por lo que no son adecuados para sistemas en donde se presenta turbulencia como los sistemas de lavado in situ CIP (clean in place), son termoestables, en solución acuosa soportan temperaturas superiores a 90°C. Otras características de estos son que presentan una capacidad inhibidora incluso a concentraciones relativamente bajas y presentan una gran diferencia entre las concentraciones eficaces para eliminar bacterias gram-positivas y gram-negativas, siendo para estas últimas mucho más altas.

Los compuestos de amonio cuaternario (CAC) o también conocidos como Quat's pertenecen a esta familia por ser tensoactivos catiónicos. Los CAC no pueden mezclarse con sustancias aniónicas debido a la interacción que presentan con estas. También pierden eficacia en presencia de las sustancias que determinan la dureza del agua, por lo que estas deben compensarse mediante la adición de formadores de complejos. Actúan bien en la zona de pH de 5 a 10, por encima de 10 y debajo de 4 su eficacia disminuye notablemente.

Los tensoactivos anfóteros, son sustancias con moléculas iónicamente híbridas, sus cargas se presentan en el extremo hidrófilo y sus características de empleo son muy parecidas a las de los CAC. En estas sustancias la influencia del pH es importante de

mencionar, ya que en medio alcalino se comportan como tensoactivos aniónicos, mientras que con pH debajo de 4, con variaciones propias de cada compuesto, reaccionan como tensoactivos catiónicos.

2.3.4 Compuestos fenólicos

A partir del fenol, se han derivado un amplio grupo de principios activos como los cresoles, xilenoles con diversos sustitutos, derivados halogenados, etc. Pese a su eficacia en presencia de abundante suciedad no se emplean en la producción de alimentos debido al olor y sabor indeseables que pueden afectar a los alimentos, así como sus propiedades tóxicas, sin embargo se mencionan por su importancia histórica.

2.3.5 Compuestos de metales pesados

Los metales pesados y también muchos de sus compuestos exhiben buena acción antimicrobiana. Su uso como desinfectantes ha disminuido desde que se comprobó que sus efectos son en buena medida reversibles. La aplicación en la industria alimentaria, se ve limitada además, por razones tóxicas, a operaciones en las que el desinfectante no tenga contacto con los alimentos. En la actualidad solo tiene importancia práctica la plata en solución coloidal para su uso como desinfectante en agua. Su eficacia se ve limitada por los cloruros y por la presencia de excesiva sustancia orgánica.

2.3.6 Álcalis y ácidos

Los valores extremos de pH alteran y matan a los gérmenes con gran fuerza, por esta razón se mencionan como sustancias activas germicidas todos los ácidos y álcalis que forman parte de las sustancias limpiadoras. Se emplean como complementos de la desinfección para mejorar y estabilizar el pH. Su efecto es en muchos casos, adicional o sinérgico al de los desinfectantes. La acción marcadamente germicida inicia por encima de pH 10 y debajo de pH 4, registrándose notables diferencias dependiendo de la especie bacteriana en lo referente a la sensibilidad a los ácidos o álcalis, por ejemplo la notable resistencia de los mohos y las levaduras a los ácidos. En la práctica generalmente se requiere un efecto combinado químio-térmico, ya que la mayoría de las operaciones de limpieza se llevan a cabo a temperaturas superiores a 40°C.

Tabla 5: Criterios para elección de un sanitizante

Principio Activo	ESPECTRO					pH de actividad	Desarrollo de la actividad en presencia de materia orgánica o agua dura	Características principales
	Bacterias			Mohos y levaduras	Virus			
	Gram +	Gram -	Esporas					
Amonios cuaternarios	+	+/-	-	+	-	indiferente	sí	tensoactivo espumante no autorizado en lechería
Agua oxigenada	+/-	+/-	-	-	-	neutro o ácido	sí	
Acido peracético	+	+	+	+	+	ácido	sí	puede ser corrosivo
Cloro	+	+	+	+	+	alcalino	sí	corrosivo
Yodo	+	+	+	+	+	ácido	sí	mancha
Tensoactivos anfóteros	+	+	-	+	-	variable	no	

Adaptada de Hyginov, Critt (ref. 7)

2.4 Efectividad de la sanitización

Hasta el momento hemos visto las cuestiones generales en lo referente a limpieza y sanitización, algunos de los tipos más comunes de sanitizantes y características particulares de ellos. A continuación se presentarán los principales factores que pueden afectar la eficiencia de los sanitizantes y posteriormente se presentarán algunos de los métodos que se emplean para evaluar la eficacia de dichos productos.

2.4.1 Factores que pueden afectar la efectividad de los sanitizantes

Al igual que en el caso de los detergentes o agentes de limpieza, existen factores que pueden determinar el éxito o fracaso de la sanitización. Aún haciendo la elección adecuada de los productos, la modificación de los parámetros que se comentarán a continuación puede llevar a resultados inadecuados que pueden resultar en algunos de los casos en la contaminación de los alimentos con microorganismos que hayan sobrevivido a procedimientos deficientes y como consecuencia de ello a la transmisión de enfermedades a través de los alimentos procesados, por esta razón resulta muy importante conocerlos. Entre estos factores se encuentran los siguientes¹¹:

Tiempo de exposición: diversos estudios han demostrado que la muerte de la población microbiana sigue un modelo logarítmico, indicando que si el 90% de una población es destruida en una unidad de tiempo, el 90% de la población restante será destruida en la siguiente unidad de tiempo, dejando solo un 1% de la cifra inicial. La carga microbiana y la diversa sensibilidad de la población bacteriana al desinfectante, debida a la edad, formación de esporas y otros factores fisiológicos, determinan el tiempo requerido para que el desinfectante sea eficaz.

Temperatura: de forma general puede decirse que a medida que se eleve la temperatura, la velocidad de multiplicación de los microorganismos y la tasa de

muerte debida a la acción química aumentarán, por lo común el grado de desinfección excede con mucho la tasa de crecimiento de las bacterias, por lo que el efecto final de el aumento de la temperatura es favorecer la velocidad de destrucción de los microorganismos, ya que se originan cambios como por ejemplo la disminución de la tensión superficial, el aumento del pH, la reducción de la viscosidad y algunos otros. Sin embargo se debe considerar que hay productos que no son estables a temperaturas altas.

Concentración: el aumento en la concentración del sanitizante eleva la velocidad de destrucción de los microorganismos, sin embargo, también eleva el costo y la posibilidad de que se requiera un enjuague posterior a la aplicación del producto para eliminar los residuos del mismo.

pH: los diferentes tipos de sanitizantes tienen actividad dentro de una zona concreta de pH, por lo que ligeros cambios en esta condición pueden generar cambios drásticos en su efectividad. Por ejemplo los productos clorados o yodados ven afectado su desempeño a pH elevado.

Limpieza del equipo: Los hipocloritos, otros compuestos clorados, compuestos yodados y otros sanitizantes, pueden reaccionar con los materiales orgánicos de la suciedad que no fue removida completamente en los procedimientos de limpieza previos, disminuyendo así su eficacia, de ahí que se considere indispensable la limpieza como requisito para la sanitización.

Dureza del agua: los compuestos de amonio cuaternario son incompatibles con las sales de calcio y magnesio, por lo que no deben usarse cuando haya más de 200 partes por millón (ppm) de calcio en el agua o sin un agente secuestrante o quelante. A medida que la dureza aumenta, disminuye la eficacia de estos desinfectantes.

Adherencia bacteriana: se ha demostrado que la adherencia de algunas bacterias a una superficie sólida con la subsecuente formación de capas conocidas como biopelículas, afecta también el desempeño de los sanitizantes, ya que estas capas protegen y pueden albergar a microorganismos patógenos como la *listeria monocytogenes*, por lo que en los últimos años se ha realizado estudios sobre la formación y el control de estas biopelículas³.

2.4.2 Evaluación de los sanitizantes

Sabiendo entonces que los diversos desinfectantes que se pueden encontrar en la industria tienen diferentes propiedades y atributos como inhibidores del crecimiento de microorganismos y de su eliminación, resulta lógico pensar que se les realicen pruebas bajo condiciones controladas para conocer que tan bien desempeñarán estos papeles en los problemas específicos de los sectores de la industria de los alimentos. Hay una gran diversidad de métodos en la literatura, encontrándose en ocasiones poca concordancia entre los distintos autores, sin embargo en esta sección se pretende ejemplificar algunos de los métodos encontrados sin profundizar mucho en sus aspectos técnicos. Además de los que aquí se presentan cabe mencionar que existen otros métodos, algunos que son referencias muy utilizadas, como los de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1980), otros son diseñados para casos tan particulares que se pueden encontrar artículos publicados como la evaluación de la efectividad individual y de una mezcla de sanitizantes para inactivar *Salmonella* spp. en tomates²⁰ ó determinar el efecto del ácido acético en *Salmonella* in Vitro y en rebanadas de manzana¹⁰.

Kiermeier, Wildbrett y Mrozek¹⁹, consideran que la comprobación de la eficacia de los sanitizantes estriba en constatar su acción inhibidora (general=microbiostática; contra bacterias=bacteriostática; contra hongos=micostática) y su acción letal (microbicida, bactericida y fungicida respectivamente). Recomiendan que la comprobación de un sanitizante comience con la prueba de su acción inhibidora, ya que su proporción es importante para todas las demás investigaciones. Estos investigadores sugieren que la prueba completa de la eficacia comprenda¹⁹:

1. Comprobación cualitativa del efecto inhibidor, por ejemplo mediante un método de difusión en agar, como la prueba de los pocitos, en el que se trabaja con medios sólidos y que consiste en mezclar el medio nutricio manteniéndolo líquido en su punto de fusión (45-50°C) con una suspensión de gérmenes de prueba; se vierte en una caja Petri y se deja solidificar. Luego con un sacabocados esterilizado a la llama se troquelan pocitos de 10mm de diámetro, en los que se deposita la sustancia a estudiar o su solución. Transcurrida la incubación controlada, crecen los gérmenes sembrados, que deben estar en la proporción de 10^4 por ml de medio nutricio formando un espeso césped, en el cual la acción inhibidora se reconoce por la formación de halos alrededor de los pocitos con la sustancia a estudiar en los que no se forman colonias y el medio nutricio aparece invariable.

2. Determinación cuantitativa de la concentración inhibidora mínima (CIM), por ejemplo en una serie de diluciones. En esta prueba se preparan diluciones con concentraciones progresivas del medio a comprobar y luego se diluyen de nuevo con un medio nutricio, con lo que se obtiene una serie de concentraciones con grados suficientemente próximos en las que posteriormente se siembran e

incuban los gérmenes elegidos como más adecuados para la prueba. Transcurridos de 2 a 7 días se valora el crecimiento visible (turbiedad, sedimento, membrana superficial). La concentración más baja a la que se produzca todavía crecimiento es la CIM.

- 3. Determinación de una sustancia desintoxicante adecuada (adición desinhibidora del medio de subcultivo)**, en caso preciso, por el procedimiento citado en los 2 puntos anteriores. En esta prueba se busca determinar mediante el uso de varios agentes desinhibidores cual de ellos propicia el medio nutritivo adecuado para contrarrestar los efectos residuales del agente sanitizante que puedan afectar los resultados de las determinaciones de acción germicida.
- 4. Determinación del efecto letal**, generalmente por un método de suspensión. La forma mejor estandarizada de determinar la acción letal es la comprobación con la prueba de suspensión sin impurezas (en medio puro). El contacto ideal y completo del principio activo con gérmenes homogéneamente distribuidos en suspensión acuosa, permite valorar la concentración, temperatura y tiempo de actuación mínimos necesarios para matar la población. Se pueden presentar resultados inconsistentes en este tipo de pruebas debidos a posibles fluctuaciones biológicas, en especial homogeneización y entremezclado insuficientes, así como la contaminación de los bordes y las paredes de los recipientes, que no contactaron con la solución desinfectante. Para una mayor seguridad se recomienda un volumen superior de prueba, por ejemplo, la DLG (Asociación Alemana de Agricultura) recomienda se realicen tres series en paralelo y la DGHM (Asociación Alemana de Higiene y Microbiología) postula dos evaluaciones independientes sucesivas.

5. Determinación del valor desinfectante práctico en estudios con modelo experimental, como la prueba del portador de gérmenes o la prueba de superficies. En este tipo de métodos se pretenden simular de manera un poco más cercana a la realidad, los efectos de la adherencia de los microbios a las superficies sólidas, que ocurren al menos con cierta frecuencia. Esto sucede por ejemplo al efectuar una limpieza tras la cual los microorganismos presentes deben haber sido lavados y eliminados. No solo puede quedar adherida a la superficie con sorprendente fuerza una flora con capacidad de multiplicación sino que también existen con frecuencia varias capas de gérmenes superpuestas, en las que los gérmenes de las capas exteriores una vez muertos constituyen una eficaz protección para los que se encuentran más al interior.

3. DISCUSIÓN

A lo largo de este trabajo se presentó una recopilación de aspectos generales acerca de la limpieza y sanitización, buscando el enfoque hacia su aplicación en la industria de los alimentos.

La efectividad de los sanitizantes en la industria de los alimentos es un tema de vital importancia para la producción de alimentos inocuos, los agentes de limpieza y principios activos para sanitización que se pueden emplear en la industria alimentaria son muy diversos, cada uno tiene ventajas y desventajas en cuanto a sus características, modo de empleo, costo, etc. La selección del método y producto adecuado podrá ser en gran medida la causa del éxito o fracaso en los procedimientos de limpieza y sanitización, las herramientas para realizar esta selección son el conocimiento de los procesos, de los productos, de los peligros y sus riesgos y de las técnicas para prevenirlos.

Los métodos de conservación y transformación de alimentos siguen evolucionando, los microorganismos también evolucionan y por lo tanto los productos que se emplean para combatirlos también tienen que hacerlo. Los métodos que se emplean para la valoración de la efectividad de los sanitizantes se siguen adecuando o modificando para la evaluación de nuevas formulaciones de productos o situaciones particulares de uso.

4. CONCLUSIONES

De manera general puede concluirse que la limpieza y sanitización debe realizarse de acuerdo a un programa en el que queden incluidas todas las etapas de los procesos de producción de alimentos.

Los factores que tienen mayor influencia en la efectividad de los sanitizantes son el tiempo de exposición, la temperatura, la concentración del principio activo, la limpieza del equipo, la dureza del agua y la adherencia bacteriana.

Los productos químicos empleados deberán ser aprobados para el uso en ambientes de procesamiento de alimentos, esto se debe consultar con la autoridad sanitaria o las referencias internacionales.

Los criterios de elección del sanitizante deberán tomar en cuenta el tipo de microorganismos que combatirán, las superficies sobre las que se emplearán y el método y condiciones de su aplicación. En forma general los sanitizantes más usados en la industria de alimentos que tienen el mayor espectro antimicrobiano son derivados del cloro, yodo y ácido peracético, sin embargo deben considerarse los criterios mencionados, ya que el cloro y el ácido peracético pueden ser corrosivos sobre algunas superficies, mientras que el yodo puede teñirlas; a pH elevado los tres productos pueden presentar variación en su efectividad y a pH bajo el cloro puede liberarse en forma de gas y ser tóxico para los usuarios.

La recomendación final será entonces tener las consideraciones aquí mencionadas y evaluar de manera continua los programas de limpieza y sanitización para garantizar que sean adecuados y permitan obtener como resultado alimentos inocuos.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Acevedo Villalobos, Martha Estela. Desinfectantes comerciales: un estudio comparativo de su aplicación en hortalizas. Tesis. Químico en Alimentos, Facultad de Química UNAM, 1998.
2. Annous, Bassam A; Sapers, Gerald M; Jones, Donyel M. and Burke, Angela. "Improved recovery procedure for evaluation of sanitizer efficacy in disinfecting contaminated cantaloupes". Journal of Food Science. Vol. 70, Nr. 4, 2005. pp. M242-M247.
3. Chmielewski, R.A.N. and Frank, J.F. "Biofilm Formation and Control in Food Processing Facilities". Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Vol. 2, 2003
4. Code of Federal Regulations. Title 21, Vol. 3. Rev. April 1, 2005. CITE: 21CFR178.1010
5. Comisión de las Comunidades Europeas. Libro Blanco sobre Seguridad Alimentaria. Bruselas, 12.1.2000
6. Forsythe, S.J. y Hayes, P.R. Higiene de los alimentos, microbiología y HACCP. Editorial Acibia, S.A. Zaragoza, España 2002.
7. Hyginov, Critt. Guía para la elaboración de un plan de limpieza y desinfección. De aplicación en empresas del sector alimentario. Editorial Acibia, S.A. Zaragoza, España 2001.
8. ISO 22000:2005, Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos – Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria, Primera edición, 2005-09-01

9. Katsuyama, Allen M. Principles of food processing sanitation. Second edition. The Food Processors Institute. Washington DC, 2005.
10. Liao, C.-H.; Shollenberger, L.M. and Phillips, J.G. "Lethal and sublethal action of acetic acid on *Salmonella* in vitro and on cut surfaces of apple slices". Journal of Food Science. Vol. 68, Nr. 9, 2003. pp. 2793-2798.
11. Marriott, Norman G. Principios de higiene alimentaria. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España 1999.
12. Marfil Rivera, Rafael Notas del Modulo II: Administración de la Calidad, del Diplomado en Verificación Sanitaria en Sistemas de Calidad en Alimentos. Facultad de Química-UNAM, 2006.
13. Martínez Valdéz, Sara E. Notas del Modulo I: Regulación Nacional e Internacional, del Diplomado en Verificación Sanitaria en Sistemas de Calidad en Alimentos. Facultad de Química-UNAM, 2006.
14. NOM-093-SSA1-1994, Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos.
15. NOM-120-SSA1-1994, Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.
16. Secretaría de Salud. Manual de buenas prácticas de higiene y sanidad. Segunda Edición, México, 1996.
17. Secretaría de Salud. Manual de Manejo Higiénico de Alimentos. Primera edición, México 2001.

18. Troller, John A. Sanitation in food processing. Second edition. Academic Press, Inc. USA 1993.
19. Wildbrett, Gerhard. Limpieza y desinfección en la industria alimentaria. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España 2000.
20. Yuk, Hyun-Gyun; Bartz, Jerry A. and Schneider, Keith R. "Effectiveness of individual or combined sanitizer treatments for inactivating *Salmonella* spp. on smooth surface, stem scar, and wounds of tomatoes". Journal of Food Science. Vol. 70, Nr. 9, 2005. pp. M409-M414.