



Article

# Statistical analysis for improving safety in the production of dried chili: Application of the CODEX STAN 307 methodology

## Análisis estadístico para la mejora de la inocuidad en la producción de chile seco: Aplicación de la metodología del CODEX STAN 307

**Citation:** Saldaña-Reyes, M. et al., (2024). Statistical analysis for improving safety in the production of dried chili: Application of the CODEX STAN 307 methodology. Latin American Journal of Education, Technology and Science. Vol. 2.

María José Saldaña Reyes <sup>1</sup>, Mario Alberto García Camacho <sup>2</sup>, José de Jesús Reyes Sánchez <sup>2</sup> and Selene Castañeda-Burciaga <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Politécnica de Zacatecas. Plan de Pardillo Sn, Parque Industrial, 99059 Fresnillo, Zac.

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo, Av. Tecnológico #16, Solidaridad, 99010 Fresnillo, Zac.

Correspondence author: [scastaneda@upz.edu.mx](mailto:scastaneda@upz.edu.mx)

Received: January 5, 2024  
Accepted: March 11, 2024  
Published: March 21, 2024

**Abstract:** In Mexico, chili is a popular symbol, since it is part of the diet of most of the population, providing not only flavor to meals, but also a source of vitamins and minerals. In accordance with the above, due to the relevance of this food, it is necessary that its production and sale consider food safety aspects, since not having good manufacturing and food safety practices can cause adverse effects on the health of the people who consume this product. The objective of this research is to determine a standardized disinfection methodology to avoid the growth and propagation of phytopathogens in dried chili peppers stored in cold chambers, according to the permissible limits established in the Federal Code of Regulations. This is an exploratory, causal and descriptive research with a quantitative approach and experimental design. From the results obtained, it is possible to determine that the best methodology to use is the spraying of the disinfectant on the food in question. As for the best disinfectant, it can be said that the three used, sodium hypochlorite, hydrogen peroxide and peracetic acid, are effective for their function, the difference would be more significant according to the concentration of each one

**Keywords:** disinfectant; dried chili; fungus; phytopathogen.

**Resumen:** En México, el chile es un símbolo popular, ya que forma parte de la dieta de la mayoría de la población, aportando no sólo sabor a las comidas, sino que, además es una fuente de vitaminas y minerales. De acuerdo con lo anterior, por la relevancia de este alimento, es que resulta necesario que su producción y venta considere aspectos de seguridad alimentaria, ya que, no tener buenas prácticas de manufactura e inocuidad alimentaria, puede provocar efectos adversos para la salud de las personas que consumen dicho producto. La presente investigación tiene como objetivo determinar una metodología estandarizada de desinfección para evitar el crecimiento y propagación de fitopatógenos en chiles secos almacenados en cámaras frías, esto de acuerdo a límites permisibles establecidos en el Código Federal de Regulaciones. Se plantea una investigación con un alcance tipo exploratorio, causal y descriptivo; con un enfoque cuantitativo y diseño experimental. A partir de los resultados obtenidos, es posible determinar que, la mejor metodología a utilizar es la de aspersión del desinfectante en el alimento en cuestión. En cuanto al mejor desinfectante, se puede decir que los tres utilizados, hipoclorito de sodio, peróxido de hidrogeno y ácido peracético, son eficaces para su función, la diferencia sería más significativa de acuerdo a la concentración de cada uno.

**Palabras Clave:** Chile seco; desinfectante; fitopatógeno; hongo.

## 1. Introducción

En México, el chile representa una simbología popular, ya que forma parte de la dieta de la mayoría de la población, aportando no sólo sabor a las comidas, sino que, además el chile es el vegetal con mayor concentración de ácido ascórbico y contiene vitaminas y minerales; así mismo, los antiguos pobladores mexicanos ya le adjudicaban efectos terapéuticos relacionados con la estimulación del apetito y como diurético. Cabe señalar que, México es el segundo productor de chiles a nivel internacional (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016). De acuerdo con lo anterior, por la relevancia de este alimento, es que resulta necesario que su producción y venta considere aspectos de seguridad alimentaria, ya que, no tener buenas prácticas de manufactura e inocuidad alimentaria, puede provocar efectos adversos para la salud de las personas que consumen dicho producto.

El chile es un fruto generado por la planta *capsicum* originaria de América, también se le conoce como ají, morrón, pimienta o guindilla (Fornaris, 2005). Ahora bien, según la NMX-FF-107/1-SCFI-2014, se define como chile seco entero al tipo de fruto que se da de la planta cultivada *capsicum annuum* que pertenece a la familia de las solanáceas y que ya ha pasado por un proceso de deshidratado, ya sea de forma natural o artificial. El término "chile seco" se utiliza para referirse a una variedad de chiles maduros y secos, tales como el chile ancho, el chile mulato y el chile guajillo.

Por otra parte, de acuerdo con la NMX-FF-107/1-SCFI-2014, se define el contenido de humedad como el porcentaje de humedad presente en los chiles una vez deshidratados y preparados para la venta; dicha norma establece el porcentaje máximo que deberían de tener los diferentes tipos de chile; siendo que, el chile ancho debe contar con un 12.5% H, el chile pasilla con 13.5% H, el guajillo 13.5% H, de árbol 10% H y puya 9% H.

Mientras que, los hongos son definidos como un organismo heterótrofo que carece de clorofila, hojas y raíces, se reproduce por esporas y vive como parásito en simbiosis o mediante materia orgánica en descomposición (RAE, 2023). Las condiciones que favorecen su aparición y desarrollo en el ambiente se relacionan con factores fisicoquímicos, como humedad, temperatura, iones nitrógeno, altitud, luz, aireación, pH y carbohidratos (Darza, 2023). De igual manera, se reconoce que la humedad aumenta la sensación térmica del ambiente, ya sea en frío o calor, por lo que, si los chiles secos tienen exceso de agua en su interior, cuando son resguardados por ejemplo, en alguna cámara de almacenamiento, esto va a provocar que la temperatura de la cámara sea más sofocante y más húmeda de lo que es de manera regular; por lo que, la actividad del agua en el chile, la temperatura y sensación térmica del ambiente, contribuyen a que crezca más rápido el hongo en el chile.

De acuerdo con lo anterior, uno de los puntos más importantes para la prevención de la contaminación con este fitopatógeno, es el control de humedades, tanto del producto como el de las cámaras de almacenamiento, así como el manejo del porcentaje de agua que se le rocía para la desinfección de los chiles y el tiempo de aireación para secado dentro y fuera del túnel de calor. Cabe señalar que, la aplicación de métodos químicos para la desinfección de productos está controlada por la FDA (Food and Drug Administration) quienes establecen los productos químicos que pueden ser utilizados para la desinfección de alimentos consumidos por personas. La FDA es la responsable de proteger la salud humana asegurando que el alimento sea seguro, saludable, sanitario y esté correctamente etiquetado, para que al uso humano sea seguro y eficaz (Convergencia Regulatoria, 2023).

Así mismo, el Codex Alimentarius, o "Código Alimentario", es un conjunto de normas, directrices y códigos de prácticas aprobados por la Comisión del Codex Alimentarius. La Comisión, conocida también como CAC, constituye el elemento central del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias y fue establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) con la finalidad de proteger la salud de los consumidores y promover prácticas leales en el comercio alimentario (CODEX ALIMENTARIUS, 2023). La finalidad del Código Alimentario es el aseguramiento de la inocuidad y alta calidad de los alimentos.

Ahora bien, la inocuidad es el factor más importante a cuidar en la empresa, la cual debe basarse en un marco legal específico, en México éste corresponde a las normas NMX-FF-107/1-SCFI-2014 Productos Alimenticios-Chiles Secos Enteros (guajillo, ancho, mulato, de árbol, puya y pasilla); la NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios; así como El CODEX STAN 307-2011 y la norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos. De manera particular, la Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009 es una regulación fundamental en México, que tiene como objetivo principal garantizar la seguridad y calidad de los alimentos, bebidas y suplementos alimenticios que se producen, procesan, distribuyen y venden en el país.

El principal propósito de la NOM-251 es establecer todos los requisitos para las buenas prácticas de higiene que deben presentarse durante el proceso de producción de los alimentos, bebidas o suplementos alimenticios y sus materias primas para evitar una contaminación cruzada o de origen a lo largo de su proceso (NOM-251-SSA1-2009 N. O., 2021). Otra de las instancias regulatorias en materia de alimentos es la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), que tiene como objetivo garantizar la protección de las personas contra los riesgos para la salud ocasionados por el consumo de bienes y servicios, productos de higiene, la exposición a factores ambientales y laborales, las emergencias sanitarias y la prestación de servicios., control y prevención de riesgos para la salud (COFEPRIS, 2023). También, destaca el Código Federal de Regulaciones, en donde están establecidas una lista de sustancias no agrícolas que son permitidas como ingredientes en o sobre productos procesados, en esta lista se permiten productos no sintéticos.

En sintonía con lo señalado previamente, en caso de que los chiles secos llegaran a estar contaminados, estos podrían ser portadores de micotoxinas o aflatoxinas, que resultan nocivas para el ser humano cuando son ingeridas. Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo determinar una metodología estandarizada de desinfección para evitar el crecimiento y propagación de fitopatógenos en chiles secos almacenados en cámaras frías, esto de acuerdo a límites permisibles establecidos en el Código Federal de Regulaciones. Del mismo modo, se exploran alternativas para la reducción de humedad en chiles secos.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

Por la naturaleza del estudio se plantea una investigación con un alcance tipo exploratorio, causal y descriptivo; con un enfoque cuantitativo y diseño experimental.

### 2.2. Instrumento

Los datos se generan a través de mediciones de humedades por medio de la termobalanza; así mismo, mediante el diario de observación se registra el crecimiento de hongo, documentando los parámetros en una hoja de procesamiento de datos.

Especificaciones del método.

1. Las variables a medir son: Método usado para la desinfección, humedad (%), gramos de la muestra, porcentaje de contaminación por hongo, concentración de hipoclorito, mililitros de cloro para añadir a la solución (DPC).
2. Las definiciones operacionales: Medida del porcentaje de humedad, el cual debe estar en 10 para evitar la contaminación por hongo.
3. La muestra: 600 gramos
4. Tiempo de realización: 4 meses.

Se registraron los datos en la siguiente tabla (véase Tabla 1):

**Tabla 1.** Registro de datos.

Desinfección por metodología	Concentración de desinfectante		Gramos	%	%
	Dpc			Humedad	Contaminación
Muestra 1	200 ppm	ml	50g	%	%
Muestra 2	150 ppm	ml	50g	%	%
Muestra 3	100 ppm	ml	50g	%	%
Muestra 4	90ppm	ml	50g	%	%

### 2.3. Procedimiento

Las pruebas se realizaron mediante las desinfecciones de las muestras con diferentes desinfectantes a diferentes concentraciones, tal como se aprecia en la Figura 1.:



**Figura 1.** Diagrama de flujo de metodología.

El experimento permitió comparar la eficacia los diferentes desinfectantes en concentraciones en ppm para evitar el crecimiento de hongo en 4 muestras (1, 2, 3, 4). Por lo que, se requirió descartar el efecto del desinfectante en ppm que tiene la solución (en cuatro niveles: 1, 2, 3, 4) y los porcentajes de humedad, para ello se utilizó una población de 200 gramos, donde, cada muestra fue dividida en 50 gramos.

Para preparar las concentraciones de desinfectante se utilizaron las siguientes fórmulas:

Según la FDA el límite permisible para ppm de cloro para desinfección de alimentos es 200 ppm.

Para hipoclorito de sodio será:

$$Dpc = Va \left( \frac{ppmpc}{1000} \right) / \left( \frac{\%Cpc}{100} \right)$$

En donde:

Dpc: Dosis de cloro para añadir a la solución (ml o gramos).

Va: Volumen de agua de la solución (Lt o M3)

ppmpc: Partes por millón de cloro necesario para que tenga un efecto desinfectante

%Cpc: Concentración % de cloro comercial (etiqueta (3-6% liquido) (60-65% solido)).

Para preparar las concentraciones de ácido peracético:

Según la FDA el ácido peracético el límite permisible para este es de 80 ppm máximo:

Fórmula:

$$\text{Vol. (ml)} = \left( \frac{1000 \text{ ml} \cdot (\text{C. de } \text{CH}_3\text{CO}_3\text{H ppm})}{(15\%) (10,000)} \right) = \text{ml} / 1\text{L de agua}$$

Para el peróxido de hidrogeno según el Código Federal de Regulaciones, el peróxido de hidrogeno se utiliza en combinación con ácido acético para formar ácido peroxiacético, donde, no se debe exceder 59 ppm en agua de lavado.

Límite de peróxido de hidrogeno es 59 ppm.

Fórmula:

$$\text{Vol. (ml)} = \left( \frac{1000 \text{ ml} \cdot (\text{C de } \text{H}_2\text{O}_2 \text{ ppm})}{(\%) (10,000)} \right) = \text{ml} / 1\text{L de agua}$$

Los materiales utilizados fueron: chile guajillo primera calidad, hipoclorito de sodio; peróxido de hidrogeno; ácido peracético; agua potable; atomizador; bolsas de celofán; termo-balanza y etiquetas.

#### *Metodología para desinfección de chiles.*

Se recolectaron las muestras, se pesaron 600 gramos, después se dividieron en bolsas de celofán con 50 gramos de chile cada una. Posteriormente, se prepararon las disoluciones desinfectantes. Por el método de inmersión o aspersión se roció la disolución para que el desinfectante se impregnara completamente, esto se realizó por 30 segundos. Luego, los chiles fueron regresados a la bolsa de celofán, para el proceso de orear al sol.

De forma experimental, también se puso a prueba una técnica para reducir la humedad de los alimentos mediante el uso de sal de grano. Dicha técnica consiste en introducir el alimento con un porcentaje alto de humedad en un recipiente con suficiente sal de grano que cubra el alimento.

#### *2.4. Análisis de datos*

Los datos se procesaron en Minitab y Excel, en donde se llevó el registro de los cambios de las humedades, expresando la variabilidad de los procesos mediante gráficas de control.

#### *2.5. Hipótesis*

Se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible encontrar un tratamiento que permita la desinfección completa y además de tener el menor porcentaje de humedad en las muestras?

Variable de respuesta: Contaminación por hongo

Factor principal: Tratamiento

Factor bloque I: Concentración de desinfectante (4 niveles: 200, 150 100 y 90 ppm)

Factor bloque II: Porcentaje de humedades en las semanas (1, 2, 3)

Tratamiento: 1, n=1

Modelo:

Porcentaje de humedades (%) =  $\mu$  + el efecto del tratamiento + el efecto de las concentraciones ppm + contaminación por hongo + error aleatorio

#### *Hipótesis:*

H0: Las medias de la eficacia de las concentraciones del desinfectante son iguales (Si  $p > 0.05$  ( $\alpha$ ))

H1: Al menos un par de medias es diferente (Si  $p \leq 0.05$  ( $\alpha$ ))

Factor bloque I:

H0: Las medias de las concentraciones en ppm son iguales ( $P > 0.05$  ( $\alpha$ ))

H1: Al menos un par de medias es diferente ( $P < 0.05$ )

Factor bloque II:

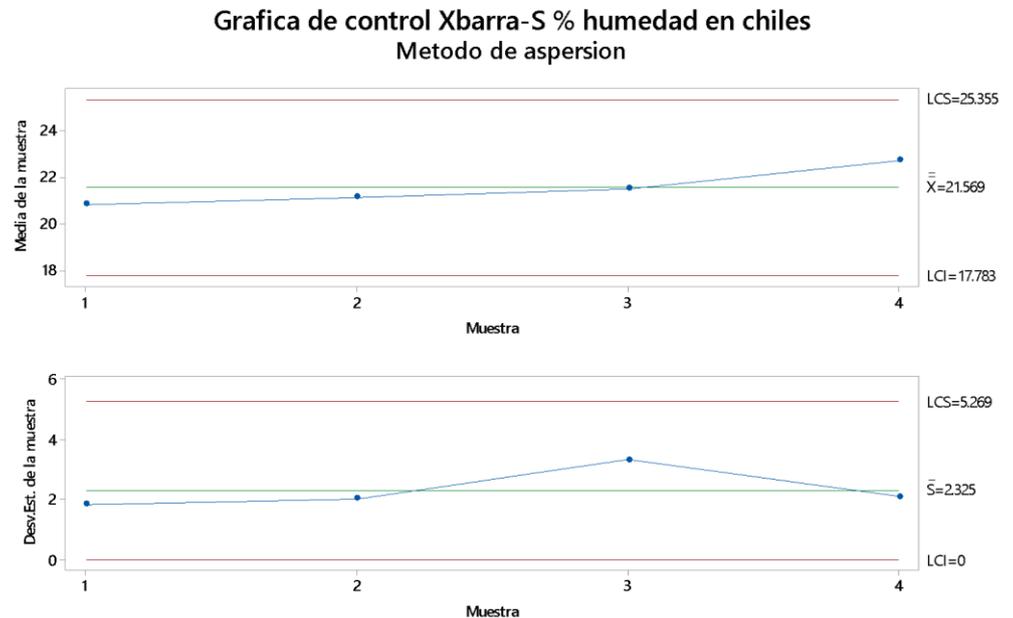
H0: las medias de los porcentajes de humedad son iguales ( $P > 0.05$  ( $\alpha$ ))

H1: al menos de un par de medias es diferente ( $P < 0.05$ )

### **3. Resultados**

Para los experimentos, se tomaron muestras de 50 gramos de chile guajillo de primera calidad, el método de almacenamiento fue en una bolsa de celofán libre de microorganismos, con un tiempo de aireación de 45 minutos; posteriormente, cada muestra fue almacenada a temperatura ambiente y luz artificial por 9 horas. Las variables consideradas fueron el desinfectante, la concentración, el tiempo de contacto del desinfectante, el tiempo que se lleva en rociar el desinfectante, la cantidad de litros de solución del desinfectante, y el tiempo de almacenamiento.

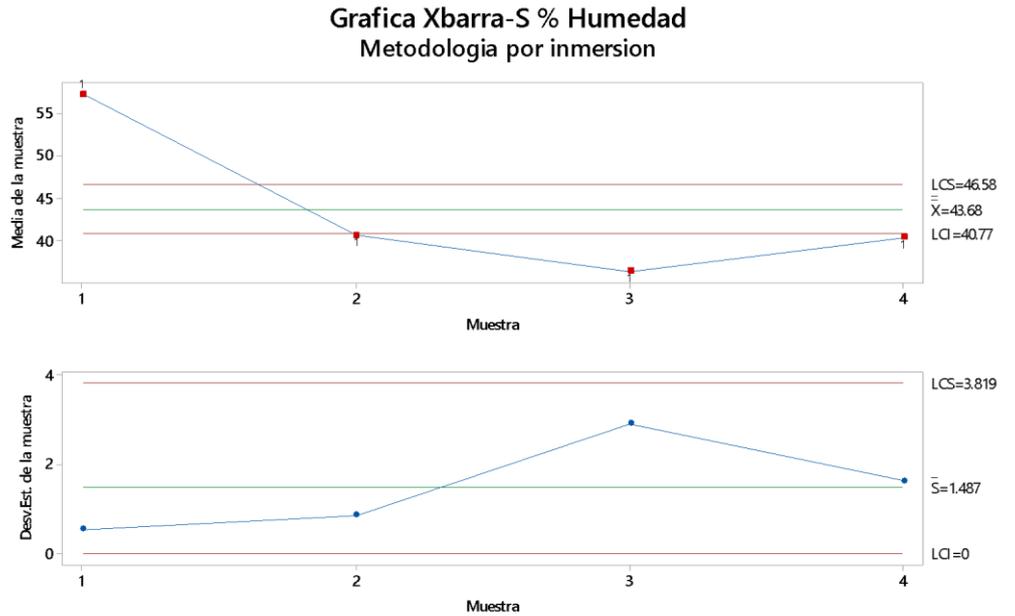
Para el experimento de desinfección con hipoclorito a diferentes concentraciones mediante el método de aspersión, los resultados pueden ser revisados en la Figura 2. En cuanto a la observación de las muestras, se pudo determinar que, no se detectó contaminación por hongo, durante el tiempo que duro el proceso (cuatro meses).



**Figura 2.** Porcentaje de humedad por método de aspersión

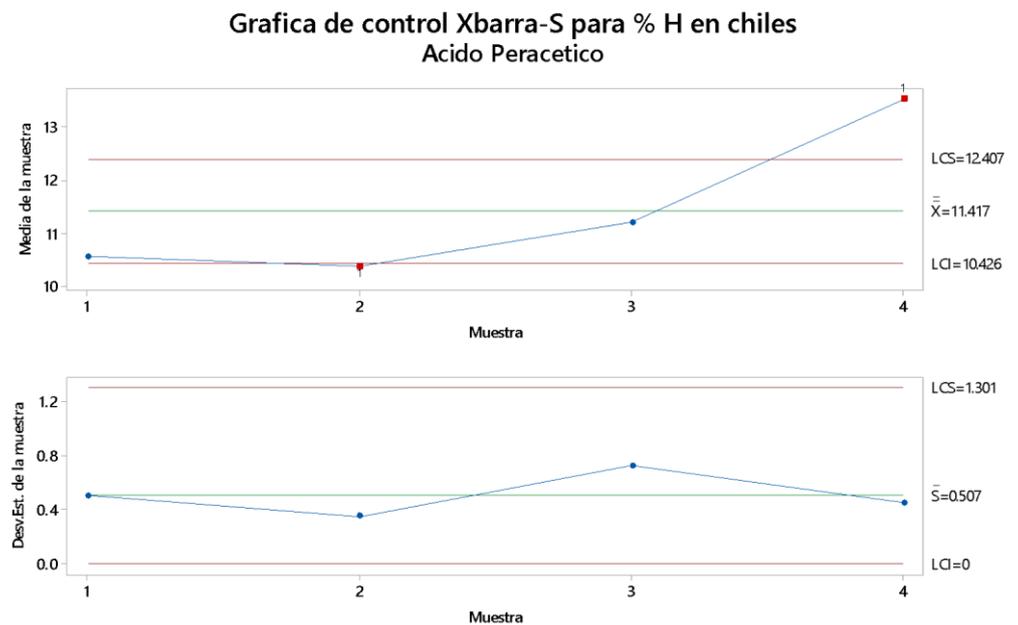
Mientras que, para el experimento mediante el método de inmersión en hipoclorito, los resultados se detallan en la Figura 3. En la cual se aprecian resultados de la prueba para % Humedad, ..., C3. Donde, Prueba 1. Un punto fuera más allá de 3.00 desviaciones estándar de la línea central. La prueba falló en los puntos: 1, 2, 3, 4; Prueba 5: 2 de 3 puntos más de 2 desviaciones estándar de la línea central (en un mismo lado de la LC). La prueba falló en los puntos: 3, 4. Respecto a la observación de las muestras, se apreció un rápido crecimiento de hongo verde amarillento, siendo la de mayor crecimiento de hongo la muestra desinfectada a 90 ppm; ya que, en la primera semana tuvo un crecimiento de hongo de 0.5%, en la segunda semana de monitoreo se desarrolló el hongo en un 100%.

El hongo detectado fue del tipo *Aspergillus*, que tiene la característica de que es un hongo verde amarillento, con crecimiento de colonia, las cuales empiezan con tonalidades blancas y un poco amarillentas, para después llegar a tonalidades completamente verdes, o verde amarillentas. Cabe señalar que, el chile fue afectado por el hongo no solo superficialmente, sino también en la parte de la semilla, no presentó olores desagradables.



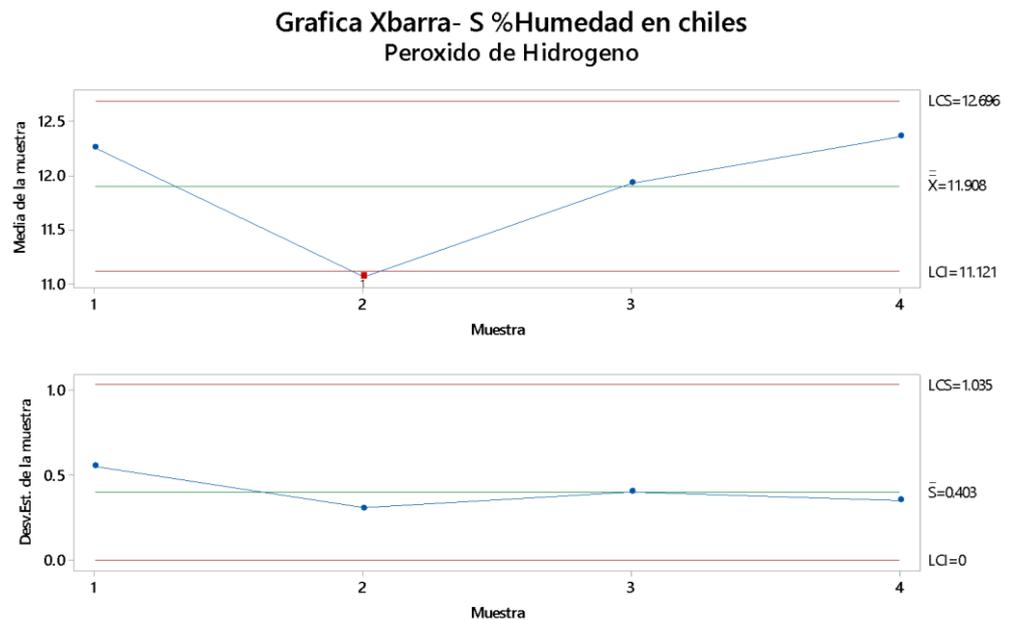
**Figura 3.** Metodología por inmersión

En cuanto al experimento mediante el método de aspersión con ácido peracético, los resultados se detallan en la Figura 4. Donde, Prueba 1. Un punto fuera más allá de 3.00 desviaciones estándar de la línea central; la prueba falló en los puntos: 2, 4. Prueba 5: 2 de 3 puntos más de 2 desviaciones estándar de la línea central (en un mismo lado de la LC). La prueba falló en los puntos: 2



**Figura 4.** Metodología por aspersión con ácido peracético

Respecto al método de aspersión con peróxido de hidrógeno, los resultados se pueden apreciar en la Figura 5. Donde, Prueba 1: Un punto fuera más allá de 3.00 desviaciones estándar de la línea central. La prueba falló en los puntos: 2



**Figura 5.** Metodología por aspersión con peróxido de hidrógeno

#### 4. Discusión

Mediante los experimentos desarrollados se pudo observar que, los porcentajes de humedades más altos los presentaron los chiles desinfectados por inmersión en hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ), por lo que, no se considera un método apropiado para evitar la propagación de hongos. Cabe señalar que, por método de aspersión con hipoclorito de sodio no se contaminó ninguna muestra; por lo que, las muestras se encontraron exentas de cualquier fitopatógeno que afectara la inocuidad del producto. La variable a considerar en estas dos metodologías empleadas es precisamente el método de desinfección, el de inmersión se descarta, ya que, al introducirlo en la solución ésta entra al chile y se sobre humedece, lo que hace que se más factible a desarrollarse un hongo y, posteriormente convertirse en aflatoxinas.

Respecto a los otros dos métodos de desinfección, con peróxido de hidrógeno y con ácido peracético, al compararse los resultados, sólo se tienen fallos en un solo punto fuera de los límites de control, siendo que, las humedades más bajas que se obtuvieron fueron las muestras de desinfección con dichos métodos. Los aspectos que se pueden destacar en estos experimentos son el método y la concentración. Ahora bien, comparando la efectividad de los tres desinfectantes se puede decir que cumplen su objetivo, el de evitar el crecimiento del hongo, a pesar de que los chiles desinfectados con  $\text{NaClO}$  por aspersión obtuvieron porcentajes de humedad mayor a comparación de los de ácido peracético y peróxido de hidrogeno, que no se contaminaron. De manera específica, al retomar las concentraciones, resulta mejor aquella de mayor concentración de desinfectante, ya que es más eficiente, lo que reduce la probabilidad de crecimiento, aunque se observó que no hubo diferencia entre una y otra.

#### 5. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación, es posible determinar que, la mejor metodología a utilizar es la de aspersión del desinfectante en el alimento en cuestión. En cuanto al mejor desinfectante, se puede decir que los tres utilizados, hipoclorito de sodio, peróxido de hidrogeno y ácido peracético, son eficaces para su función. La diferencia sería más significativa de acuerdo a la concentración, donde, una mayor concentración es más segura para evitar el crecimiento de hongo que, posteriormente pueda convertirse en aflatoxinas.

De manera específica, de los experimentos realizados, los únicos que podrían entrar en el rango óptimo de humedad, que es de 9 a 11, serían los de peróxido de hidrogeno y acido peracético. Es así que, la estrategia para disminuir el porcentaje de humedad en los chiles sería el tiempo de aireación que se deja previo a su empaque, así como el monitoreo constante de humedades con ayuda de la termobalanza y el monitoreo de los almacenes, lo cual permite identificar el producto que se encuentra más húmedo. Por lo tanto, al implementar las buenas prácticas de almacenamiento, se puede evitar la contaminación de chiles secos en cualquier industria.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Referencias

1. CODEX ALIMENTARIUS. (2023). *Codex alimentarius*. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/es/#c453333>
2. COFEPRIS. (2023). *Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios*. <https://www.gob.mx/cofepris/que-hacemos>
3. Convergencia Regulatoria. (2023). *FDA- Uso Normas*. <https://www.interamericancoalition-medtech.org/regulatory-convergence/policy/international-standardization/uso-de-estandares-internacionales-por-los-reguladores-de-dispositivos-medicos/fda-uso-de-estandares-internacionales/?lang=es>
4. Darza, F. G. (2023). *Características generales de los hongos*. [https://aula.campuspanamericana.com/\\_Cursos/Curso01417/Temario/Experto\\_Med\\_Tropical/M5T1-Texto.pdf](https://aula.campuspanamericana.com/_Cursos/Curso01417/Temario/Experto_Med_Tropical/M5T1-Texto.pdf)
5. Fornaris, G. (2005). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Pimiento: Tipos 'cubanelle' y 'campana'*. Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico. <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/PIMIENTO-Caracter%C3%ADsticas-de-la-Planta-v2005.pdf>
6. NMX-FF-107/1-SCFI-2014. (2014). *Productos Alimenticios – Chiles Secos Enteros*. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-ff-107-1-scfi-2014.pdf>
7. NOM-251-SSA1-2009, N. O. (2009). *Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Practicas De Higiene Para El Proceso De Alimentos, Bebidas o Suplementos Alimenticios*: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3980/salud/salud.htm>
8. Real Academia Española RAE (2023). *Hongo*. <https://dle.rae.es/hongo>
9. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). *El Chile, inigualable sabor y tradición de México*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/el-chile-inigualable-sabor-y-tradicion-de-mexico>