

AISLAMIENTO Y USO DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS NATIVAS EN LA ELABORACIÓN DE TOCOSH EN CONDICIONES NATURALES Y CONTROLADAS

ISOLATION AND USE OF NATIVE LACTIC ACID BACTERIA IN THE TOCOSH ELABORATION UNDER NATURAL AND CONTROLLED CONDITIONS

Vilma Julia Reyes De La Cruz^{a*}, Emilio Fredy Yábar Villanueva^a

^aFacultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP),

Huancayo-Perú

*Autor correspondiente: vreyes@uncp.edu.pe

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de cultivos iniciadores aislados del tocosh tradicional en las características fisicoquímicas del tocosh elaborado en condiciones controladas. Para ello se ha utilizado bacterias liofilizadas aisladas del tocosh tradicional como starters en la fermentación de la papa variedad Hualash para producir tocosh en dos condiciones controladas a nivel de laboratorio, la primera en forma tradicional (papa + agua + starter) y la segunda en forma desodorizada (papa + agua + fosfato + glucosa + starter); para ambas condiciones se ha utilizado 1 g, 2 g y 3 g de starter por Kg de papa. Se ha logrado disminuir el tiempo de fermentación hasta 20 días con 2 g de starter al tocosh tradicional y 1 g de starter al tocosh desodorizado lográndose obtener tocosh con $7.719 \pm 0.010 \log \text{ ufc g}^{-1}$ de bacterias ácido lácticas (BAL) y de similares características fisicoquímicas que el tocosh tradicional y el tocosh desodorizado elaborado en el laboratorio por 30 días. La producción de tocosh en condiciones higiénicas controladas en laboratorio y en un tiempo corto ayudarían a los consumidores a tener un alimento funcional e inocuo.

Palabras clave: starters, tocosh tradicional, tocosh desodorizado, fermentación-putrefacción de papa, papa variedad Hualash

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of adding starters isolated from traditional tocosh on the physicochemical characteristics of tocosh fermented under controlled conditions. Freeze-dried bacteria isolated from traditional tocosh have been used as starters in the fermentation of Hualash variety potato to produce tocosh in two controlled conditions at the laboratory level, the first in a traditional way (potato + water + starter) and the second in deodorized way (potato + water + phosphate + glucose + starter); 1 g, 2 g and 3g of starter per Kg of potatoes have been used for these conditions. The fermentation time has been reduced to 20 days with 2 g of traditional tocosh starter and 1 g of deodorized tocosh starter and also tocosh, with $7.719 \pm 0.010 \log \text{ cfu g}^{-1}$ of lactic acid bacteria (LAB) and similar physicochemical characteristics of traditional tocosh and deodorized tocosh fermented in the laboratory for 30 days, has been obtained. The controlled hygienic condition tocosh in in the laboratory would help consumers to have a functional and safe food.

Keywords: starters, traditional tocosh, deodorized tocosh, potato fermentation-putrefaction, Hualash variety potato

1. INTRODUCCIÓN

El tocosh es producto de un proceso de fermentación-putrefacción, durante el cual ocurren cambios fisicoquímicos y desarrollan diversas bacterias y hongos, propios de la papa y del suelo donde se procesan (Yabar y Reyes, 2017).

También se han identificado especies de BAL y microorganismos patógenos; por lo tanto, es necesario mejorar los procesos artesanales mediante la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura y el uso de microorganismos benéficos con actividad amilolítica (Chiquiza-Montaña et al., 2016). De manera general, los procesos tradicionales deben ser mejorados tanto en su proceso, condiciones higiénicas y comercialización.

El proceso de producción artesanal está expuesto a diferentes condiciones ambientales, es un proceso no controlado, la fermentación genera una variedad de BAL y microorganismos patógenos; por lo tanto, es necesario mejorar los procesos artesanales mediante la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura y el uso de microorganismos benéficos con actividad amilolítica (Chiquiza-Montaña et al., 2016). De manera general, los procesos tradicionales deben ser mejorados tanto en su proceso, condiciones higiénicas y comercialización.

Por otro lado, las cepas de BAL son excelentes probióticos y mostraron capacidades significativas ($P < 0,005$) de autoagregación y coagregación con una actividad inhibidora de la α -glucosidasa que oscilaba entre el 12,5 y el 92,0 %; la prueba de susceptibilidad antibiótica reportó 100,00% de resistencia a múltiples antibióticos, demostrando ser microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio para la salud del huésped (Hill et al., 2014).

El ácido láctico es el principal producto de la glucosa en las BAL homofermentativas (*Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus* y algunas especies de *Lactobacillus*) formadas a través de la vía Embden-Meyerhof (EM) que produce 2 mol de piruvato/mol de glucosa el cual se reduce a 2 mol de ácido láctico en una reacción catalizada por lactato deshidrogenasa (Figura 1 A); las cepas heterofermentativas (*Leuconostoc*, géneros *Weissella* y ciertas especies de *Lactobacillus*) también producen etanol/acetato y CO₂ (1 mol/mol de azúcar) además de lactato (1 mol) a través de la vía de la fosfocetolasa (Figura 1B) (Hatti-Kaul et al., 2018).

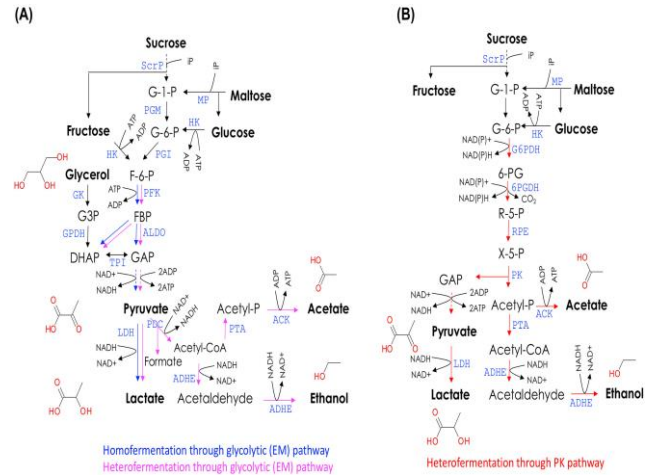


Figura 1. (A) Vía Embden-Meyerhof (glucolítica) que muestra el metabolismo en condiciones de fermentación estándar. (B) Vía de la fosfocetolasa (PK) que muestra el metabolismo en condiciones de fermentación estándar (Hatti-Kaul et al., 2018).

Cuando se usan con regularidad, alimentos fermentados con LAB, estimulan el sistema inmunológico y fortalecen la lucha contra las infecciones bacterianas patógenas; las bacteriocinas producidas por LAB pueden convertirse en un candidato potencial como biopreservante (Admassie, 2018).

Los productos espontáneamente fermentados representan una fuente de BAL con posibles propiedades funcionales y tecnológicas interesantes, el uso de cultivos iniciadores tiene un impacto crítico en los atributos nutricionales, funcionales y sensoriales (Bartkiene et al., 2017).

Los cultivos iniciadores, en su mayoría son una mezcla de microorganismos, utilizados para aprovechar los productos de su metabolismo, reducen el tiempo de fermentación y mejoran las características sensoriales, se considera que el uso de microorganismos nativos, procedentes de los procesos tradicionales son favorables por su adaptabilidad (Cobo-monterroza et al., 2019). Se ha venido estudiando el tocosh, aislamiento y liofilización de las bacterias acidolácticas (Fernandez y Paucar, 2020), la disminución del olor desagradable (Aquino, 2019) y trabajos desarrollados como tesis. El objetivo fue evaluar el efecto de la adición de cultivos iniciadores (starters), aisladas del tocosh tradicional, en el tiempo de fermentación y las principales características fisicoquímicas durante la elaboración de tocosh en condiciones naturales y controladas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Aislamiento y Liofilización de BAL del género *Lactobacillus spp*

Las diluciones de tocosh se sembraron en la superficie de agar MRS y se incubaron a 37 °C; las BAL se verificaron mediante tinción Gram, prueba de catalasa y oxidasa (Díaz et al., 2003). Seguidamente se aislaron en caldo MRS, para lo cual se incubaron durante 24h a 37°C; inoculándose por segunda vez 1 mL del cultivo anterior en caldo MRS fresco e incubándose por 24h en las mismas condiciones. Los cultivos obtenidos se concentraron a 4000 rpm, por 15 min, los sobrenadantes fueron reemplazados por el agente crioprotector maltodextrina al 5% (Fernandez y Paucar, 2020) Las muestras se congelaron en placas Petri debidamente cerradas con papel de aluminio, por 5 h a una temperatura de -20°C (Grauer et al., 2015) , luego se liofilizaron a una temperatura de -40 °C, presión de vacío de 0,1 a 0,3 mmHg durante 18 horas (Castañeda, 2015). Las muestras obtenidas fueron conservadas en frascos ámbar y a una temperatura de 4 °C.

Preparación de la muestra

La papa de la variedad Hualash fueron adquiridos en el anexo de Villa Retama, distrito de Shunqui, provincia Dos De Mayo del departamento de Huánuco. Las papas Hualash, fueron lavadas y puesto en un recipiente con agua (1:2) (papa: agua) para su fermentación-putrefacción durante aproximadamente 20 días a temperatura ambiente (Aquino, 2019). Se usó las BAL liofilizadas según Cobo-monterroza et al. (2019) en dos condiciones controladas:

- Preparación de tocosh tradicional con starter (Papa + agua) + cultivo iniciador liofilizado (1g, 2g y 3g por Kg papa)
- Preparación de tocosh desodorizado con starter (Papa + agua + tratamiento (glucosa 0.0025g/100mL + fosfato de amonio 0,15 g/100mL) + cultivo iniciador liofilizado (1g, 2g y 3g por Kg papa).

Recuento de BAL durante la fermentación

Método de recuento en placa en base a diluciones (hasta 6 diluciones) con Agar MRS Man, Rogosa y Sharpe) (Hurtado, 2017). expresados en log de UFC por gramo de materia seca (Rodríguez, 2007).

Determinación de pH

Método potenciométrico propuesto por AOAC (Mentafji, 2005)

Determinación de Acidez titulable

Método por titulación propuesto por AOAC (Mentafji, 2005)

Pruebas bioquímicas para *Lactobacillus spp* propuesto por Rodríguez (2007).

Análisis estadístico

ANOVA de dos vías mediante el software R-4.1.0 para Windows, Rstudio Desktop 1.4.1717, seguido de pruebas de comparación múltiple (Tukey HSD) para identificar las diferencias entre grupos, con un nivel de significancia $p < 0,05$.

La Figura 2, muestra el diseño experimental ejecutado.

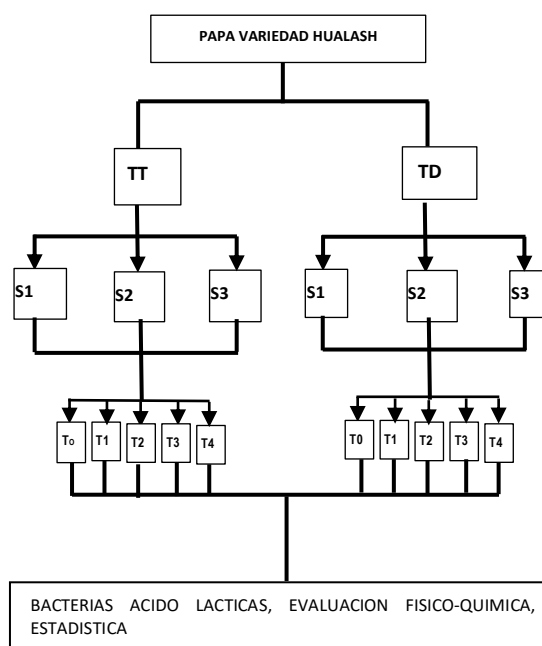


Figura 2. Diseño experimental de la investigación

LEYENDA

TT: Papa pelada + agua (Tocosh tradicional)
TD: Papa pelada + agua + tratamiento (FC: glucosa 2,5 % + FN: fosfato de amonio 1,5 g/L) (Tocosh desodorizado)
S1: 1g BAL, S2: 2g BAL, S3: 3g BAL
T0: 0 días, T1: Fermentación 5 días, T2: Fermentación 10 días, T3: Fermentación 15 días, T4: Fermentación 20 días

3. RESULTADOS

3.1. Análisis físico-químico y microbiológico del tocosh

En la Tabla 1, se detallan los valores del análisis químico proximal del tocosh tradicional y el tocosh desodorizado procesado a nivel de laboratorio en condiciones controladas durante 30 días, tiempo que se tomará como referencia para los resultados de este trabajo

Tabla 1. Análisis físico químico y microbiológico del tocosh sin starter

	TOCOSH TRADICIONAL	TOCOSH DESODORIZADO
Proteína	0.391 ± 0.094	0.681 ± 0.184
Carbohidrato	16.209 ± 0.001	17.217 ± 0.003
pH	4.38 ± 0.01	4.89 ± 0.01
acidez	0.27 ± 0.006	0.22 ± 0.007
BAL (log ufc/g)	6.988 ± 0.0691	7.529 ± 0.046
Pruebas bioquímicas	Catalasa (-) oxidasa(-) Gram(+)	Catalasa (-) oxidasa(-) Gram(+)
BAL		

3.2. Bacterias ácido lácticas durante la elaboración de tocosh con starter

A continuación, se puede observar el desarrollo de las BAL durante la fermentación del tocosh con 1,2 y 3 g de starter adicionado al proceso tradicional y desodorizado (Tabla 2 y 3).

Tabla 2. BAL durante la fermentación del tocosh tradicional

TIEMPO	TOCOSH TRADICIONA L		TOCOSH TRADICIONAL CON STARTER					
	SIN STARTER		S1		S2		S3	
	prom	desvest	prom	desvest	prom	desvest	prom	desvest
0 Días	4.500	0.184	5.307	0.014	5.360	0.041	5.551	0.037
5 Días	5.462	0.015	6.100	0.018	6.144	0.017	6.176	0.013
10 Días	6.004	0.163	6.346	0.061	6.467	0.008	6.520	0.050
15 Días	6.605	0.007	6.816	0.025	6.896	0.049	7.294	0.585
20 Días	6.616	0.012	7.371	0.017	7.533	0.015	7.589	0.010

Tabla 3. BAL durante la fermentación del tocosh desodorizado

TIEMPO	TOCOSH DESODORIZADO		TOCOSH DESODORIZADO CON STARTER					
	SIN STARTER		S1		S2		S3	
	prom	desvest	PROM	desvest	PROM	desvest	prom	desvest
0 Días	4.241	0.111	5.296	0.036	5.348	0.021	5.519	0.023
5 Días	5.937	0.030	6.110	0.021	6.171	0.004	6.215	0.020
10 Días	6.107	0.094	6.566	0.055	6.653	0.036	6.661	0.032
15 Días	6.320	0.053	6.958	0.041	6.981	0.016	7.000	0.000
20 Días	6.713	0.005	7.519	0.050	7.705	0.034	7.719	0.010

También se observa en la Figura 3, el desarrollo de las BAL durante el proceso de fermentación por 20 días (fase log)

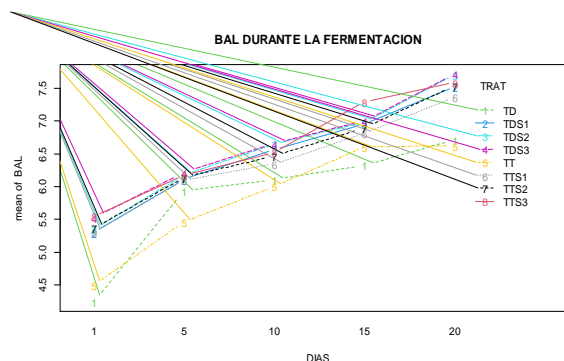


Figura 3. BAL durante la fermentación

Legenda:

- TTS1: Tocosh tradicional con 1g de starter
- TTS2: Tocosh tradicional con 2g de starter
- TTS3: Tocosh tradicional con 3g de starter
- TDS1: Tocosh desodorizado con 1g de starter
- TDS2: Tocosh desodorizado con 2g de starter
- TDS3: Tocosh desodorizado con 3g de starter
- TT: Tocosh tradicional
- TD: Tocosh desodorizado

En la Figura 4 podemos observar el número de BAL al final de la fermentación, comparando valores BAL entre la referencia de tocosh tradicional y desodorizado sin starter.

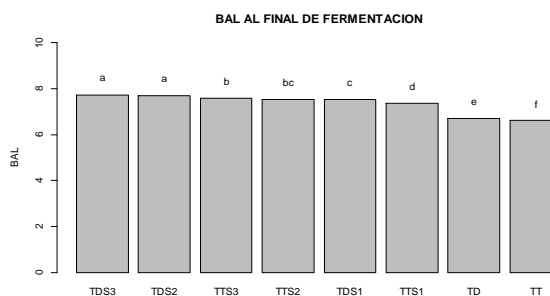


Figura 4. BAL durante la fermentación

3.3. Características físico-químicas durante la elaboración del tocosh

a. pH durante la fermentación de tocosh

En las tablas 4 y 5 se observa la variación de pH durante el proceso de 20 días de fermentación del tocosh tanto en forma tradicional como en forma controlada, desodorizado con 1,2 y 3 g de starter, en la Figura 5 se visualiza la variación del pH durante la fermentación.

Tabla 4. pH durante el proceso de fermentación del tocosh tradicional

TIEMPO	TOCOSH TRADICIONAL CON STARTER					
	S1		S2		S3	
	TTS1	desvest	TTS2	desvest	TTS3	desvest
0 Días	6.580	0.0265	6.5333	0.02082	6.5200	0.0173
5 Días	5.235	0.0354	5.2000	0.02000	5.1867	0.0100
10 Días	4.840	0.0100	4.5600	0.02646	4.4967	0.0400
15 Días	4.713	0.0153	4.5000	0.01000	4.4200	0.0200
20 Días	4.633	0.0208	4.3967	0.01528	4.3767	0.0100

Tabla 5. pH durante el proceso de fermentación del tocosh desodorizado

TIEMPO	TOCOSH DESODORIZADO CON STARTER					
	S1		S2		S3	
	TDS1	desvest	TDS2	desvest	TDS3	desvest
0 Días	6.8233	0.0153	6.8367	0.0115	6.8400	0.01000
5 Días	5.9200	0.0173	5.2533	0.0208	5.2233	0.03215
10 Días	4.9033	0.0153	4.5100	0.0200	4.4800	0.02646
15 Días	4.5500	0.0100	4.3633	0.0208	4.3533	0.01155
20 Días	4.3733	0.0115	4.2433	0.0321	4.1967	0.01528

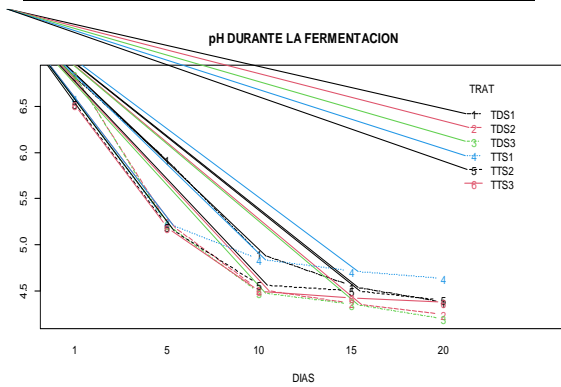


Figura 5. pH durante la fermentación

El pH al final de la fermentación con todos los tratamientos (Figura 6) nos permite comparar estadísticamente con la muestra sin starters

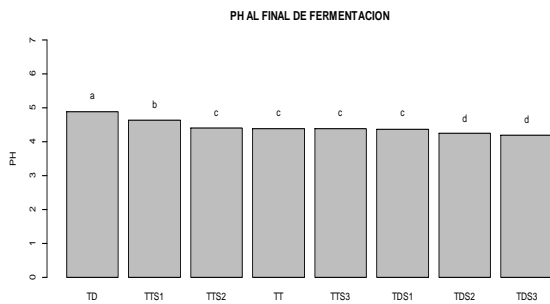


Figura 6. pH al final de la fermentación

b. acidez durante la fermentación de tocosh

Se ha evaluado el desarrollo de acidez durante el proceso de fermentación del tocosh con starter en un tiempo de 20 días (tabla 6 y 7)

Tabla 6. Acidez (%) durante el proceso de fermentación del tocosh tradicional

TIEMPO	TOCOSH TRADICIONAL CON STARTER					
	S1		S2		S3	
	prom	desvest	prom	desvest	prom	desvest
0 Días	0.094	0.002	0.002	0.002	0.0983	0.002
5 Días	0.253	0.004	0.004	0.004	0.2590	0.003
10 Días	0.285	0.006	0.003	0.003	0.3877	0.004
15 Días	0.319	0.003	0.006	0.002	0.4210	0.006
20 Días	0.355	0.005	0.003	0.006	0.4303	0.002

Tabla 7. Acidez (%) durante el proceso de fermentación del tocosh desodorizado

TIEMPO	TOCOSH DESODORIZADO CON STARTER					
	S1		S2		S3	
	prom	desvest	prom	desvest	prom	desvest
0 Días	0.070	0.001	0.0747	0.004	0.076	0.003
5 Días	0.183	0.002	0.2493	0.002	0.255	0.005
10 Días	0.286	0.003	0.3850	0.004	0.386	0.005
15 Días	0.385	0.003	0.4470	0.008	0.454	0.003
20 Días	0.444	0.006	0.4527	0.004	0.458	0.002

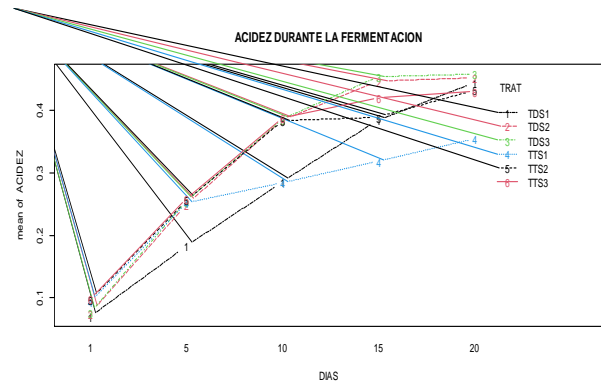


Figura 6. Acidez durante la fermentación

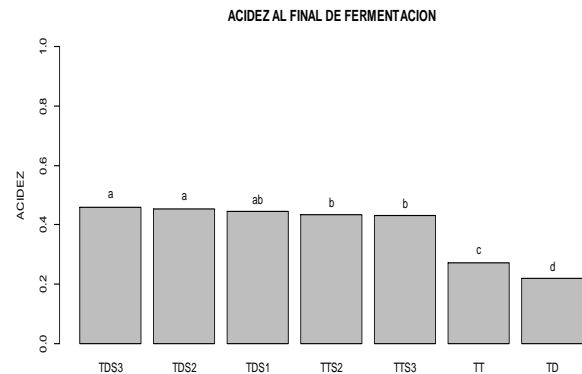


Figura 7. Acidez (%) al final de la fermentación

4. DISCUSIÓN

4.1. Análisis fisicoquímico y microbiológico del tocosh

Las bacterias del ácido láctico (BAL) son un grupo diverso con un potencial reconocido para el desarrollo de biorrefinerías integradas, son cocos o bacilos Gram positivos, no esporulantes, no móviles, tolerantes a los ácidos, anaerobios, pero aerotolerantes, catalasa y oxidasa negativos, se caracterizan por la producción de ácido láctico como el principal producto metabólico final de la fermentación de carbohidratos, se recomienda emplear BAL aislados como cultivos iniciadores para mejorar la seguridad de los alimentos (Bartkiene et al., 2020 y Mora-Villalobos et al., 2020).

4.2. Bacterias ácido-lácticas durante la elaboración de tocosh con starter

Como se puede apreciar en la Figura 4, en el tocosh tradicional no hay diferencia significativa entre 3 y 2 g de starter. También se observa que el tocosh desodorizado con 1g de starter no tiene diferencia significativa con el tocosh tradicional de 2 g de starter. Tomando la mínima cantidad de starter optimo seria adicionar 2 g de starter al tocosh tradicional y 1g al tocosh desodorizado.

El tocosh desodorizado y tradicional sin starter tienen significativamente menores cantidades de BAL que el tocosh con starter.

El tocosh desodorizado con 2 y 3 g resultó con mayor número de BAL sin embargo el uso de gran cantidad de starter no es tecnológicamente ni económicamente viable.

Estos resultados demuestran tener la misma cantidad de BAL en menos tiempo, sobre todo en tocosh desodorizado con 1 g de starter que no solo disminuyo el tiempo sino también las características fisicoquímicas del tocosh mas aceptables, este resultado coincide con (Cobo-Monterroza et al., 2019) quienes mencionan que los cultivos iniciadores, en su mayoría son una mixtura de microorganismos, utilizados para aprovechar los productos de su metabolismo,

reducen el tiempo de fermentación y mejoran las características sensoriales, se considera que el uso de microorganismos nativos, procedentes de los procesos tradicionales son favorables por su adaptabilidad. Por otro lado, el cultivo iniciador también mejoro la textura y el color del tocosh y disminuyo el olor desagradable. Esta característica mejorada se ha demostrado también en otras investigaciones con el uso de iniciadores durante la fermentación de yuca que mejoró no solo su composición proximal, sino también sus propiedades como el color y la viscosidad, las enzimas naturales excretadas degradaron la pared celular de la raíz de la yuca e hidrolizaron el polisacárido en azúcar disponible (Frediansyah, 2018).

4.3. Características fisicoquímicas durante la elaboración del tocosh

Como se puede observar en la tabla 4 y 5 el pH más alto (6.84) se obtuvo al inicio de la fermentación y el más bajo (4.19) al final de la fermentación en el tocosh desodorizado con 3 g de starter, esto debido a que al inicio del proceso se agregó fosfato de amonio como fuente de nitrógeno para las bacterias; así mismo, la presencia de amonio se asocia a la activación de la fosfofructoquinasa, enzima primordial en el inicio de la glucólisis (Fernández, 2015), que aceleró la fermentación bajando drásticamente el pH. Como se puede observar en la Figura 5, la fermentación del tocosh con tratamiento de desodorización inicia con pH más alto, pero disminuyen con mayor rapidez (TDS1 y TDS2). Por el contrario, el pH del tocosh procesado en forma tradicional inicia con pH menor y disminuye lentamente durante la fermentación (TTS1 y TTS2).

El pH al final de la fermentación más baja se logró con el tocosh desodorizado con 2 y 3 g de starter. En la Figura 6 se puede observar que el pH al final de la fermentación del tocosh tratamiento tradicional sin starter no tiene diferencia significativa con el pH del tocosh tradicional con 2 y 3 g y el pH del tocosh desodorizado con 1 g de starter. Por lo tanto se sugiere adicionar 1 g de starter al tocosh desodorizado y 2 g al tocosh tradicional ya que los microorganismos realizan la

actividad amilolítica, proteolítica, capacidad de acidificación y actividad antifúngica para ser consideradas como cultivos iniciadores de alimentos fermentados (Petkova et al., 2021)

Se ha demostrado que la cantidad de fosfato de amonio agregado 0.5g/L de agua disminuye notablemente el olor debido a que las bacterias usan como fuente de nitrógeno y no necesitan llegar a descarboxilar los aminoácidos de la papa hasta aminas biogénicas que son las causantes del mal olor porque se ha demostrado que las BAL como *Lactobacillus curvatus* subsp. *curvatus* pueden producir más de 220 mg/kg de tiramina entre otras aminas biogénicas a los 2 meses de maduración de quesos; en términos de seguridad alimentaria, altos valores de aminas biogénicas pueden causar complicaciones en la salud del consumidor (Pachlová et al., 2018)

Según la Figura 7, el mayor porcentaje de acidez se ha logrado en el tratamiento desodorizado con 2 y 3 g de starter, contrario al pH, sin embargo, se puede observar que los valores de porcentaje de acidez al final de la fermentación de tocosh desodorizado con starter tienen valores significativamente mayores al tocosh tradicional con starter y sin starter. Los ácidos formados por BAL tienen efecto de conservación debido principalmente a la producción de metabolitos antimicrobianos (antibacterianos y antifúngicos) y antioxidantes, como ácidos orgánicos (principalmente ácidos acético y láctico), ácido propiónico, ácido benzoico, ácidos grasos, bacteriocinas y sustancias inhibidoras similares a las bacteriocinas, entre otros (Bartkiene et al., 2020)

Durante el proceso de fermentación, las bacterias ácido lácticas producen metabolitos antimicrobianos, ácidos orgánicos como el propiónico, acético y láctico, creando un ambiente desfavorable para microorganismos deteriorantes y patógenos, además bacteriocinas y peróxido de hidrógeno también antimicrobianos (Rakhmanova et al., 2018).

Un proceso fermentativo, presenta tres fases; primero se desarrolla una microflora poco exigente, enterobacterias y aerobios mesofílicos, seguido de microorganismos productores de ácidos orgánicos, mayoritariamente bacterias ácido lácticas (BAL), microaerófilas o anaerobias; finalmente, en la tercera fase desarrollan levaduras saprofitas, generando un

producto por acidificación láctica y depolimerización parcial del almidón (Chiquiza-Montaña et al., 2016).

Se sugiere mayores estudios con parámetros más definidos no solo de cantidad de bacterias iniciadores, sino también la concentración de cada especie de BAL que debe reflejarse el estudio cinético de las bacterias del tocosh, la forma de aplicación de estas bacterias, el momento exacto de inoculación, la velocidad de duplicación, etc. como se describe en (Valencia-García et al., 2018)

5. CONCLUSIONES

No hay diferencia significativa al adicionar 3 y 2 g de starter en el tocosh tradicional. Tampoco al adicionar 1g de starter al tocosh desodorizado y 2g al tocosh tradicional. Por lo tanto, la mínima cantidad óptima de starter sería adicionar 2 g de al tocosh tradicional y 1g al tocosh desodorizado.

El tocosh desodorizado y tradicional sin starter tienen significativamente menores cantidades de BAL que el tocosh con starter.

El tocosh desodorizado con 2 y 3 g resultó con mayor número de BAL sin embargo el uso de gran cantidad de starter no es tecnológicamente ni económicamente viable.

No hay diferencia significativa en pH entre tocosh desodorizado con 1 g de starter y tocosh tradicional con 2 g y 3 g de starter en un proceso de fermentación de 20 días y el pH del tocosh tradicional sin starter. Lo contrario sucede con la acidez, mayor porcentaje de acidez en el tocosh desodorizado con 3 g de starter, sin embargo, no hay diferencia significativa entre el tocosh tradicional con 2 y 3 g de starter con el tocosh desodorizado con 1 g de starter.

Todos los resultados nos llevan a concluir que se debe añadir 2 g de starter al tocosh tradicional y 1 g al tocosh desodorizado fermentado en laboratorio en condiciones controladas para reducir el tiempo a 20 días y se logre obtener tocosh con las mismas características del tocosh fermentado por 30 días.

El tocosh procesado en condiciones controladas tiene mejores condiciones higiénicas y en menor tiempo con las características fisicoquímicas del tocosh que se expende en el mercado para consumirlo como alimento funcional.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Admassie, M. (2018). A review on food fermentation and the biotechnology of lactic acid bacteria. *World Journal of Food Science and Technology*, 2(1), 19-24.
- Al-Mentafji, H. N. (2005). Official methods of analysis of AOAC International.
- Bartkiene, E., Bartkevics, V., Mozurienė, E., Krungleviciute, V., Novoslavskij, A., Santini, A., Rozentale, I., Juodeikiene, G., & Cizeikiene, D. (2017). The impact of lactic acid bacteria with antimicrobial properties on biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons and biogenic amines in cold smoked pork sausages. *Food Control*, 71, 285–292. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.010>
- Bartkiene, E., Lele, V., Ruzauskas, M., Domig, K. J., Starkute, V., Zavistanaviciute, P., Bartkevics, V., Pugajeva, I., Klupsaite, D., Juodeikiene, G., Mickiene, R., & Rocha, J. M. (2020). Lactic acid bacteria isolation from spontaneous sourdough and their characterization including antimicrobial and antifungal properties evaluation. *Microorganisms*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/microorganisms8010064>
- Castañeda, A. (2015). Pruebas De Viabilidad a Cinco Cepas Bacterianas Criopreservadas Y Estudio Para La Liofilización De Las Mismas, Evaluando Tres Compuestos Protectores, Pertenecientes Al Banco Genético Del Laboratorio De Microbiología De La Facultad Del Medio Ambiente Y Rec. 124.
- Chiquiza-Montaña, L. N., Montoya, O. I., Restrepo, C., & Orozco-Sánchez, F. (2016). Estudio de la microbiota del proceso de producción de almidón agro de yuca. *Informacion Tecnologica*, 27(5), 3–14. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000500002>
- Cobo-Monterroza, R., Rosas-Quijano, R., Gálvez-López, D., Adriano-Anaya, L., & Vázquez-Ovando, A. (2019). Native lactic acid bacteria as a starter culture for the production of Mexican cream cheese. *Agronomy Mesoamerican*, 30(3), 855–870. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34673>
- Díaz, G., Guyot, J., Ruiz, F., Morlon, J., & Wachter, C. (2003). Microbial and physiological characterization of weakly amyolytic but fast-growing lactic acid bacteria: A functional role in supporting microbial diversity in pozol, a Mexican fermented maize beverage. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(8). <https://doi.org/10.1128/AEM.69.8.4367-4374.2003>
- Fernández González J., Gutierrez martin, F, Del rio González, P, San miguel Alfaro, G, Bahillo Ruiz, A., Sanchez Hervas J & Rodriguez Anton I. M. (2015). *Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética*. Ediciones Paraninfo, SA.
- Fernández Limache, A., & Romero Páucar, J. (2020). Evolución de las bacterias ácido lácticas durante la elaboración del tocosh fresco, aislamiento y concentración por liofilización. UNCP
- Frediansyah, A. (2018). Microbial fermentation as means of improving cassava production in Indonesia. *Cassava*, 123.
- Grauer, A., Zardo, S., & Grunberg, K. (2015). Puesta a punto de un protocolo de liofilización para la creación de bancos bacterianos. 50.
- Hatti-Kaul R., Chen L., Dishisha T.& Enshasy H.E. (2018). Lactic acid bacteria: from starter cultures to producers of chemicals. *FEMS Microbiol Lett.* 2018 Oct 1;365(20). doi: 10.1093/femsle/fny213. PMID: 30169778.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R. B., Flint, H. J., Salminen, S., Calder, P. C., & Sanders, M. E. (2014). Expert consensus document: The international scientific association for probiotics and prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 11(8), 506–514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
- Hurtado, A. (2017). Cuantificación de bacterias ácido lácticas por reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real en la fermentación controlada de *Capsicum frutescens*, ají “charapita.” Universidad Nacional Mayor De San Marcos.
- Jiménez, E., Yépez, A., Pérez-Cataluña, A., Ramos Vásquez, E., Zúñiga Dávila, D., Vignolo, G.,

& Aznar, R. (2018). Exploring diversity and biotechnological potential of lactic acid bacteria from tocosh - traditional Peruvian fermented potatoes - by high throughput sequencing (HTS) and culturing. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 567–574. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.033>

Mora-Villalobos, J. A., Montero-Zamora, J., Barboza, N., Rojas-Garbanzo, C., Usaga, J., Redondo-Solano, M., Schroedter, L., Olszewska-Widdrat, A., & López-Gómez, J. P. (2020). Multi-product lactic acid bacteria fermentations: A review. *Fermentation*, 6(1), 1–21. <https://doi.org/10.3390/fermentation6010023>

Mercado Aquino, L. Á. (2020). Evaluación de la fermentación y del secado en la elaboración de tocosh fresco y harina de tocosh desodorizado UNCP.

Pachlová, V., Buňková, L., Flasarová, R., Salek, R. N., Dlabajová, A., Butor, I., & Buňka, F. (2018). Biogenic amine production by nonstarter strains of *Lactobacillus curvatus* and *Lactobacillus paracasei* in the model system of Dutch-type cheese. *Lwt*, 97(January), 730–735. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.045>

Petkova, M., Stefanova, P., Gotcheva, V., & Angelov, A. (2021). Isolation and characterization of lactic acid bacteria and yeasts from typical bulgarian

sourdoughs. *Microorganisms*, 9(7), 1–18. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9071346>

Rakhmanova, A., Khan, Z. A., & Shah, K. (2018). A mini review fermentation and preservation: role of Lactic Acid Bacteria. *MOJ Food Processing & Technology*, 6(5), 414–417. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2018.06.197>

Rodríguez, G. (2007). Aislamiento e identificación de bacterias ácido lácticas a partir de leche cruda y queso paipa elaborado en los municipios de Pacho (Cundinamarca) y Belén (Boyacá). Universidad De La Salle.

Valencia-García, F. E., Motato-Rocha, K. E., Vera-Peña, M. Y., & Sepúlveda-Lindarte, M. L. (2018). Kinetic parameters of lactic acid bacterial isolated from fermented milk “suero costeño.” *DYNA (Colombia)*, 85(206), 155–161. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.70995>

Yábar, E. F., & Reyes, V. J. (2017). Caracterización fisicoquímica y microbiológica del tocosh de papa (*solanum tuberosum*) durante su elaboración.