



Efecto antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*

Soledad V. Paz-Zorrilla¹

Margarita C. Ojeda-Pereda²

Fecha de recepción: 16 de febrero, 2021

Fecha de aprobación: 25 de agosto, 2021

DOI: <https://doi.org/10.18050/ucvscientiabiomedica.v4i3.01>

Como citar: Paz-Zorrilla SV, Ojeda-Pereda MC. Efecto antimicrobiano in vitro del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. UCV Sci. Biomed. 2021; 4(3): 9-22. DOI: <https://doi.org/10.18050/ucvscientiabiomedica.v4i3.01>

Derechos de reproducción: Este es un artículo en acceso abierto distribuido bajo la licencia CC



¹Universidad César Vallejo (Perú). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0151-2599>

²Universidad César Vallejo (Perú). correo. margarita_ojeda111@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3492-8168>

Efecto antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*

Soledad V. Paz-Zorrilla¹
Margarita C. Ojeda-Pereda²

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “Papa fermentada” sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Se realizó una investigación de tipo experimental, comparativa transversal. El instrumento, fue una ficha de recolección de datos tomadas de las mediciones de los halos de inhibición de las diferentes concentraciones del extracto acuoso *Solanum tuberosum* “papa fermentada”. Se prepararon tres diluciones: 25%, 50% y 100% y dos cepas *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, cada una con un grupo control, sulfametoxazol + trimetropin para la primera y oxacilina para la segunda. Para el análisis de los promedios y desviaciones estándar de los halos de inhibición se aplicó la estadística descriptiva y la inferencial. Los resultados demostraron que el efecto antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” al 25%, 50%, 100% fue cero mm, de halos de inhibición, comparados con sulfametoxazol + trimetropin sobre *Escherichia coli* fue 29.9 mm y de la oxacilina sobre *Staphylococcus aureus* 17.7 mm. Concluyendo que el efecto antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* es nulo.

Palabras clave: papa fermentada, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*.

¹Universidad César Vallejo (Perú). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0151-2599>

²Universidad César Vallejo (Perú). correo. margarita_ojeda111@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3492-8168>



In vitro* antimicrobial effect of the aqueous extract of *Solanum tuberosum* “fermented potato” on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus

Soledad V. Paz-Zorrilla¹
Margarita C. Ojeda-Pereda²

Abstract

The present research work was carried out with the objective of determining the *in vitro* antimicrobial effect of the aqueous extract of *Solanum tuberosum* “fermented potato” on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. An experimental, comparative cross-sectional investigation was carried out. The instrument was a data collection sheet taken from the measurements of the inhibition halos of the different concentrations. From the aqueous extract *Solanum tuberosum* “fermented potato”. Three dilutions were prepared: 25%, 50% and 100% and two strains *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, each one with a control group, sulfamethoxazole + trimethoprim for the first and oxacillin for the second. For the analysis of the means and standard deviations of the inhibition halos, descriptive and inferential statistics were applied. The results demonstrated that the *in vitro* antimicrobial effect of the aqueous extract of *Solanum tuberosum* “fermented potato” at 25%, 50%, 100% was zero mm, of inhibition halos, compared with sulfamethoxazole + trimethoprim on *Escherichia coli* was 29.9 mm and oxacillin on *Staphylococcus aureus* 17.7 mm. Concluding that the *in vitro* antimicrobial effect of the aqueous extract of *Solanum tuberosum* “Fermented potato” on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* is null.

Keywords: Fermented potato, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*.

¹Universidad César Vallejo (Perú). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0151-2599>

²Universidad César Vallejo (Perú). correo. margarita_ojeda111@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3492-8168>



INTRODUCCIÓN

El "*Solanum tuberosum*" también conocida como papa o patata, la cual se caracteriza por ser una herbácea que está incluida dentro de la familia de las solanáceas. Cuenta la historia que la papa tiene como origen hace 8.000 años, donde su ubicación es cercana al Lago Titicaca en la ciudad del Cuzco, la cual está localizada a unos 3.800 metros sobre el nivel del mar, entre la Cordillera de los Andes y la frontera de Bolivia y Perú¹.

Durante el siglo XVI, los españoles llevaron la papa a Europa para ser cultivada, cosechada y consumida. Desde entonces el cultivo de la papa se expande por el hemisferio norte, y es así que llega a convertirse en uno de los alimentos importantes para el consumo humano desde los mineros y obreros, brindándoles la energía necesaria para realizar su trabajo. Hoy en día la papa como alimento se consume en todo el mundo². La papa ha venido conquistando lugares más remotos del planeta, si bien se sabe no en todos los lugares es posible su cultivo y explotación, pero si es aceptada en Asia, África, Oceanía y otros lugares³.

En América se encuentran unas 200 especies de papas silvestres, cabe manifestar que mientras que al suroeste de los Estados Unidos y Centroamérica las altitudes donde se cultiva van desde un nivel de altitud medias hasta llegar a una altitud alta, en cuanto a Sudamérica se van localizando entre los Andes de los países desde Venezuela hasta el noroeste de Argentina y mientras que en los países como Chile, Uruguay, Paraguay y el sureste de Brasil son cultivadas en tierras bajas⁴.

En la actualidad la papa es reconocida por la importancia que brinda en la alimentación de las personas, así mismo brinda seguridad alimentaria y crecimiento económico al estado y a los pueblos de todo el mundo quienes lo incluyen en su alimentación. El 18 de octubre del 2007, es proclamada que el año 2008, sería el "Año Internacional de la papa" por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), con la finalidad de cumplir el objetivo de fomentar conciencia en las personas sobre el valor que nos brinda la papa como un alimento importante dentro de la olla familiar, así mismo de producir y generar ingresos en la naciones en desarrollo; y también de impulsar a nuevas investigaciones y

desarrollo de los sistemas productores de la papa, con la finalidad de contribuir al cumplimiento de los objetivos del Milenio⁵.

Las referencias que nos brinda la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) acerca de la producción mundial de la papa, alcanzó a 311 millones de toneladas durante el año 2003. Estos datos obtenidos nos indican que la papa se encuentra dentro de la alimentación en más de dos mil millones de personas quienes lo consumen en países en desarrollo. Por lo que se cree que la papa en América Latina se llega a producir más de 12 millones de toneladas métricas por año, la cual se ve reflejada en las exportaciones e importaciones regionales de la papa quien se ve representada en más del 9% de su producción interna, por lo que se asume que las cifras sigan incrementadas con el pasar de los años⁵.

Hoy en día la papa se ha convertido en uno de los cultivos de gran importancia a nivel mundial por su alto nivel de consumo y por su presencia en la canasta familiar, posicionándose en el cuarto lugar de los cultivos alimenticios después del arroz, el maíz, trigo. Se sabe que en Bolivia su importancia es alta, porque es considerado un artículo de primera necesidad para los habitantes de la zona rural y urbano, se evidencia que aproximadamente el 49% de la población boliviana es agrícola y 265,000 agricultores están involucrados en la producción de este tubérculo⁶.

Dentro del campo de la tecnología se ha realizado técnicas de conservación artesanal de la papa y tubérculos andinos por períodos prolongados de dos meses a más, con la finalidad de elaborar y conservar la papa, en forma de chuño, tunta, papa seca, khaya y umakhaya. En Bolivia el tubérculo se consume a base de una tecnología realizada llamada "muraya" que consiste en congelar la papa, luego el producto es llevado a pozos previamente preparados con agua corriente para ser fermentados y finalmente se realiza el secado. En el Centro y el Sur del Perú, en las ciudades de Junín, Huancavelica, Ayacucho y Apurímac, en estas ciudades, están utilizando la tecnología que consiste en escoger tubérculos medianos, extenderlo en un lugar plano, debajo del césped⁷.

Luego cada hora indicada se va rociando agua, y de esta manera se va monitoreando hasta que la helada haya “absorbido” bien, con la finalidad que la envoltura de la papa fermentada se ponga blanda y esté dispuesta a ser pelada, luego son colocados en sacos de lana. Posteriormente se pone en acequias o pozos de agua, asegurándolo con piedras por tres o cuatro días, se extraen para extenderlas en mantas, y ser nuevamente congeladas durante la noche, enseguida se descubre para que se seque y finalmente ser almacenadas en (puyños) vasijas de barro⁷.

Mientras que en la comunidad de Shumay, Marcará, Ancash, la técnica de la conservación de la papa es diferente y toma el nombre de “tocosh” (Tuqush en quechua), que es elaborada en todas las comunidades campesinas de Ancash, y consiste en realizar un pozo de gran profundidad o una acequia donde se coloca la papa o “ichu” llamada “shicshi”; este, debe estar muy unida o apretada, donde debe ser colocada la papa para ser cubierta formando un paquete, sobre el cual, se coloca piedras pesadas con la finalidad de que el agua discurra ligeramente y no termine arrastrando la papa, la duración de esta técnica por lo general es de un mes y medio a más hasta que la fermentación esté completa. Cuando el tiempo ya haya cumplido se prosigue a extraer el paquete de shicshi con la papa del pozo y se ubica en un lugar adecuado para que escurra toda el agua y cuando esté seco se transfiere a otro paquete de shicshi para ser guardado y finalmente ser llevado para la venta y consumo de la población⁷.

La “papa fermentada” es un alimento que viene desde nuestros ancestros de la sierra central del Perú pasando por generaciones, llegando a convertirse a lo largo del tiempo en el resultado de la tecnología andina, la cual es utilizada para la conservación de los alimentos, en donde la papa es sometida a una técnica que se lleva a cabo mediante la fermentación y putrefacción en una forma artesanal para el consumo de las personas⁸.

Sandoval M et al ⁹ (2015) en Perú, realizaron una investigación de diseño básico- experimental *in vivo* titulado sobre el efecto antioxidante y citoprotector de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” en la mucosa gástrica de animales de experimentación”, aplicando como instrumento una ficha de recolección de datos; y demostraron, que al administrar la dosis de: 2 700 mg/kg, 900 mg/kg, 1 800 mg/kg protegió un 97% del

área de la mucosa gástrica, 2 700 mg/kg un 95% y la de 900 mg/kg, 88% ($p < 0,05$). La dosis de 1 800 mg/kg presentó mejor efecto citoprotector y la de 2 700 mg/kg mejor actividad antioxidante, comparada con sucralfato 30 mg/kg. Concluyeron que *Solanum tuberosum* “papa fermentada” tiene efecto citoprotector y actividad antioxidante.

Pesantes A¹⁰ (2015), en Perú, en su investigación de tipo experimental, comparativa, transversal, evaluó el efecto antibacteriano *in vitro* de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” en cepas de *Escherichia coli* comparando con gentamicina y ceftriaxona, con una muestra de extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada”, demostró, que el extracto tiene efecto antibacteriano sensible en un 90% comparado con gentamicina 43,3%. El efecto antibacteriano intermedio o moderadamente sensible para el extracto fue un 6,7% y 30% para gentamicina, el extracto tuvo baja resistencia con 3,3% y gentamicina 26,7%. La comparación del efecto antibacteriano frente a ceftriaxona obtuvo una acción antibacteriana sensible a un 20% y un 60% para ceftriaxona, el efecto moderadamente sensible fue 73,3% del extracto y un 36% de ceftriaxona; el extracto presentó resistencia a un 6,7% y ceftriaxona 3,3%.

Vilca¹¹ en su estudio realizado sobre la concentración de *Penicillium sp.*, en la “papa fermentada” de la variedad Yungay en distintos tiempos de fermentación, en su tabla 8 compara en diferentes tiempos las cuales fueron a 30, 60 y 90 días, dando como resultado que en 30 días no se registraron crecimiento de *Penicillium sp.*; sin embargo, a los 60 días se encontró un crecimiento considerable, mientras que a los 90 días se registra significativamente la presencia de *Penicillium sp.*

López Y ¹² (2017), en Perú, realizó una investigación de tipo experimental transversal - comparativa, donde determinó si existe efecto inhibitorio *in vitro* de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” sobre cepas de *Staphylococcus aureus* comparado con vancomicina y oxacilina, con una muestra de extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada”, demostrando, que *Staphylococcus aureus* tuvo una acción muy sensible frente al extracto de la concentración del 25% ($17,75 \pm 1,05$ mm), y muy sensible al extracto de la

concentración al 50% y al 100% ($22,17 \pm 0,94$ y $25,42 \pm 1,62$ mm) respectivamente), con una concentración mínima inhibitoria (CMI) de 500 mg /dL (extracto al 50%).

La muestra que se utilizó para la elaboración de la papa fermentada, fue la variedad amarilla, traída de la provincia de Huari departamento Ancash, ubicada a 3,102 m.s.n.m., esta papa es sembrada en los meses de lluvia (junio y octubre), o si no se utiliza los regadíos para realizar el sembrado, el cual será cosechado en los meses de noviembre o marzo, fue adquirida entre las estaciones de primavera y otoño en el mes de noviembre. Adams (2009), nos indica que “la papa fermentada”, llamada también “tocosh” es una papa procesada naturalmente, teniendo como finalidad de ser curativa y alimento; el preparado del “tocosh” consiste en dejar la papa en pozas cavadas en las orillas de riachuelos o por donde haya corriente de agua y estas serán protegidas por una cantidad de paja, por un tiempo de 3 a 6 meses. Durante el proceso se reduce de tamaño, excepto la cascara, consiguiendo de esta manera un olor muy peculiar desagradable; cuando se inicia el consumo es donde se percibe el olor¹².

Pero a pesar del olor desagradable, “la papa frementada” tiene propiedades curativas, para las enfermedades como los bronquios: asma, tos, gripe, de igual manera también se consume para enfermedades digestivos como: la gastritis, colitis, duodenitis, hemorroides, riñones, hígado, también para enfermedades óseos como las: osteoporosis, artritis, debiéndose así que la “papa fermentada” tenga en su composición un elemento la cual se denomina penicilina, que se obtiene de una manera natural mediante el proceso de fermentación, es un antibiótico que va a reforzar el sistema inmunológico, y de esta manera es que actúa curando las enfermedades oportunistas o permanentes. Lo mejor de este producto es que es natural sin adición química como los antibióticos. Según Adams (2009), para determinar de que está compuesta nutricionalmente la “papa fermentada”, tuvo que realizar un estudio bromatológico y nutricional, cuyos resultados fue de (80.01g%) de hidratos de carbono y (3.91g%) de proteínas, demostrando así un aporte calórico elevado de 343,4 cal/g y bajo en grasas¹².

El “tocosh” (tuqush en quechua) “papa fermentada,” es uno de los alimentos muy apreciado por las personas del área y es elaborada en todas las colectividades campesinas de Ancash. Este alimento es consumido usualmente como mazamorra, en especial para las personas que atraviesan distintas enfermedades con la finalidad de combatir las infecciones y úlceras que presentan los enfermos.

Para elaborar el “tocosh,” se debe utilizar papa que ya no se usa o es descartada, que en su composición ésta se encuentre más amarga. Es así, que se coloca próximo a un cauce cavando un pozo que tenga un fondo de unos 60 cm, la papa es acomodada en las pajas llamada “shicshi” que es traída desde las alturas, la paja debe estar tupida o apretada, y cuando esté lista se coloca la papa, la cual debe estar envuelta y protegida¹².

Cuando esté preparado el paquete, sobre este se coloca piedras pesadas, con la finalidad de que el agua corra lentamente y que los tubérculos no sean llevados por el agua. La papa empozada se deja durante un periodo de mes y medio a tres meses. Cuando el tiempo haya transcurrido, la papa es extraída del pozo con paja incluida y es colocado en un lugar donde le dé sombra al paquete de “tocosh” con paja, dejando así que escurra el agua que aún contenga. Cuando el paquete de paja esté seco se dispone a colocarla en un recipiente limpio para ser guardado, o con la finalidad de ser vendida o ser usada para el consumo de las personas¹².

La fermentación de la papa, es un proceso catabólico de oxidación de algunas sustancias propias que sirve para poder producir otros compuestos orgánicos y dar energía. Gran parte de los procesos de fermentación, es producido por la presencia de levaduras y bacterias en ausencia de oxígeno. En la actualidad es el hombre quien viene realizando distintos procesos de fermentación, los cuales fueron obtenidos de los antepasados desde hace miles de años, con la finalidad de proteger y conservar los alimentos.¹³

El presente proyecto de investigación, se realizó con la finalidad de investigar la capacidad antimicrobiana de la “papa fermentada” sobre las bacterias: *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, la cual nos permitirá demostrar las propiedades químicas que tiene la “papa fermentada” para curar las enfermedades como la gastritis, úlceras, infecciones urinarias, respiratorias,

etc. ocasionadas por estas bacterias, por lo tanto este alimento sería considerado como un remedio o alternativa casera que se utilizaría para aliviar a las personas que sufren de estas enfermedades; así mismo se podrá iniciar una alimentación nutricional en pacientes dejando de lado a los medicamentos que no cumplen con el efecto esperado, con este fin se tratará de demostrar que la alimentación natural sirve y es efectiva más que los medicamentos, dejando en claro que como profesionales en el campo de la Nutrición se cumple un rol muy importante.

El aporte de los resultados en la presente investigación sería realizar profundas investigaciones respecto a las propiedades curativas de la “papa fermentada” y sus beneficios en el campo de la medicina.

El objetivo de este trabajo de investigación, fue determinar el efecto antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Como objetivos específicos comparar el efecto antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” al 25%, 50%, 100% y del sulfametoxazol + trimetropin sobre *Escherichia coli* y finalmente comparar el efecto antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” al 25%, 50%, 100% y oxacilina sobre *Staphylococcus aureus*.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente Proyecto de investigación, es de diseño experimental, comparativo transversal. 14

La muestra se recolectó en la provincia de Huari, Departamento de Ancash, luego fue transportada en recipientes de acero inoxidable y trasladado al laboratorio de la Universidad César Vallejo para el análisis respectivo.

- Selección de la paja:

1. La paja, fue comprada en la Provincia de Huari, Departamento de Ancash.

2. Se seleccionó y clasificó teniendo en cuenta el color, tamaño y el aspecto físico de la paja.

3. Se lavó con agua a chorro y se desinfectó con hipoclorito de sodio a 100 ppm por 5 minutos para eliminar hongos y bacterias.

4. Luego se enjuagó con agua potable para eliminar el cloro residual libre, obteniendo de esta manera la paja limpia y lista para ser usada como la envoltura de la papa.

- Proceso de elaboración del *solanum tuberosum* “papa fermentada”:

1. La papa amarilla, se compró en la provincia de Huari, Departamento de Ancash.

2. Se seleccionó y clasificó, teniendo en cuenta el tamaño, color, cortes físicos, etc.

3. Se lavó con agua potable a chorro para eliminar la tierra, o partículas extrañas que puedan existir.

4. Luego se desinfectó con hipoclorito de sodio a 100 ppm por 10 minutos para eliminar hongos, bacterias, etc.

5. Se enjuagó con abundante agua para eliminar el cloro residual libre

6. Enseguida, se colocó la paja en el pozo de 40 cm de profundidad y 60 cm de largo con la finalidad de formar una capa.

7. Después, se colocó la papa previamente lavada y desinfectada sobre la capa de paja Enseguida se procedió a formar un paquete (envoltura de paja)

8. Luego se colocó algunas piedras sobre la envoltura de paja con la finalidad de evitar que la corriente de agua arrastre la papa.

9. Finalmente, se dejó fermentar por 1 mes¹⁴.

10. Después de transcurrido este tiempo, se extrajo la papa con toda la envoltura y se dejó orear por 24 horas

11. Luego se envasó y finalmente se almacenó a temperatura ambiente.

- Obtención del extracto acuoso de “papa fermentada”:

1. Se seleccionó y clasificó, la “papa fermentada.”
2. Luego se pulverizó, utilizando un molinillo manual estéril Corona, obteniéndose un polvo fino de color grisáceo, y de olor desagradable, característico de la papa fermentada y de sabor amargo.
3. Se pesó 10g de muestra pulverizada. Se colocó en un cartucho de papel de filtro y luego se llevó al extractor del equipo de Soxhlet
4. Se adicionó 150 mL de agua destilada y se llevó a una temperatura de 100 °C durante 4 horas. (25 extracciones).
5. Se filtró 2 veces, utilizando primero un papel filtro Whatman N° 41, y finalmente con papel filtro Whatman N°4.
6. El extracto resultante fue llevado a sequedad a la estufa a una temperatura de 50 °C, por una semana aproximadamente con la finalidad de deshidratar y obtener el extracto seco.
7. Se pesó el residuo seco y se guardó en refrigeración a 4 °C, en frasco de vidrio estéril de color ámbar.

- Preparación de las diferentes concentraciones de las diluciones:

1. Se prepararon las diferentes concentraciones a partir del extracto seco pulverizado de “papa fermentada”.
2. Se estandarizó las concentraciones a 25%, 50%, y 100%, con agua destilada estéril, hasta obtener un volumen final de 3.125 ml. en las tres diluciones
3. Para la dilución al 25%, se pesó 0.7812g del extracto pulverizado y 2.3438 ml de agua destilada estéril; Para la dilución al 50%, se pesó 1.5625g. del extracto pulverizado y 1.5625 ml. de agua destilada estéril; Y para la dilución al 100% con el extracto puro 3.125ml
4. Se distribuyeron en 3 viales estériles para luego incorporar los discos de papel filtro Whatman N°4 de (6 mm de diámetro).
5. Luego los viales fueron llevados a la estufa a 37°C por 30 minutos para el secado¹⁵.

- Preparación del inóculo por el método Kirby Bauer:

Se preparó y estandarizó el inóculo de *S. aureus*. Se utilizó el método directo de inoculación a partir de colonias de un cultivo joven de 18 horas de aislamiento en agar Manitol Salado. Del mismo modo se procedió con el inóculo de *E. coli*, a partir de colonias de un cultivo joven de 18 horas de aislamiento en agar Mac Conkey; se seleccionó cada una de las colonias por separado y se preparó una suspensión directa en 5 ml. de Solución Salina Fisiológica. La turbidez de la suspensión fue equivalente a 1×10^8 UFC/ml, utilizando el tubo N°1 (3×10^8 UFC/ml)¹⁵.

- Inoculación a las placas:

Después de la inoculación se esperó unos 15 minutos siguientes para determinar al ajuste de la turbidez del inóculo. Luego se sumergió a cada tubo de ensayo un hisopo estéril en la cual contenía la suspensión del cultivo de 18 horas, se procedió a rotar el hisopo varias veces presionando firmemente sobre la pared del interior del tubo por encima del nivel del líquido para remover el exceso de inóculo. Enseguida se procedió a inocular la superficie seca de la placa con el medio de cultivo Mueller Hinton, estriando con el hisopo en tres direcciones para asegurar una distribución uniforme del inóculo. Finalmente se dejó secar la placa a temperatura ambiente durante 3 a 5 minutos para que cualquier exceso de humedad superficial sea absorbido antes de colocar los discos de sensibilidad¹⁵.

- Aplicación de los discos:

Se colocaron los discos por separados uno a uno sobre la superficie del agar con la ayuda de una pinza estéril presionándolo suavemente sobre cada disco para asegurar un contacto completo con la superficie del agar¹⁵.

- Incubación de las placas:

Luego se prosiguió a incubar las placas en posición invertida a 37°C dentro de los 15 minutos posteriores a la aplicación de los discos. Finalmente, después de 24 – 48 horas se realizó la lectura de los halos de inhibición presentes en las placas.

- Lectura de las placas:

Se midió el diámetro de los halos de las zonas de inhibición completa (se incluyó el diámetro del disco) con el Vernier, hacienda girar en cruz. La interpretación del diámetro de los halos de inhibición se interpretó de acuerdo a las recomendaciones del Comité Nacional de Normas de Laboratorios Clínicos (NCCLS)¹⁵.

- Método de análisis de datos:

Para el análisis de los promedios y desviaciones estándar de los halos de inhibición se aplicó la estadística descriptiva; así mismo, se utilizó la estadística inferencial

para comparar los halos de inhibición de las diferentes concentraciones del extracto a través de la prueba estadística T de Student.

- Aspectos éticos:

Se tuvo en cuenta, el código de ética y deontología profesional del nutricionista peruano, donde se tomó en cuenta el artículo 7, la cual nos orienta a contribuir y a la realización de nuevas investigaciones y su desarrollo, con la finalidad de garantizar el derecho de llevar una alimentación y nutrición saludable¹⁵.

RESULTADOS

Tabla 1. Efecto antimicrobiano in vitro del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* "Papa fermentada" al 25%, 50%, 100% y sulfametoxazol + trimetropin (25µg) sobre *Escherichia coli*.

N° de Repeticiones	Tamaño del diámetro del halo de inhibición (mm)			
	Extracto de <i>Solanum tuberosum</i> "papa fermentada"			Grupo Control Positivo (+) Sulfametoxazol + Trimetropin (25µg)
22	25%	50%	100%	30
Promedio	0	0	0	29,9

Fuente: Fichas de recolección de datos

En las concentraciones al 25%, 50% y 100% del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* "papa fermentada" no se observó halos de inhibición de *Escherichia coli* (00 mm) dentro de las 24 a 48 horas; en cuanto al grupo control

en el antibiótico Sulfametoxazol + trimetropin (25µg), si se observó la formación de halos de inhibición, cuyo promedio de diámetro fue de 29,9 mm en las 22 placas observadas.

Tabla 2. Efecto antimicrobiano in vitro del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* "papa fermentada" al 25%, 50%, 100% y oxacilina (1 µg) sobre *Staphylococcus aureus*.

N° de Repeticiones	Tamaño del diámetro del halo de inhibición (mm)			
	Extracto de <i>Solanum tuberosum</i> "papa fermentada"			Grupo Control Positivo (+) Oxacilina (1 µg)
22	25%	50%	100%	18
Promedio	0	0	0	17,7

Fuente: Fichas de recolección de datos

En las concentraciones al 25%, 50% y 100% del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* no se observó halos de inhibición de *Staphylococcus aureus* (00 mm); dentro de las 24 a 48 horas, en el

grupo control el antibiótico Oxacilina (1 µg), si se observó la formación de halos de inhibición cuyo promedio de diámetro fue de 17,7 mm en las 22 placas observadas.

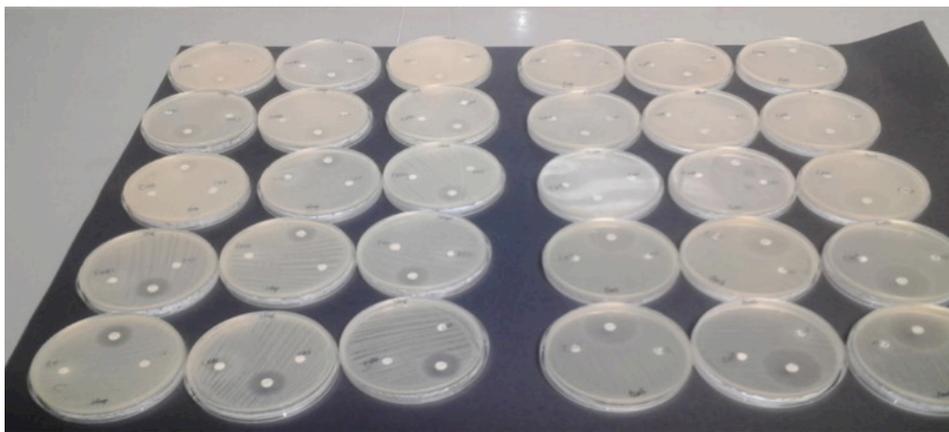
Tabla 3. Efecto antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

Tamaño del diámetro del halo de inhibición (mm) extracto de <i>Solanum tuberosum</i> “papa fermentada”					
<i>Escherichia coli</i>			<i>Staphylococcus aureus</i>		
25%	50%	100%	25%	50%	100%
0	0	0	0	0	0

Fuente: Fichas de recolección de datos

Los halos de inhibición de las concentraciones al 25%, 50% y 100% del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” dentro de las 24-48 horas de inoculación en las placas con las bacterias de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* no hubo crecimiento por lo tanto es nulo (00 mm).

Figura 1. Medios de cultivo de *Echerichia coli* y *Staphylococcus aureus*, mostrando la ausencia de la formación de halos a las 48 horas, en las concentraciones al 25%, 50% y 100% de “papa fermentada” con la excepción de los grupos control que si presentaron halos de inhibición antimicrobiana.



DISCUSIÓN

La historia de la papa se inicia hace unos 8 000 años, cerca del lago Titicaca durante el siglo XVI; los españoles introdujeron a Europa la papa para ser cultivada, cosechada y consumida por los seres humanos. Es así que este llega a ser uno de los alimentos más importantes en la actualidad para el consumo de los seres humanos.

El promedio en su composición nutricional es de: 72% a 75% de agua, 16 – 20% de almidón la cual muestra que su aporte de carbohidratos es muchos más a diferencia de los lípidos, por lo cual está siempre presente en la canasta familiar y como fuente de energía que necesitamos, 2% – 2,5% de algunas sustancias nitrogenadas, 0,15% de lípidos teniendo en cuenta que la papa es baja en su contenido de grasas, y 1% – 18% de fibra dietética¹⁶.

El objetivo de la la investigación fue demostrar el efecto antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso *Solanum tuberosum* “papa fermentada” sobre *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. El resultado obtenido fue negativo y para corroborar estos resultados, se utilizó distintas muestras procedentes de seis ciudades: la primera muestra, fue negativa y fue comprada en la Provincia de Huarí, ubicada en el departamento de Ancash, y se utilizó la papa de variedad amarilla, cuyo proceso de fermentación fue de dos meses.

La segunda muestra, fue comprada en la Ciudad de Huaraz, cuyo proceso de fermentación fue de cuatro meses, donde se obtuvo resultados negativos; la tercera muestra, fue comprada en la Provincia de Llata, Departamento de Huánuco, el proceso de fermentación fué de seis meses, cuyos resultados también fueron negativos. La cuarta muestra, fue comprada en el mercado la Hermelinda de la ciudad de Trujillo, procedente de la Provincia de Usquil, Departamento de La Libertad, cuyo proceso de fermentación fue de seis meses, dando resultados negativos, la quinta muestra, fue comprada de la Ciudad de Puno, la cual fue procesada por un mes, donde también se obtuvo resultados negativos, y finalmente la sexta muestra, de “papa fermentada,” fue comprada en el mercado mayorista ubicada en la ciudad de Trujillo, con un proceso de fermentación de

nueve meses, la cual es comercializada en las tiendas naturista, obteniéndose también resultados negativos. El propósito de comprar “la papa fermentada” de distintas ciudades fue comparar los diferentes tiempos de procesos de fermentación (meses de fermentación), demostrando así que ninguna de las muestras tuvo actividad antimicrobiana frente a *S. aureus* y *E. coli*.

En los resultados de la Tabla 1, se puede observar que las concentraciones de 25%, 50% y 100% no hubo actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli* (0 mm), comparado con el sulfametoxazol + trimetropin, que fue sensible para la bacteria teniendo como promedio de diámetro de 29,9 mm. Según Pesantes, obtuvo resultados positivos frente a la misma bacteria, utilizando el método de extracción por Baño María, dando lugar a una actividad antimicrobiana moderadamente sensible frente a *Escherichia coli*.

En los resultados de la Tabla 2, se puede observar que las concentraciones de 25%, 50% y 100% no hubo actividad antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus* (0 mm), comparado con la oxacilina que fue sensible para la bacteria con un promedio de 17,7 mm. Mientras que Lopez, en su estudio experimental con “tocosh” procedente de la ciudad de Huaraz, con muestra pulverizada, obtuvo resultados positivos, cuya concentración al 25% tuvo una actividad inhibitoria sensible; al 50% una actividad inhibitoria muy sensible y al 100% una actividad inhibitoria sumamente sensible frente a *Staphylococcus aureus*.

Por su parte Arratea y Mamani,¹⁶ en el estudio experimental que realizó, demostró que el extracto de “papa fermentada” a las concentraciones de 5%, 10% y 25%, los resultados fueron negativos al demostrar *in vitro* frente a *Staphylococcus aureus*; además en el estudio experimental y a las mismas concentraciones, con muestra de “chuño blanco”, los resultados también fueron negativos, demostrando una actividad antimicrobiana frente a *S. aureus*. Finalmente utilizó muestras de “chuño negro” a las mismas concentraciones demostrando que a la concentración de 5% si hubo actividad antimicrobiana.

En los resultados de la Tabla 3, se puede observar que las concentraciones del 25%, 50% y 100% del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* "papa fermentada", no hubo formación de halos de inhibición, siendo así resistente a las bacterias de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* (0 mm).

Los resultados obtenidos en la investigación realizada, nos ayudan a confirmar lo demostrado por otros autores, con respecto a la actividad antimicrobiana del extracto de "papa fermentada" o "tocosh" frente a *S. aureus* y *E. coli*. Cabe resaltar que por ser extractos obtenidos de papas que no se sabe el tiempo de conservación, temperatura, etc., esto podría haber disminuido el poder antimicrobiano de las muestras procedentes de diferentes lugares, por lo que es necesario probar otros métodos de extracción y tener en consideración el tiempo de fermentación.

Se debe tener en cuenta el tiempo de fermentación y cómo es que este inicia, para obtener mejores resultados, así mismo la fermentación se realizará con el inicio del proceso de degradación del almidón o granulo de almidón, estando compuesta por una mezcla de polímeros de glucosa (amilosa y amilopectina), la cual la hidrólisis del almidón se dará en varias etapas, donde inicia al ser catalizado por enzimas las cuales son la α -amilasa, β -amilasa, glucoamilasas y otras enzimas que estarán involucrados en las degradación¹⁷. La que iniciará a la degradación será la α -amilasa atacando los gránulos de almidón intactos, mientras que la β -amilasa y glucoamilasa, actúan sobre los primeros productos que son liberados por la α -amilasa, y esta a su vez hidrolizará los enlaces glicóidicos α -1,4 en polímeros de glucanos.

El almidón hidrolizado hasta glucosa, servirá para el desarrollo de microorganismos gram negativos y gram positivos quienes seguirán el proceso de fermentación, dando lugar al crecimiento de bacterias acidolacticas como: *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus brevis* y *Lactobacillus plantarum*, las cuales intervendrán en el proceso fermentativo de la papa, luego se desarrollarán levaduras fermentativas las que se encargaran de metabolizar la glucosa siguiendo la ruta glucolítica hasta la formación de piruvato, con la presencia de todos los microorganismo mencionados se realizará el proceso de fermentación, hasta llegar a la fermentación completa

donde se desarrollará finalmente el hongo *Penicillium*, dando lugar así a la producción del antibiótico natural que es la penicilina¹⁷.

Para el proceso de fermentación de la papa, se debe tener en cuenta el Ph de 5,9 a 3,5 y una temperatura de 30° C, esta temperatura puede variar de 23 a 28 °C donde se producirá el *Penicillium sp.*, también dependerá del lugar donde se realice la fermentación, la variedad de papa, la paja que se utilizará, tanto la paja como el agua debe estar libre de alguna sustancia que inhiba el crecimiento de las bacterias que iniciarán y darán lugar al proceso de fermentación^{18,19}.

CONCLUSIONES

- El efecto antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* "papa fermentada" al 25%, 50%, 100% es cero mm comparados al del sulfametoxazol + trimetropin sobre *Escherichia coli* que es 29,9 mm.
- El efecto antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* "papa fermentada" al 25%, 50%, 100% es cero mm comparados con la oxacilina sobre *Staphylococcus aureus* que es 17,7 mm.
- El efecto antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* "papa fermentada" sobre *Escherichia coli* y *Stapylococcus aureus* es cero mm.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. La papa. [Accesado: 02 Oct. 2017]. Disponible en: <http://www.funsepa.net/guatemala/docs/La%20papa.pdf>
2. Borba N. La papa un alimento básico. Uruguay. RAP-AL. Agosto 2008. [Accesado: 01 Oct. 2017]. Disponible en: <http://www.rapaluguay.org/transgenicos/Papa/Papa.pdf>

3. Ríos G. Distribución y variabilidad de *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, agente causal de marchitez bacteriana en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), en tres departamentos del norte Nicaragua (Estelí, Matagalpa y Jinotega). [Trabajo de dDiploma]. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 2007.
4. Morales S. Crecimiento, contenido de azúcares y capacidad de brotación en semilla tubérculo de papa (*Solanum Tuberosum* L.). [Tesis Doctoral]. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 2011.
5. Hernández L. Caracterización del potencial agroecológico y socioeconómico de la producción, uso y manejo de semilla de papa (*Solanum tuberosum*), en la zona Trifinio, Honduras. [Trabajo de Magistral] Costa Rica: centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. 2009. [Accesado: 05 Oct. 2017]. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2932e/A2932e.pdf>
6. Franz E, Grahm R. Los tubérculos andinos: tesoro de los andes. [Accesado: 02 Oct. 2017]. Disponible en: https://www.condesan.org/portal/sites/default/files/publicaciones/archivos/Parte_3.pdf
7. Poscosecha. [Accesado: 02 Oct. 2017]. Disponible en: <https://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s05.pdf>
8. Lechuga H, Salas H. Estudio para la instalación de una planta productora de mazamorra de tocosh con maca, quinua y leche. Ingeniería Industrial 2013; (31): 115-40.
9. Sandoval M, Tenorio J, Tinco A, Loli R, Calderón S. Efecto antioxidante y citoprotector del tocosh de *Solanum tuberosum* papa en la mucosa gástrica de animales de experimentación. An Fac med. 2015; 76(1): 15-20. DOI: 10.15381/anales.v76i1.11070
10. Pesante P. Efecto antibacteriano *in vitro* de *Solanum tuberosum* (papa fermentada) en cepas de *Escherichia coli* comparado con gentamicina y ceftriaxona. [Tesis]. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. 2015.
11. Vilca L. Evaluación de la concentración de penicillium en el tocosh de papa (*Solanum tuberosum* L.) de la variedad yungay en diferentes tiempos de fermentación. [Tesis] Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú. 2014.
12. López Y. Efecto inhibitorio *in vitro* de *Solanum tuberosum* (papa fermentada) comparado con vancomicina y oxacilina sobre cepas de *Staphylococcus aureus*. [Tesis]. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. 2017.
13. Casco JP. Evaluación de la actividad gastroprotectora del extracto crudo de papa (*Solanum tuberosum*) en úlceras de estómago inducidas con etanol en ratas (*rattus norvegicus*). [Tesis de Grado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2011.
14. Hernández R, Fernández C, Baptista M. Metodología de la investigación. 5a Edición. México: McGraw-Hill, 2010.
15. Bernal M, Guzmán M. El antibiograma de discos. Normalización Técnica de Kirby-Bauer. Biomédica 1984; 4(3,4): 1-10.
16. Arratea B, Mamani Y. Actividad antibacteriana del extracto acuoso *Solanum tuberosum* (papa fermentada) y aceite esencial *Thymus vulgaris* (tomillo), frente a cepa *Staphylococcus aureus*, estudio *in vitro*. [Tesis]. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima, Perú. 2017.
17. Llenque L. Efecto de la temperatura, Ph, concentración de sustrato sobre la velocidad de hidrólisis del almidón de la papa por *Bacillus subtilis* Nativo en un biorreactor cilíndrico agitado. [Tesis Doctoral]. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 2011.
18. Montañó A, Castro A, Rejano L. Transformaciones bioquímicas durante la fermentación de productos vegetales. Grasas y aceites 1992; 43(6): 352-60.
19. Quintana R. Aislamiento e identificación de levaduras durante el procesamiento del "Tocosh". [Accesado: 10 Jul. 2001]. Disponible en: <https://pdfslide.net/documents/aislamiento-e-identificacion-de-levaduras-durante-el-procesamiento-del.html>

FINANCIAMIENTO

Los autores reportan que el estudio fue autofinanciado.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores niegan conflictos de interés.

AUTORÍA

Soledad V. Paz-Zorrilla y Margarita C. Ojeda-Pereda realizaron la concepción y diseño del artículo, recolección de resultados, análisis e interpretación de datos, redacción del artículo, revisión crítica del artículo y aprobación de la versión final.