

Fermentación del almidón de papa nativa

Fermentation of native potato starch

Reyes, Vilma J.¹, Yabar, Emilio F.¹, Laureano, Miriam O.² y Hurtado, Milagros B.¹

¹ Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

² Instituto de Investigación, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

Resumen: El objetivo del trabajo de investigación fue determinar los cambios fisicoquímicos y estructurales del almidón de papa nativa, que genera la fermentación espontánea, como parte de la producción de tocosh. Su evaluación se realizó mediante métodos fisicoquímicos y microbiológicos normalizados, pH, acidez titulable y numeración de bacterias lácticas; al inicio y al final de la fermentación, análisis FT-IR y microscopía electrónica de barrido. En el procesamiento de chips de papas nativas, se elimina una apreciable cantidad de almidón, producto del lavado de hojuelas antes del fritado, constituyendo un problema en su remoción o uso adecuado. La fermentación del almidón de papas nativas de remoción genera cambios en la composición fisicoquímica y estructura del almidón. El almidón fermentado es una alternativa para su uso tecnológico adecuando sus propiedades tecno funcionales.

Palabras clave: almidón nativo; fermentación láctica; fermentación tradicional..

Abstract: The objective of the research work was to determine the physicochemical and structural changes of native potato starch generated by spontaneous fermentation as part of the production of tocosh. Its evaluation was carried out by standardized physicochemical and microbiological methods, pH, titratable acidity and lactic acid bacteria enumeration; at the beginning and at the end of fermentation, FT-IR analysis and scanning electron microscopy. In the processing of native potato chips, an appreciable amount of starch is removed during the washing of flakes before frying, constituting a problem in its removal or adequate use. Starch fermentation of native potato chips generates changes in the physicochemical composition and structure of the starch. Fermented starch is an alternative for its technological use, adapting its techno-functional properties.

Keywords: native starch; lactic fermentation; traditional fermentation..



Referencia: Reyes, V. J., Yabar, E. F., Laureano, M. O., y Hurtado, M. B., (2024). Fermentación del almidón de papa nativa. *Prospectiva Universitaria en Ciencias Agrarias*, 05(02), 21–25. <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/pucag/article/view/2169>

Recibido: 14 de octubre de 2024

Aceptado: 20 de diciembre de 2024

Publicado: 10 de enero de 2025

Prospectiva Universitaria en Ciencias Agrarias. Vol. 05, núm. 02, julio a diciembre, 2024. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons



CC BY 4.0 DEED

Attribution 4.0 International

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

1. Introducción

En los alimentos fermentados, la descomposición de los polisacáridos puede proporcionar energía a las bacterias del ácido láctico y proporciona una variedad de sustancias beneficiosas para los seres humanos, que determina diferentes perspectivas de aplicación en la industria alimentaria (Wang et al., 2021).

El almidón agrio de yuca, muy utilizado en Colombia, es usado en la elaboración de productos de panadería tradicionales, la fermentación depende de microorganismos amilolíticos que degradan parcialmente el almidón, produciéndose azúcares simples, sustrato de microorganismos productores de ácidos orgánicos, como: láctico, propiónico, acético y butírico, están involucrados Bacterias Ácido Lácticas (BAL) de los géneros *Streptococcus*, *Lactococcus* y *Lactobacillus*, además, levaduras del género *Saccharomyces* (Chiquiza-Montaño et al., 2016).

El crecimiento y desarrollo de los microorganismos fermentativos en los alimentos genera, entre otras cosas, ácidos orgánicos y enzimas capaces de inhibir el crecimiento de microorganismos deteriorantes o saprofitos y patógenos, resultando en una mejora en la seguridad alimentaria, entre otros beneficios de la fermentación.

Las BAL metabolizan los azúcares por fermentación en condiciones microaerófilas, donde el ácido láctico es el principal producto de las bacterias homofermentativas (*Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus* y algunas especies de *Lactobacillus*) mientras que las bacterias heterofermentativas (*Leuconostoc*, géneros *Weissella* y ciertas especies de *Lactobacillus*), producen etanol/acetato y CO₂ además de lactato (Hatti-Kaul et al., 2018).

Se ha sugerido que, al menos en parte, los cambios composicionales y estructurales del almidón en las materias primas ricas en almidón son los responsables de los beneficios del tratamiento de fermentación, se sabe que pueden ser utilizados en panadería, snack, dulces y películas comestibles (Ye et al., 2019).

La producción de almidón fermentado implica principalmente tres pasos principales: aislamiento del almidón, fermentación por microflora natural y secado, la fermentación anaeróbica espontánea ocurre durante unos 20 a 30 días a 15-25 C, predominantemente por bacterias de ácido láctico (BAL) (Punia et al., 2022).

La fermentación controla los efectos negativos de la posible contaminación alimentaria depende de múltiples factores, tales como el nivel inicial de contaminación de la materia prima, la higiene durante el proceso de elaboración, la acidificación, la actividad acuosa del alimento, la temperatura y tiempo del proceso fermentativo y el agregado de cultivos iniciadores, entre otros.

2. Métodos

Se utilizó la papa amarilla tumbay procedente de la provincia de Ambo (Huánuco). Se realizó la extracción de almi-

dón de manera convencional. Los experimentos se realizaron por triplicado, así como la fermentación espontánea. Se utilizó un kilo de papa como unidad experimental.

2.1. Análisis fisicoquímico

Determinación de pH. Método propuesto por Horwitz (2005)

Determinación de acidez total. Método propuesto por Horwitz (2005)

2.2. Análisis microbiológico

Numeración de bacterias ácido lácticas. Método propuesto por De Man et al. (1960).

2.3. Análisis FT-IR

Los espectros infrarrojos se registraron utilizando un espectrómetro FT-IR (Invenio X, Bruker, Alemania) con una resolución de 4,0 cm⁻¹ y un rango de escaneo de 4000/400 cm⁻¹, método propuesto por Zong et al. (2022) con ligeras modificaciones.

2.4. Microscopía electrónica de barrido

Las micrografías fueron obtenidas del Microscopio Electrónico de Barrido de Emisión de Campo (SEM-FEG), marca TESCAN, Modelo MIRA3 LMU de Serie 118-0191, República Checa, método propuesto por Stevenson et al. (2006).

2.5. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados en el programa R versión 4.4.1, plataforma de RStudio. El pH y la acidez titulable se ajustaron a modelos lineales utilizando la función lm del paquete stats. Los parámetros por estimar fueron: el intercepto (β_0) y la pendiente (β_1) (Ecuación 1). Las bacterias ácido lácticas, se ajustaron a un modelo logístico utilizando la función nls del paquete stats. Los parámetros estimados fueron: la asíntota (β_1), el punto medio (β_2) y la escala (β_3) (Ecuación 2). Se consideró un valor de $p < 0.05$ para determinar significancia estadística.

$$y = \beta_0 + \beta_1 \times x \quad (1)$$

$$y = \frac{\beta_1}{1 + e^{(\beta_2 - x)/\beta_3}} \quad (2)$$

3. Resultados

La importancia de investigar nuevas fuentes de almidón, así como estudiar los efectos de la fermentación sobre las propiedades fisicoquímicas y estructurales de estos bioproductos y proponer sus potencialidades tecnofuncionales.

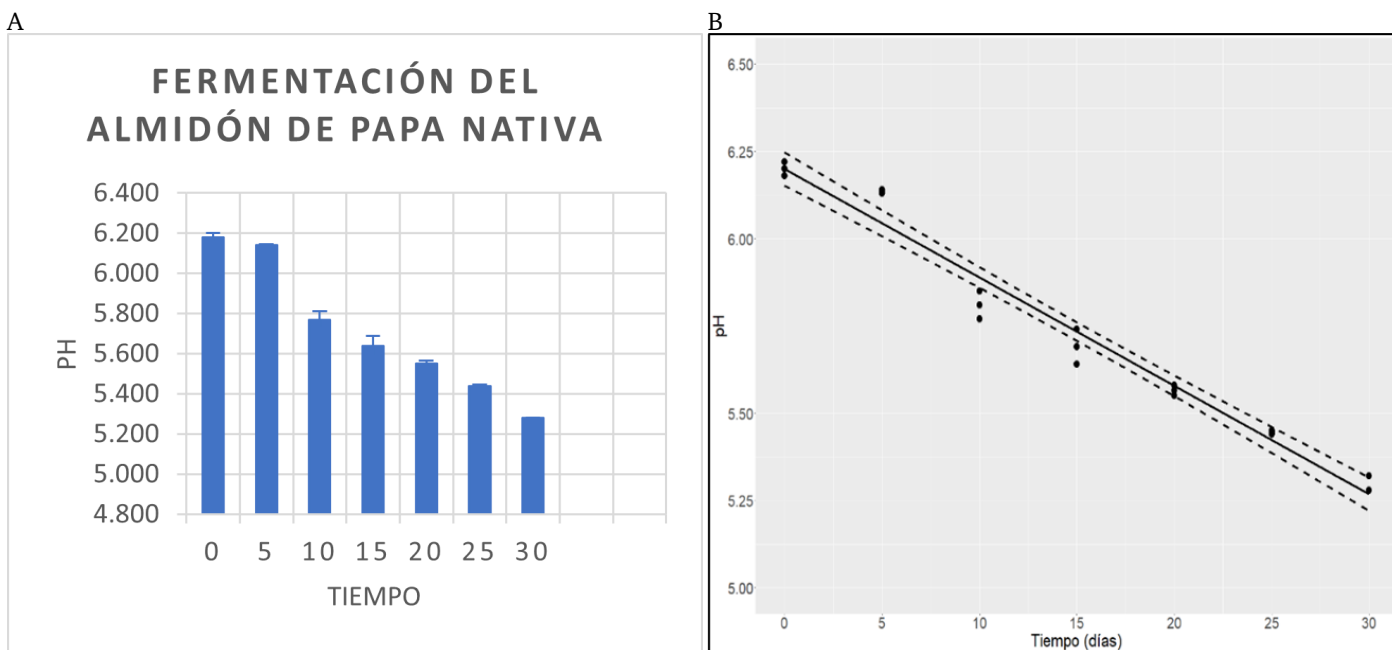
3.1. Evolución del pH y la acidez total del almidón durante la fermentación

Evaluar el pH es un parámetro fisicoquímico en la fermentación del almidón, porque permite monitorear su evolución; los aminoácidos, azúcares libres y componentes solubles que son disponibles por parte de los microorganismos, explican el descenso del pH, llegando al final de la fermentación a pH de 5,2, presenta una reducción en 0.03 por cada día de fermentación que transcurre.

Evaluar el % de acidez es un parámetro fisicoquímico de control de la fermentación del almidón, similar a lo ocurrido

Figura 1

Evolución del pH durante la fermentación del almidón



Nota. a: Datos promedio durante la fermentación (n=3). b: Modelo lineal para estimar el pH en función del tiempo de fermentación.

para el caso del pH, quedan disponibles moléculas solubles y que son utilizados por los microorganismos que explican el incremento de la acidez, llegando al final de la fermentación a 0,352, por cada día que transcurre tiene un incremento promedio de 0.010.

3.2. Evolución del recuento de bacterias ácido-lácticas durante la fermentación del almidón

La evaluación de las poblaciones de microorganismos BAL en el proceso de fermentación, muestra que la población de BAL reportan un crecimiento logarítmico de 1,9 a 5,7, concordante con los encontrados en la producción de almidón agrario de yuca de buena calidad, estos resultados sugieren que algún factor, ya sea ambiental o de proceso, que está promoviendo o inhibiendo el desarrollo de las BAL.

3.3. Análisis FT-IR del almidón nativo y fermentado

3.4. Microscopia electrónica de barrido del almidón nativo y almidón fermentado de papa nativa

3.5. Evolución del pH y la acidez total del almidón durante la fermentación

Según la literatura, los microorganismos también son capaces de asimilar ácidos orgánicos para continuar su desarrollo, por consiguiente, el nivel de disminución del pH puede estar relacionado también con el consumo de ácidos orgánicos por parte de los microorganismos. Los resultados de la acidez titulable demuestran una correlación inversa respecto al pH.

A medida que el tiempo de fermentación de la harina de papa morada, aumenta, el pH mostró una tendencia decreciente; una rápida proliferación de bacterias ácido-lácticas y

acumulación de ácido láctico hace que el pH disminuya a niveles de pH de 5,12 (fermentación espontánea), a 3,94 (*L. plantarum* CGMCC 15358) y 3,87 (amilolítico *L. plantarum* CGMCC) (Gong et al., 2022). Durante la fermentación del almidón de yuca con *L. brevis* la acidez se incrementó de aproximadamente 0, 20 % a 0,80% al cabo de 14 días, sin embargo, a partir de esa fecha comenzó a disminuir a 0,60% a los 28 días, donde probablemente fueron utilizados como fuente de carbono (Penido et al., 2018).

3.6. Evolución del recuento de bacterias ácido-lácticas durante la fermentación del almidón

La fermentación espontánea del almidón se ve facilitada en gran medida por las BAL, desempeñan un rol muy importante en la degradación de los gránulos de almidón, el ácido láctico descompone las áreas superficiales de las moléculas de almidón y cambia su estado amorfo, reduciendo el peso molecular del almidón que junto con otros ácidos orgánicos imparten características funcionales únicas a los almidones ácidos (Punia et al., 2022).

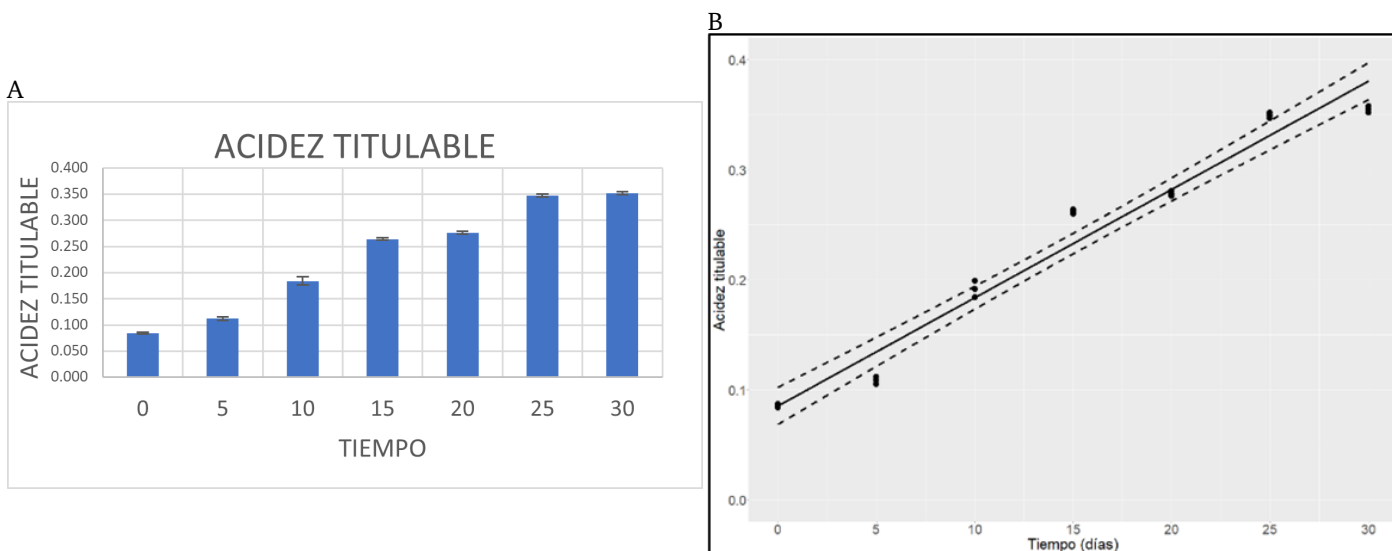
(Fernández & Romero, 2020), reportaron un crecimiento de BAL (en la elaboración de tocosh) en el periodo comprendido entre el inicio de fermentación de 0,20 x 10⁵ ufc g⁻¹ (4.3010 log ufc g⁻¹) hasta los 30 días de fermentación a 73 x 10⁵ ufc g⁻¹ (6.8653 log ufc g⁻¹), observándose un similar comportamiento de crecimiento ascendente.

3.7. Análisis FT-IR del almidón nativo y fermentado

Como se muestra en la Figura 4a y 4b, los picos de absorción de los grupos característicos en la 4000 – 500 cm⁻¹ fueron similares en posición y forma entre el almidón nativo

Figura 2

Evolución de la acidez titulable durante la fermentación del almidón



Nota. a: Datos promedio durante la fermentación (n=3). b: Modelo lineal para estimar la acidez titulable en función del tiempo de fermentación.

y almidón fermentado. Se observó un pico de absorción verde distinto en el almidón nativo y almidón fermentado, que se manifiesta también su presencia en distintos porcentajes, así mismo en el almidón fermentado aparece un pico celeste que demuestra la presencia de nuevos productos de degradación, que requieren ser investigados a nivel molecular. En el almidón de camote, las bandas a 995 cm^{-1} y 1047 cm^{-1} estaban relacionadas con el orden molecular y la cristalinidad del almidón, mientras que 1020 cm^{-1} estaban relacionadas con la fase amorfa o desordenada (Ye et al., 2019).

El contenido de amilosa y de amilopectina se ven afectados por la fermentación, por dos razones, por la hidrólisis de los ácidos orgánicos producidos y por la acción de la enzima amilasa, disminuyendo hasta $\sim 15,28$ en ambos componentes (Xu et al., 2022).

3.8. Microscopia electrónica de barrido del almidón nativo y almidón fermentado de papa nativa

Los cambios en el momento de la cosecha conducen a la producción de almidones con diferente tamaño de gránulo, cristalinidad y contenido de amilosa y fósforo, que resulta en cambios en las propiedades térmicas y de pasta, así como en la solubilidad de los almidones y el poder de hinchamiento; es decir, en las principales características de su aplicación (De Souza et al., 2019).

A simple vista, el almidón nativo y el almidón fermentado de papas nativas no muestran diferencias, presumiblemente al momento de preparación de las muestras, que incluye un lavado, lo soluble fue eliminado quedando en cada caso lo insoluble. Contrastando con el análisis FT-IR, el almidón nativo reporta un 55,3% de almidón soluble respecto a los 65,2% de almidón soluble en el almidón fermentado. Esa diferencia es importante explicarla, debido a que la microscopia electróni-

ca no lo detecta.

El almidón de camote nativo respecto al almidón de camote fermentado espontáneamente recolectado en diferentes puntos de tiempo del tanque no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a la morfología granular; sin embargo, el contenido de amilosa, el peso molecular promedio del almidón, la longitud promedio de la cadena de amilopectina, disminuyeron con la fermentación espontánea, así como sus propiedades fisicoquímicas de viscosidad; por lo tanto, la estructura molecular del almidón de camote puede alterarse durante la fermentación espontánea, lo que, a su vez, modifica las propiedades funcionales del almidón (Ye et al., 2019).

Las características morfológicas de los gránulos de almidones no fermentados y fermentados se ilustran en la Fig. 5. Los gránulos de almidón no fermentado (Fig. 5A) presentaron una forma poligonal e irregular, con un diámetro que variaba de 1,3 a 5,5 μm , lo cual fue similar a lo reportado en la literatura (Abdel-Aal et al., 1997; Irani et al., 2017; Rincón-Londono et al., 2016).

Después de la fermentación, los gránulos de almidón presentaron una estructura morfológica similar al almidón no fermentado, con diámetros que variaban de 0,9 a 4,4 μm , respecto al almidón nativo sin fermentar, 1,3 μm a 5,5 μm ; así mismo, después de la fermentación, los gránulos de almidón fermentado presentaron una superficie más lisa debido a la reducción de otros componentes (Batista et al., 2020).

Los gránulos de almidón fermentados y no fermentados presentaron forma poligonal e irregular, cuyo diámetro varió de 1,3 μm a 5,5 μm y de 0,9 a 4,4 μm , respectivamente.

3.9. Conclusiones

La fermentación es una técnica eficaz para mejorar la calidad del almidón, degrada parcialmente los carbohidratos,

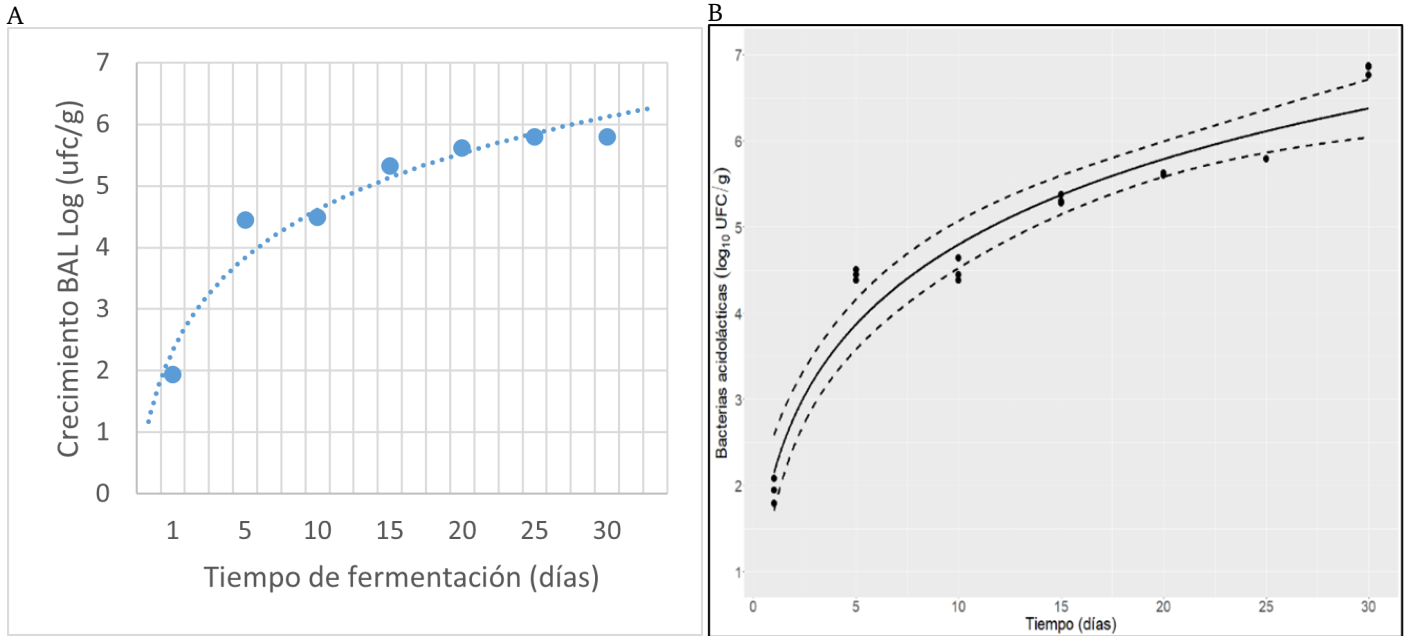
mejora la biodisponibilidad de los nutrientes solubles, así mismo también mejora sus posibles potencialidades tecnofuncionales.

Referencias

- Batista, R. D., De Cássia Sousa Mendes, D., Morais, C. C., Thomaz, D. V., Ramirez Ascheri, D. P., Damiani, C., & Asquieri, E. R. (2020). Physicochemical, functional and rheological properties of fermented and non-fermented starch from canary seed (*Phalaris canariensis*). *Food Hydrocolloids*, 99, 105346. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105346>
28 citations (Crossref/DOI) [2025-07-07].
- Chiquiza-Montaño, L. N., Montoya, O. I., Restrepo, C., & Orozco-Sánchez, F. (2016). Estudio de la Microbiota del Proceso de Producción de Almidón Agrario de Yuca. *Información tecnológica*, 27(5), 03-14. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642016000500002>
1 citations (Crossref/DOI) [2025-07-07].
- De Man, J. C., Rogosa, M., & Sharpe, M. E. (1960). A medium for the cultivation of lactobacilli. *Journal of Applied Bacteriology*, 23(1), 130-135. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1960.tb00188.x>
3635 citations (Crossref/DOI) [2025-07-07].
- De Souza, D., Dos Santos, T. P. R., Fernandes, A. M., & Leonel, M. (2019). Harvest time optimization leads to the production of native cassava starches with different properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132, 710-721. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.245>
28 citations (Crossref/DOI) [2025-07-07].
- Fernández, A., & Romero, J. (2020). Evolución de las bacterias ácido lácticas durante la elaboración del tocosh fresco, aislamiento y concentración por liofilización. Consultado el 7 de julio de 2025, desde <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6774>
Accepted: 2021-07-15T15:09:04Z.
- Gong, S., Yu, Y., Li, W., Wu, J., & Wang, Z. (2022). Effects of amylolytic *Lactobacillus* fermentation on the nutritional quality and digestibility of purple potato flour. *Journal of Food Composition and Analysis*, 107, 104363. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104363>
13 citations (Crossref/DOI) [2025-07-07].
- Hatti-Kaul, R., Chen, L., Dishisha, T., & Enshasy, H. E. (2018). Lactic acid bacteria: From starter cultures to producers of chemicals. *FEMS Microbiology Letters*, 365(20). <https://doi.org/10.1093/femsle/fny213>
140 citations (Crossref/DOI) [2025-07-07].
- Horwitz, W. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. AOAC International.
- Penido, F. C. L., Piló, F. B., Sandes, S. H. D. C., Nunes, Á. C., Colen, G., Oliveira, E. D. S., Rosa, C. A., & Lacerda, I. C. A. (2018). Selection of starter cultures for the production of sour cassava starch in a pilot-scale fermentation process. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49(4), 823-831. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2018.02.001>
27 citations (Crossref/DOI) [2025-07-07].
- Punia, S., Whiteside, W. S., Singh, A., Özogul, F., Gupta, A., & Gahlawat, S. K. (2022). Properties, preparation methods, and application of sour starches in the food. *Trends in Food Science & Technology*, 121, 44-58. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.029>
18 citations (Crossref/DOI) [2025-07-07].
- Stevenson, D., Domoto, P., & Jane, J. (2006). Structures and functional properties of apple (*Malus domestica* Borkh) fruit starch. *Carbohydrate Polymers*, 63(3), 432-441. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.10.009>
76 citations (Crossref/DOI) [2025-07-07].
- Wang, Y., Wu, J., Lv, M., Shao, Z., Hungwe, M., Wang, J., Bai, X., Xie, J., Wang, Y., & Geng, W. (2021). Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.612285>
448 citations (Crossref/DOI) [2025-07-07].
- Xu, M., Zou, J., Zhao, X., Feng, Y., Duan, R., & Yang, B. (2022). Effect of lactobacteria fermentation on structure and physicochemical properties of Chinese yam starch (*Dioscorea opposita* Thunb.) *Food Chemistry*, 387, 132873. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132873>
30 citations (Crossref/DOI) [2025-07-07].
- Ye, F., Xiao, L., Liang, Y., Zhou, Y., & Zhao, G. (2019). Spontaneous fermentation tunes the physicochemical properties of sweet potato starch by modifying the structure of starch molecules. *Carbohydrate Polymers*, 213, 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.02.077>
89 citations (Crossref/DOI) [2025-07-07].
- Zong, X., Wen, L., Mou, T., Wang, Y., & Li, L. (2022). Effects of multiple cycles of sorghum starch gelatinization and fermentation on production of Chinese strong flavor Baijiu. *Journal of Cereal Science*, 108, 103561. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103561>
10 citations (Crossref/DOI) [2025-07-07].

Figura 3

Evolución del crecimiento de las bacterias ácido lácticas durante la fermentación del almidón



Nota. a: Datos promedio durante la fermentación (n=3). b: Modelo logístico para estimar la carga de bacterias acidolácticas en función del tiempo de fermentación.

Figura 4

Análisis FT-IR

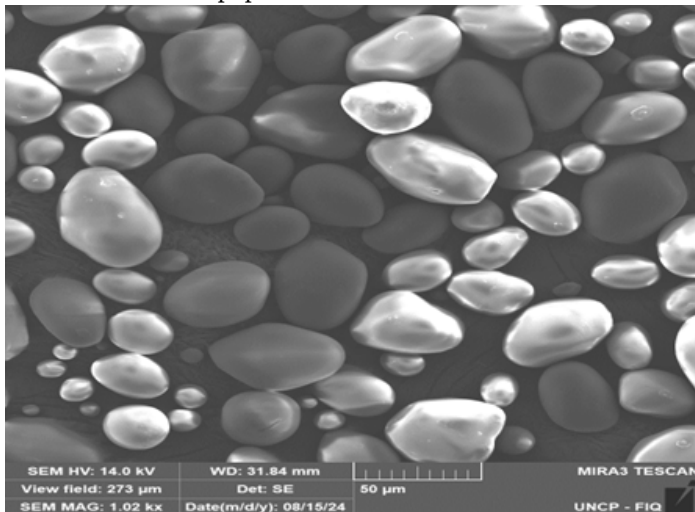


Almidón nativo

Almidón fermentado

Figura 5*Microscopía electrónica de barrido*

Almidón nativo de papa nativa



Almidón fermentado de papa nativa

