

Development and Evaluation of a Quinoa Yogurt Production Process: Impact of Temperature Control on Its Organoleptic, Physicochemical, and Microbiological Characteristics

Edwar Velarde-Allazo, M.Sc. ¹, Yesenia Ramirez-Sihuayro Ing. ²,
^{1,2}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, evelarde@utp.edu.pe, u17212636@utp.edu.pe

Abstract–

The global increase in demand for products derived from plant-based beverages has driven the development of alternatives such as quinoa yogurt. Despite previous research attempts to produce this type of yogurt, the processes used did not achieve the desired characteristics. In this study, a new process for making quinoa yogurt was developed, with an emphasis on temperature control during fermentation to improve its characteristics. The objective was to evaluate parameters such as pH, organoleptic, physicochemical, and microbiological characteristics. The process, which lasted a total of 37 hours, included stages of soaking, fermentation, and cooling. During fermentation, temperature was controlled, which influenced the acidity and preservation of the yogurt. It was observed that the average pH of the samples exceeded 3.55, indicating good acidity control. In terms of sensory evaluation, consumers did not disapprove of the yogurt, highlighting its odor and color, although some suggested a firmer texture. Microbiological analyses showed that the development of probiotic strains and mold formation met the normative parameters, while physicochemical analyses revealed a lower protein content compared to dairy yogurt, but with a lower fat content. In summary, the quinoa yogurt produced by this process presented acceptable organoleptic characteristics and met microbiological standards..

Keywords-Fermentation, quinoa beverage, probiotic strain, starch

Desarrollo y Evaluación de un Proceso de Elaboración de Yogurt de Quinua: Impacto del Control de Temperatura en sus Características Organolépticas, Fisicoquímicas y Microbiológicas

Resumen— El aumento global de la demanda de productos derivados de bebidas vegetales ha impulsado el desarrollo de alternativas como el yogurt de quinua. A pesar de investigaciones previas que intentaron producir este tipo de yogurt, los procesos utilizados no lograron obtener las características deseadas. En este estudio, se desarrolló un nuevo proceso de elaboración de yogurt de quinua, con énfasis en el control de temperatura durante la fermentación para mejorar sus características. El objetivo fue evaluar parámetros como pH, características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas. El proceso, que tuvo una duración total de 37 horas, incluyó etapas de remojo, fermentación y enfriamiento. Durante la fermentación, se controló la temperatura, lo que influyó en la acidez y conservación del yogurt. Se observó que el pH promedio de las muestras superó 3.55, lo que indica un buen control de la acidez. En cuanto a la evaluación sensorial, los consumidores no desaprobaron el yogurt, destacándose su olor y color, aunque algunos sugirieron una textura más firme. Los análisis microbiológicos mostraron que el desarrollo de las cepas probióticas y la formación de mohos cumplieron con los parámetros normativos, mientras que los análisis fisicoquímicos revelaron un menor contenido proteico en comparación con el yogurt lácteo, aunque con un menor contenido de grasa. En resumen, el yogurt de quinua elaborado mediante este proceso presentó características organolépticas aceptables y cumplió con los estándares microbiológicos.

Palabras clave— fermentación, bebida de quinua, cepa probiótica, almidón

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se registró que la demanda por sustitutos de leche animal ha ido aumentando, siendo en el caso como productos como el yogurt en que por el hecho que tengan adición de un tipo de bebida vegetal llegado a registrarse en el año 2021 un volumen de consumo alcanzado del 20% en países de América del Norte y 73% en países de Europa, siendo que ello lo que evidencia cambios en las preferencias de los consumidores por productos más saludables, así como este tipo de mercado estaría también siendo impulsado por consumidores vegetarianos y veganos [1].

Para los sustitutos de la leche láctica, existen una gran variedad de opciones como como el uso de bebidas extraídas de cereales como el arroz, la avena o soja, estas son alternativas que hasta personas con problemas de intolerancia a la lactosa

pueden consumirlas, pero a diferencia de las mencionadas, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la quinua tiene mayor contenido de proteína que estas [2], [3]. Además, comparado con la bebida de soja, esta tiene la capacidad de generar poco ácido láctico, así como su contenido de proteína y vitaminas que este proporciona, está fomentando el desarrollo continuo de investigaciones para hacer uso de este cereal en la elaboración de yogurt sin añadir leche de origen animal y que a la vez se ajuste a las preferencias de los consumidores [4].

Entonces, ante el desarrollo de investigaciones anteriores a estas llevadas a cabo, se corroboró que el grano de quinua es alto en contenido de almidón, lo que genera una gelatinización de esta al someterse a una temperatura de 90 °C, pero a pesar de ello, las deficiencias en el tratamiento de la quinua y la influencia del desarrollo de las cepas fermentadoras con la temperatura en la que llevaron a cabo la fermentación, los resultados varían en las características organolépticas obtenidas [3], [5]. Por lo tanto, al no contarse con un proceso que llegue a mejorar las deficiencias de estas investigaciones respecto a la influencia de la temperatura en el proceso y tratamiento o adquisición en las características de la quinua, el objetivo de esta investigación fue el desarrollar un proceso de elaboración de yogurt de quinua mediante la incidencia del control de temperatura para determinar sus características.

II. METODOLOGIA

A. Recopilación de estudios experimentales

Se realizó una revisión de los procedimientos ejecutados en los estudios realizados hasta el presente año por distintos investigadores que plantearon la elaboración de un yogurt en el que emplean como materia prima el cereal de quinua. Se identificó aquellos que obtuvieron mejores resultados, para luego replicar el proceso que los llevo a obtener tales resultados, esto con el objetivo de establecer un proceso que de cierta forma llegue cubrir las deficiencias de estudios anteriores, especialmente en las características fisicoquímicas y organolépticas que según su determinación se ve influido por el tipo de cepa probiótica a emplearse durante la fermentación y el tiempo en que transcurre esta.

Considerándose ello, se identificó como materia prima el grano de quinua blanca para su uso, siendo relevante que está presente determinadas características como el tener baja saponina.

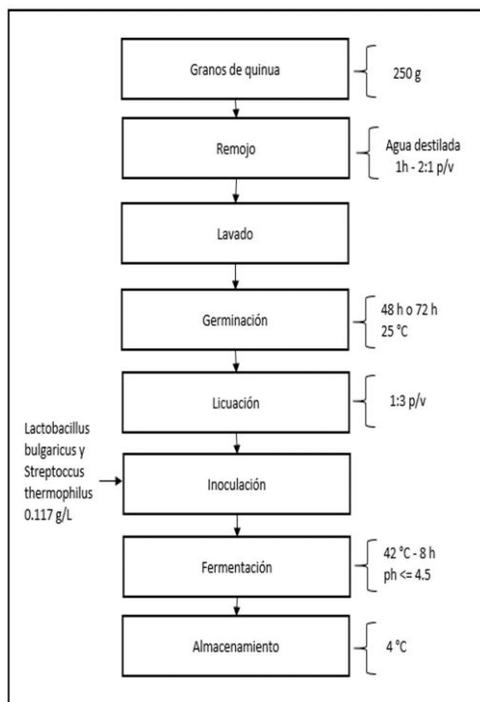


Fig. 2 Proceso de obtención de un yogurt elaborado con bebida de quinua

D. Métodos de representación del proceso de elaboración de yogurt artesanal de quinua

Se llevó a esquematización el proceso para elaborar yogurt de la bebida de quinua posteriormente a las pruebas experimentales, siendo ello mediante representación con EN UN Diagrama de Operaciones del Procesos (DOP) y el Modelo IDEF en el que se da detalles de los insumos usados, instrumentos y equipos de control de temperatura y la relación entre el desarrollo de cada actividad para obtener el un yogurt de quinua que luego se procedería a determinar sus características mismas, por lo que para replicar el proceso sirvió de guía los modelos mencionados.

E. Análisis microbiológicos y fisicoquímicos del yogurt elaborado

Se procedió a evaluar una muestra de 600 ml de 1 litro de yogurt a partir de quinua elaborado con el proceso que se definió según las pruebas experimentales, siendo las condiciones de evaluación de la muestra a una temperatura de almacenamiento de 4 °C, se procedió a determinar características fisicoquímicas como el contenido de proteínas, grasa y acidez, como también características microbiológicas como recuento de bacterias lácticas, coliformes, levaduras y presencia de formación de mohos. Además, se evaluó cambios en los niveles de pH con ayuda de un pHmetro durante 1 minuto a introducirse en las muestras evaluadas para obtener valores precisos.

Los métodos usados para la determinación de los resultados fueron los que se especifican en normativas como la NTP 202.126 y métodos aplicables según la AOAC 947.05, siendo estas aplicable a leches lácticas, también sirvieron para determinar lo que se quería evaluar, más los resultados o valores cuantitativos obtenidos en la parte fisicoquímica no son comparable a lo que la normativa N°0007-2017 MINAGRI para leche de origen animal indica, por el hecho de que el yogurt elaboro no se deriva de esta, al contrario es de origen vegetal, pero que si aplicaría para comparar los resultados obtenidos en la parte microbiológica, dado que los se usó cultivos probióticos del tipo comercial, en el que estos parámetros se presentan en la tabla II.

TABLA II Especificaciones de calidad microbiológica Decreto Supremo N°007-2017 MINAGRI

Agente microbiano	Unidad	Recuento
Bacterias lácticas totales	UCF/g	Min.10 ⁷
Microorganismos etiquetados	UCF/g	Min.10 ⁶
Coliformes	UCF/g	Máx.10
Mohos	UCF/g	Máx.10
Levaduras	UCF/g	Máx.10

III. DIAGNOSTICO Y ANALISIS DE RESULTADOS

A. Control de la temperatura durante el proceso de elaboración de yogurt de quinua

Acorde a las primeras pruebas experimentales como se da conocer en la Fig. 4 y Fig. 5, estas se ejecutaron según procedimientos de las investigaciones tomadas como referencia, al definir un sistema de control de temperatura mediante el uso de instrumentos y contar con tiempos establecidos en cada etapa de la elaboración del yogurt a desarrollarse, estas afectan en los resultados de las características organolépticas, en el que predomina el llevarse con un correcto control de la temperatura durante la fermentación, ya que en la obtención del yogurt que se usó como materia prima a la quinua, no solo el resultado final no solo dependió la forma en se adquirió esta, si no también indicarse que el desarrollo de las cepas fermentadoras solo se da en un medio templado (40 °C – 45 °C) y de ello influye en la durabilidad del yogurt, por lo que la maquina yogurtera al contar con un termostato permitió mantener la temperatura deseada.

B. Modelamiento del proceso definido

Se llevó a esquematisar el proceso definido a partir de pruebas experimentales realizadas como se indica en la Fig.3, siendo el Diagrama de operaciones del proceso (DOP) el que se determinó tiempos y temperatura según sea el tipo de procedimiento que se ejecutó, siendo un total de 20 actividades, entre 10 operaciones, 4 inspecciones y 6 combinadas. A si también, ello se dio a mayor detalle en mediante un Diagrama de Análisis de Procesos (DAP) en el que se indicó que para el desarrollo del proceso represento un tiempo total de 2,220 minutos equivalente a 37 horas aproximadamente y que esto se debería a que existen actividades que implican un mayor tiempo, tales como el remojo del grano de quinua que se entre 12 horas para la correcta eliminación de la saponina, así como la fermentación que se da un tiempo de 12 horas al igual que el enfriamiento de este a 12 horas.

Por otro lado, se realizó la representación del proceso mediante el modelo IDEF en el que se detalla la relación de cada actividad desde la adquisición de la materia prima e insumos hasta contarse con el yogurt envasado y almacenado, todo ello indicando los instrumentos que intervienen, las consideraciones según tiempos, temperatura y especificaciones que en las observaciones hechas en las pruebas experimentales para definir un nuevo proceso, en esta parte para volver a repetir el proceso fue necesario considerarlas para evitar errores u otros resultados, entre ellos la consistencia en la cocción de la bebida de quinua que fue a 63 °C por 20 min y agitación del yogurt luego del enfriamiento hasta tener la textura adecuada y consistencia buscada.

En la Fig.3 se presenta de forma breve el proceso defino que se llevó a cabo para las evaluaciones correspondientes en esta investigación, así como en la Fig. 6 visualmente su desarrollo hasta la evaluación de pH.

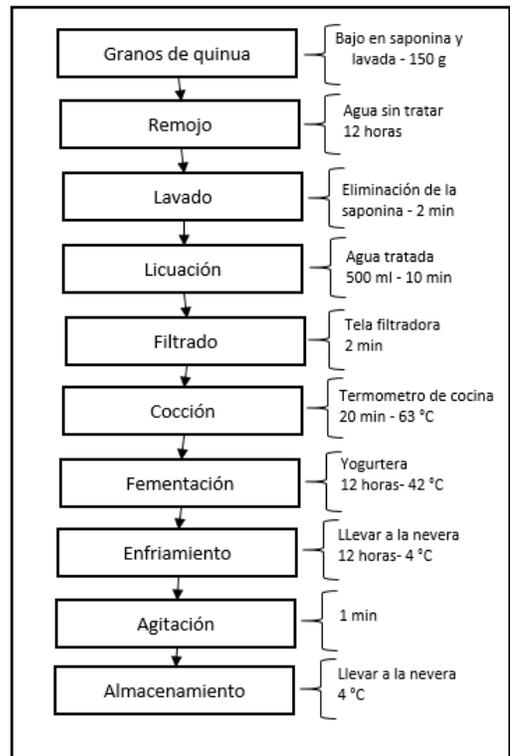


Fig. 3 Proceso de obtención de un yogurt elaborado con bebida de quinua



Fig. 4 Pruebas experimentales de quinua sancochada

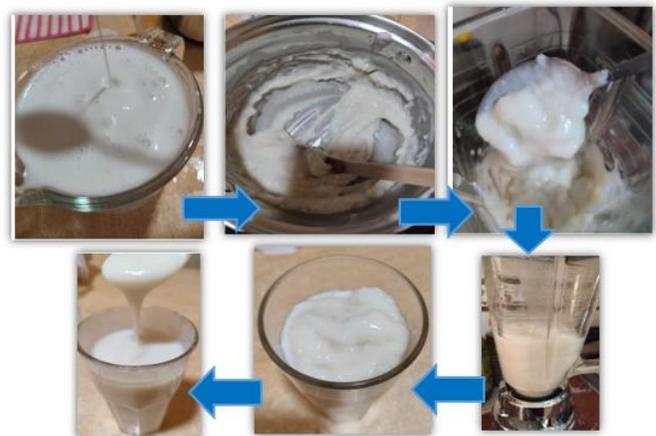


Fig. 5 Pruebas experimentales de grano remojado y licuado



Fig. 6 Proceso definido para la obtención de un yogurt elaborado con bebida de quinua

D. Resultados del pH evaluado

Se llevó a cabo la evaluación del pH del yogurt realizado a 3 muestras durante 5 días, en que a cada una de las muestras se les dio distintos tratamiento, siendo la primera muestra 1 se usó 50 gramos de azúcar rubia y la fermentación se dio entre 8 horas, la segunda muestra se siguió usando azúcar rubia pero el tiempo de fermentación se dio entre 12 horas y los saco de la nevera el día 2 a temperatura ambiente de 20 °C - 25°C, por último la muestra 3 para mejorar el sabor que se obtenida al usar azúcar rubia, se cambió esta por azúcar rubia a una cantidad de 50 gramos, dándose la fermentación a 12 horas y sometiéndose el día 3 a una temperatura mayo a 25°C.

En la figura 7, se muestra los cambios que se dio en el nivel de pH en los 5 días evaluados de la primera muestra según a los tratamientos mencionados que se le dio, al igual en la Fig. 8 de la muestra 2 y en la Fig. 9 de la muestra 3.



Fig. 7 Evaluación de pH respecto a 5 días de 1ª muestra



Fig. 8 Evaluación de pH respecto a 5 días de 2ª muestra



Fig. 9 Evaluación de pH respecto a 5 días de 3ª muestra

En la tabla III se detalla los cambios de pH de las tres muestras evaluadas, así como el promedio de pH de cada una de estas.

TABLA III Especificaciones de calidad microbiológica Según el Decreto Supremo N°007-2017- MINAGRI

pH/ Día	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Día 1	3.67	3.52	3.65
Día 2	3.76	3.52	3.72
Día 3	3.65	3.64	3.7
Día 4	4.68	3.67	3.62
Día 5	4.68	3.69	3.69
Promedio	4.09	3.61	3.68

E. Resultados fisicoquímicos y Microbiológicos

Los resultados obtenidos en laboratorio de la muestra evaluada a una temperatura de almacenamiento de 4°C a 5 °C, indicaron que el yogurt de quinua elaborados tuvo una acides del 0.24%, proteína del 0.85% y total de Grasa un 0.40 %, siendo estos valores evaluados mediante métodos para leches lácticas. En segundo lugar, la parte microbiológica evaluada, según la Normativa del MINAGRI aplicable a productos que fueron fermentados con cepas como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, el total de recuento de bacterias de ácido láctico obtenido de 29×10^9 ucf/g cumplen con la normativa e indica que llegaron a desarrollarse correctamente en este tipo de bebida vegetal. Además, la formación de mohos

resulta ser mínima, a ello se le puede atribuir que la fermentación inducida a un tiempo de 12 horas aproximadamente llega a garantizar la conservación.

En la tabla IV se presenta las 2 evaluaciones del yogurt a partir de quinua elaborado según características fisicoquímicas y microbiológicas determinadas.

TABLA IV Resultados de laboratorio de muestra de yogurt a partir de Yogurt de quinua

LAB	DETERMINACIÓN	YOGURT A PARTIR DE QUINUA	UNIDADES
MB	Recuento de Bacterias ácido lácticas	29×10^9	ufc/g
MB	Recuento de Coliformes	15×10^3	NMP/g
FQ	Grasa	0.4	%
FQ	Proteína (F=6.38)	0.85	%
FQ	Acidez	0.24	%
MB	Recuento de Levaduras	11×10^2	ufc/g
MB	Recuento de Mohos	<10	ufc/g

C. Resultados de la evaluación organoléptica

En esta breve evaluación, se dio a probar a un grupo de 15 personas el yogurt de quinua elaborado y se les entregó un formato de encuesta en el que se pidió evaluar atributos como el olor, color, sabor, textura y consistencia, siendo que los parámetros para determinar su aceptación fueron Me gusta mucho, Me gusta, Ni me gusta, ni me disgusta y No me gusta.

La información recolectada (Fig.10) indicó que mayor parte de los encuestados indicaron que las características de color y olor les gusto, siendo que el color blanquecino se asemejaba al yogurt de leche láctica y el olor era agradable. El sabor y textura, si bien tuvieron la aprobación de los encuestados, se tuvo observaciones respecto a aumentar más la textura obtenida, añadir una mínima cantidad de azúcar y que este se llegue a percibir menos a nivel gustativo el sabor a fermentado según 2 de los encuestados que lo percibieron.

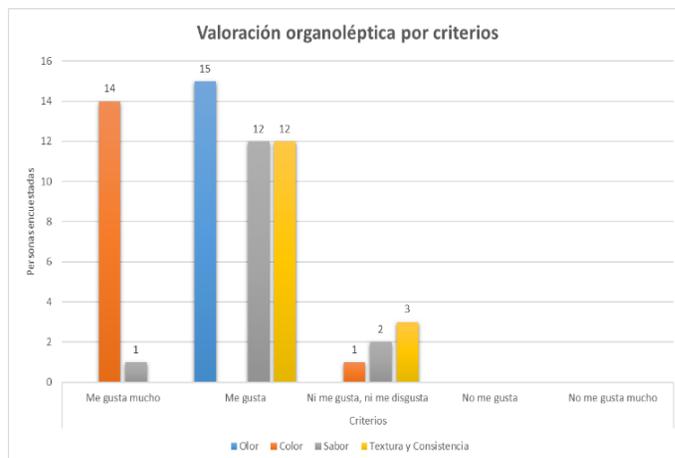


Fig. 10 Información recopilada de evaluación organoléptica a encuestados

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para garantizar la calidad de un producto como es el yogurt, la fermentación resulta impactar en el desarrollo de las cepas probióticas, siendo que al mantener una temperatura de 42°C constante garantiza la conservación del yogurt [6], así como influir en obtener una textura agradable, lo que se logra a una temperatura de 8 a 12 horas en promedio [6], [7], [3]. En la presente investigación se adecuó un sistema de control de temperatura para esta parte de la fermentación para optimizar el proceso y garantizar la calidad esperada, sea en la parte experimental, la bebida de quinua usada no presentó un aumento de la textura después de finalizar la fermentación, ello se debería a que es un tipo de bebida no derivada de origen animal, pero que la textura obtenida como ciertas investigaciones los mencionan se debe al gran contenido de almidón que la quinua presenta y que al someterse este a cocción un máximo de 90°C, esta retiene el agua, lo que produce la formación de gránulos de almidón que lleva a producir la gelatinización [8],[5]. Por tal razón, se llevó el desarrollo de este procedimiento en una yogurtera que es capaz de regular estos parámetros de temperatura mediante un termostato, así como controlar el tiempo que transcurrió para finalizar este procedimiento en el que las cepas se desarrollaron correctamente.

Las pruebas experimentales dieron desarrollo para definir un proceso en el que la materia prima adquirida y los insumos influyeron en los resultados, siendo que la quinua al tener un bajo contenido de saponina no generó amargor en el yogurt elaborado, dado que como investigaciones anteriores este fue el responsable de generar amargor, ello considerándose que se llevaron a cabo lavados repetitivos para su eliminación total [6], lo que no ocurrió en las condiciones en la que se usó la quinua en el proceso desarrollado, dándose en un tiempo de remojo de 12 horas en la que no se generó espuma. De tal manera, se comprobó que procedimientos como la cocción del grano de quinua luego de la germinación por 8 horas [3], este no era el

ambiente ideal para el desarrollo de las cepas usadas por no observarse cambios en la viscosidad, en cambio, el licuar el grano de quinua remojado para extraer la parte líquida y proceder con la cocción generó una textura viscosa que al enfriarse se gelatinizó, ello se debería al alto contenido de almidón que se le atribuye a la quinua y que solo se llega a percibir al llevarlo a cocción para obtener una textura viscosa en que también se desagrega azúcar [5], pero para el desarrollo de las cepas resulta ser insuficiente, por lo que en las evaluaciones hechas en varias investigaciones a distintas cepas en este tipo de bebida vegetal fermentada, la agregación de azúcar rubia ayuda en la fermentación e influye en la capacidad de conservación del yogurt [9]. Entonces, el proceso llevado a evaluar, se basó en la respectiva a la parte experimental [3], [6], [9], de esta forma caracterizándolo mediante herramientas de modelación como el DOP, DAP y el modelo IDEF, cuyos procedimientos detallados (Fig.3) conllevan más tiempo a los que las que se tomó como referencia [3], [6], [9], siendo estos como el remojo de la quinua por un tiempo de 12 horas, la licuefacción del grano de quinua para extraer la bebida misma, realizarse la cocción de la bebida extraída a 63°C y no a 90°C por observarse que a esta temperatura generarse viscosidad. Así también, tanto la fermentación y el enfriamiento se dio a 12 horas. Por lo tanto, para el desarrollo de elaboración del yogurt a elaborarse en esta investigación implicó más procedimientos a ejecutarse, implicando un tiempo de 37 horas que es mayor a un yogurt del tipo comercial como se plantea en otras investigaciones donde también lo desarrollaron de forma artesanal para un yogurt enriquecido con quinua, cuya materia prima es la leche láctica [10], siendo 24 actividades que involucra un tiempo de 9.23 horas, el cual, el mayor tiempo está en el tratamiento que se le da a la leche láctica.

Seguidamente, investigaciones que elaboraron un yogurt a base de bebida de quinua, al determinar las características organolépticas del yogurt elaborado, las muestras evaluadas por los encuestados no dieron aceptación en el sabor, debido a darse observaciones en un sabor amargo, lo que se debería al alto contenido de saponina en unas muestras y el hecho que la quinua tiene contenido fenólico y ello daría lugar no solo a amargor, sino también a percibir una sensación de picante [11], [12], en contraste a ello, según la encuesta desarrollada en la presente investigación, del total de encuestados que evaluaron los cuatro atributos de una muestra de yogurt a partir de quinua, estos no mostraron rechazo, siendo entre 2 personas que percibieron un sabor de que la fermentación dada fue mucho tiempo, a lo que lleva que este aspecto es la percepción de un picante como se mencionó y no al contenido de saponina, por lo que se debería la influencia del desarrollo de las cepas usadas en la fermentación y en parte al remojo de la quinua [12]. De tal manera, a diferencia de las investigaciones revisadas, estas para garantizar el desarrollo de las cepas al agregar azúcar rubia [8], [7], se utilizó azúcar blanca, ya que producía el mismo resultado, pero variando según observaciones hechas en el sabor y olor más agradable y los encuestados percibieron el sabor a quinua y baja azúcar.

Por último, el pH evaluado de las tres muestras no se mantuvo constante, ello se debería a las condiciones de almacenamiento que se dio a cada una en los 5 días, siendo la muestra 1 con un mayor nivel de pH de 4.68 en el quinto día a comparación del primer día de 3.67, ello se debería a que las cepas usadas agotaron el azúcar que disponían, por lo que llevaría a presentarse presencia de microorganismos como el moho en el yogurt que se elaboró, afectando ello en su duración [3], [11]. En cambio, el pH de las muestras 2 y 3 que se llevó a una fermentación de 12 horas, la reducción de bebida de quinua donde el pH oscilaba entre los 5.45 a 5.50, el pH del yogurt a partir de quinua en ambas fue menor al de la primera muestra en el primer día, siendo ahora menor en el quinto día, motivo que llevo a comprobar que las cepas del tipo comercial (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*) fomentaron su crecimiento en un mayor tiempo [5] y estas continuaban desarrollándose a pesar de someterse a variaciones de temperatura entre los 25 °C y luego volver a almacenarse a 4 °C. A pesar de tener resultados variables en el pH, existen estudios que concluyeron tras varias experimentaciones que un pH mayor a 3.55 garantiza la conservación de un producto [11], por lo tanto, el promedio determinado en las tres muestras fue de 4.09, 3.61 y 3.68 respectivamente, lo cual se ajusta a lo indicado. Además, según estos resultados de pH obtenido en esta investigación, se sustentan también con los análisis microbiológicos realizados, siendo especificaciones de normativa que garantizan la inocuidad del yogurt evaluado, el desarrollo de bacterias o de las cepas que indica un mínimo de 10⁷ fue mayor, al igual que la formación de moho menor a 10 ucf/g [13]. Por otro lado, la evaluación fisicoquímica mostró un contenido proteico menor al de la leche láctica, al igual que investigaciones concluyeron en los mismos resultados, pero menor grasa a la que esta presentaba, indicándose a que sería por razones de variedad de quinua usada, aunque los estudios en este tipo de yogurt indican la posibilidad de aumentar la cantidad de quinua para aumentar su contenido proteico, otros indicaron que esto lleva a una menor reducción de proteína, manteniendo bajo la grasa [3].

V. CONCLUSIONES

Se concluyó que el sistema de control de temperatura, con el apoyo de los equipos de medición, garantizó que el proceso desarrollado con la yogurtera mantuviera una temperatura constante de 42°C durante 12 horas. Durante este periodo, las cepas fermentadoras lograron desarrollarse en esta bebida en particular, lo que fue corroborado por los resultados de laboratorio y los niveles de pH evaluados en la primera y segunda muestra, los cuales mostraron una reducción. Esto asegura una conservación efectiva y previene la formación de microorganismos.

La esquematización del nuevo proceso mediante un Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) y un Diagrama de Análisis del Proceso (DAP) permitió identificar las actividades

que requieren más tiempo en comparación con el uso de leche láctica como materia prima. Aunque el tiempo empleado y las delimitaciones de temperatura, especialmente en procesos como la cocción y la fermentación, son esenciales para obtener los resultados esperados, impactan directamente en las características organolépticas y microbiológicas del yogurt de quinua. Además, el modelo IDEF facilitó la identificación de la relación entre cada actividad y los instrumentos y controles necesarios para elaborar el yogurt de quinua de manera artesanal. El proceso definido requirió un tiempo total de 37 horas, siendo el remojo de la quinua, la fermentación y el enfriamiento las etapas que demandaron más tiempo.

En los resultados de la evaluación de las características organolépticas del yogurt hecho a partir de quinua, de un grupo de 15 personas evaluadas, no se obtuvo rechazo en los 4 atributos evaluados, más si observaciones a mejorar en la formulación, tales como el aumentar la textura y que se percibió un sabor a fermentado que indicaría ser una sensación de picor, el cual este no se debería a la saponina, dado que la el grano de quinua se adquirió con un nivel bajo en saponina y además se le dio el tratamiento de limpieza necesario, por lo que el picor se le atribuiría al contenido fenólico propio de la quinua. Como también esta investigación evidencian la importancia del tratamiento de la materia prima y el control del tiempo y temperatura en cada fase del proceso para influir directamente en las características finales del yogurt de quinua. La reducción de pH observada en la muestra 2, fermentada durante 12 horas, en comparación con la muestra 1, fermentada por 8 horas, resalta el efecto del tiempo de fermentación sobre la acidez del producto, lo que podría atribuirse al consumo de azúcares por parte de las cepas probióticas. Además, las variaciones de temperatura durante el almacenamiento (entre 4 °C y 5 °C) demostraron que las cepas continuaron su desarrollo, manteniendo la estabilidad del pH. Por otro lado, los análisis físicoquímicos revelaron un contenido proteico de 0.85%, con un contenido de grasa inferior al de otros estudios previos. En términos microbiológicos, la cantidad de bacterias lácticas fue superior al mínimo requerido por la normativa (29×10^9) y la formación de mohos se mantuvo dentro de los límites permitidos. Estos resultados sugieren que el yogurt de quinua, aunque sin conservantes, cumple con los estándares de calidad requeridos para su consumo, aunque su vida útil será menor que la de los productos comerciales.

VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere a futuros investigadores explorar el impacto del contenido fenólico de la quinua en la reducción del sabor amargo asociado a este compuesto, así como desarrollar formulaciones que incrementen el contenido proteico en los productos obtenidos. Además, se recomienda investigar el uso de diferentes variedades de quinua para mantener la cantidad de yogurt obtenida (500 ml), con el fin de evaluar posibles mejoras en las características organolépticas y si estos cambios afectan el desarrollo de las cepas fermentadoras utilizadas.

REFERENCIAS

- [1] «Yogur no lácteo Tamaño del Mercado | Mordor Intelligence». Accedido: 27 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/global-non-dairy-yogurt-market>
- [2] E. Zannini, S. Jeske, K. M. Lynch, y E. K. Arendt, «Development of novel quinoa-based yoghurt fermented with dextran producer *Weissella cibaria* MG1», *International Journal of Food Microbiology*, vol. 268, pp. 19-26, mar. 2018, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.01.001.
- [3] K. Huang *et al.*, «Formulation of plant-based yoghurt from soybean and quinoa and evaluation of physicochemical, rheological, sensory and functional properties», *Food Bioscience*, vol. 49, p. 101831, oct. 2022, doi: 10.1016/j.fbio.2022.101831.
- [4] G. Gungor, A. Akpınar, y O. Yerlikaya, «Production of plant-based fermented beverages using probiotic starter cultures and *Propionibacterium* spp.», *Food Bioscience*, vol. 59, p. 103840, jun. 2024, doi: 10.1016/j.fbio.2024.103840.
- [5] Y. Liu *et al.*, «Manufacture and characterization of a novel dairy-free quinoa yogurt fermented by modified commercial starter with *Weissella confusa*», *Food Chemistry: X*, vol. 19, p. 100823, oct. 2023, doi: 10.1016/j.fochx.2023.100823.
- [6] O. Joy Ujiroghene *et al.*, «Antioxidant capacity of germinated quinoa-based yoghurt and concomitant effect of sprouting on its functional properties», *LWT*, vol. 116, p. 108592, dic. 2019, doi: 10.1016/j.lwt.2019.108592.
- [7] A. M. Abdelshafy, E. A. El-Naggar, y M. N. Kenawi, «Enhancing of nutritional properties of quinoa fermented by probiotics», *Discov Food*, vol. 2, n.º 1, p. 21, jul. 2022, doi: 10.1007/s44187-022-00022-8.
- [8] A. Lorusso, R. Coda, M. Montemurro, y C. G. Rizzello, «Use of Selected Lactic Acid Bacteria and Quinoa Flour for Manufacturing Novel Yogurt-Like Beverages», *Foods*, vol. 7, n.º 4, p. 51, abr. 2018, doi: 10.3390/foods7040051.
- [9] J. U. Obaroakpo *et al.*, «Bioactive assessment of the antioxidative and antidiabetic activities of oleanane triterpenoid isolates of sprouted quinoa yoghurt beverages and their anti-angiogenic effects on HUVECS line», *Journal of Functional Foods*, vol. 66, p. 103779, mar. 2020, doi: 10.1016/j.jff.2020.103779.
- [10] N. N. Aguirre Vilchez y A. Y. Guerrero Salinas, «Elaboración de yogur enriquecido con quinua (*Chenopodium quinoa*) frutado con arándano y su aceptabilidad en el mercado, Huaraz 2021», *Repositorio Institucional - UCV*, 2021, Accedido: 26 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85863>
- [11] K. Väkeväinen *et al.*, «Potential of quinoa in the development of fermented spoonable vegan products», *LWT*, vol. 120, p. 108912, feb. 2020, doi: 10.1016/j.lwt.2019.108912.
- [12] F. Alkobeisi, M. J. Varidi, M. Varidi, y M. Nooshkam, «Quinoa flour as a skim milk powder replacer in concentrated yogurts: Effect on their physicochemical, technological, and sensory properties», *Food Sci Nutr*, vol. 10, n.º 4, pp. 1113-1125, abr. 2022, doi: 10.1002/fsn3.2771.
- [13] «Decreto Supremo N.º Decreto Supremo N.º 007-2017-MINAGRI». Accedido: 27 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/indecopi/normas-legales/3463258-decreto-supremo-n-007-2017-minagri>