

Elaboración de yogurt vegano, a base de quinua (*Chenopodium quinoa*) con diferentes concentraciones de edulcorantes y microorganismos

Preparation of vegan yogurt, based on quinoa (*Chenopodium quinoa*) with different concentrations of sweeteners and microorganisms

Lady Gaibor^{1,a}, Pablo Vargas^{1,b,*}, Ángel Carrasco^{1,c}, Colón Cruz^{1,d}, Carlos Alcívar^{1,e}

¹ Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, Ecuador.

^a Mg., ✉ lgaibor@uagraria.edu.ec,  <https://orcid.org/0000-0003-3552-6128>

^b Mg., ✉ pvargas@uagraria.edu.ec,  <https://orcid.org/0000-0001-6815-0425>

^c Mg., ✉ acarrasco@uagraria.edu.ec,  <https://orcid.org/0000-0003-2572-9829>

^d Mg., ✉ ccruz@uagraria.edu.ec,  <https://orcid.org/0000-0002-4956-4961>

^e Ing., ✉ alcivar@uagraria.edu.ec,  <https://orcid.org/0000-0002-2843-5845>

* Autor de Correspondencia: Tel. +59 3989882926

<http://doi.org/10.25127/riagrop.20242.993>

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP>
revista.riagrop@untrm.edu.pe

Recepción: 18 de diciembre 2023

Aprobación: 12 de febrero 2024

Este trabajo tiene licencia de Creative Commons.
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0
International Public License – CC-BY-NC-SA 4.0



Resumen

La investigación consistió en la elaboración de yogur con base pura de quinua con diferentes concentraciones de edulcorantes y microorganismos. En el laboratorio de lácteos y cárnicos, elaboramos yogur con nueve tratamientos (Azúcares 0%, 8% y 16%), (Microorganismos 3%, 5% y 7%), el tamaño en la unidad experimental fue de 0,30 ml de yogur por tratamiento en el análisis sensorial. Partió la investigación formulando las distintas concentraciones para cada tratamiento, aplicando la caracterización físico química pH, °Brix, acidez. El análisis sensorial se realizó con una escala hedónica de siete puntos, para el proceso se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar para estimar las variables sensoriales con un panel de 30 jueces; se analizaron las variables organolépticas: olor, color, sabor, textura. El análisis microbiológico de bacterias probióticas del yogur elaborado, se lo realizo como lo dispone la norma técnica INEN 2395:2011 determinado como resultado una

concentración de $4,5 \times 10^8$ UFC/g de microorganismos presentes. El análisis de costos en la producción del yogur elaborado, según la aceptación en la degustación de los atributos de calidad fue 7% microorganismos, 16% azúcares, 77% quinua siendo su costo de elaboración por litro de \$1.25 y su beneficio/costo de \$0.31.

Palabras claves: Microorganismos, fermento madre, probiótico, quinua, yogur.

Abstract

The research consisted of the elaboration of yogurt with a pure quinoa base with different concentrations of sweeteners and microorganisms. In the dairy and meat laboratory, we made yogurt with nine treatments (Sugars 0%, 8% y 16%), (Microorganisms 3%, 5% y 7%), the size in the experimental unit was 0.30 ml of yogurt per treatment in sensory analysis. The research started by formulating the different concentrations for each treatment, applying the physical chemical characterization pH, ° Brix, acidity. Sensory analysis was performed with a seven-point hedonic scale, for the process an experimental design of Complete Random Blocks was used to estimate the sensory variables with a panel of 30 judges; Organoleptic variables were analyzed: odor, color, flavor, texture. The microbiological analysis of probiotic bacteria in the elaborated yogurt was carried out as provided by the technical standard INEN 2395: 2011, determined as a result of a concentration of 4.5×10^8 CFU / g of microorganisms present. The analysis of costs in the production of the elaborated yogurt, according to the acceptance in the tasting of the quality attributes was 7% microorganisms, 16% sugars, 77% quinoa, being its cost of elaboration per liter of \$ 1.25 and its benefit / cost. from \$ 0.31.

Keywords: Microorganisms, mother ferment, probiotic, quinoa, yogurt.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la sociedad ha adquirido mayor conocimiento sobre la correlación que existe entre una adecuada alimentación y una óptima nutrición, por lo que se busca incluir en la dieta aquellos alimentos que aporten nutrientes y elementos esenciales para las funciones metabólicas. Con frecuencia, las intolerancias alimentarias pasan desapercibidas debido a que los síntomas que generan se asemejan a otros padecimientos. La alergia a las proteínas de la leche de vaca es la más común en niños menores de 5 años, principalmente porque la leche es frecuentemente la primera proteína a la que se exponen los lactantes alimentados con fórmula. La alergia alimentaria más frecuente en los primeros meses de vida tiene una prevalencia entre 1 a 17.5% en este

grupo etario, pero disminuye al menor del 1% en niños de seis años o más, progresivamente hacia la edad adulta (MSO, 2016). Debido a que los alimentos afectan de manera diferente a cada persona, lo que para un individuo es beneficioso o inofensivo, para otro puede resultar perjudicial. Las personas con intolerancia a la lactosa o que siguen dietas especiales por motivos de salud cuentan con productos alternativos a la leche de vaca, como la leche de soya. El veganismo excluye el consumo de carne y sus derivados, incluyendo lácteos, huevos, miel y cualquier otro producto que implique la explotación animal, "adoptando una dieta y consumiendo productos de origen vegano se prevendría la muerte de 20,565 personas por diversos riesgos asociados en la alimentación" (El Comercio, 2018). La incorporación de nuevos alimentos altos en

fibra y nutrientes aporta beneficios importantes para la salud.

El mercado de productos veganos se ha ampliado, y estos suelen mantener niveles altos de nutrición para ser consumidos por personas con dietas especiales como celíacos e intolerantes a la lactosa. Las técnicas actuales cumplen el propósito tradicional de elaborar productos de diferentes orígenes con excelentes características sensoriales y funcionalidad fisiológica óptima, también están diseñados para lograr máxima aceptación (Fernandez, 2016). "La mayor parte de los derivados se mantiene de manera preferencial en el consumo de estos productos [...], se pueden encontrar, alternativas para elaborar alimentos con valor nutricional agregado a partir de extractos de vegetales" (Piskulich, 2017).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tratamientos

Los microorganismos o bacterias benéficas para la flora intestinal como *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* productores de ácido láctico, desarrollándose en presencia o ausencia de oxígeno en combinación con los azúcares producen el efecto de la fermentación dando consistencia para obtener yogur, se desarrolla el estudio por medio de los tratamientos a estudiar, en mención de los presentes factores Factor A: Microorganismos A1; microorganismos 3 % A2; microorganismos 5 % A3; microorganismos 7 %; y Factor B; Azúcares B1; 0 % B2; sacarosa 8 % B3; sacarosa 8 % + Glucosa 8 %.

2.2. Análisis de datos

Se realizó un experimento de diseño factorial con tres repeticiones para evaluar variables cualitativas. El experimento consistió en dos variables independientes, las cuales fueron microorganismos y azúcares, cada una en tres concentraciones distintas. La evaluación sensorial de los tratamientos fue realizada por un grupo de 30 jueces catadores no expertos. Para comparar las medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los objetivos planteados y luego de aplicar la metodología descrita, se obtuvieron los siguientes resultados: El proceso de fermentación del yogur finalizó exitosamente, destacándose el tratamiento a3b3, el cual contenía un 7% de microorganismos y 16% de azúcares. Este tratamiento presentó características sensoriales deseables como sabor y aroma agradables y característicos de la quinua. En este capítulo se detallan todos los resultados e información obtenida a lo largo de todo el proceso, incluyendo la etapa de fermentación, la caracterización y la evaluación sensorial del producto final.

3.1. Características físico química (°Brix, pH, Acidez) de los tratamientos.

3.1.1. Determinación de °Brix

En el proceso de fermentación es fundamental contar con azúcares disponibles que sirvan de alimento para los microorganismos fermentadores, por lo que en los tratamientos evaluados se incluyeron diversas concentraciones de acuerdo con el factor azúcares (a). Durante el estudio de los tratamientos, se tomaron medidas con un

refractómetro de la marca Milwaukee (modelo MA871), con capacidad de medición entre 0 y 85°Brix, a fin de registrar los datos

correspondientes a las muestras. Los resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Medidas de °Brix en versión del tiempo de fermentado

N°	factores (a+b)	Combinación	(Inc.)	(1H)	(2H)	(3H)	(4H)
1	3%:0%	a1b1	2.70	2.40	2.00	1.89	1.60
2	3%:8%	a1b2	5.10	6.50	6.10	5.10	4.80
3	3%:16%	a1b3	18.98	17.94	17.00	16.40	13.97
4	5%:0%	a2b1	2.10	1.98	1.86	1.74	1.59
5	5%:8%	a2b2	4.40	4.00	3.80	3.40	3.15
6	5%:16%	a2b3	19.80	18.98	18.30	16.00	15.97
7	7%:0%	a3b1	4.10	3.90	3.50	3.00	2.98
8	7%:8%	a3b2	8.10	7.00	6.50	5.60	5.40
9	7%:16%	a3b3	27.50	20.05	18.00	17.35	16.98

La tabla 1 muestra la disminución de los sólidos solubles durante la etapa de fermentación para los nueve tratamientos, los cuales presentaban concentraciones iniciales de: a1b1 2.70; a1b2 5.10; a1b3 18.98; a2b1 2.10; a2b2 4.40; a2b3 19.80; a3b1 4.10; a3b2 8.10; a3b3 27.50. Esto demostró que, durante el proceso de fermentación, el índice de sólidos disminuye en las primeras 220 minutos, considerándose concluida la etapa a los 240 minutos, cuando los grados Brix se estabilizaron. Cabe mencionar que los tratamientos sin azúcares presentaron valores de sólidos solubles inferiores a 5.0.

Los valores del presente estudio se encuentran dentro de lo reportado por Churayra (2015) y Huang *et al.* (2022). Los grados Brix fueron medidos con un brixómetro calibrado de acuerdo a la norma INEN 273. Estos parámetros resultan similares a otros estudios, validando la medición de los mismos para evaluar el proceso de fermentación en función de la alimentación

microbiana. De esta manera, el análisis físico-químico permitió caracterizar y comparar las muestras, determinando los atributos relacionados a la calidad y estabilidad del producto fermentado de mayor aceptación.

3.1.2. pH

Cinética del pH durante el proceso de fermentación. Se describen en detalle los cambios en los resultados de las mediciones de pH en función del tiempo de fermentación para las diferentes formulaciones propuestas. Para realizar las mediciones se utilizó un potenciómetro de la marca Chechen by HANNA, el cual fue calibrado previamente con soluciones buffer a pH = 4 y pH = 7. El valor de pH se obtuvo introduciendo directamente el electrodo dentro de la muestra.

Los datos de resultados registrados durante la fermentación están presentados en la Tabla 2.

Tabla 2. *Análisis del pH en toma del tiempo de fermentación*

Nº	factores (a+b)	Combinación	(Inc.)	(1H)	(2H)	(3H)	(4H)
1	3%:0%	a1b1	6.79	6.26	5.61	4.78	3.75
2	3%:8%	a1b2	6.93	6.65	5.61	5.07	3.78
3	3%:16%	a1b3	6.76	6.24	5.70	5.04	3.95
4	5%:0%	a2b1	6.97	6.75	6.06	5.72	4.00
5	5%:8%	a2b2	6.94	6.24	5.80	4.61	4.26
6	5%:16%	a2b3	6.29	5.90	5.57	4.97	4.32
7	7%:0%	a3b1	6.61	6.16	5.33	4.58	3.86
8	7%:8%	a3b2	6.63	5.90	5.32	4.59	4.44
9	7%:16%	a3b3	6.65	5.83	5.20	4.92	4.63

La tabla 2 muestra la reducción del pH durante la fermentación. El comportamiento de los nueve tratamientos fue similar, excepto por la formulación a2b1 (5%:0%), cuyo pH varió de manera diferente a lo largo del tiempo de fermentación. Los pH iniciales en los diferentes tratamientos estuvieron entre 6.8 y 7.0 respectivamente.

En los tratamientos que no contenían glucosa ni sacarosa (T1, T4, T7), el proceso de fermentación se retrasó y los valores de pH disminuyeron hasta 3.8, 4.0 y 3.9 respectivamente, lo que indica que hubo fermentación producida por los microorganismos presentes a pesar de la ausencia de azúcares. La bajada del pH evidenció que ocurrió el proceso de fermentación, generando cambios en las propiedades organolépticas y alcanzando el nivel recomendado de pH < 4.6.

Los tratamientos T2, T5 y T8, con un 8% de glucosa, disminuyeron su pH a valores mínimos de 3.8, 4.3 y 4.4 respectivamente según el tiempo de fermentación, alcanzando valores inferiores al mínimo requerido.

En el proceso de fermentación de los tratamientos 3, 6 y 9, con 8% de glucosa y 8% de

sacarosa, el pH descendió por debajo de 4.6, considerándose una bebida fermentada de alta aceptación con un tiempo estimado de cuatro horas. Luego se aplicó un enfriamiento rápido una vez que la bebida alcanzó valores de pH de 4.0, 4.3 y 4.6 respectivamente.

Este resultado se encuentra dentro del rango de 4.00-5.00 reportado previamente por Churayra (2015) y Ramos (2017) como propio de un yogur normal. Dicho rango de pH es importante ya que impide el desarrollo de bacterias patógenas, gracias al efecto antagonista que genera el medio ácido sobre este tipo de microorganismos. La medición por potenciometría constituye el método analítico convencional para la determinación del pH en este tipo de productos lácteos fermentados. Los datos obtenidos validan que el proceso de elaboración generó las condiciones de acidez requeridas para asegurar la inocuidad microbiológica del yogur formulado a partir de quinua.

3.1.3. Determinación de acidez

Se determinó la acidez titulable mediante el método volumétrico descrito en la norma

técnica ecuatoriana INEN 13. Para ello, se vertieron 10 ml de la muestra en un matraz Erlenmeyer de 100 ml. Luego se adicionó 1 ml de solución de fenolftaleína. Posteriormente se tituló con solución de hidróxido de sodio al 0.1 N de forma lenta y con agitación, hasta obtener un color rosado persistente.

Al igual que el pH, la acidez titulable es una propiedad importante de medir dado que es un

indicador de la presencia y desarrollo de microorganismos, e incluso de posibles procesos de deterioro.

Se evaluó el comportamiento de la acidez titulable en función del tiempo de fermentación para los nueve tratamientos y las tres concentraciones de microorganismos (3%, 5%, 7%) y azúcares (0%, 8%, 16%). Dicho comportamiento se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. *Análisis de acidez a favor del tiempo de fermentación del yogur*

N°	Factores (a+b)	Combinación	(Inc.)	(1H)	(2H)	(3H)	(4H)
1	3%:0%	a1b1	0.01%	0.03%	0.06%	0.11%	0.15%
2	3%:8%	a1b2	0.04%	0.04%	0.08%	0.18%	0.19%
3	3%:16%	a1b3	0.05%	0.04%	0.11%	0.19%	0.22%
4	5%:0%	a2b1	0.02%	0.03%	0.07%	0.11%	0.27%
5	5%:8%	a2b2	0.03%	0.05%	0.05%	0.16%	0.19%
6	5%:16%	a2b3	0.04%	0.04%	0.10%	0.17%	0.20%
7	7%:0%	a3b1	0.02%	0.03%	0.07%	0.18%	0.19%
8	7%:8%	a3b2	0.05%	0.04%	0.10%	0.19%	0.21%
9	7%:16%	a3b3	0.06%	0.05%	0.11%	0.20%	0.31%

La acidez en productos lácteos fermentados se expresa generalmente como porcentaje de ácido láctico. Al respecto, la Norma Técnica Ecuatoriana indica que el rango aceptable de acidez para yogures es de 0.5% a 1.5% como mínimo y máximo respectivamente, según se detalla en la Tabla 3.

En el presente estudio, se midió la acidez titulable durante el proceso de fermentación del yogur vegano de quinua. Los resultados mostraron que los valores mínimos de acidez alcanzados fueron de 0.01% y 0.06%, mientras que los máximos fueron de 0.15% y 0.31% luego de 240 minutos de fermentación (4 horas).

El incremento de la acidez exhibió una tendencia directamente proporcional al tiempo

de fermentación. Los mayores incrementos se evidenciaron entre los 125 y 200 minutos de reacción. Al finalizar los 240 minutos, la fermentación concluyó observándose diferencias significativas en los valores de acidez alcanzados. Los tratamientos demostraron la relación directa entre el incremento de la acidez y el tiempo de fermentación del yogur vegano estudiado.

El tratamiento con mejor aceptación presentó un nivel de acidez titulable de 0.31%, el cual se encuentra por debajo del rango considerado normal de 0.6-1.5% de acuerdo a lo reportado por Arenas *et al.* (2016) y Liu *et al.* (2023). No obstante, esta acidez fue suficiente para inducir la coagulación de la bebida fermentada,

permitiendo la formación de una textura adecuada. Este efecto se logró gracias a la acción de los microorganismos lácteos utilizados.

La acidez titulable fue determinada siguiendo los lineamientos de la normativa técnica INEN aplicable a este tipo de productos. A pesar de exhibir una acidez inferior a lo reportado como típico, la formulación alcanzó los parámetros requeridos para asegurar la calidad y estabilidad del yogur elaborado a base de quinua fermentada (Alrosan et al 2022).

3.2. Valoración sensorial de los tratamientos

Para evaluar las propiedades sensoriales de los 9 tratamientos resultantes, se llevó a cabo un análisis de aceptabilidad sensorial con la participación de 30 jueces no expertos. El ensayo sensorial consistió en una prueba de preferencia, en la cual los jueces debieron evaluar de manera independiente las muestras en función de parámetros como olor, color, sabor y textura. Con el fin de validar los datos obtenidos, se realizó un análisis de varianza para discriminar si existían diferencias

significativas en las calificaciones promedio asignadas a cada tratamiento para los atributos sensoriales medidas. De esta forma, el estudio sensorial tuvo como objetivo determinar el perfil sensorio de los 9 tratamientos resultantes de la fermentación, considerando la percepción y preferencia de los jueces no entrenados respecto a las propiedades organolépticas de cada uno de ellos.

El análisis estadístico del olor (Tabla 4) reveló que, para el atributo olfativo, el tratamiento a3b3 sobresalió obteniendo una puntuación promedio significativamente superior al resto de formulaciones evaluadas. Específicamente, el tratamiento a3b3 -elaborado con una concentración de 7% de cultivos y 16% de azúcares- fue calificado con la valoración media más alta en cuanto al aroma por los panelistas. De esta forma, el método estadístico aplicado resultó útil para discriminar que dicho tratamiento fue percibido sensorialmente como poseedor de un olor más agradable, diferenciándose positivamente de los otros en este importante atributo de calidad para el producto final.

Tabla 4. Promedios de las variables sensoriales medidas a los tratamientos en estudio

N°	Microorganismos (Factor A)	Azúcares (Factor B)	Olor	Color	Sabor	Textura
1	a1:3%	b1:0%	3.9 c	5.4 ab	3.2 d	4.0 d
2	a1:3%	b2:8%	4.6 abc	5.3 ab	4.8 bc	5.2 abc
3	a1:3%	b3:16%	5.3 a	5.7 a	5.7 ab	5.4 ab
4	a2:5%	b1:0%	4.9 abc	5.0 b	3.3 d	4.4 cd
5	a2:5%	b2:8%	5.2 ab	5.4 ab	4.4 c	5.2 abc
6	a2:5%	b3:16%	5.4 a	5.8 a	5.6 ab	5.5 ab
7	a3:7%	b1:0%	4.3 bc	5.0 b	3.3 d	4.0 d
8	a3:7%	b2:8%	4.9 abc	5.3 ab	4.4 c	4.8 bcd
9	a3:7%	b3:16%	5.6 a	5.6 ab	6.0 a	5.9 a
	CV		25.4%	14.1%	27.1%	23.2%

Ramos (2017) describe que el olor característico del grano de quinua fue distinguido por los jueces no entrenados durante la evaluación sensorial. Sin embargo, en este trabajo no se utilizó quinua con olor natural, sino que se empleó grano procesado sin esta característica. A pesar de ello, el análisis sensorial permitió diferenciar claramente al tratamiento T9 como la alternativa de mejor aceptación aromática, validando la modificación del perfil organoléptico en función de la fermentación con cultivos probióticos y contenido de azúcares.

Los resultados del análisis estadístico para el atributo sensorial de sabor se exponen en la Tabla 4. Al aplicar la prueba de Tukey para comparaciones múltiples, la formulación que obtuvo mayor puntaje promedio para sabor fue la denominada T9 (a3b3), compuesta por 7% de microorganismos y 16% de azúcares, con un valor medio de 6.07. Por otra parte, la menor aceptación en cuanto a este atributo sensorial se registró para el tratamiento T4 (a1b2), el cual contenía 3% de microorganismos y 8% de azúcares, arrojando un promedio de 4.70. De este modo, el análisis estadístico permitió distinguir claramente que la muestra T9 fue valorada significativamente más alta en cuanto a sabor, mientras que la fórmula T4 fue calificada con la puntuación más baja para esta propiedad entre las alternativas ensayadas.

De este modo, el tratamiento T9 fue calificado significativamente más alto en cuanto a sabor, mientras que la fórmula T1 obtuvo la puntuación más baja para esta propiedad entre las alternativas evaluadas, según los resultados arrojados por el análisis estadístico efectuado.

Churayra Flores (2015) y Sanches *et al.* (2024) describe que el sabor natural de la quinua es

típico del cereal, siendo ligeramente ácido luego de la fermentación láctica. Para otorgar este atributo característico, en la presente investigación se empleó concentrado puro de quinua en la elaboración del yogur. De esta manera, la formulación T9 fue valorada por los jueces sensoriales como portadora del sabor más agradable, validando el diseño de la receta enfocada en resaltar el perfil gustativo original de la quinua mediante el proceso de fermentación.

El análisis estadístico de los resultados de textura mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (tabla 4). La prueba de Tukey reveló que la formulación con mayor puntaje promedio para esta propiedad fue la T9 (a3b3), compuesta por 7% de microorganismos y 16% de azúcares, con un valor de 5.90. Por otra parte, la menor calificación en cuanto a textura se registró para el tratamiento T7 (a3b1), el cual contenía 7% de microorganismos sin contenido de azúcares agregados, arrojando un promedio de 4.03. De este modo, los análisis estadísticos permitieron determinar que la muestra T9 fue valorada en forma significativamente mayor en términos de textura, mientras que la fórmula T7 fue calificada con la puntuación más baja para esta propiedad considerando las diferentes alternativas ensayadas.

Ramos (2017) describe que el yogur debe presentar una textura cremosa y viscosa, sin ser pastosa. La formulación propuesta en el presente estudio desarrolló una consistencia agradable, cumpliendo con las características descritas. Esto quedó demostrado por la buena aceptación otorgada por los jueces sensoriales. De esta forma, el análisis confirmó que el tratamiento 9 logró la textura óptima buscada,

garantizando una calidad sensorial acorde a lo reportado en investigaciones previas para este tipo de productos lácteos fermentados.

3.3. Viabilidad de los microorganismos en la bebida

El yogur de quinua del tratamiento T9 (a3b3), compuesto por 7% de microorganismos procedentes de la bebida madre fermentada y 16% de azúcares, obtuvo un puntaje promedio de aceptación de 5.70 por parte de los jueces sensoriales. El recuento microbiológico de este tratamiento arrojó una concentración de bacterias probióticas viables de 4.5×10^8 UFC/g. Este resultado se encuentra dentro del rango permitido de 1×10^6 UFC/g, establecido en la norma técnica INEN 2395:2011 para leches fermentadas, en lo que respecta al contenido mínimo de cultivos viable. De esta forma, la formulación ganadora cumplió satisfactoriamente con los parámetros microbiológicos normativos, albergando una población adecuada de bacterias probióticas, a pesar de haber sido sometida a un proceso de fermentación y de haber recibido la más alta aceptación sensorial por parte de los jueces evaluadores.

Los resultados del presente estudio se encuentran dentro de lo reportado por Arenas et al. (2016) y Huang et al. (2022), como valores típicos de bacterias probióticas en yogur, fijando un contenido mínimo de 10^6 UFC/g. La concentración alcanzada cumple satisfactoriamente con lo establecido en la Norma Técnica INEN 2395:2011 para este tipo de productos, en lo referente al parámetro microbiológico de cultivos probióticos viables mínimos. De este modo, la formulación propuesta demostró a través de un método

analítico confiable mantener una población adecuada de microorganismos benéficos, garantizando su funcionalidad tecnológica y sus propiedades saludables desde la perspectiva normativa.

3.4. Análisis de costos de producción a escala piloto del producto.

El estudio incluyó el cálculo del costo de producción del yogur vegano de quinua para la formulación de mayor aceptación sensorial (tratamiento T9). Los detalles del costo por litro de este tratamiento se presentan en la Tabla 7, arrojando un valor de \$1.28. Dado que la presentación comercial y de degustación considerada en el trabajo fue de 250ml, el costo unitario por envase resultó de \$0.31. Este costo de producción por litro para el yogur de quinua fermentado se encontró cercano a lo reportado previamente por otros autores para productos similares, validando la viabilidad tecnológica y económica del proceso evaluado para la formulación de mejor aceptación. De esta forma, el estudio aportó información relevante sobre la factibilidad de producción a escala del yogur vegano de quinua propuesto, considerando aspectos sensoriales, microbiológicos y de costos.

Los valores de producción por litro se encontraron cercano a lo reportado previamente por Cáman (2016) para un yogur con quinua, que estimó un costo superior de \$1.45 por litro. El análisis económico realizado incluyó todos los insumos y procesos requeridos para el desarrollo del presente estudio. Los resultados validaron la viabilidad técnica y económica del proceso evaluado para elaborar el yogur de quinua de mejor aceptación sensorial, con parámetros de costos consistentes con investigaciones similares.

4. CONCLUSIONES

La actual investigación ejecutada para desarrollar yogur vegano de quinua con añadidura de edulcorantes a diferentes concentraciones con inoculación de cultivo madre en diferentes porcentajes, se consideran las presentes conclusiones de los resultados conseguidos en respuesta a los objetivos planteados.

El tratamiento con mayor aceptación por los evaluadores fue el nueve teniendo un 7% de microorganismos de fermento madre y el 16% de edulcorante correspondiente al 8% sacarosa + 8% glucosa. Se determinó las características físico químicas de los nueve tratamientos en estudio, los sólidos solubles fueron relativamente descendiendo durante la fermentación finalizando con un rango de 16.98 °Brix, el pH cumplió su valor relativo en el proceso dentro de los parámetros, la acidez se marcó por debajo de uno.

La valoración sensorial del yogur vegano elaborado los nueve tratamientos, se alcanzó la mejor aceptación en la degustación del tratamiento nueve con el 7% de microorganismos y 16% azúcares; donde repercutieron los promedios: olor 5.63, color 5.60, sabor 6.07, textura 5.90; corroborando la aceptación del producto. El resultado microbiológico del principal tratamiento para la determinación de bacterias probióticas fue: 4.5×10^8 UFC/g, encontrándose el producto dentro de lo determinado según la norma INEN 2395:2011 considerándose apto para el consumo.

En el presupuesto para la obtención de yogur el costo por cada litro es de \$1.246, refiriéndose que el producto desarrollado es de 250 mL,

teniendo un costo de unidad procesada es de \$0.31.

Declaración de intereses

Ninguna.

Referencias

- Alrosan, M., Tan, T. C., Easa, A. M., Gammoh, S., & Alu'datt, M. H. (2022). Recent updates on lentil and quinoa protein-based dairy protein alternatives: Nutrition, technologies, and challenges. *Food chemistry*, 383, 132386.
- Arenas, C., Zapata Fernandez, R., y Gutiérrez Cortés, C. (2016). Evaluación de la fermentación láctica de la leche con la adición de quinua (*Chenopodium quinoa*). 3-4. Recuperado el 05 de Febrero de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914084.pdf>
- Camán, R. E. (2016). Evaluación Físico química y organoléptica de yogurt natural fortificado con harina de quinua. Chachapoyas - Perú: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Churayra Flórez, L. (2015). Efecto de la adición de proteína concentrada de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en las propiedades físico químicas y vida útil del yogur). Obtenido de Universidad Nacional del Altiplano: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3396>
- El Comercio. (2018). Alimentación vegana evitaría la muerte de personas en Ecuador. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/dieta-vegana-reduccioncontaminacion-tierra.html>
- Fernández. (2016). Características organolépticas físico – químicas y bromatológicas. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Obtenido de http://files.uladech.edu.pe/docente/32770118/Bromatologia/Sesion_02/sesi on_2_caracteriticas_organolepticas_fisicas_quimicas _de_los_lacteos.pdf
- Huang, K., Liu, Y., Zhang, Y., Cao, H., Luo, D. K., Yi, C., & Guan, X. (2022). Formulation of plant-based yoghurt from soybean and quinoa and evaluation of physicochemical, rheological, sensory and functional properties. *Food Bioscience*, 49, 101831.

Liu, Y., Huang, K., Zhang, Y., Cao, H., Luo, D. K., Yi, C., & Guan, X. (2023). Manufacture and characterization of a novel dairy-free quinoa yogurt fermented by modified commercial starter with *Weissella confusa*. *Food Chemistry: X*, 19, 100823.

(MSP) 2016. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Boletín Informativo. Obtenido de [https://www.salud.gob.ec/ministerio-de-salud-recomienda-verificar-el-estado-de-alimentos-previo-](https://www.salud.gob.ec/ministerio-de-salud-recomienda-verificar-el-estado-de-alimentos-previo-a-su-consumo/)

[a-su-consumo/](https://www.salud.gob.ec/ministerio-de-salud-recomienda-verificar-el-estado-de-alimentos-previo-a-su-consumo/)

Piskulich, R. (2017). Mercado de lácteos y derivados. *Revista El Productor*, 4-8.

Sanches, F. L., Weis, C. M. S. C., Gonçalves, G. C. V., Andrade, G. S., Diniz, L. G. T., Camargo, A. F., ... & Bertan, L. C. (2024). Study and characterization of a product based on a vegetable extract of quinoa fermented with water kefir grains. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 40(4), 1-13.