

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



TESIS:

**Optimización de parámetros para la producción de una bebida
nutraceútica con diferentes sustratos vegetales**

Para optar el título profesional de:

BIÓLOGO, ESPECIALIDAD: BIOTECNOLOGÍA

PRESENTADO POR:

Bach. Guido HUAYHUALLA URBANO

ASESORA:

Mg. Paula GARCÍA GODOS ALCÁZAR

AYACUCHO - PERÚ

2026

A mis padres y hermanos por su
permanente apoyo en mi
formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

A mi *Alma Mater*, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por haberme brindado la oportunidad de formarme como profesional, desarrollar capacidades y estrategias, para el éxito personal y profesional.

A la Escuela Profesional de Biología, así mismo a la Especialidad de Biotecnología, y los docentes, por compartir sus conocimientos y conducirme durante la formación profesional.

Mi más sincero agradecimiento a mi asesora Mg. Paula García Godos Alcázar, por su constante asesoramiento y apoyo incondicional en la ejecución de la presente investigación.

A todas las personas, amigos y familiares que me motivaron y apoyaron en mi formación profesional y en el desarrollo de la investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Bases teóricas	5
2.2.1. Tipos de bebidas	5
2.2.2. La “mashua” <i>Tropaelum tuberosum</i>	7
2.2.3. La “quinua” <i>Chenopodium quinoa</i> Willd	9
2.2.4. El “yacón” <i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp y Endl)	12
2.2.5. Bacteria probiótica	14
2.3. Marco conceptual	15
2.3.1. Bebida nutraceútica	15
2.3.2. Sustrato vegetal	15
2.3.3. Grados Brix	15
2.3.4. Preservante de bebida nutraceútica	15
2.3.5. Fermentación	16
2.3.6. Curva de crecimiento bacteriano	16
2.3.7. Acidez	16
2.3.8. Carga microbiana	16
2.3.9. Temperatura de fermentación	16
2.3.10. Análisis sensorial	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Ubicación	18
3.2. Población y muestra	18
3.2.1. Población	18
3.2.2. Muestra	18
3.2.3. Unidad experimental	18

3.3.	Metodología y recolección de datos	18
3.3.1.	Obtención y selección de material vegetal	18
3.3.2.	Preparación de los sustratos vegetales	18
3.3.3.	Activación y preparación del preinóculo de <i>Lactobacillus acidophilus</i>	19
3.3.4.	Determinación de las curvas de crecimiento	20
3.3.5.	Evaluación de parámetros de calidad y estabilidad	21
3.3.6.	Análisis sensorial (sabor)	21
3.4.	Diseño experimental	21
3.5.	Análisis estadístico	23
IV.	RESULTADOS	24
V.	DISCUSIÓN	34
VI.	CONCLUSIONES	42
VII.	RECOMENDACIONES	43
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
	ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química y valor nutricional de <i>Tropaelum tuberosum</i> “mashua” (Arteaga-Cano et al., 2022).	8
Tabla 2. Contenido en aminoácidos esenciales de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd “quinua”, Argentina – 2009 (Lopes et al., 2010).	11
Tabla 3. Composición química promedio de 10 accesiones de <i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp y Endl) “yacón” en relación a un kilogramo de materia fresca (Ohyama et al., 1990).	13
Tabla 4. Descripción de los tratamientos según cuatro factores (tipos de sustrato, grados °Brix, tipos de preservantes y temperatura) considerados para la optimización de parámetros de bebidas nutracéuticas considerando, Ayacucho, noviembre de 2020.	22
Tabla 5 Carga microbiana de <i>Lactobacillus acidophilus</i> en cuatro diferentes sustratos evaluados durante 125 h, Ayacucho, agosto de 2019.	24
Tabla 6. Valor promedio de <i>Lactobacillus acidophilus</i> UFC/mL por tratamiento, °Brix, tipo de preservante y temperatura de conservación a los 42 días. Ayacucho, octubre de 2019.	27
Tabla 7. Valoración en escala hedónica de los 36 tratamientos a los 42 días. Ayacucho, octubre de 2019.	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Curva de crecimiento de <i>Lactobacillus acidophilus</i> en caldo Lactobacilli determinados mediante recuento de colonias (UFC/mL) y absorbancia a 540 nm, durante 125 h. Ayacucho, agosto de 2019.	25
Figura 2. Curva de crecimiento de <i>Lactobacillus acidophilus</i> en; A) <i>Chenopodium quinoa</i> Willd “quinua”, B) <i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp y Endl) “yacón”, C) <i>Tropaelum tuberosum</i> “mashua” y D) caldo Lactobacilli, evaluados durante 124 h. Ayacucho, agosto de 2019.	26
Figura 3. Promedio del pH de las bebidas nutracéuticas en sustratos de <i>Tropaelum tuberosum</i> “mashua”, <i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp y Endl) “yacón” y <i>Chenopodium quinoa</i> Willd “quinua”, almacenados a temperatura ambiente y a 4 °C, durante 42 días. Ayacucho, octubre de 2019.	28
Figura 4. Tendencia del crecimiento poblacional de <i>Lactobacillus acidophilus</i> (UFC/mL) en sustrato de <i>Tropaelum tuberosum</i> “mashua” utilizando distintos preservantes (bisulfito de sodio, benzoato de sodio y control) almacenados a temperatura ambiente (A) y a 4 °C (B), durante 42 días, Ayacucho, octubre de 2019.	29
Figura 5. Tendencia del crecimiento poblacional de <i>Lactobacillus acidophilus</i> (UFC/mL) en sustrato de <i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp y Endl) “yacón” utilizando diferentes preservantes (bisulfito de sodio, benzoato de sodio y control), almacenados a temperatura ambiente (A) y a 4° C (B), durante 42 días. Ayacucho, octubre de 2019.	30
Figura 6. Tendencia del crecimiento poblacional de <i>Lactobacillus acidophilus</i> (UFC/mL) en sustrato de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd “quinua”, utilizando diferentes preservantes (bisulfito de sodio, benzoato de sodio y control), almacenados a temperatura ambiente (A) y a 4 °C (B), durante 42 días. Ayacucho, octubre de 2019.	31
Figura 7. Promedios del porcentaje de acidez de las bebidas nutraceúticas	32

en sustratos de *Tropaelum tuberosum* “mashua”, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) “yacón” y *Chenopodium quinoa* Willd “quinua” utilizando diferentes preservantes, almacenados a temperatura ambiente y a 4 °C, a los 42 días de almacenamiento. Ayacucho, octubre de 2019.

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Componentes del medio agar <i>Lactobacilli</i> (Bintsis, 2018).	52
Anexo 2. Flujograma de la metodología del proceso de elaboración de las bebidas nutracéuticas suplementados con <i>Lactobacillus acidóphilus</i> y tres sustratos vegetales. Ayacucho-2019.	53
Anexo 3. Análisis de varianza para comparar el pH de las bebidas nutracéuticas en 3 sustratos, a los cero días de almacenamiento, Ayacucho – 2019.	54
Anexo 4. Análisis de la varianza para comparar el pH de las bebidas nutracéuticas, a los 7 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.	55
Anexo 5. Prueba de Tukey para comparar el pH de las variables sustrato y preservante, a los 7 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.	56
Anexo 6. Análisis de la varianza para comparar el pH de las bebidas nutracéuticas, a los 14 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.	57
Anexo 7. Análisis de la varianza para evaluar el pH de las bebidas nutracéuticas, a los 21 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.	58
Anexo 8. Análisis de la varianza para comparar el pH de las bebidas nutracéuticas, a los 28 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.	59
Anexo 9. Análisis de la varianza para comparar el pH de las bebidas nutracéuticas, a los 35 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.	60
Anexo 10. Análisis de la varianza de los tratamientos para comparar el pH de las bebidas nutracéuticas, a los 42 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.	61
Anexo 11. Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutracéuticas, a los 0 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.	62
Anexo 12. Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutracéuticas, a los 7 días de almacenamiento.	63

Ayacucho – 2019.

Anexo 13.	Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutraceuticas, a los 14 días de almacenamiento.	64
	Ayacucho – 2019.	
Anexo 14.	Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutraceuticas, a los 21 días de almacenamiento.	65
	Ayacucho – 2019.	
Anexo 15.	Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutraceuticas, a los 28 días de almacenamiento.	66
	Ayacucho – 2019.	
Anexo 16.	Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutraceuticas, a los 35 días de almacenamiento.	67
	Ayacucho – 2019.	
Anexo 17.	Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutraceuticas, a los 42 días de almacenamiento.	68
	Ayacucho – 2019.	
Anexo 18.	Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutraceuticas, a los 0 días de almacenamiento.	69
	Ayacucho – 2019.	
Anexo 19.	Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutraceuticas, a los 7 días de almacenamiento.	70
	Ayacucho – 2019.	
Anexo 20.	Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutraceuticas, a los 14 días de almacenamiento.	71
	Ayacucho – 2019.	
Anexo 21.	Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutraceuticas, a los 21 días de almacenamiento.	72
	Ayacucho – 2019.	
Anexo 22.	Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutraceuticas, a los 28 días de almacenamiento.	73
	Ayacucho – 2019.	
Anexo 23.	Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutraceuticas, a los 35 días de almacenamiento.	74
	Ayacucho – 2019.	
Anexo 24.	Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras	75

de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutracéuticas, a los 42 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

Anexo 25. Registro fotográfico del proceso de ejecución de la investigación 76
Ayacucho – 2019.

Anexo 26. Matriz de consistencia. 78

RESUMEN

Para el desarrollo de bebidas nutracéuticas probióticas es indispensable mantener la viabilidad microbiana durante el proceso de almacenamiento; además vegetales andinos como yacón, mashua y quinua representan sustratos funcionales prometedores, pero es indispensable optimizar sus parámetros de fermentación que garanticen la estabilidad físico-química, microbiológica y sensorial del producto final. Por ello la investigación tuvo como objetivo evaluar el desarrollo de bebidas nutracéuticas con *Lactobacillus acidophilus* en sustratos andinos (yacón, mashua y quinua), mediante un diseño factorial 3×2×3×2 que consideró los sustratos vegetales, grados Brix (12° y 14°), tipo de preservante (sin preservante, bisulfito de sodio, benzoato de sodio) y temperatura de almacenamiento (ambiente y 4 °C). Se evaluaron parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales durante 42 días de almacenamiento. Los resultados demostraron que el yacón fue el sustrato más favorable para el crecimiento de *L. acidophilus*, atribuible a su alto contenido de fructooligosacáridos (FOS). La mashua presentó menor viabilidad bacteriana debido a la presencia de glucosinolatos que se hidrolizan a isotiocianatos inhibidores, mientras que la quinua presentó características intermedias. La refrigeración (4 °C) redujo significativamente la tasa de declive bacteriano en un 25-30 % comparado con temperatura ambiente. Los preservantes químicos (bisulfito y benzoato de sodio) redujeron la viabilidad en un 85-95 % en 48 h. Todos los tratamientos superaron el requisito regulatorio peruano ($\geq 10^6$ UFC/mL), con el 67 % manteniendo $>10^9$ UFC/mL, cumpliendo con las recomendaciones de la OMS/FAO para efectos terapéuticos. En cuanto a parámetros fisicoquímicos, la acidez osciló entre 0,034 % y 0,161 %, con el 77,8 % de los tratamientos clasificados como "muy buena" en la escala hedónica. La combinación óptima identificada fue yacón a 12 °Brix, sin preservante y almacenamiento a 4 °C, que mantuvo estabilidad predecible y valores de acidez dentro del rango recomendado por la FAO (0.03 %-0.10 %).

Palabras clave: *Lactobacillus acidophilus*, vegetales andinos, yacón, quinua, mashua.

I. INTRODUCCIÓN

En estos días las personas toman más conciencia del autocuidado y la salud, lo que ha llevado a que el concepto de nutrición sea parte fundamental del estilo de vida para mejorar la salud y prevenir y tratar enfermedades. Al mismo tiempo, la malnutrición y el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas (ECD) son atribuidas a las siguientes causas: ingesta de una dieta mal balanceada o inadecuada, exceso en el consumo de calorías, sedentarismo y a una predisposición genética (Sofi & Dinu, 2016).

Recientemente se ha señalado el potencial de tubérculos, cereales y leguminosas, debidamente procesados como alimentos nutraceuticos por el papel que algunos de sus componentes (compuestos bioactivos) desempeñan roles importantes para la prevención de ECD como: obesidad, hipertensión, diabetes, enfermedades cardiovasculares y cáncer. El uso de ingredientes como la quinua y otros vegetales en la formulación de bebidas nutraceuticas puede contribuir significativamente a la mejora de la salud pública mediante la prevención de enfermedades crónicas (Sofi & Dinu, 2016).

En este sentido, los alimentos nutraceuticos además de presentar un valor nutritivo ayudan a prevenir enfermedades y a mantener la buena salud de los consumidores y al ser suplementados con microorganismos vivos como *Lactobacillus acidophilus*, otorgan beneficios para la salud del consumidor, porque transforman estos productos en bebidas, con un cambio muy considerable en cuanto a su sabor y la presentación del producto terminado (Hemansi et al., 2018). De esta manera se logra una bebida deliciosa y visualmente más agradable, cumpliendo con características propias de una bebida nutraceutica.

Los antiguos pobladores del Perú consumieron cultivos andinos ricos en compuestos nutraceuticos, como *Tropaeolum tuberosum* "mashua", *Smallanthus*

sonchifolius (Poepp y Endl) “yacón” y *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”; estos productos son reconocidos a nivel mundial porque contienen altas concentraciones de proteínas y por las bondades curativas que poseen (Leidi et al., 2018).

Las bebidas nutracéuticas representan uno de los mercados de mayor crecimiento a nivel mundial con una tasa de crecimiento anual del 13,6 % entre los años 2002 al 2007. El principal criterio para la aceptación de este tipo de bebidas es su sabor; por lo tanto, la formulación de bebidas de alta calidad con un buen sabor es importante para un adecuado nivel de consumo, el cual es requerido para la promoción de la salud y prevención de enfermedades (McDonald, 2017).

La presente investigación surge con la finalidad de generar un valor agregado a la materia prima (mashua, quinua y yacón), debido a que actualmente hay una alta producción de cultivos andinos en el Perú, pero lamentablemente están desaprovechados por los pobladores. Debido a la falta de conocimiento de las propiedades nutritivas que tienen los cultivos andinos, las materias primas mencionadas serán suplementadas con *Lactobacillus acidophilus* para ser transformadas a una bebida nutracéutica y así aprovechar las propiedades que poseen. Por ello, los objetivos que se plantearon en la investigación son:

Objetivo general

Optimizar los parámetros para la producción de una bebida nutracéutica con diferentes sustratos vegetales.

Objetivos específicos

1. Determinar la curva de crecimiento de *Lactobacillus acidophilus* en sustratos de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) “yacón”, *Tropaeolum tuberosum* “mashua” y *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”.
2. Optimizar los parámetros de fermentación para la producción de la bebida nutracéutica en *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) “yacón”, *Tropaeolum tuberosum* “mashua” y *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”.
3. Evaluar los parámetros como carga microbiana, pH, acidez y el sabor.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La creciente demanda de bebidas funcionales responde al interés por estilos de vida saludables y la prevención de enfermedades. Estas bebidas incorporan compuestos bioactivos como antioxidantes, vitaminas, minerales, proteínas y prebióticos provenientes de fuentes vegetales (frutas, verduras, nueces, hierbas) o añadidos directamente. Los pseudocereales (quinua, amaranto y trigo sarraceno) destacan como bases ideales debido a su alto contenido de proteínas completas (con todos los aminoácidos esenciales, especialmente lisina), ausencia de gluten, riqueza en antioxidantes, vitaminas y minerales, y excelente digestibilidad proteica (PDCAAS superior al de cereales como trigo, arroz y maíz). Esta revisión enfatiza las tendencias actuales en la producción y consumo de bebidas funcionales de origen vegetal, con enfoque en aquellas elaboradas a partir de pseudocereales (Vajdovich et al., 2025).

Se desarrolló un néctar nutracéutico a base de cocona (*Solanum sessiliflorum*) y quinua (*Chenopodium quinoa* var. INIA 415 Pansakalla), siguiendo la Norma Técnica Peruana NTP 203.110 (2009), utilizando frutos recolectados en Madre de Dios, Perú. Un panel sensorial de 40 evaluadores determinó que la formulación más aceptada contenía 73 % de pulpa de cocona y 7 % de quinua cocida. Esta combinación incrementó en 42 % el contenido de macronutrientes y en 20 % la capacidad antioxidante respecto al néctar sin quinua; además, los granos cocidos de quinua mostraron el doble de actividad antioxidante que la cocona. El producto final fue una bebida baja en calorías (49,3 kcal/100 g), enriquecida con compuestos bioactivos y acorde con la normativa vigente, con potencial beneficio para la salud (Quispe-Herrera et al., 2022).

Se analizaron treinta y cinco accesiones distintas de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.) con el fin de identificar fuentes alternativas ricas en

fructooligosacáridos (FOS) y compuestos fenólicos antioxidantes. Los contenidos determinados variaron entre 6,4 y 65 g de FOS por 100 g de materia seca (MS), 7,9 a 30,8 mg de ácido clorogénico equivalente (AEC) por g de MS en fenólicos totales y 23 a 136 μ mol de equivalente de trolox (ET) por g de MS en capacidad antioxidante. Destacaron la accesión AJC 5189 por su elevado contenido de FOS y la DPA 07011 por su alto nivel de fenólicos totales y actividad antioxidante. Adicionalmente, se evaluó el efecto prebiótico de los FOS del yacón mediante un ensayo *in vivo* en cobayas: una dieta enriquecida con estos FOS favoreció el crecimiento de *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, incrementó la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) en el contenido fecal y mejoró la salud del colon, evidenciado por mayor densidad celular y mayor formación de criptas en el tejido ciego. En conjunto, el estudio permitió seleccionar accesiones de yacón con alto potencial nutracéutico por su riqueza en FOS, compuestos antioxidantes o ambas características (Campos et al., 2012a).

Al examinar la vida útil de una bebida nutracéutica derivada de *Tropaeolum tuberosum*, comúnmente conocida como “mashua”, las variables que se analizaron incluyeron los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), la concentración de iones de hidrógeno (pH), la densidad y la acidez valorable. La formulación más ventajosa se identificó como la *Stevia* combinada con goma xantana al 0,1 % y MP con corteza, ya que mostraba la mayor eficacia nutracéutica junto con atributos sensoriales óptimos (Cortez, 2016). Por el contrario, en el proceso de formulación y evaluación de una bebida láctea que incorporó harinas de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), los investigadores emplearon el software estadístico Design Expert v12 para analizar un total de 15 tratamientos experimentales. Los resultados indicaron que la formulación óptima consistía en: harina de mashua con un 2,14 %, harina de quinua con un 4,71 %, leche con un 83,15 % y azúcar con un 10 % (Huamán, 2014).

En la elaboración y evaluación de la bebida funcional a partir de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y piña (*Ananas comosus*) endulzado con *stevia*, realizaron la evaluación de la proporción y dilución, mientras que las variables dependientes evaluadas fueron: color, olor, sabor, aceptabilidad, pH, acidez, $^{\circ}$ Brix. El tratamiento con mayor aceptabilidad estaba compuesto por 50 % de yacón-50 % de piña, con pH de $3,58 \pm 0,03$; $5 \pm 0,01$ $^{\circ}$ Brix; $0,36 \pm 0,01$ % de acidez;

densidad de $1,02 \pm 0,01$ g/mL; viscosidad de $13,55 \pm 0,15$ cP, índice de color de $14,03 \pm 1,65$; $91,33 \pm 0,01$ % de humedad, finalmente el tratamiento tuvo un tiempo de vida anaquel de 15 días (Contreras & Purisaca, 2018).

En Acobamba-Huancavelica se elaboró 4 formulaciones diferentes de mashua (M) (*Tropaeolum tuberosum*) y quinua (Q) (*Chenopodium quinoa* Willd.), F1 (70%M-30%Q), F2 (60%M-40%Q), F3 (50%M- 50%Q) y F4 (40%M-60%Q), que fueron llevadas a la evaluación sensorial por el método de escala hedónica de 7 puntos. El tratamiento F1 obtuvo 5,6 puntos dentro de escala bueno y muy bueno, la F4 con 4,6 como aceptable y bueno, la F3 con 4,1 puntos en la escala aceptable y la F2 con 4 puntos como aceptable. Otros parámetros que cumplió el mejor puntaje fue: humedad (91,7 %), ceniza (0,11 %), proteína (0,73 %), grasa (0,04 %), fibra (0,19 %), carbohidratos (7,23 %), hierro (1,12 mg/100 g), vitamina A (15 mg/100 g), tiamina (0,08 mg/100 g), riboflavina (0,10 mg/100 g), niacina (0,7 mg/100 g), vitamina C (68 mg/100 g) y aminoácidos (0,89 mg/100 g) (Huamán, 2014).

Al investigar la influencia de la concentración de extracto de betarraga (*Beta vulgaris*) y jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en la elaboración de una bebida nutracéutica aromatizada con menta (*Mentha piperita*)", evaluaron la vida anaquel de los mejores tratamientos, obteniendo jarabe de yacón utilizando 5 %; 10 %; 15 % en una relación pulpa/agua de 1:1, 1:3 y 1:5, al mismo tiempo se evaluó pH, °Brix, % acidez total, viscosidad y vitamina C de la bebida nutracéutica. También se evaluó los atributos sensoriales de aspecto general, color, olor y sabor, empleando un DBCA con 18 panelistas semientrenados. Los mejores resultados en pH fueron para: T4 (4,20), T5 (4,20) y T1 (4,29); respecto a los °Brix el T1 (12,70), T4 (13,90), T7 (13,80) mostraron los mejores resultados. La acidez titulable resultó mejor para los T1 (0,34) y T2 (0,34). La viscosidad resultó mejor para el T5 (36,22 cps) y la vitamina C para el T1 (6,73). Los mejores tratamientos (T1 y T2) fueron sometidos a temperatura de 19 y 6 °C, a los 0, 30 y 60 días de almacenamiento (Chuquizuta & Gongora, 2014).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Tipos de bebidas

Dentro de los principales tipos de bebida se tiene:

a. Bebidas nutracéuticas

El término nutracéutico fue planteado en 1989 por el Dr. Stephen De Felice, presidente de la Fundación para la Innovación en Medicina, a partir de la fusión de dos palabras "nutrición" y farmacéutico", por ello las bebidas nutracéuticas

son conocidas también como bebidas funcionales o bebidas fortificadas; es un suplemento dietético concentrado que está hecho a partir de una sustancia natural bioactiva presente en los alimentos y que proporciona un efecto favorable sobre la salud; superior al que tendría el alimento normal (Dudeja & Gupta, 2017), por lo tanto, los nutraceuticos son aislados y/o purificados de aquellos alimentos mediante los métodos no desnaturalizantes (Sut et al., 2016).

La nueva oferta de alimentos y bebidas en los países desarrollados viene marcada por productos con propiedades funcionales. Por ello la industria de la alimentación consigue la diferenciación de sus productos incorporando en sus productos ingredientes que aportan un efecto positivo sobre una o varias funciones del organismo. Estos ingredientes nutraceuticos se comercializan principalmente en productos alimenticios que son el suplemento dietético que proporciona una forma concentrada del agente bioactivo, utilizado para incrementar la salud en dosis que exceden aquellas que pudieran ser obtenidas del alimento normal (Olivos et al., 2012).

La clasificación de bebidas nutraceuticas incluye diversas subcategorías y está en continuo crecimiento y desarrollo (Kaur et al., 2024).

b. Bebidas energéticas

Son bebidas que tienen altas cantidades de cafeína y otros estimulantes similares, como el ginseng y guaraná. La cantidad promedio de cafeína en una bebida energética puede variar de 75 mg a 200 mg por porción, en comparación con las bebidas carbonatadas donde oscila entre 30 a 60 mg por porción. Las bebidas energéticas proporcionan un impulso de energía, pero tienen una desventaja, ese impulso de energía es de muy corta duración y pueden tener graves consecuencias para la salud, muchas de ellas derivadas de la adicción que puede provocar sus estimulantes (Duchan et al., 2010).

c. Bebidas isotónicas para deportistas

Las bebidas isotónicas son aquellas que favorecen la hidratación y reposición de electrolitos del organismo ante pérdidas importantes al hacer ejercicio. Contienen una cantidad de agua, hidratos de carbono y minerales adecuada para este fin ya que esa cantidad es similar a la que encontramos en la sangre. El intestino absorbe estos nutrientes, que pasan a la sangre de forma bastante rápida, mejorando la hidratación, la reposición de sales y manteniendo la funcionalidad digestiva (Duchan et al., 2010).

d. Refrescos de té RTD (Ready To Drink)

El té es una bebida de gran consumo y muchos de sus componentes se asocian con beneficios para la salud. Los efectos del té se asocian principalmente a la acción antioxidante de sus componentes. Además, los polifenoles del té, producen *in vitro*, efectos inhibitorios en la iniciación, promoción y progresión del cáncer al actuar sobre diferentes enzimas involucradas en las distintas etapas oncológicas. Los productos de la versión RTD (Ready to Drink), son mezclas preelaboradas que se comercializan listas para consumir y que se alejan de la infusión caliente ofreciendo el concepto de “té helado”. Se prefiere la practicidad que da el formato RTD, por encima de la clásica infusión de hierbas. La industria anticipa un fuerte crecimiento continuo durante los próximos años, impulsado principalmente por el incremento en el interés por las propiedades medicinales de vegetales (Duchan et al., 2010).

e. Agua funcional

El creciente mercado del agua embotellada, sigue evolucionando en respuesta a las necesidades de los consumidores, acercándose a las bebidas funcionales y respondiendo a los momentos de consumo que demanda el consumidor actual. El agua embotellada saborizada, es un componente principal en la tendencia de las bebidas sanas, sobresaliendo como una bebida moderna que ha roto con la exclusividad de las bebidas carbonatadas (Duchan et al., 2010).

2.2.2. La “mashua” *Tropaeolum tuberosum*

Es el cuarto tubérculo más importante después de la papa, oca y olluco. Es un tubérculo propio de las zonas andinas y se distribuye desde Colombia hasta el norte de Argentina; sin embargo la mayor concentración de biodiversidad que se encuentra en su zona de origen, la cual se encuentra entre Perú y Bolivia a una altitud de 3 500 a 3 800 m s.n.m (Ortega et al., 2007).

Nuestros antepasados consumían *Tropaeolum tuberosum* “mashua” por su alto contenido de aminoácidos esenciales como lisina, aminoácido limitante en muchos cereales y leguminosas; también contiene cantidades de carotenos (vitamina A) y de Vitamina C (77 mg en 100 gramos de materia fresca comestible), siendo cuatro veces más que la cantidad de esta vitamina encontrada en la papa (Apaza et al., 2020).

a. Clasificación

Artur Cronquist (1981) realizó un sistema de clasificación para plantas con flor, donde *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón presenta la siguiente clasificación (Govaerts, 2023):

Dominio	: Eukarya
Reino	: Vegetal
Filo/División	: Magnoliophyta (Plantas vasculares)
Clase	: Magnoliopsida (Eudicotiledóneas)
Orden	: Geraniales
Familia	: Tropaeolaceae
Género	: <i>Tropaeolum</i>
Especie	: <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz & Pavón

b. Usos y propiedades nutraceuticas

La mashua es consumida en forma de sancochado, asado o como “thayacha”, que consiste en exponer los tubérculos por una noche a los efectos de la helada. Al día siguiente se comen, acompañados de miel de chancaca (caña). En la alimentación humana se le utiliza para sopas, mermeladas, etc.; en la industria para producir antibióticos, también posee propiedades curativas del hígado y riñones entre otros. A los tubérculos se les atribuye propiedades anafrodisiacas, se narra que los incas, la incluían en la alimentación de sus soldados; también es utilizado como repelentes de muchos insectos, nemátodos y otros patógenos (Leiva-Revilla et al., 2012).

Actualmente la mashua es muy escasa debido a que tiene poco valor comercial, ya que no es muy apetecido por el hombre porque tiene un sabor picante cuando está cruda, debido a los isotiocianatos en cocido pierde esta característica, pero aún es rechazada por las personas de sexo masculino porque se dice que es anafrodisiaco (Aguilar-Galvez et al., 2020).

c. Valor nutricional

El valor nutritivo es el siguiente:

Tabla 1. Composición química y valor nutricional de *Tropaeolum tuberosum* “mashua” (Arteaga-Cano et al., 2022)

Composición por 100 gramos de porción comestible		
Energía	Kcal	50
Agua	g	87,4
Proteína	g	1,5
Grasa	g	0,7
Carbohidratos	g	9,8
Fibra	g	0,9
Ceniza	g	0,6
Calcio	mg	12
Fósforo	mg	29
Hierro	mg	1,0
Retinol	mg	12

Tiamina	mg	0,10
Riboflavina	mg	0,12
Niacina	mg	0,67
Ácido ascórbico	*	77,5

d. Viabilidad de *Tropaelum tuberosum* “mashua” como insumo para bebidas nutraceuticas

Desde el punto de vista nutricional y fitoquímico, diversos trabajos recientes han caracterizado genotipos de mashua y han encontrado que estos tubérculos contienen compuestos bioactivos valiosos: polifenoles, flavonoides, glucosinolatos, compuestos antioxidantes y vitaminas (incluyendo vitamina C, pigmentos carotenoides) (Jacobo-Velázquez et al., 2022).

Ya se ha intentado llevar este potencial hacia el desarrollo de bebidas funcionales: por ejemplo, un estudio optimizó el proceso de pasteurización (temperatura y tiempo) para un jugo de mashua morada, buscando mantener la capacidad antioxidante, los fenoles totales, los flavonoides y los antocianos, mientras se obtenía aceptabilidad sensorial adecuada. En dicho trabajo se halló que un tratamiento cerca de 77 °C por 13 minutos permitía minimizar la degradación de compuestos funcionales y lograr buena aceptación (Velásquez-Barreto et al., 2020). Sin embargo, para que el mashua sea realmente viable como materia prima para bebidas nutraceuticas, deben tomarse en cuenta algunos aspectos como, la presencia de los glucosinolatos. Dichos compuestos pueden transformarse en compuestos sulfurados con sabor fuerte o efectos fisiológicos no deseados; el que puede controlarse mediante procesos adecuados de extracción, ajuste de pH y control térmico (inactivación parcial) (Aguilar-Galvez et al., 2020). Además, la estabilidad de los fenoles y antioxidantes frente al calor, la luz y el oxígeno es un desafío tecnológico habitual en bebidas funcionales. Otro aspecto importante que se debe tomar en cuenta es el reporte de efectos antimicrobianos, antiinflamatorios y hasta posibles efectos sobre la función reproductiva masculina al consumir extractos de mashua prolongadamente (Cárdenas-Valencia et al., 2008). Esto implica que, para el uso del público general, debe evaluarse la dosis funcional segura, además de realizar estudios toxicológicos y garantizar que el contenido de metabolitos secundarios esté dentro de rangos seguros.

2.2.3. La “quinua” *Chenopodium quinoa* Willd

a. Clasificación taxonómica

Taxonómicamente está clasificado dentro de las Amaranthaceae, según la clasificación de Cronquist (Govaerts, 2023).

Dominio	: Eukarya
Reino	: Plantae
Filio/División	: Magnoliophyta (Plantas vasculares)
Clase	: Magnoliopsida (Eudicotiledóneas)
Orden	: Caryophyllales
Familia	: Amaranthaceae
Género	: <i>Chenopodium</i>
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willd

La quinua es un antiguo cultivo alimenticio autóctono de la región andina, y su cultivo se remonta aproximadamente a 5 000 años antes de Cristo. Los incas desempeñaron un papel fundamental a la hora de reconocer su potencial agrícola y atribuyeron una importancia significativa a sus beneficios nutricionales. Si bien la quinua está fundamentalmente vinculada a los Andes, existen varias hipótesis sobre la localidad andina específica de la que se originó este cultivo. Una hipótesis postula que la quinua se cultivó por primera vez en las tierras altas andinas de Perú y Bolivia antes de su diseminación hacia el norte, a Colombia, y hacia el sur, a Chile. Otra perspectiva sugiere que la cultura chibcha de Colombia, que prosperó en la época prehispánica, representa el centro original del cultivo de la quinua. Sin embargo, dada la diversidad varietal observada, los orígenes de la quinua parecen extenderse desde la región sur del Pasco Nudo en Perú hasta las tierras altas compartidas por Perú y Bolivia. (Basantes-Morales et al., 2019).

La palabra quinua o quinoa es de origen quechua, tiene como nombre científico *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”. Era considerada en la época del apogeo incaico, un alimento sagrado, siendo empleada además para usos medicinales. Según los cronistas, en las fiestas religiosas la quinua se ofrecía al dios Sol, tanto en los andes centrales del Perú como del resto de las tierras altas de Sudamérica, la quinua alcanzó mucha importancia como alimento muy nutritivo (Tuisima & Fernández, 2015).

a. Usos

El grano de quinua se utiliza principalmente como alimento para los seres humanos y también es reconocido por sus aplicaciones terapéuticas. La función principal de la quinua radica en el consumo de sus semillas, que presentan

perfiles nutricionales superiores en comparación con la mayoría de los cereales e incluso con los huevos o los productos lácteos. Estos granos se muelen para producir harina, que posteriormente se emplea en la preparación de sopas, bebidas, pasteles y pan. Además, el follaje fresco se utiliza como verdura que posee un valor nutricional significativo. Las semillas germinadas se incorporan a las ensaladas. Existen varias modalidades de consumo de este producto, que incluyen granos, hojuelas y varios productos derivados, como la pasta, los cereales preparados y las barras de chocolate; además, se han identificado usos para limpiar la piel, el cabello y los tejidos; estas prácticas se llevan a cabo utilizando el agua espumosa que se genera al lavar las semillas, que se compone principalmente de saponina. (Ahumada et al., 2016).

b. Valor nutricional

Esta especie constituye uno de los principales componentes de la dieta alimentaria de los pobladores de los andes, desde el punto de vista nutricional, es la fuente natural de proteína vegetal, contiene alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales, el valor calórico es mayor que otros cereales, tanto en grano y en harina alcanza 350 Cal/100 g, que lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías. El grano de quinoa contiene de 14 a 20 % de proteínas, grasa 5,7-11,3 % y fibra 2,7-4,2 %, lo cual es mayor al del trigo de 8,5 % de proteína, grasa 1,5 % y fibra 1,99 %. Además, contiene fitoestrógenos, sustancias que previenen enfermedades crónicas como la osteoporosis, cáncer de mama, enfermedades del corazón y otras alteraciones femeninas por la falta de estrógenos durante la menopausia. El valor calórico es mayor que otras cereales, tanto en grano y en harina alcanza a 350 Cal/100 g, que lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías. La composición de aminoácidos esenciales le confiere un valor biológico comparable solo con la leche, el huevo y la menestra, constituyéndose por lo tanto en uno de los principales alimentos (Lopes et al., 2010).

Tabla 2. Contenido en aminoácidos esenciales de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”, Argentina – 2009 (Lopes et al., 2010)

Aminoácidos	% Por mg de proteína
Fenilalanina	4,7
Histidina	3,5
Lsoleucina	6,4
Leucina	6,9
Lisina	7,1

Metionina	3,4
Treonina	5,0
Triptófano	1,0
Valina	4,1

c. Viabilidad de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua” como insumo para bebidas nutracéuticas

El perfil nutricional que muestran los granos de la quinua, lo hace excepcional como materia prima idónea para el desarrollo de bebidas nutracéuticas. Contiene proteínas de alta calidad con todos los aminoácidos esenciales, carbohidratos complejos, ácidos grasos insaturados, fibra y compuestos antioxidantes como flavonoides y ácidos fenólicos (Arguello-Hernández et al., 2024). Estos componentes le confieren propiedades funcionales que favorecen la salud metabólica, digestiva y cardiovascular. Estudios han demostrado la factibilidad de elaborar bebidas empleando semillas de quinua, tanto fermentadas como no fermentadas, que conservan su valor nutricional y mejoran su digestibilidad. La fermentación, en particular, reduce los factores antinutricionales (saponinas, fitatos, taninos) y potencia la biodisponibilidad mineral y la actividad antioxidante (Ayub et al., 2021). Además, las proteínas y polisacáridos de la quinua contribuyen a una textura estable y a una sensación agradable en boca, favoreciendo su aceptación sensorial. Sin embargo, su empleo tecnológico requiere un control adecuado, principalmente en el amargor y la estabilidad coloidal, así como el uso de técnicas de procesamiento suaves (remojo, germinación, ultrasonido o pasteurización moderada) que deben conservar los compuestos bioactivos (El-Sohaimy et al., 2025). En caso de superar dichas limitantes, la quinua se convierte en un ingrediente con mucho potencial para bebidas nutracéuticas de identidad andina, combinando alto valor nutricional, funcionalidad y sostenibilidad.

2.2.4. El “yacón” *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl)

Smallanthus sonchifolius (Poepp y Endl) “yacón” se encuentra distribuida en la zona de los andes comprendida entre los 800 y 2 800 m s.n.m. En el Perú, el yacón se puede sembrar durante todo el año, sobre todo en lugares con riego y sin ocurrencia de heladas (Manrique et al., 2005). Crece en el área alto andina de 18 departamentos: Piura, Cajamarca, Amazonas, Lambayeque, La Libertad, San Martín, Ancash, Huánuco, Lima, Pasco, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Arequipa, Cusco y Puno (Choque et al., 2013).

a. Clasificación taxonómica

Taxonómicamente está clasificado dentro de las Asteraceae, según la clasificación de Cronquist (Puerta & García, 2013).

Domino : Eukarya
Reino : Plantae
Filo/División : Magnoliophyta (Plantas vasculares)
Clase : Magnoliopsida (Eudicotiledóneas)
Orden : Asterales
Familia : Asteraceae
Género : *Smallanthus*
Especie : *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl)

b. Composición química

La composición química de las raíces de yacón se presenta en la Tabla 3. El yacón es una de las raíces comestibles con mayor contenido de agua, representado entre el 83 y 90 % del peso fresco de las raíces (Puerta & García, 2013). El mineral más abundante es el potasio, en promedio 230 mg/100 g de materia fresca comestible. En mucho menor cantidad se encuentra el calcio, fósforo, magnesio, sodio y hierro. En cuanto al contenido de proteínas, lípidos y vitaminas es bastante bajo. Los carbohidratos representan alrededor del 90 % del peso seco de las raíces recién cosechadas, de los cuales entre el 50 y 70 % fructooligosacáridos (FOS). El resto de carbohidratos lo conforman la sacarosa, fructosa y glucosa (Kim et al., 2013).

Tabla 3. Composición química promedio de 10 accesiones de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) “yacón” en relación a un kilogramo de materia fresca (Ohshima et al., 1990)

Componentes	Promedio	Rango
Materia seca (g)	115	98- 136
Carbohidratos totales (g)	106	89-127
Fructanos (g)	62	31-89
Sacarosa libre (g)	14	10–19
Fructosa libre (g)	8,5	3,9 – 21,1
Glucosa libre (g)	3,5	2,3 – 5,9
Proteína (g)	3,7	2,7 – 4,9
Fibra (g)	3,6	3,1 – 4,1
Lípidos (mg)	244	112-464
Calcio (mg)	87	56- 131
Fósforo (mg)	240	182- 309
Potasio (mg)	2 282	843 – 2 946

c. Viabilidad de *Smallanthus sonchifolius* “yacón” como insumo para bebidas nutraceuticas

Su raíz que es tuberosa, tiene un sabor dulce y alto contenido de agua, así como de fructooligosacáridos (FOS), compuestos fenólicos y fibra soluble, características que lo hacen adecuado para su uso en el desarrollo de bebidas nutraceuticas y funcionales (Pedreschi et al., 2003).

El yacón posee elevadas concentraciones de FOS, los cuales representan hasta el 70 % de su materia seca y actúan como compuestos prebióticos capaces de modular favorablemente microbiota intestinal. Estos oligosacáridos no son digeribles por las enzimas humanas y alcanzan intactos el colon, donde son fermentados por bacterias benéficas del género *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, promoviendo la producción de ácidos grasos de cadena corta y contribuyendo así a la salud gastrointestinal y al metabolismo energético (Roberfroid, 2008). Además, el yacón contiene una diversidad de compuestos fenólicos, principalmente ácidos clorogénicos e hidroxycinámicos, que le confieren una importante capacidad antioxidante y un potencial efecto protector frente al estrés oxidativo (Khajehei et al., 2018).

La integración del yacón en bebidas nutraceuticas ofrece varias ventajas. Su alto contenido de FOS permite desarrollar productos con bajo índice glucémico y efecto prebiótico, recomendado para personas que buscan mejorar su salud metabólica. Asimismo, al presentar compuestos fenólicos y metabolitos secundarios, estos aportan propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y moduladoras del metabolismo. También, su sabor naturalmente dulce y sabor agradable facilitan su incorporación en formulaciones líquidas, que pueden ser jarabes, extractos, polvos solubles o matrices fermentadas simbióticas (Marín Arévalo & Ratkovich, 2024).

Se debe tomar en cuenta que, el uso del yacón en bebidas requiere un control riguroso. Durante el almacenamiento y procesamiento, los FOS pueden hidrolizarse en azúcares simples (glucosa, fructosa, sacarosa), lo que modifica el perfil glucémico y las propiedades prebióticas del producto. También, los compuestos fenólicos están sujetos a degradación por oxidación, luz o calor, en ese caso es necesario diseñar procesos de pasteurización suaves, mantener un pH óptimo (4-5) y utilizar envases con protección frente a la luz y el oxígeno (Delgado et al., 2013). El control microbiológico también es esencial, dado que la raíz del yacón, al ser altamente húmeda y rica en carbohidratos, puede favorecer el crecimiento de microorganismos no deseados si no se aplican medidas adecuadas de inocuidad y conservación.

2.2.5. Bacteria probiótica

Es un microorganismo vivo que, cuando se administra en cantidades adecuadas, confiere un beneficio para la salud del huésped. Estas bacterias suelen pertenecer a los géneros *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, entre otros, y se encuentran comúnmente en alimentos fermentados o suplementos dietéticos (Hill et al., 2014).

a. *Lactobacillus acidophilus*

Es una bacteria que crece fácilmente en medios mucho más ácidos que los ideales para otros microorganismos (pH entre 4 y 5) crece en condiciones óptimas a unos 45 °C *Lactobacillus acidophilus* crece de manera natural en una gran variedad de alimentos incluidos la leche, carne, el pescado y los cereales. También está presente en los intestinos de los animales y del ser humano, en la boca y la vagina (Bull et al., 2014). *Lactobacillus acidophilus* absorbe la lactosa y la metaboliza formando ácido láctico, también es utilizada como probiótico, esta bacteria se ha usado en la medicina alternativa como un tratamiento eficaz contra la diarrea por rotavirus en niños, la diarrea causada por antibióticos, quimioterapia u hospitalización, para tratar el síndrome de intestino irritable, las infecciones vaginales, los cólicos en los bebés, las infecciones pulmonares en los niños, o los problemas de la piel en los niños que son alérgicos a la leche (Kale-Pradhan et al., 2010).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Bebida nutraceútica

Producto líquido que contiene ingredientes bioactivos con propiedades saludables comprobadas, diseñado para proporcionar beneficios fisiológicos adicionales más allá de la nutrición básica, incluyendo la prevención y tratamiento de enfermedades (Nazahand et al., 2022).

2.3.2. Sustrato vegetal

Material de origen vegetal utilizado como medio de cultivo para la fermentación de microorganismos probióticos, que proporciona nutrientes esenciales, compuestos bioactivos y prebióticos específicos que favorecen el crecimiento y actividad microbiana, siendo fundamental en el desarrollo de bebidas nutracéuticas con propiedades funcionales (Velásquez-Barreto et al., 2020).

2.3.3. Grados Brix

Unidad de medida que expresa la concentración de sólidos solubles totales en una solución, expresada como gramos de sacarosa por 100 gramos de solución. Es una medida fundamental en la industria alimentaria para evaluar la madurez

de frutas, la concentración de jugos y la calidad de productos fermentados, siendo especialmente relevante en la formulación de bebidas nutracéuticas donde influye en la disponibilidad de sustratos fermentables para microorganismos probióticos (Marques et al., 2021).

2.3.4. Preservante de bebida nutracéutica

Compuesto o método añadido a bebidas nutracéuticas para prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos y deterioro del producto, manteniendo la seguridad y calidad durante el almacenamiento, con especial consideración en bebidas probióticas donde debe preservar el producto sin afectar negativamente la viabilidad de las cepas beneficiosas (Irwin et al., 2017).

2.3.5. Fermentación

Proceso metabólico en el que microorganismos (típicamente bacterias lácticas) convierten carbohidratos en compuestos orgánicos (como ácido láctico), gases o alcohol, bajo condiciones controladas de temperatura, pH y tiempo, para preservar alimentos, mejorar su valor nutricional y desarrollar propiedades funcionales específicas (Dahal et al., 2020).

2.3.6. Curva de crecimiento bacteriano

Representación gráfica que muestra la variación en la población microbiana a lo largo del tiempo, caracterizada por cuatro fases distintas: latencia (adaptación), exponencial (crecimiento logarítmico), estacionaria (equilibrio entre división y muerte celular) y declive (muerte celular), obtenida mediante medición directa de unidades formadoras de colonias (UFC/mL) o indirecta mediante absorbancia (OD) en medios líquidos, reflejando la respuesta microbiana a condiciones específicas de cultivo (Liu et al., 2024).

2.3.7. Acidez

Medida de la cantidad total de ácidos presentes en una solución, expresada como porcentaje de ácido láctico equivalente, obtenida mediante titulación con una base fuerte. En bebidas nutracéuticas fermentadas, este parámetro refleja la actividad metabólica de bacterias lácticas como *Lactobacillus acidophilus*, cuya producción de ácido láctico aumenta con el tiempo y la biomasa bacteriana (El-Garhi et al., 2025).

2.3.8. Carga microbiana

Medida cuantitativa de la población viable de microorganismos en un producto, expresada en Unidades Formadoras de Colonias por mililitro (UFC/mL), obtenida mediante recuento directo en medios de cultivo o métodos indirectos como absorbancia óptica (OD), que permite evaluar la viabilidad y estabilidad de cepas

probióticas durante el proceso fermentativo y almacenamiento (Chen et al., 2015).

2.3.9. Temperatura de fermentación

Parámetro crítico en el proceso de producción de bebidas nutracéuticas probióticas que determina la velocidad de metabolismo microbiano, la producción de metabolitos bioactivos, la estabilidad de la cepa probiótica y la calidad final del producto, siendo fundamental para optimizar la viabilidad de *Lactobacillus acidophilus* durante la fermentación y almacenamiento (Cabello-Olmo et al., 2020).

2.3.10. Análisis sensorial

Proceso sistemático de evaluación de las características sensoriales de un producto (sabor, aroma, textura, color) mediante la percepción humana, utilizando escalas hedónicas o descriptivas para determinar la aceptabilidad del consumidor, siendo un indicador crítico para el éxito comercial de bebidas nutracéuticas (Molero-Méndez et al., 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud de 2 761 m s.n.m.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Bebidas nutraceuticas elaboradas en base a *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) “yacón”, *Tropaeolum tuberosum* “mashua” y semillas de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”.

3.2.2. Muestra

144 recipientes conteniendo preparados de bebidas nutraceuticas (36 tratamientos con 4 recipientes cada uno).

3.2.3. Unidad experimental

Un recipiente conteniendo el preparado de una bebida nutraceutica en base a *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) “yacón”, *Tropaeolum tuberosum* “mashua” o semillas de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”.

3.3. Metodología y recolección de datos

3.3.1. Obtención y selección de material vegetal

Los tubérculos de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) “yacón”, *Tropaeolum tuberosum* “mashua” y semillas de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”; fueron comprados del Mercado Nery García Zárate de la ciudad de Ayacucho.

3.3.2. Preparación de los sustratos vegetales

Para asegurar la inocuidad y la disponibilidad de carbohidratos para la fermentación, se llevó a cabo los siguientes procedimientos:

- a. Recepción y selección:** Se seleccionaron raíces de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y tubérculos de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) frescas, sin

daños mecánicos ni contaminación visible. Mientras que los granos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) se obtuvieron libres de impurezas.

- b. **Lavado y desinfección:** Se lavaron con agua potable y se desinfectaron por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio (100 ppm) durante 10 minutos. Posteriormente, se realizaron tres enjuagues con agua estéril para eliminar cualquier residuo de desinfectante.
- c. **Obtención de jugos y extracto**
 - Yacón y Mashua: Las raíces y tubérculos se pelaron y procesaron en un extractor de jugos. El jugo crudo obtenido fue filtrado utilizando gasa estéril para eliminar sólidos gruesos.
 - Quinua: En este caso, como primer paso se realizó el proceso de desaponificado, para el cual se hizo lavados sucesivos de los granos con sobado y agitación constante. Posteriormente, se procedió a la cocción en una proporción de 1:3 (quinua: agua) hasta que los granos alcanzaron una textura blanda. El extracto se obtuvo licuando la quinua cocida con agua destilada estéril, seguido de una filtración para separar el material sólido.
- d. **Estandarización de grados Brix:** Se midieron los grados Brix (°Bx) iniciales de cada sustrato con un refractómetro de mesa. Para posteriormente ajustarlos a los niveles de estudio, 12 °Bx y 14 °Bx, mediante la adición de sacarosa estéril o agua destilada estéril (Fellows, 2000), según fuera necesario.
- e. **Esterilización:** Los sustratos, ya ajustados a los grados Brix respectivos, fueron distribuidos en frascos de 450 mL y esterilizados en autoclave a 121 °C por 15 minutos (Garcia et al., 2020). Esto con la finalidad de eliminar la microbiota competitiva y asegurar que el único microorganismo en desarrollo fuese el inoculado.

3.3.3. Activación y preparación del preinóculo de *Lactobacillus acidophilus*

Se activó una cepa liofilizada de *L. acidophilus* para garantizar su alta viabilidad y actividad metabólica previo a su uso.

- a. **Rehidratación y activación:** La cepa liofilizada se rehidrató en 10 mL de caldo Lactobacilli y se incubó a 37 °C durante 24 h en condiciones de microaerofilia (generadas en una cámara de anaerobiosis) (Willey et al., 2019). Para asegurar una población celular robusta y en fase de crecimiento

exponencial, se realizaron dos subcultivos sucesivos en caldo Lactobacilli bajo las mismas condiciones.

- b. Cosecha del inóculo:** El cultivo activado del segundo pase se centrifugó a 4 000 r.p.m durante 10 minutos. El pellet celular resultante se lavó dos veces con solución salina estéril (NaCl al 0,85 %) para eliminar restos del medio de cultivo (Tamime et al., 2017). Finalmente, el pellet se resuspendió en solución salina estéril para obtener una suspensión madre con una concentración celular estandarizada de aproximadamente 1×10^9 UFC/mL. Dicha concentración fue verificada mediante recuento en placa en Agar Lactobacilli.

3.3.4. Determinación de las curvas de crecimiento

a. Curva de crecimiento en caldo Lactobacilli (Control)

Se caracterizó el comportamiento de la cepa en sus condiciones óptimas de laboratorio. Para el cual se inoculó caldo Lactobacilli estéril con la cepa activada al 1 % (v/v) y se incubó a 37 °C. Se tomaron muestras a intervalos de 2 h durante 125 h. En cada muestra se midió la absorbancia a 540 nm (DO_{540}) y se realizó el recuento de unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL) en agar Lactobacilli. Se graficó el $\log(UFC/mL)$ vs. tiempo para identificar las fases de crecimiento y estimar la velocidad máxima de crecimiento (μ_{max}) y el tiempo de duplicación (t_d) (Willey et al., 2019), como lo describen los principios de cultivo microbiano de Pirt (1975).

b. Curva de crecimiento en los sustratos probados

Se prepararon biorreactores para cada sustrato (yacón, mashua, quinua), ajustados a los dos niveles de °Brix y a los dos de los preservantes y sin preservante. Cada sustrato estéril fue inoculado con *L. acidophilus* al 3 % (v/v), alcanzando una concentración inicial aproximada de 1×10^7 UFC/mL. La incubación se mantuvo a 37 °C. Se tomaron muestras cada 4 h en un periodo de 124 h (Ganguly et al., 2011).

Mediciones y Modelamiento: Para cada muestra se determinó el recuento de *L. acidophilus* (UFC/mL) y el valor de pH. Los datos de crecimiento ($\log UFC/mL$ vs. tiempo) fueron ajustados a un modelo logístico (Baranyi & Roberts, 1994):

$$N_t = \frac{N_{max}}{1 + \left(\frac{N_{max} - N_0}{N_0} \right) e^{-k t}}$$

Donde:

N_t = Población en el tiempo t

N_{max} = Carga máxima (asíntota superior)

N_0 = Población inicial

k = tasa de crecimiento

3.3.5. Evaluación de parámetros de calidad y estabilidad

Las mediciones se realizaron al finalizar la fermentación (tiempo 0) y durante el almacenamiento cada 7 días en un periodo de 42 días.

a. Carga microbiana

Se determinó el recuento de *L. acidophilus* viables mediante la técnica de siembra por incorporación en agar Lactobacilli (Garcia et al., 2020). Las placas se incubaron a 37 °C por 48 h en microaerofilia. Los resultados se expresaron en UFC/mL. Se verificó el cumplimiento del criterio para un alimento probiótico, que establece un mínimo de 1×10^6 UFC/mL viables al momento del consumo (Ganguly et al., 2011).

b. pH

Se midió directamente en la muestra utilizando un pH-metro digital previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4.0 y 7.0.

c. Acidez titulable

Se determinó siguiendo la metodología oficial (AOAC, 2005). Se tomó una alícuota de 10 mL de la bebida, se le añadieron 3 gotas de fenolftaleína al 1 % y se tituló con una solución estandarizada de hidróxido de sodio (NaOH 0.1 N) hasta la aparición de un color rosa pálido persistente (Latimer & Latimer, 2023). La acidez se calculó y expresó como el porcentaje de ácido láctico, empleando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Ácido Láctico} = WV \times N \times 90.08 \times 100$$

Donde:

V = fue el volumen de NaOH gastado (mL),

N = la normalidad del NaOH,

W = el peso de la muestra (g).

3.3.6. Análisis sensorial (sabor)

Se constituyó un panel de cuatro panelistas no entrenados. Las bebidas nutracéuticas fueron evaluadas mediante un análisis sensorial, mediante las pruebas hedónicas con una escala de 3 a 5 (regular, buena y muy buena) (Raithatha & Rogers, 2018).

Las muestras de los 36 tratamientos (almacenadas en refrigeración) fueron evaluadas a los 42 días de almacenamiento. Se sirvieron aproximadamente 30 mL de cada bebida a 4-6 °C en vasos codificados.

3.4. Diseño experimental

Se utilizó un diseño factorial completamente al azar (DCA) con arreglo factorial $3 \times 2 \times 3 \times 2$, considerando los siguientes factores:

A. Sustrato vegetal (3 niveles):

- A1: *Smallanthus sonchifolius* (yacón)
- A2: *Tropaeolum tuberosum* (mashua)
- A3: *Chenopodium quinoa* (quinua)

B. Grado Brix (2 niveles):

- B1: 12°Bx
- B2: 14°Bx

C. Tipo de preservante (3 niveles):

- C1: Bisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, 50 mg/L)
- C2: Benzoato de sodio ($\text{C}_7\text{H}_5\text{NaO}_2$, 150 mg/L)
- C0: Sin preservante (control)

D. Temperatura de fermentación (2 niveles):

- D1: Temperatura ambiente (25 ± 2 °C)
- D2: Refrigeración (4 °C)

Se obtuvo un total de 36 tratamientos, cada uno con 4 réplicas, resultando en 144 unidades experimentales.

El detalle del diseño experimental se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Descripción de los tratamientos según cuatro factores (tipos de sustrato, grados °Brix, tipos de preservantes y temperatura) considerados para la optimización de parámetros de bebidas nutraceuticas considerando, Ayacucho, noviembre de 2020

Tratamiento	Tipo de sustrato	Grados Brix	Tipos de preservante	Temperatura
T1	Mashua (A1)	12 (B1)	Sin preservante (C0)	Ambiente(D1)
T2	Mashua (A1)	12 (B1)	Sin preservante (C0)	4°C (D2)
T3	Mashua (A1)	12 (B1)	Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente(D1)
T4	Mashua (A1)	12 (B1)	Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)
T5	Mashua (A1)	12 (B1)	Benzoato de sodio (C2)	Ambiente(D1)
T6	Mashua (A1)	12 (B1)	Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)
T7	Mashua (A1)	14 (B2)	Sin preservante (C0)	Ambiente(D1)
T8	Mashua (A1)	14 (B2)	Sin preservante (C0)	4°C (D2)
T9	Mashua (A1)	14 (B2)	Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente(D1)
T10	Mashua (A1)	14 (B2)	Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)
T11	Mashua (A1)	14 (B2)	Benzoato de sodio (C2)	Ambiente(D1)
T12	Mashua (A1)	14 (B2)	Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)
T13	Yacón (A2)	12 (B1)	Sin preservante (C0)	Ambiente(D1)
T14	Yacón (A2)	12 (B1)	Sin preservante (C0)	4°C (D2)
T15	Yacón (A2)	12 (B1)	Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente(D1)
T16	Yacón (A2)	12 (B1)	Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)
T17	Yacón (A2)	12 (B1)	Benzoato de sodio (C2)	Ambiente(D1)
T18	Yacón (A2)	12 (B1)	Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)

T19	Yacón (A2)	14 (B2)	Sin preservante (C0)	Ambiente(D1)
T20	Yacón (A2)	14 (B2)	Sin preservante (C0)	4°C (D2)
T21	Yacón (A2)	14 (B2)	Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente(D1)
T22	Yacón (A2)	14 (B2)	Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)
T23	Yacón (A2)	14 (B2)	Benzoato de sodio (C2)	Ambiente(D1)
T24	Yacón (A2)	14 (B2)	Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)
T25	Quinua (A3)	12 (B1)	Sin preservante (C0)	Ambiente(D1)
T26	Quinua (A3)	12 (B1)	Sin preservante (C0)	4°C (D2)
T27	Quinua (A3)	12 (B1)	Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente(D1)
T28	Quinua (A3)	12 (B1)	Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)
T29	Quinua (A3)	12 (B1)	Benzoato de sodio (C2)	Ambiente(D1)
T30	Quinua (A3)	12 (B1)	Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)
T31	Quinua (A3)	14 (B2)	Sin preservante (C0)	Ambiente(D1)
T32	Quinua (A3)	14 (B2)	Sin preservante (C0)	4°C (D2)
T33	Quinua (A3)	14 (B2)	Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente(D1)
T34	Quinua (A3)	14 (B2)	Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)
T35	Quinua (A3)	14 (B2)	Benzoato de sodio (C2)	Ambiente(D1)
T36	Quinua (A3)	14 (B2)	Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)

3.5. Análisis estadístico

Se empleó unos análisis de varianza ajustado a un diseño factorial 3x2x3x2 completamente aleatorizado con una confianza del 95 % ($\alpha=0,05$). En caso de hallar significancia, se procedió a realizar la prueba de Tukey con la finalidad de identificar las diferencias detectadas.

IV. RESULTADOS

Tabla 5. Carga microbiana de *Lactobacillus acidophilus* en cuatro diferentes sustratos evaluados durante 125 h, Ayacucho, agosto de 2019.

Tiempo (horas)	Caldo Lactobacilli (UFC/mL)	Yacón (UFC/mL)	Mashua (UFC/mL)	Quinua (UFC/mL)
0	10^3	10^3	10^3	10^3
3	10^4	10^4	10^6	10^6
6	10^5	10^5	10^{11}	10^{11}
9	10^5	10^5	10^{11}	10^{11}
12	10^6	10^5	10^{11}	10^{12}
15	10^6	10^5	10^{11}	10^{12}
18	10^6	10^5	10^{11}	10^{12}
21	10^6	10^6	10^{11}	10^{12}
24	10^6	10^6	10^{11}	10^{12}
33	10^{20}	10^{19}	10^{14}	10^{15}
48	10^{25}	10^{27}	10^{21}	10^{21}
56	10^{31}	10^{33}	10^{23}	10^{23}
61	10^{34}	10^{34}	10^{30}	10^{30}
76	10^{40}	10^{40}	10^{31}	10^{31}
83	10^{45}	10^{44}	10^{33}	10^{34}
100	10^{45}	10^{44}	10^{44}	10^{45}
105	10^{21}	10^{21}	10^{44}	10^{44}
125	10^{17}	10^{15}	10^{17}	10^{16}

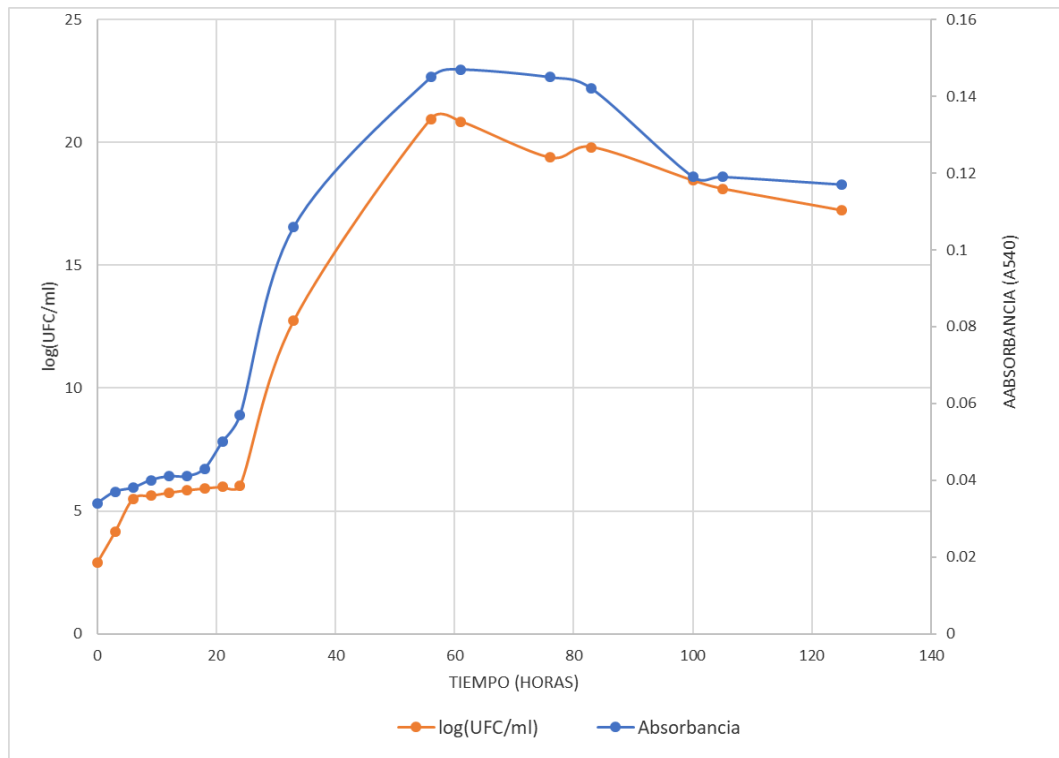


Figura 1. Curva de crecimiento de *Lactobacillus acidophilus* en caldo Lactobacilli determinados mediante recuento de colonias (UFC/mL) y absorbancia a 540 nm, durante 125 h. Ayacucho, agosto de 2019.

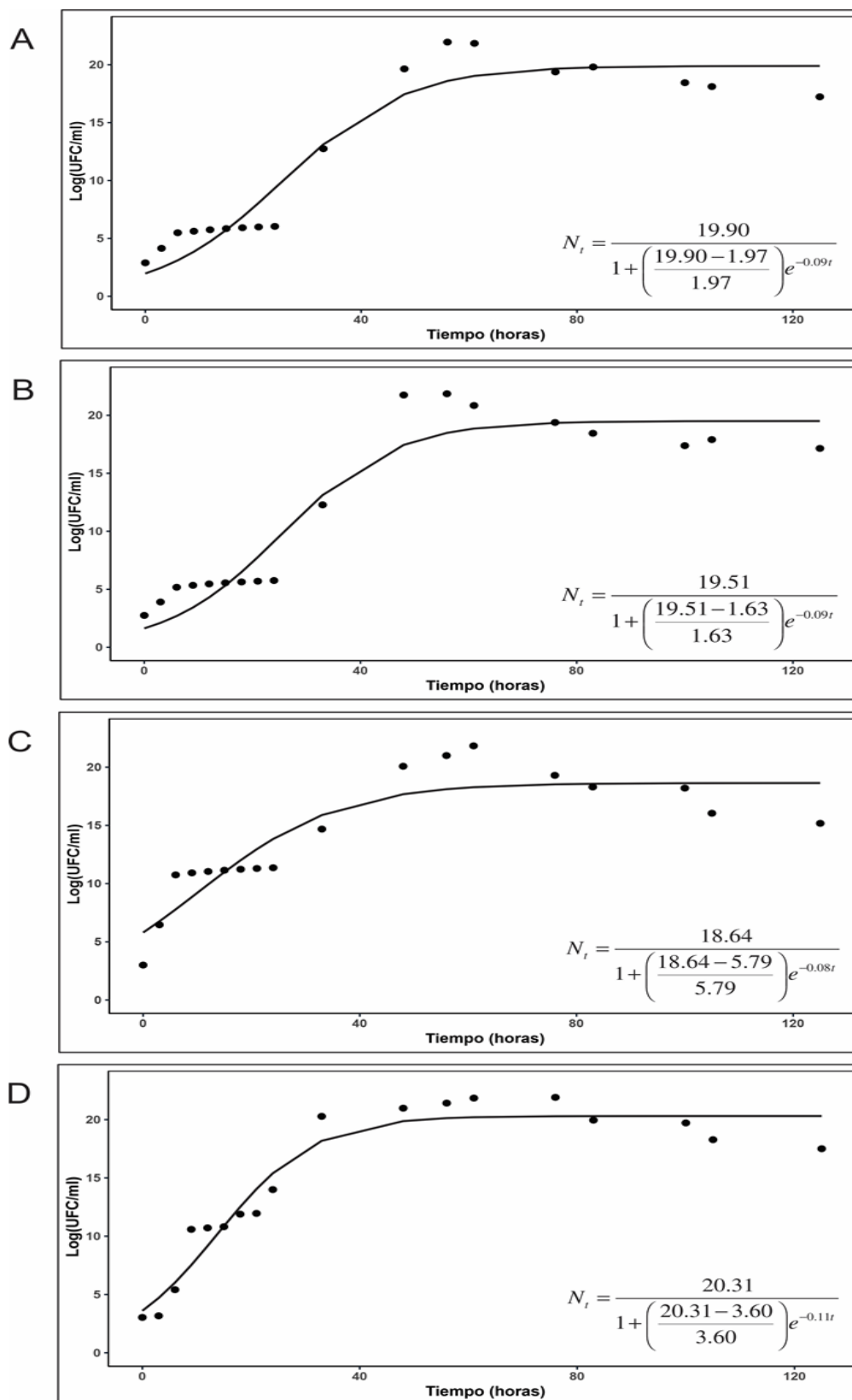


Figura 2. Curva de crecimiento de *Lactobacillus acidophilus* en; A) *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”, B) *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) “yacón”, C) *Tropaelum tuberosum* “mashua” y D) caldo Lactobacilli, evaluados durante 124 h. Ayacucho, agosto de 2019.

Tabla 6. Valor promedio de *Lactobacillus acidophilus* UFC/mL por tratamiento, °Brix, tipo de preservante y temperatura de conservación a los 42 días. Ayacucho, octubre de 2019.

Trat.	Tipo de sustrato	Grados Brix	Preservante	Temperatura (°C)	Carga Microbiana (UFC/mL)						
					Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42
T1	Mashua (A1)12 (B1)		Sin preservante	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹¹
T2	Mashua (A1)12 (B1)		Sin preservante	4°C (D2)	10 ³	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁹	10 ¹¹	10 ¹¹
T3	Mashua (A1)12 (B1)		Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹¹
T4	Mashua (A1)12 (B1)		Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)	10 ³	10 ⁵	10 ⁸	10 ⁹	10 ⁹	10 ¹¹	10 ¹⁰
T5	Mashua (A1)12 (B1)		Benzoato de sodio (C2)	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²
T6	Mashua (A1)12 (B1)		Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)	10 ³	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁹	10 ⁹	10 ¹¹	10 ¹⁰
T7	Mashua (A1)14 (B2)		Sin preservante	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹⁰	10 ¹²	10 ¹⁴	10 ¹³	10 ¹²	10 ¹²
T8	Mashua (A1)14 (B2)		Sin preservante	4°C (D2)	10 ³	10 ⁵	10 ⁷	10 ¹⁰	10 ⁹	10 ¹¹	10 ¹⁰
T9	Mashua (A1)14 (B2)		Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²
T10	Mashua (A1)14 (B2)		Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)	10 ³	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁹	10 ⁹	10 ¹²	10 ¹¹
T11	Mashua (A1)14 (B2)		Benzoato de sodio (C2)	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹³	10 ¹⁶	10 ¹²
T12	Mashua (A1)14 (B2)		Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)	10 ³	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁹	10 ¹¹	10 ¹⁰
T13	Yacón (A2) 12 (B1)		Sin preservante	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹²	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹¹
T14	Yacón (A2) 12 (B1)		Sin preservante	4°C (D2)	10 ³	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹
T15	Yacón (A2) 12 (B1)		Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹⁰	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹¹	10 ¹¹
T16	Yacón (A2) 12 (B1)		Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)	10 ³	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁹	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ¹⁰
T17	Yacón (A2) 12 (B1)		Benzoato de sodio (C2)	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹²
T18	Yacón (A2) 12 (B1)		Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)	10 ³	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁸	10 ⁹	10 ¹¹	10 ¹²
T19	Yacón (A2) 14 (B2)		Sin preservante	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²
T20	Yacón (A2) 14 (B2)		Sin preservante	4°C (D2)	10 ³	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹
T21	Yacón (A2) 14 (B2)		Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²
T22	Yacón (A2) 14 (B2)		Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)	10 ³	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁸	10 ⁹	10 ¹¹	10 ¹¹
T23	Yacón (A2) 14 (B2)		Benzoato de sodio (C2)	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹³	10 ¹²	10 ¹¹	10 ¹¹
T24	Yacón (A2) 14 (B2)		Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)	10 ³	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁹	10 ⁹	10 ¹¹	10 ¹¹
T25	Quinua (A3) 12 (B1)		Sin preservante	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹²	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹¹	10 ¹²
T26	Quinua (A3) 12 (B1)		Sin preservante	4°C (D2)	10 ³	10 ⁷	10 ¹¹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁷
T27	Quinua (A3) 12 (B1)		Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²
T28	Quinua (A3) 12 (B1)		Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)	10 ³	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁹	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ¹⁰
T29	Quinua (A3) 12 (B1)		Benzoato de sodio (C2)	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹²	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹¹
T30	Quinua (A3) 12 (B1)		Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)	10 ³	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁹	10 ⁹	10 ¹²	10 ¹¹
T31	Quinua (A3) 14 (B2)		Sin preservante	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹¹	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹²	10 ¹²	10 ⁷
T32	Quinua (A3) 14 (B2)		Sin preservante	4°C (D2)	10 ³	10 ⁶	10 ⁸	10 ⁹	10 ⁹	10 ¹¹	10 ¹⁰
T33	Quinua (A3) 14 (B2)		Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente (D1)	10 ³	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹²
T34	Quinua (A3) 14 (B2)		Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)	10 ³	10 ⁸	10 ⁹	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ⁹
T35	Quinua (A3) 14 (B2)		Benzoato de sodio (C2)	Ambiente (D1)	10 ³	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹¹	10 ¹⁰
T36	Quinua (A3) 14 (B2)		Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)	10 ³	10 ⁸	10 ⁸	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹¹	10 ⁹

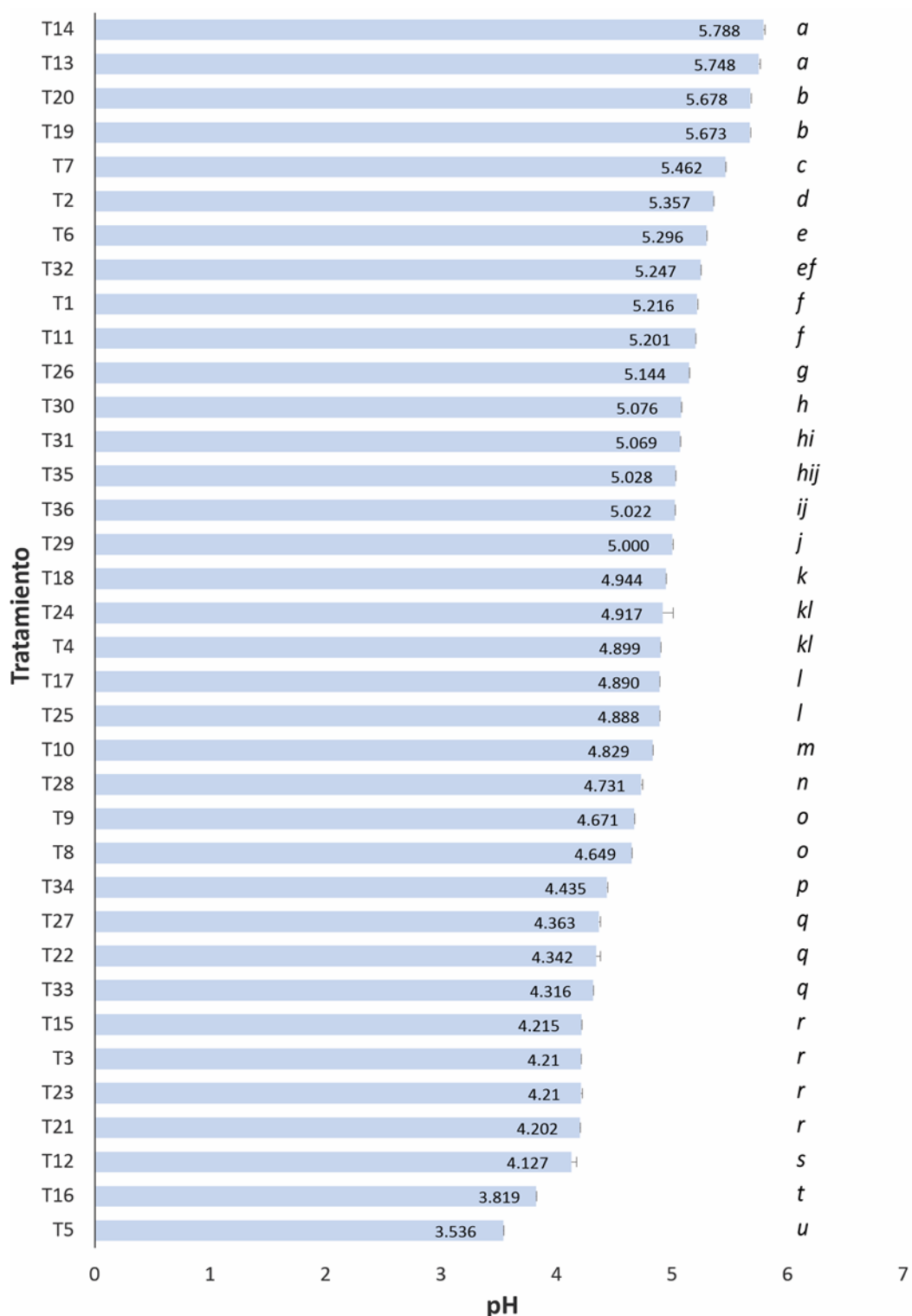


Figura 3. Promedio del pH de las bebidas nutraceuticas en sustratos de *Tropaelum tuberosum* “mashua”, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) “yacón” y *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”, almacenados a temperatura ambiente y a 4 °C, durante 42 días. Ayacucho, octubre de 2019

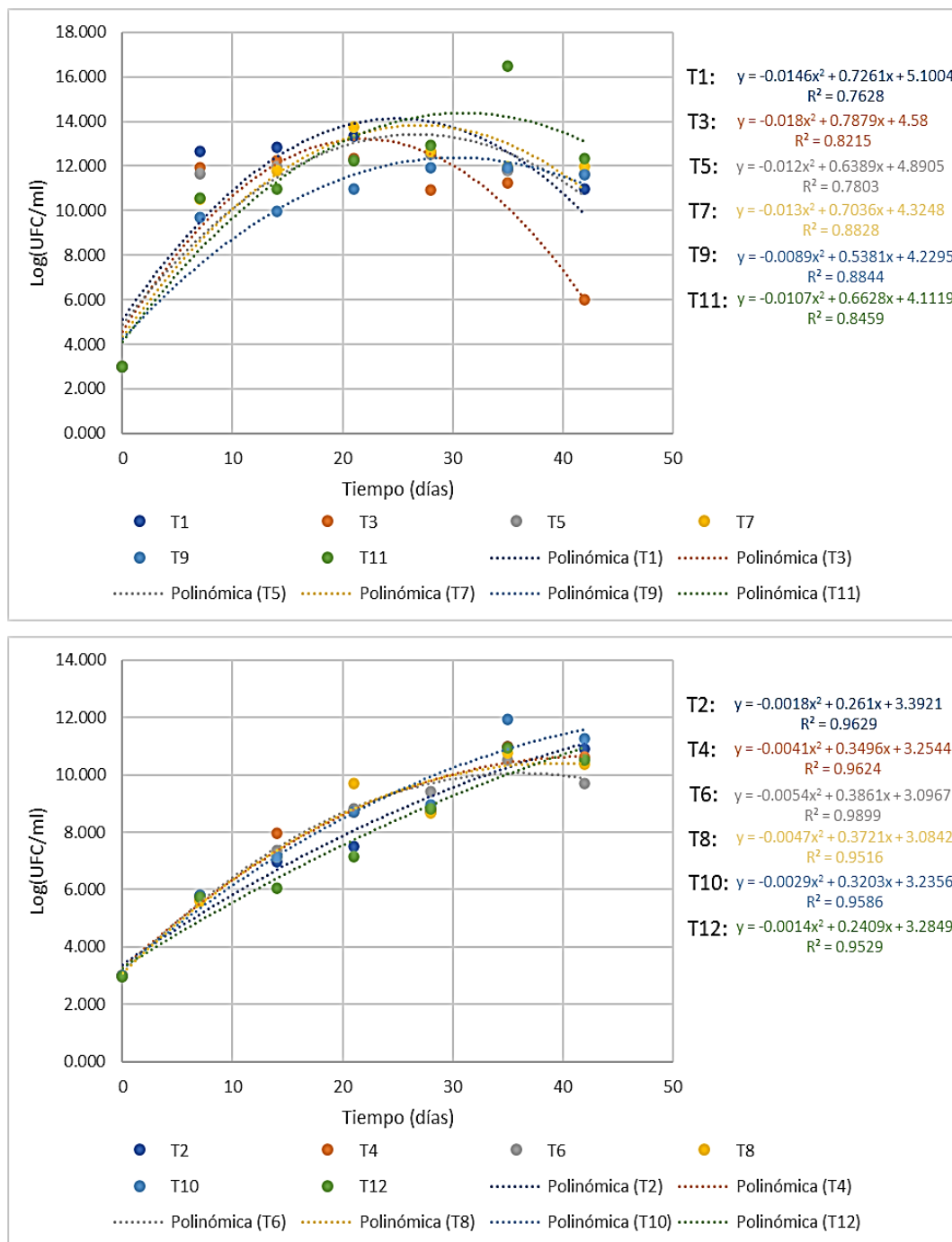


Figura 4. Tendencia del crecimiento poblacional de *Lactobacillus acidophilus* (UFC/mL) en sustrato de *Tropaelum tuberosum* "mashua" utilizando distintos preservantes (bisulfito de sodio, benzoato de sodio y control) almacenados a temperatura ambiente (A) y a 4 °C (B), durante 42 días, Ayacucho, octubre de 2019.

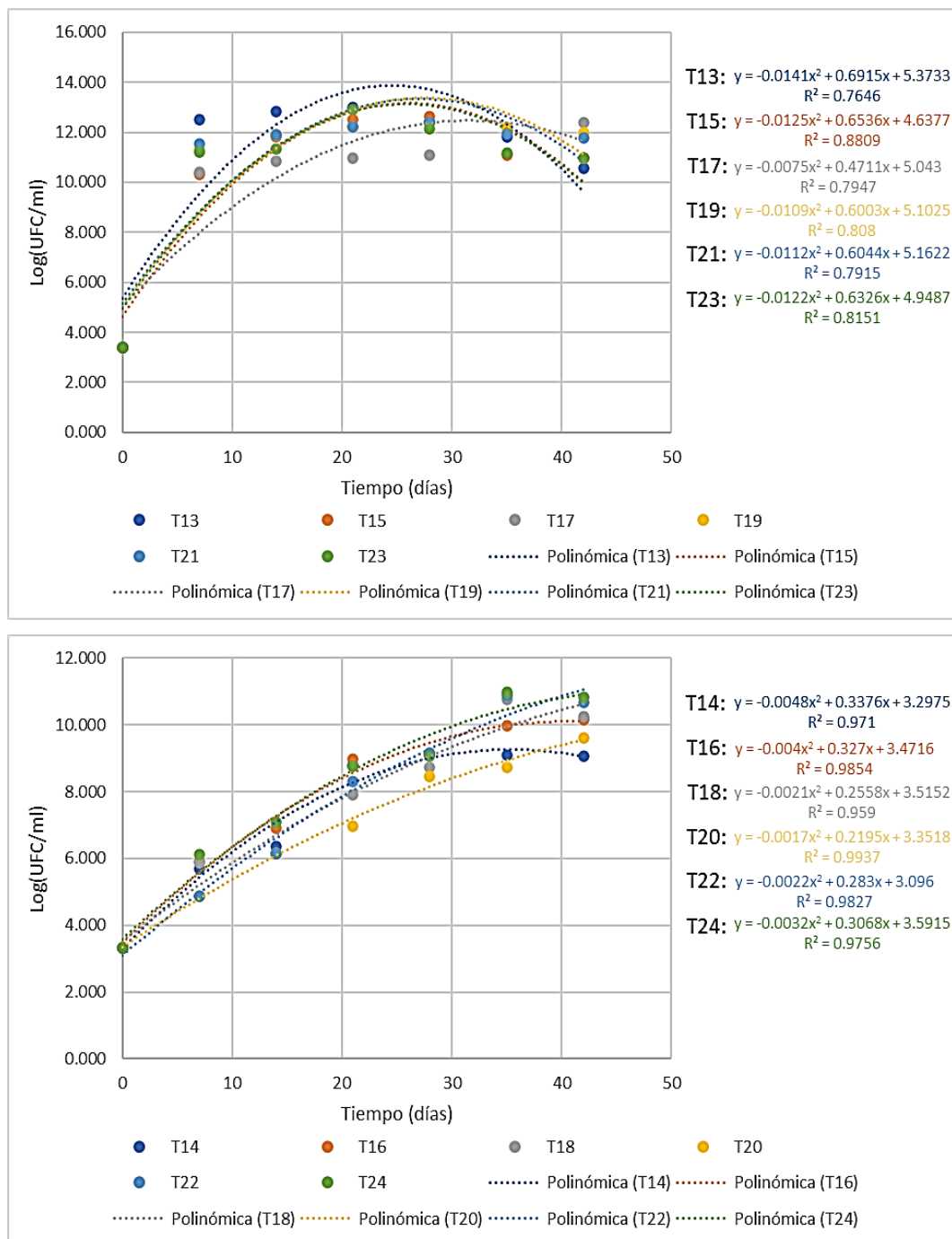


Figura 5. Tendencia del crecimiento poblacional de *Lactobacillus acidophilus* (UFC/mL) en sustrato de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) “yacón” utilizando diferentes preservantes (bisulfito de sodio, benzoato de sodio y control), almacenados a temperatura ambiente (A) y a 4° C (B), durante 42 días. Ayacucho, octubre de 2019.

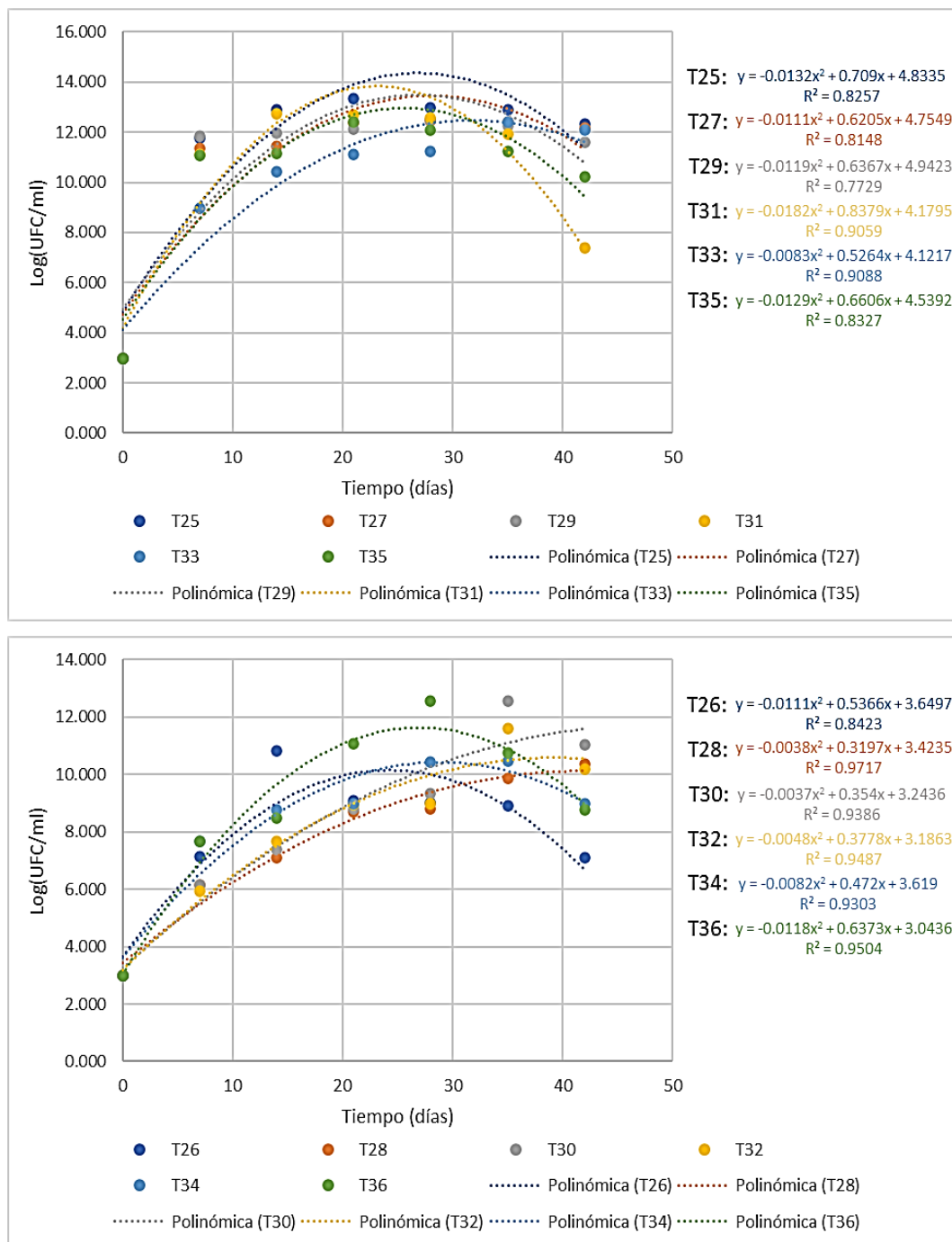


Figura 6. Tendencia del crecimiento poblacional de *Lactobacillus acidophilus* (UFC/mL) en sustrato de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”, utilizando diferentes preservantes (bisulfito de sodio, benzoato de sodio y control), almacenados a temperatura ambiente (A) y a 4 °C (B), durante 42 días. Ayacucho, octubre de 2019.

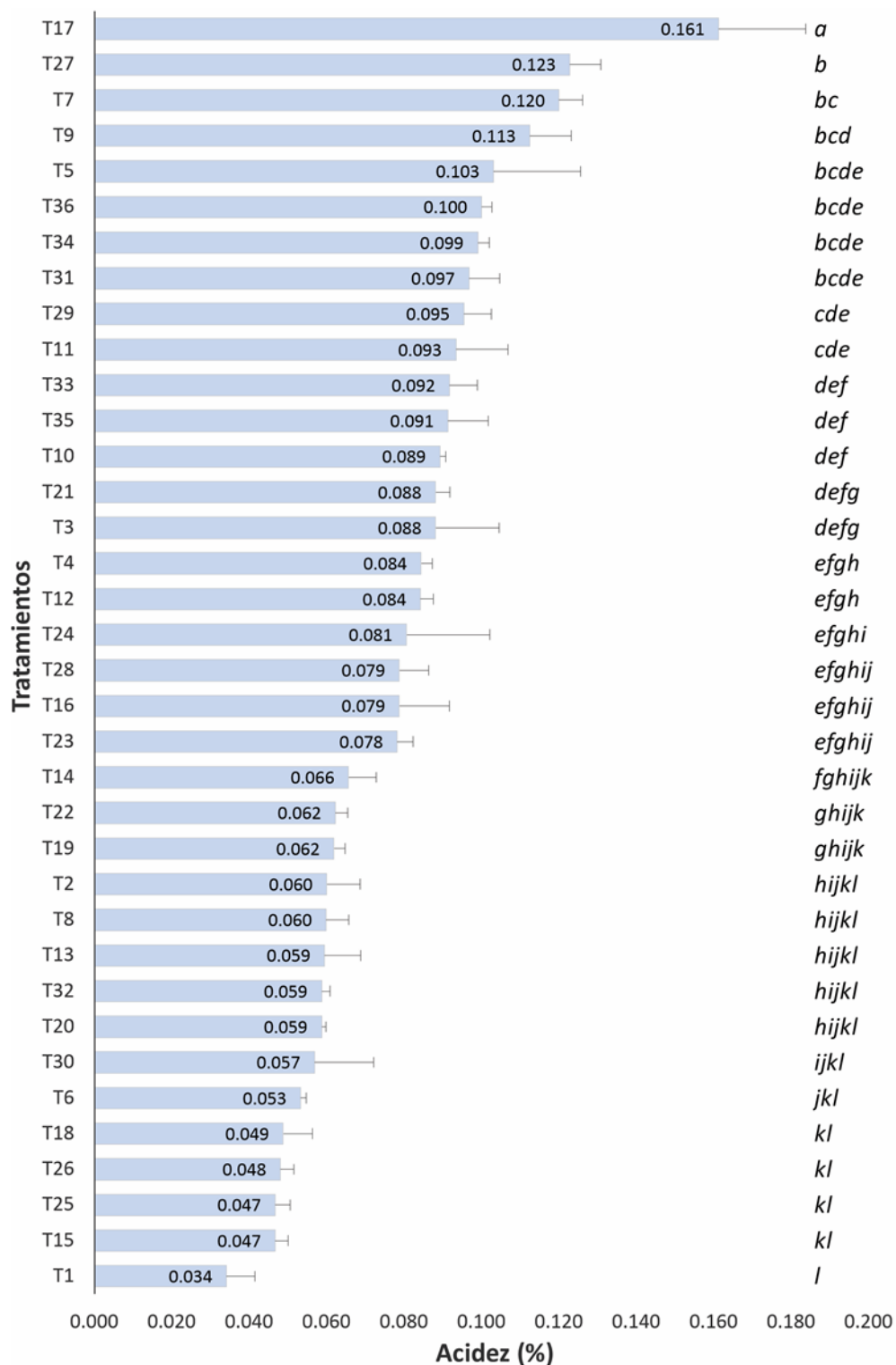


Figura 7. Promedios del porcentaje de acidez de las bebidas nutraceuticas en sustratos de *Tropaelum tuberosum* “mashua”, *Smalanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) “yacón” y *Chenopodium quinoa* Willd “quinua” utilizando diferentes preservantes, almacenados a temperatura ambiente y a 4 °C, a los 42 días de almacenamiento. Ayacucho, octubre de 2019.

Tabla 7. Valoración en escala hedónica de los 36 tratamientos a los 42 días. Ayacucho, octubre de 2019.

Tratamiento	Tipo de sustrato	Grados Brix	Tipos de preservante	Temperatura	Sabor (puntaje)	Sabor
T1	Mashua (A1)	12 (B1)	Sin preservante	Ambiente (D1)	4	Buena
T2	Mashua (A1)	12 (B1)	Sin preservante	4°C (D2)	5	Muy buena
T3	Mashua (A1)	12 (B1)	Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente (D1)	5	Muy buena
T4	Mashua (A1)	12 (B1)	Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)	4	Buena
T5	Mashua (A1)	12 (B1)	Benzoato de sodio (C2)	Ambiente (D1)	5	Muy buena
T6	Mashua (A1)	12 (B1)	Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)	5	Muy buena
T7	Mashua (A1)	14 (B2)	Sin preservante	Ambiente (D1)	3	Regular
T8	Mashua (A1)	14 (B2)	Sin preservante	4°C (D2)	5	Muy buena
T9	Mashua (A1)	14 (B2)	Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente (D1)	5	Muy buena
T10	Mashua (A1)	14 (B2)	Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)	5	Muy buena
T11	Mashua (A1)	14 (B2)	Benzoato de sodio (C2)	Ambiente (D1)	5	Muy buena
T12	Mashua (A1)	14 (B2)	Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)	5	Muy buena
T13	Yacón (A2)	12 (B1)	Sin preservante	Ambiente (D1)	3	Regular
T14	Yacón (A2)	12 (B1)	Sin preservante	4°C (D2)	4	Buena
T15	Yacón (A2)	12 (B1)	Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente (D1)	5	Muy buena
T16	Yacón (A2)	12 (B1)	Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)	4	Buena
T17	Yacón (A2)	12 (B1)	Benzoato de sodio (C2)	Ambiente (D1)	5	Muy buena
T18	Yacón (A2)	12 (B1)	Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)	5	Muy buena
T19	Yacón (A2)	14 (B2)	Sin preservante	Ambiente (D1)	5	Muy buena
T20	Yacón (A2)	14 (B2)	Sin preservante	4°C (D2)	5	Muy buena
T21	Yacón (A2)	14 (B2)	Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente (D1)	5	Muy buena
T22	Yacón (A2)	14 (B2)	Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)	5	Muy buena
T23	Yacón (A2)	14 (B2)	Benzoato de sodio (C2)	Ambiente (D1)	5	Muy buena
T24	Yacón (A2)	14 (B2)	Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)	5	Muy buena
T25	Quinua (A3)	12 (B1)	Sin preservante	Ambiente (D1)	4	Buena
T26	Quinua (A3)	12 (B1)	Sin preservante	4°C (D2)	5	Muy buena
T27	Quinua (A3)	12 (B1)	Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente (D1)	5	Muy buena
T28	Quinua (A3)	12 (B1)	Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)	5	Muy buena
T29	Quinua (A3)	12 (B1)	Benzoato de sodio (C2)	Ambiente (D1)	5	Muy buena
T30	Quinua (A3)	12 (B1)	Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)	5	Muy buena
T31	Quinua (A3)	14 (B2)	Sin preservante	Ambiente (D1)	5	Muy buena
T32	Quinua (A3)	14 (B2)	Sin preservante	4°C (D2)	4	Buena
T33	Quinua (A3)	14 (B2)	Bisulfito de sodio (C1)	Ambiente (D1)	5	Muy buena
T34	Quinua (A3)	14 (B2)	Bisulfito de sodio (C1)	4°C (D2)	5	Muy buena
T35	Quinua (A3)	14 (B2)	Benzoato de sodio (C2)	Ambiente (D1)	4	Buena
T36	Quinua (A3)	14 (B2)	Benzoato de sodio (C2)	4°C (D2)	4	Buena

V. DISCUSIÓN

La Tabla 5 muestra la carga microbiana de *Lactobacillus acidophilus* en cuatro diferentes sustratos, Caldo Lactobacilli (medio de referencia), *Smallanthus sonchifolius* (yacón), *Tropaeolum tuberosum* (mashua) y *Chenopodium quinoa* Willd (quinua), evaluados durante 125 h. Los datos muestran que todos los tratamientos iniciaron con una carga microbiana inicial de 10^3 UFC/mL (hora 0), correspondiente al inóculo estandarizado. A lo largo del periodo de evaluación, se observó un incremento progresivo en los valores de UFC/mL que varió entre 10^{45} UFC/mL (caldo Lactobacilli y quinua) y 10^{44} UFC/mL (yacón y mashua) a las 100 h de incubación. De manera general, se observa que el caldo Lactobacilli (medio de referencia) y la quinua tienden a mantener valores más altos de carga microbiana en comparación con yacón y mashua. Asimismo, todos los sustratos muestran un patrón similar de crecimiento con fase de latencia, exponencial, estacionaria y declive hacia las 105-125 h.

La Figura 1 presenta la curva de crecimiento de *Lactobacillus acidophilus* en caldo Lactobacilli estéril, inoculado al 1 % (v/v) e incubado a 37 °C, monitoreado a intervalos de 2 h durante 125 h. En la curva presentada se observa las cuatro fases clásicas del crecimiento microbiano. La fase de latencia (0–20 h) caracterizada por baja absorbancia ($OD_{540} \leq 0,05$) y una carga microbiana inicial baja, esto como producto del período de adaptación metabólica y síntesis enzimática previa a la división celular (Madigan et al., 2021). La fase exponencial de crecimiento que se desarrolló entre las 20 y 56 h, alcanzando una absorbancia de $OD_{540} = 0,147$, equivalente a 10^{21} UFC/mL; este patrón coincide con reportes previos sobre *Lactobacillus acidophilus*, cuyo crecimiento exponencial se favorece en medios ricos en carbohidratos fermentables, aunque la duración varía según la formulación del medio (Pessione, 2012). La fase estacionaria (56–100 h) se caracterizó por una carga microbiana estable y una

ligera reducción en la absorbancia, reflejando un equilibrio dinámico entre división y muerte celular, atribuido principalmente a la acumulación de ácido láctico y al agotamiento de nutrientes esenciales (Papadimitriou et al., 2016). Finalmente, la fase de declive inició a las 100 h, con una reducción progresiva de la viabilidad asociada a la toxicidad por productos metabólicos y el agotamiento de fuentes de carbono. La tendencia de la curva mostrada coincide con lo reportado en cultivos anaeróbicos por lotes (50 mL, 37 °C, sin agitación), donde *Lactobacillus acidophilus* NCFM alcanzó la fase estacionaria temprana (<24 h) cultivada con distintas fuentes de carbono al 1 %; sin embargo, el crecimiento varió significativamente según el tipo de azúcar utilizado, siendo estadísticamente inferior al observado con glucosa ($p \leq 0,05$) (Goh & Klaenhammer, 2014).

La Figura 2 muestra las curvas de crecimiento de *Lactobacillus acidophilus* en un periodo de 124 h, en sustratos de A) *Chenopodium quinoa* Willd "quinua", B) *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) "yacón", C) *Tropaeolum tuberosum* "mashua" y D) caldo Lactobacilli, ajustadas a un modelo logístico. Los valores de la variable dependiente corresponden a log (UFC/mL), mientras que la independiente corresponde al tiempo de incubación que se dio hasta las 124 h. Dichas curvas se ajustaron a un modelo logístico estándar donde K representa la capacidad de carga (en escala log), r es la tasa de crecimiento intrínseca. En forma general en la figura en mención se observa características similares para los tres sustratos empleados. Para el caso del crecimiento poblacional en el sustrato de caldo Lactobacilli (Figura 2D), se observó una capacidad de carga $K=20,31$, con una tasa de crecimiento $r=-0,11$ con una producción celular de 10^{22} UFC/mL. La curva en sustrato de quinua (Figura 2A) mostró una capacidad de carga mayor en comparación con los otros dos sustratos (yacón y mashua), siendo ésta de 19,9 UFC/mL, con una tasa de crecimiento de $r=-0,09$ y con una cantidad de células de 10^{22} UFC/mL, lo que sugiere que la quinua hidrolizada proporciona sustratos con mayor disponibilidad de aminoácidos esenciales, pero menor al caldo selectivo. El sustrato de yacón (Figura 2B) presentó una capacidad de carga de $K=19,51$ con una tasa de crecimiento de $r=-0,09$. El crecimiento en el sustrato a base de mashua se observa una menor capacidad de carga ($K=18,64$), y una tasa de crecimiento baja ($r=-0,08$), lo que sugiere inhibición del crecimiento bacteriano, probablemente atribuible a la presencia de

glucosinolatos (específicamente isotiocianatos) que comprometen la integridad de la membrana celular (Ramallo et al., 2004).

Las variaciones en el crecimiento de *Lactobacillus acidophilus* se atribuyen a factores como el medio de cultivo, la temperatura y el pH. Se debe tomar en cuenta que el caldo Lactobacilli, ha sido diseñado para bacterias lácticas, lo que favorece una alta producción de biomasa. En esta investigación, los medios suplementados con mashua, yacón y quinua mostraron índices de crecimiento similares entre sí. Estudios sobre yacón, mashua y quinua reportan un alto contenido de fibra no digerible, que actúa como prebiótico al estimular el crecimiento de bacterias intestinales beneficiosas, mejorando el equilibrio microbiano y ayudando a prevenir infecciones gastrointestinales. Además, estos alimentos (principalmente la quinua) aportan una notable cantidad de aminoácidos esenciales, lo que incrementa su valor nutricional (Repo-Carrasco-Valencia et al., 2010). La comparación entre sustratos revela que la quinua es el medio más favorable para el crecimiento de *L. acidophilus*, seguido de yacón, mientras que la mashua aparentemente presenta un efecto inhibitorio debido a los isotiocianatos, por ello probablemente el empleo de mashua requiere pretratamientos para mitigar su efecto inhibitorio (Ramallo et al., 2004).

La Tabla 6, muestra los valores promedios de UFC/mL por tratamiento, grados Brix, tipo de preservante y temperatura de conservación hasta los 42 días. Al día 42, la carga microbiana de *L. acidophilus* varió entre 10^7 UFC/mL (mínimo, en quinua sin preservante a temperatura ambiente) y 10^{12} UFC/mL (máximo, en mashua con benzoato y yacón con bisulfito, ambos a temperatura ambiente). Todos los tratamientos superaron el umbral mínimo regulatorio peruano de $\geq 10^6$ UFC/mL (Decreto Supremo N° 004-2013-SA), garantizando su idoneidad como bebidas probióticas. Las cargas más altas se asociaron con sustratos de mashua y yacón en ausencia de refrigeración, mientras que los valores más bajos correspondieron a formulaciones con quinua, especialmente bajo refrigeración. Aunque la refrigeración reduce la tasa de declive bacteriano, los tratamientos sin preservantes a temperatura ambiente (particularmente con yacón) mantuvieron mayor viabilidad a largo plazo, probablemente por el efecto prebiótico de sus fructooligosacáridos (FOS) sobre *L. acidophilus* (Campos et al., 2012b). La menor carga microbiana observada en los tratamientos con quinua, probablemente se relaciona con la presencia de saponinas y almidón resistente que requieren hidrólisis previa para ser fermentados, lo que limita la

disponibilidad de sustratos. Por otro lado, los preservantes químicos (bisulfito y benzoato de sodio) mostraron efectos variables, mientras que, en algunos casos mantuvieron cargas altas (T5), en otros redujeron significativamente la viabilidad bacteriana (T34), probablemente debido a interacciones complejas entre los compuestos de los sustratos empleados y los aditivos químicos.

La Figura 3, muestra el promedio y la desviación típica del pH de las bebidas nutracéuticas formuladas según tres sustratos los que fueron almacenadas en condiciones de temperatura ambiente y 4 °C, a los 42 días. Adicionalmente, también se muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias mediante el test de Tukey ($p < 0,05$). Se halló que el pH oscila entre 3,536 (tratamiento T5: mashua 12 °Bx, benzoato de sodio, temperatura ambiente) y 5,788 (tratamiento T14: yacón 12 °Bx, sin preservante, refrigeración). Esta variación es estadísticamente significativa ($p < 0,05$) (Anexo 3 al 10), como lo demuestran las letras que se muestra en el lado derecho de la figura, donde las letras similares indican agrupaciones homogéneas. Se observa patrones claros de influencia de los factores experimentales sobre el pH final, donde los tratamientos con los valores más altos corresponden exclusivamente a sustrato de yacón (A2) sin preservante (C0), independientemente del grado Brix y la temperatura de almacenamiento, como resultado posiblemente de que el yacón es rico en fructooligosacáridos (FOS). Estos azúcares actúan como prebióticos selectivos para *L. acidophilus*, favoreciendo una producción gradual y sostenida de ácido láctico en comparación con sustratos ricos en azúcares simples que provocan acidificación rápida y excesiva, lo que podría comprometer la viabilidad bacteriana a largo plazo (Reina et al., 2015).

En contraste, los tratamientos con los valores más bajos de pH, corresponden principalmente a mashua (A1) con benzoato de sodio (C2) y bisulfito de sodio (C1), y a yacón con bisulfito de sodio. Este comportamiento posiblemente se debe a la interacción entre los compuestos inhibitorios de la mashua (glucosinolatos e isotiocianatos) y los preservantes químicos, que alteran el metabolismo de *L. acidophilus* y promueven una producción excesiva de ácido láctico (Velásquez-Barreto et al., 2020). Los isotiocianatos de la mashua, al inhibir la síntesis de proteínas y dañar la membrana celular, podrían provocar un estrés metabólico que induce una respuesta compensatoria de producción ácida (Romeo et al., 2018).

La temperatura de almacenamiento afecta el pH de manera diferencial según el sustrato. En yacón, la refrigeración (4 °C) mantiene un pH ligeramente más alto que a temperatura ambiente, indicando menor actividad fermentativa, en concordancia con estudios previos. En cambio, en mashua (14 °Bx), la refrigeración reduce el pH, atribuido a una interacción compleja entre temperatura, concentración de sólidos solubles y compuestos inhibitorios (como isotiocianatos) que altera la cinética de acidificación (Ramallo et al., 2004).

El grado Brix afecta el pH de forma opuesta según el sustrato. En yacón, 12 °Bx produce un pH más alto que 14 °Bx, probablemente por menor disponibilidad de azúcares fermentables; en mashua, 14 °Bx resulta en un pH más alto que 12 °Bx, lo que indica una respuesta atípica atribuible a su composición química única, incluyendo compuestos antimicrobianos como glucosinolatos.

Según los sustratos, el yacón presenta los valores de pH más altos, seguido por la quinua y la mashua, lo que refleja sus perfiles bioquímicos distintos. El yacón es rico en fructooligosacáridos (FOS), fermentados lentamente; la quinua contiene proteínas y almidón resistente que requieren hidrólisis previa; y la mashua alberga glucosinolatos y compuestos antimicrobianos que alteran el metabolismo de *L. acidophilus*, favoreciendo una mayor acidificación (Apaza et al., 2020).

La presencia de preservantes químicos influye marcadamente en el pH final de las bebidas: el benzoato de sodio genera alta variabilidad (3,536-5,296), especialmente en mashua, posiblemente por interacciones con sus compuestos inhibitorios que alteran la permeabilidad celular y la ATPasa; en cambio, el bisulfito de sodio produce un rango de pH más estrecho (3,819-4,899), sugiriendo un efecto más uniforme sobre la actividad bacteriana (Irwin et al., 2017).

Los resultados demostraron que la combinación de sustrato de yacón sin preservante y almacenamiento a refrigeración (T14) es la más adecuada para mantener un pH estable y dentro del rango óptimo para bebidas probióticas (4,0-5,5), evitando tanto la acidificación excesiva que afecta el sabor como la falta de acidificación que compromete la seguridad microbiológica.

La Figura 4, la tendencia del crecimiento poblacional de *Lactobacillus acidophilus* (UFC/mL) en sustrato de *Tropaeolum tuberosum* "mashua" utilizando distintos preservantes (bisulfito de sodio, benzoato de sodio y sin preservante) almacenados a temperatura ambiente (A) y a 4 °C (B), durante 42 días. La

temperatura de almacenamiento afecta significativamente la viabilidad de *Lactobacillus acidophilus* en bebidas con mashua durante 42 días: a temperatura ambiente, los tratamientos sin preservantes muestran un breve crecimiento seguido de declive (T1 y T7), mientras que los que contienen benzoato o bisulfito de sodio exhiben una pérdida constante de viabilidad desde el inicio (T3, T5, T9, T11), posiblemente debido a la inhibición de la integridad de la membrana celular y la síntesis proteica por estos aditivos (Irwin et al., 2017). En refrigeración (4 °C), el tratamiento sin preservante y 12 °Bx (T2) muestra un crecimiento inicial más pronunciado y un declive más lento que a temperatura ambiente, atribuido a una menor actividad metabólica y acumulación de metabolitos tóxicos. Por el contrario, los tratamientos con preservantes (T4, T6, T8, T10, T12) siguen perdiendo viabilidad de forma continua, lo que confirma que el efecto inhibitorio del benzoato y bisulfito. Los resultados mostrados enfatizan que la combinación de refrigeración y ausencia de conservantes químicos es clave para el desarrollo de bebidas probióticas funcionales estables a base de mashua.

La Figura 5, la tendencia del crecimiento poblacional de *Lactobacillus acidophilus* (UFC/mL) en sustrato de *Smallanthus sonchifolius* "yacón". La refrigeración (4 °C) reduce significativamente la tasa de declive de *Lactobacillus acidophilus* en bebidas a base de yacón, al disminuir su actividad metabólica y prolongar su viabilidad, tal como se observa el efecto en yogurt (Mortazavian et al., 2007). Los tratamientos refrigerados presentan coeficientes de determinación (R^2) más altos (0,959–0,994) que los almacenados a temperatura ambiente (0,765–0,815), lo que indica una cinética de pérdida de viabilidad más predecible y estable bajo refrigeración. Los tratamientos sin preservante (T14, T20) muestran la menor tasa de declive de *L. acidophilus* en refrigeración, confirmando que la combinación de ausencia de aditivos químicos y almacenamiento a 4 °C es óptima para preservar su viabilidad en bebidas a base de yacón. Esto se debe probablemente a que los FOS en el yacón, actúan como prebióticos selectivos que favorecen la supervivencia de probióticos (Pedreschi et al., 2003).

La Figura 6, la tendencia del crecimiento poblacional de *Lactobacillus acidophilus* (UFC/mL) en sustrato de *Chenopodium quinoa* Willd "quinua". La refrigeración (4 °C) reduce significativamente la tasa de declive de *L. acidophilus* en comparación con la temperatura ambiente, evidenciado por coeficientes cuadráticos que reflejan una pérdida de viabilidad más lenta bajo condiciones

frías. Así mismo, los modelos de refrigeración muestran coeficientes de determinación (R^2) superiores frente a los de temperatura ambiente, siendo más predecibles en la cinética de declive. También resalta que los tratamientos sin preservante (T26, T28) mantienen la mayor viabilidad en refrigeración, confirmando que la combinación de ausencia de aditivos químicos y refrigeración es óptima para las bebidas de quinua.

La Figura 7 muestra los promedios del porcentaje de acidez de las bebidas nutracéuticas en tres sustratos empleando diferentes preservantes, almacenados a temperatura ambiente y a 4 °C, a los 42 días de almacenamiento, así como los resultados de la comparación de medias mediante el test de Tukey ($p < 0,05$) luego de realizar el análisis ANOVA (Anexo 11 al 17). La acidez de las bebidas varió entre 0,034 % (mashua sin preservante, ambiente) y 0,161 % (yacón con benzoato, ambiente), una diferencia del 374 %. Los valores más altos se asociaron con yacón (T17, T27, T7, T9, T5), rico en fructooligosacáridos (FOS) (estimulan la producción de ácido láctico por *L. acidophilus*) y con el uso de benzoato de sodio, que puede inducir estrés metabólico y aumentar la acidificación. En cambio, mashua, quinua, bisulfito de sodio y refrigeración se relacionaron con menor acidez, ya que el bisulfito inhibe la actividad bacteriana y el frío reduce el metabolismo láctico. Es importante mencionar que el benzoato de sodio, aunque conservante, puede inducir estrés subletal en bacterias lácticas, desencadenando respuestas fisiológicas que incluyen un aumento en la producción de ácido láctico como mecanismo de regulación del pH intracelular (Brul & Coote, 1999) . Por el contrario, el bisulfito de sodio inhibe enzimas clave del metabolismo energético microbiano, reduciendo la fermentación y, por ende, la acidez (Irwin et al., 2017).

En relación con los estándares de calidad, la FAO (2010) establece que los valores aceptables de acidez para consumo humano se encuentran en el rango de 0,03 % a 0.10 %. Si bien la mayoría de los tratamientos (29 de 36) se encuentran dentro de este rango, 7 tratamientos superan el límite superior recomendado (T17: 0,161 %, T27: 0,123 %, T7: 0,120 %, T9: 0,113 %, T5: 0,103 %, T36: 0,100 %, T34: 0,099 %), lo que podría afectar la aceptabilidad sensorial del producto y requerir ajustes en la formulación. En forma general podemos afirmar que, los tratamientos almacenados a temperatura ambiente presentan mayor acidez que los refrigerados.

La Tabla 7 presenta los resultados de la evaluación sensorial por panelistas de 36 tratamientos de bebidas nutracéuticas basadas en sustratos mashua, yacón y quinua), utilizando una escala hedónica de tres puntos: 3 (regular), 4 (buena) y 5 (muy buena). Los resultados muestran una distribución homogénea de los puntajes, con 28 de los 36 tratamientos (77,8 %) clasificados como "muy buena" (puntaje 5), 6 tratamientos (16,7 %) como "buena" (puntaje 4) y únicamente 2 tratamientos (5,6 %) como "regular" (puntaje 3). Este patrón sugiere una aceptabilidad sensorial alta para la mayoría de las formulaciones, lo cual es crucial para el desarrollo de productos funcionales con potencial comercial. Los únicos tratamientos percibidos como "regular" (T7 y T13) corresponden a formulaciones sin preservante almacenadas a temperatura ambiente, lo que coincide con estudios que indican que estas condiciones favorecen la actividad metabólica de *L. acidophilus*, aumentando la producción de ácido láctico y la acidez sensorial. En contraste, los tratamientos con preservantes o bajo refrigeración obtuvieron mejores puntajes sensoriales, destacando el papel clave de estos factores en la estabilidad del sabor.

VI. CONCLUSIONES

1. El crecimiento de *Lactobacillus acidophilus* en los diferentes sustratos de vegetales presentan diferencias significativas donde el yacón reportó ser el sustrato más favorable con un crecimiento de 10^6 UFC/mL, seguido de la quinua con 10^{11} UFC/mL y la mashua con 10^{12} UFC/mL a las 24 h de cultivo.
2. La combinación óptima para la producción de bebidas nutracéuticas con *L. acidophilus* fue identificada como, yacón a 12 °Brix, sin preservantes químicos y almacenamiento a 4 °C. Además, los tratamientos con preservantes químicos (bisulfito de sodio y benzoato de sodio) mostraron una reducción significativa en la viabilidad bacteriana, especialmente en la mashua. La refrigeración (4 °C) redujo la tasa de declive bacteriano en un 25-30 % comparado con la temperatura ambiente, manteniendo una viabilidad superior a 10^7 UFC/mL durante 42 días, lo que supera el mínimo regulatorio peruano de 10^6 UFC/mL.
3. La evaluación fisicoquímica y sensorial demostró que la mayoría de las bebidas nutracéuticas formuladas con sustratos empleados cumplen con los estándares de calidad para consumo humano: presentaron pH entre 3,536 y 5,788, acidez de 0,034 % a 0,161 %, y una viabilidad probiótica superior a 10^7 UFC/mL en todos los tratamientos, superando el umbral mínimo requerido. Aunque el 19,4 % de los tratamientos excedió ligeramente el límite de acidez recomendado por la FAO (0,10 %), el 77,8 % fue calificado como “muy buena”.
4. En conjunto, los resultados indican que la refrigeración y la ausencia de conservantes químicos son estrategias óptimas para preservar la estabilidad fisicoquímica y la aceptabilidad sensorial de bebidas probióticas a base de mashua, yacón y quinua.

VII. RECOMENDACIONES

1. El pelado de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) “yacón”, debe ser de manera más rápida; para reducir el tiempo de exposición al ambiente y así se evite la oxidación.
2. Para la producción de bebidas nutraceuticas utilizando como sustrato *Smallanthus sonchifolius* (Poepp y Endl) “yacón”; se debe usar algún tipo de antioxidante para evitar el oscurecimiento.
3. Para la producción de bebida nutraceutica de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”, trabajar con proporciones de sustrato, debido a que este presenta mucha viscosidad; también se debe agregar sacarosa en cantidades menores a 12 °Brix, para que el crecimiento bacteriano sea menor.
4. Para obtener una bebida nutraceutica que esté orientada para el consumo humano, se debe aplicar las BPM y POES; de manera que se obtenga un producto que garantice la calidad e inocuidad.
5. Utilizar los cultivos andinos, que muchas veces son menos conocidos y consumidos, para dar alternativas de uso agroindustrial según sus propiedades mediante la investigación.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Galvez, A., Pedreschi, R., Carpentier, S., Chirinos, R., García-Ríos, D., & Campos, D. (2020). Proteomic analysis of mashua (*Tropaeolum tuberosum*) tubers subjected to postharvest treatments. *Food Chemistry*, 305, 125485. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125485>
- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., & Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 45(3), Article 3. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>
- Apaza, L. N., Tena Pérez, V., & Bermejo Benito, P. (2020). Local/traditional uses, secondary metabolites and biological activities of Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón). *Journal of Ethnopharmacology*, 247, 112152. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112152>
- Arguello-Hernández, P., Samaniego, I., Leguizamo, A., Bernalte-García, M. J., & Ayuso-Yuste, M. C. (2024). Nutritional and Functional Properties of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Chimborazo Ecotype: Insights into Chemical Composition. *Agriculture*, 14(3), 396. <https://doi.org/10.3390/agriculture14030396>
- Ayub, M., Castro-Alba, V., & Lazarte, C. E. (2021). Development of an instant-mix probiotic beverage based on fermented quinoa with reduced phytate content. *Journal of Functional Foods*, 87, 104831. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104831>
- Baranyi, J., & Roberts, T. A. (1994). A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. *International Journal of Food Microbiology*, 23(3), 277-294. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(94\)90157-0](https://doi.org/10.1016/0168-1605(94)90157-0)
- Basantes-Morales, E. R., Alconada, M. M., & Pantoja, J. L. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Production in the Andean Region: Challenges and Potentials. *Journal of Experimental Agriculture International*, 1-18. <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v36i630251>
- Brul, S., & Coote, P. (1999). Preservative agents in foods: Mode of action and microbial resistance mechanisms. *International Journal of Food Microbiology*, 50(1), 1-17. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(99\)00072-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(99)00072-0)
- Bull, M. J., Jolley, K. A., Bray, J. E., Aerts, M., Vandamme, P., Maiden, M. C. J., Marchesi, J. R., & Mahenthiralingam, E. (2014). The domestication of the probiotic bacterium *Lactobacillus acidophilus*. *Scientific Reports*, 4(1), 7202. <https://doi.org/10.1038/srep07202>
- Cabello-Olmo, M., Oneca, M., Torre, P., Díaz, J. V., Encio, I. J., Barajas, M., & Araña, M. (2020). Influence of Storage Temperature and Packaging on Bacteria and Yeast Viability in a Plant-Based Fermented Food. *Foods*, 9(3), 302. <https://doi.org/10.3390/foods9030302>
- Campos, D., Betalleluz-Pallardel, I., Chirinos, R., Aguilar-Galvez, A., Noratto, G., & Pedreschi, R. (2012a). Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. *Food Chemistry*, 135(3), 1592-1599. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.088>

- Campos, D., Betalleluz-Pallardel, I., Chirinos, R., Aguilar-Galvez, A., Noratto, G., & Pedreschi, R. (2012b). Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. *Food Chemistry*, 135(3), 1592-1599. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.088>
- Cárdenas-Valencia, I., Nieto, J., Gasco, M., Gonzales, C., Rubio, J., Portella, J., & Gonzales, G. F. (2008). *Tropaeolum tuberosum* (Mashua) reduces testicular function: Effect of different treatment times. *Andrologia*, 40(6), 352-357. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0272.2008.00868.x>
- Chen, H., Niu, J., Qin, T., Ma, Q., Wang, L., Shu, & Guowei. (2015). Optimization of the medium for *Lactobacillus acidophilus* by Plackett-Burman and steepest ascent experiment. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 14(3), 227-232. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2015.3.24>
- Choque, G. T., da Silva, W. M., Maróstica Junior, M. R., & Pastore, G. M. (2013). Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): A Functional Food. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68(3), 222-228. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0362-0>
- Chuquizuta, L. B., & Gongora, E. M. (2014). *Influencia de la concentración de extracto de beterraga (Beta vulgaris) y jarabe de yacón (Smallanthus sonchifolius), en la elaboración de una bebida nutracéutica aromatizada con menta (menta piperita)*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/551>
- Contreras, E., & Purisaca, J. P. (2018). *Elaboración y evaluación de una bebida funcional a partir de yacón (Smallanthus sonchifolius) y piña (ananas comusus) endulzado con stevia* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3060>
- Cortez, A. Y. (2016). *Estudio del tiempo de conservación de una bebida nutracéutica a partir de mashua tropaeolum tuberosum* [bachelorThesis]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5968>
- Dahal, S., Ojha, P., & Karki, T. B. (2020). Functional quality evaluation and shelf life study of synbiotic yacon juice. *Food Science & Nutrition*, 8(3), 1546-1553. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1440>
- Delgado, G. T. C., Tamashiro, W. M. da S. C., Maróstica Junior, M. R., & Pastore, G. M. (2013). Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): A functional food. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 68(3), 222-228. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0362-0>
- Duchan, E., Patel, N. D., & Feucht, C. (2010). Energy Drinks: A Review of Use and Safety for Athletes. *The Physician and Sportsmedicine*, 38(2), 171-179. <https://doi.org/10.3810/psm.2010.06.1796>
- Dudeja, P., & Gupta, R. K. (2017). Nutraceuticals. En R. K. Gupta, Dudeja, & Singh Minhas (Eds.), *Food Safety in the 21st Century* (pp. 491-496). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801773-9.00040-6>
- El-Garhi, H.-E. M., Abd-Elghany, A. A., Ibrahim, A. M. A., El-Aidie, S. A. M., & Castro-Muñoz, R. (2025). Effect of Organic Acids on Pathogenic and

- Lactic Acid Bacteria in Directly Raw Milk Cheddar Cheese. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. <https://doi.org/10.1007/s12602-025-10622-2>
- El-Sohaimy, S. A., Mehany, T., Shehata, M. G., Zeitoun, A. A., Alharbi, H. M., Alwutayd, K. M., & Zeitoun, M. A. M. (2025). Optimizing functional, stability, and sensory attributes of quinoa beverages through bioprocessing, ultrasonication, and hydrocolloids. *Food Chemistry: X*, 30, 102923. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102923>
- Fellows, P. J. (2000). *Food Processing Technology: Principles and Practice, Second Edition* (1ra ed.). CRC Press.
- Ganguly, N. K., Bhattacharya, S. K., Sesikera, B., Nair, G. B., Ramakrishna, B. S., Sachdev, H. P. S., Batish, V. K., Kanagasabapathy, A. S., Muthuswamy, V., Kathuria, S. C., Katoch, V. M., Satyanarayana, K., Toteja, G. S., Rahi, M., Rao, S., Bhan, M. K., Kapur, R., & Hemalatha, R. (2011). ICMR-DBT Guidelines for Evaluation of Probiotics in Food. *The Indian Journal of Medical Research*, 134(1), 22-25.
- Garcia, C., Guerin, M., Souidi, K., & Remize, F. (2020). Lactic Fermented Fruit or Vegetable Juices: Past, Present and Future. *Beverages*, 6(1), 8. <https://doi.org/10.3390/beverages6010008>
- Goh, Y. J., & Klaenhammer, T. R. (2014). Insights into glycogen metabolism in *Lactobacillus acidophilus*: Impact on carbohydrate metabolism, stress tolerance and gut retention. *Microbial Cell Factories*, 13(1), 94. <https://doi.org/10.1186/s12934-014-0094-3>
- Govaerts, R. (2023). *World Checklist of Vascular Plants (WCVP) –Version 12*. [Dataset]. Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. <https://doi.org/10.34885/JDH2-DR22>
- Hemansi, Vibhuti, R. K., Shukla, R., Gupta, R., Saini, J. K., Hemansi, Vibhuti, R. K., Shukla, R., Gupta, R., & Saini, J. K. (2018). Food Grade Microorganisms for Nutraceutical Production for Industrial Applications. <https://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-5225-2970-5.ch016>. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2970-5.ch016>
- 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). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11(8), 506-514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
- Huamán, M. (2014). Formulación de una bebida nutracéutica apartir de mashua (*tropaeolum tuberosum* r. Et p.) y quinua (*chenopodium quinoa* willd.) en la provincia de Acobamba—Huancavelica. *Universidad Nacional de Huancavelica*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/3128712>
- Irwin, S. V., Fisher, P., Graham, E., Malek, A., & Robidoux, A. (2017). Sulfites inhibit the growth of four species of beneficial gut bacteria at concentrations regarded as safe for food. *PLoS ONE*, 12(10), e0186629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186629>
- Jacobo-Velázquez, D. A., Peña-Rojas, G., Paredes-Avila, L. E., Andía-Ayme, V.,

- Torres-Contreras, A. M., & Herrera-Calderon, O. (2022). Phytochemical Characterization of Twenty-Seven Peruvian Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) Morphotypes and the Effect of Postharvest Methyl Jasmonate Application on the Accumulation of Antioxidants. *Horticulturae*, 8(6), 471. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060471>
- Kale-Pradhan, P. B., Jassaly, H. K., & Wilhelm, S. M. (2010). Role of Lactobacillus in the Prevention of Antibiotic-Associated Diarrhea: A Meta-analysis. *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*, 30(2), 119-126. <https://doi.org/10.1592/phco.30.2.119>
- Kaur, R., Shekhar, S., & Prasad, K. (2024). Functional beverages: Recent trends and prospects as potential meal replacers. *Food Materials Research*, 4, 1-10. <https://doi.org/10.48130/fmr-0023-0041>
- Khajehei, F., Hartung, J., & Graeff-Hönniger, S. (2018). Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Yacon (*Smallanthus Sonchifolius* Poepp. and Endl.) Chips: Effect of Cultivar, Pre-Treatment and Drying. *Agriculture*, 8(12), 183. <https://doi.org/10.3390/agriculture8120183>
- Kim, S. J., Jin, Y. I., Nam, J. H., Hong, S. Y., Sohn, W. B., Kwon, O. K., Chang, D. C., Cho, H. M., & Jeong, J. C. (2013). Comparison of Nutrient Composition of Yacon Germplasm. *Korean Journal of Plant Resources*, 26(1), 9-18. <https://doi.org/10.7732/kjpr.2013.26.1.009>
- Latimer, G. W., Jr., & Latimer, G. W., Jr. (Eds.). (2023). Official Methods of Analysis: 22nd Edition (2023). En *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL* (p. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.002.001>
- Leidi, E. O., Altamirano, A. M., Mercado, G., Rodriguez, J. P., Ramos, A., Alandia, G., Sørensen, M., & Jacobsen, S.-E. (2018). Andean roots and tubers crops as sources of functional foods. *Journal of Functional Foods*, 51, 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.10.007>
- Leiva-Revilla, J., Cárdenas-Valencia, I., Rubio, J., Guerra-Castañón, F., Olcese-Mori, P., Gasco, M., & Gonzales, G. F. (2012). Evaluation of different doses of mashua (*Tropaeolum tuberosum*) on the reduction of sperm production, motility and morphology in adult male rats. *Andrologia*, 44(s1), 205-212. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0272.2011.01165.x>
- Liu, Y., Nawazish, H., Farid, M. S., Abdul Qadoos, K., Habiba, U. E., Muzamil, M., Tanveer, M., Sienkiewicz, M., Lichota, A., & Łopusiewicz, Ł. (2024). Health-Promoting Effects of Lactobacillus acidophilus and Its Technological Applications in Fermented Food Products and Beverages. *Fermentation*, 10(8), 380. <https://doi.org/10.3390/fermentation10080380>
- Lopes, C., DESSIMONI, G., & Dessimoni-Pinto, N. (2010). APROVEITAMENTO, COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E ANTINUTRICIONAL DA FARINHA DE QUINOA (CHENOPODIUM QUINOA). *Alimentos e Nutrição*, 20.
- Madigan, M., Sattley, W., Aiyer, J., Stahl, D., & Buckley, D. (2021). *Brock Biology of Microorganisms, Global Edition*. Pearson International. <https://elibrary.pearson.de/book/99.150005/9781292405063>
- Marin Arévalo, M. J., & Ratkovich, N. (2024). Development of a Distilled Beverage Using Yacon Root (*Smallanthus sonchifolius*). *Beverages*,

- 10(3), 55. <https://doi.org/10.3390/beverages10030055>
- Marques, C., Bortolan Toazza, C. E., Sari, R., Mitterer-Daltoé, M. L., Amaral, W. do, & Masson, M. L. (2021). Long-term storage of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) juice: Phytochemical profile, *in vitro* prebiotic potential and discriminant bioactive properties. *Food Bioscience*, 41, 100970. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100970>
- McDonald, S. T. (2017). Chapter 13—Concepts of flavor creation in novel nutraceuticals and functional food formulations. En D. Bagchi & S. Nair (Eds.), *Developing New Functional Food and Nutraceutical Products* (pp. 231-247). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802780-6.00013-4>
- Molero-Méndez, M. S., Flores-Rondón, C., Leal-Ramírez, M., & Briñez-Zambrano, W. J. (2017). Evaluación Sensorial De Bebidas Probióticas Fermentadas a Base De Lactosuero. *Revista Científica*, XXVII(2), 70-77.
- Mortazavian, A. M., Ehsani, M. R., Mousavi, S. M., Rezaei, K., Sohrabvandi, S., & Reinheimer, J. A. (2007). Effect of refrigerated storage temperature on the viability of probiotic micro-organisms in yogurt. *International Journal of Dairy Technology*, 60(2), 123-127. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2007.00306.x>
- Nazahand, A., Durazzo, A., Lucarini, M., Guerra, F., Souto, S., Souto, E., & Antonello. (2022). Nutraceuticals and functional beverages: Focus on Prebiotics and Probiotics active beverages. En *Future Foods* (pp. 251-258). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91001-9.00026-8>
- Olivos, O., Ada Cuevas, M., Verónica Álvarez, V., & Carlos Jorquera, A. (2012). Nutrición Para el Entrenamiento y la Competición. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(3), 253-261. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(12\)70308-5](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(12)70308-5)
- Ortega, O. R., Duran, E., Arbizu, C., Ortega, R., Roca, W., Potter, D., & Quiros, C. F. (2007). Pattern of genetic diversity of cultivated and non-cultivated mashua, *Tropaeolum tuberosum*, in the Cusco region of Perú. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54(4), 807-821. <https://doi.org/10.1007/s10722-006-9160-y>
- Papadimitriou, K., Alegría, Á., Bron, P. A., de Angelis, M., Gobbetti, M., Kleerebezem, M., Lemos, J. A., Linares, D. M., Ross, P., Stanton, C., Turróni, F., van Sinderen, D., Varmanen, P., Ventura, M., Zúñiga, M., Tsakalidou, E., & Kok, J. (2016). Stress Physiology of Lactic Acid Bacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 80(3), 837-890. <https://doi.org/10.1128/mmbr.00076-15>
- Pedreschi, R., Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., & Cisneros-Zevallos, L. (2003). Andean Yacon Root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) Fructooligosaccharides as a Potential Novel Source of Prebiotics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(18), 5278-5284. <https://doi.org/10.1021/jf0344744>
- Pessione, E. (2012). Lactic acid bacteria contribution to gut microbiota complexity: Lights and shadows. *Frontiers in Cellular and Infection*

- Microbiology*, 2. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2012.00086>
- Puerta, M. F. P., & García, M. A. (2013). Caracterización morfológica y molecular de materiales de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl) H. Robinson colectados en la ecorregión Eje Cafetero de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.22490/21456453.981>
- Quispe-Herrera, R., Valverde, Y. P., & Huamani, J. R. R. (2022). Antioxidant capacity and proximal analysis of *Solanum sessiliflorum* Dunal and *Chenopodium quinoa* Willdenow nectar-based. *Agronomia Mesoamericana*, 33(2). <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47706>
- Raithatha, C., & Rogers, L. (2018). Panel Quality Management. En *Descriptive Analysis in Sensory Evaluation* (pp. 113-164). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118991657.ch4>
- Ramallo, R., Wathelet, J.-P., Le Boulengé, E., Torres, E., Marlier, M., Ledent, J.-F., Guidi, A., & Larondelle, Y. (2004). Glucosinolates in isaño (*Tropaeolum tuberosum*) tubers: Qualitative and quantitative content and changes after maturity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(7), 701-706. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1691>
- Reina, L. D., Pérez-Díaz, I. M., Breidt, F., Azcarate-Peril, M. A., Medina, E., & Butz, N. (2015). Characterization of the microbial diversity in yacon spontaneous fermentation at 20 °C. *International Journal of Food Microbiology*, 203, 35-40. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.007>
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J.-M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120(1), 128-133. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>
- Roberfroid, M. B. (2008). Prebiotics: Concept, Definition, Criteria, Methodologies, and Products. En *Handbook of Prebiotics*. CRC Press.
- Romeo, L., Iori, R., Rollin, P., Bramanti, P., & Mazzon, E. (2018). Isothiocyanates: An Overview of Their Antimicrobial Activity against Human Infections. *Molecules*, 23(3), 624. <https://doi.org/10.3390/molecules23030624>
- Sofi, F., & Dinu, M. R. (2016). Nutrition and Prevention of Chronic-degenerative Diseases. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, 713-717. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.052>
- Sut, S., Baldan, V., Faggian, M., Peron, G., & Dall'Acqua, S. (2016). Nutraceuticals, A New Challenge for Medicinal Chemistry. [Http://www.Eurekaselect.Com](http://www.eurekaselect.com). <https://www.eurekaselect.com/article/76574>
- Tamime, A. y., Saarela, M., Wszolek, M., Ghoddousi, H., Linares, D. m., & Shah, N. p. (2017). Production and Maintaining Viability of Probiotic Micro-organisms in Dairy Products. En *Probiotic Dairy Products* (pp. 67-164). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119214137.ch4>
- Tuisima, L. L., & Fernández, E. (2015). An Andean Ancient Crop, *Chenopodium*

- quinoa Willd: A Review. *Agricultura Tropica et Subtropica*, 47(4), 142-146.
<https://doi.org/10.2478/ats-2014-0020>
- Vajdovich, D. K., Csajbókné Csobod, É., & Benedek, C. (2025). Pseudocereal-Based Functional Beverages: Main Properties and Nutritional Evaluation with an Emphasis on Amino Acid Content: A Review. *Foods*, 14(12).
<https://doi.org/10.3390/foods14122080>
- Velásquez-Barreto, F., Ramírez, E., Chuquilín, R., & Aliaga-Barrera, I. (2020). Optimization of the functional properties of a drink based on tubers of purple mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón). *Agroindustrial Science*, 10(1), 63-70. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.01.09>
- Willey, J. M., Sherwood, L. M., & Woolverton, C. J. (2019). *Prescott's Microbiology*. McGraw-Hill Education.

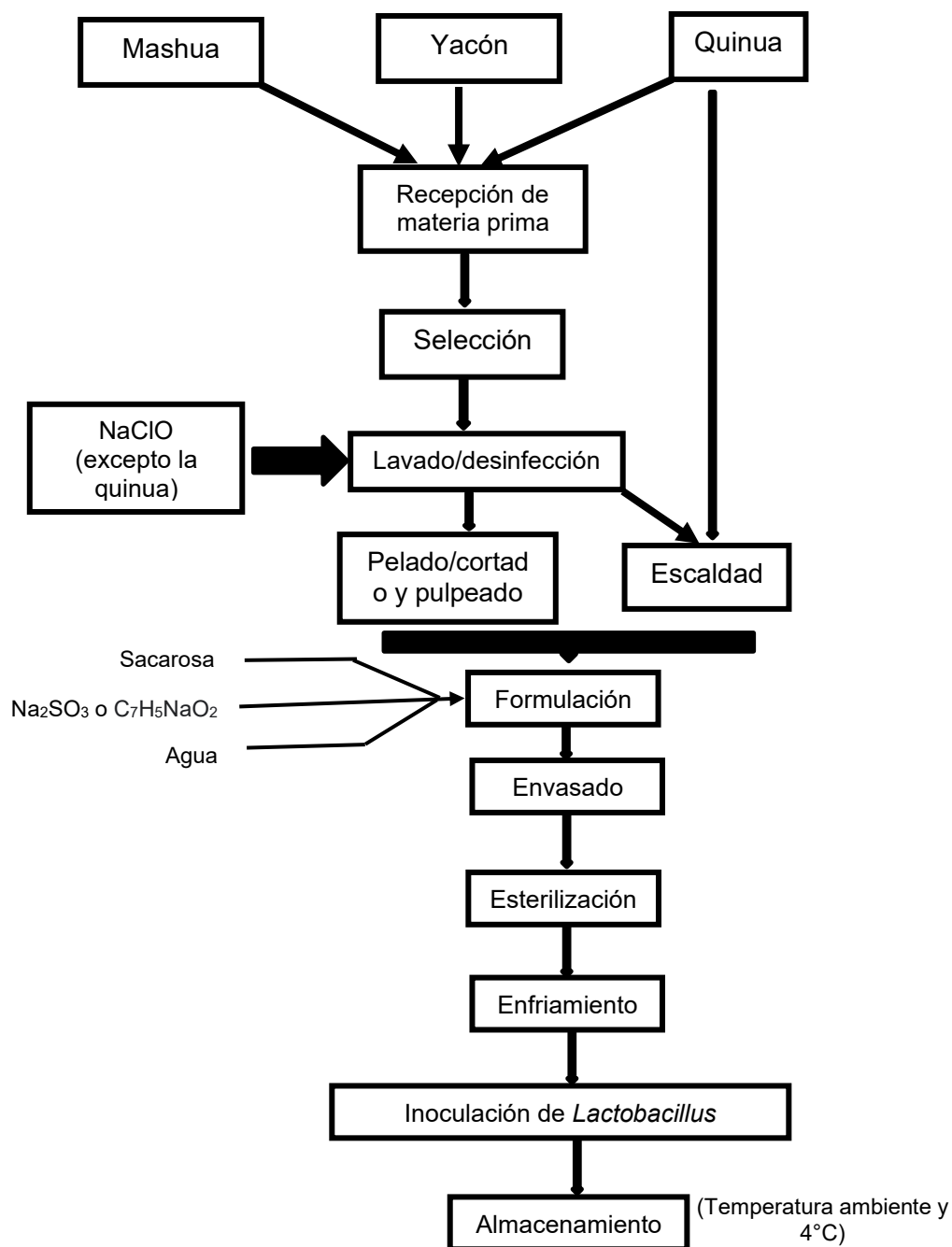
ANEXOS

Anexo 1. Componentes del medio agar *Lactobacilli* (Bintsis, 2018)

COMPONENTES	CANTIDAD
Peptona de leche	15g
Extracto de levadura	5g
Glucosa	10 g
Jugo de tomate	100 mL
Fosfato monopotásico	2 g
Complejo monoleato de sorbitano	1 mL
Agar-agar	15 g
Agua destilada	1000 mL
pH	6,8

Fuente: Mendo, M.

Anexo 2. Flujograma de la metodología del proceso de elaboración de las bebidas nutracéuticas suplementados con *Lactobacillus acidóphilus* y tres sustratos vegetales. Ayacucho-2019.



Anexo 3. Análisis de varianza para comparar el pH de las bebidas nutracéuticas en 3 sustratos, a los cero días de almacenamiento, Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13.79	35	0.39	207.68	<0.0001
SUSTRATO	8.88	2	4.44	2340.88	<0.0001
GRADOS BRIX	0.18	1	0.18	94.27	<0.0001
PRESERVANTE	3.57	2	1.78	941.03	<0.0001
TEMPERATURA	2.30E-03	1	2.30E-03	1.22	0.2712
SUSTRATO*GRADOS BRIX	0.01	2	0.01	3.76	0.0263
SUSTRATO*PRESERVANTE	0.26	4	0.06	33.77	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	0.02	2	0.01	5.85	0.0039
GRADOS BRIX*PRESERVANTE	0.62	2	0.31	163.08	<0.0001
GRADOS BRIX*TEMPERATURA	0.02	1	0.02	9.42	0.0027
PRESERVANTE*TEMPERATURA	0.03	2	0.01	7.71	0.0007
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	0.07	4	0.02	8.78	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*TEMPE..	0.01	2	5.00E-03	2.63	0.0767
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	0.04	4	0.01	5.36	0.0006
GRADOS BRIX*PRESERVANTE*TE..	0.02	2	0.01	5.55	0.0051
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	0.06	4	0.01	7.81	<0.0001
Error	0.2	108	1.90E-03		
<u>Total</u>	13.99	143			

Anexo 4. Análisis de la varianza para comparar el pH de las bebidas nutracéuticas, a los 7 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19.98	35	0.57	20.43	<0.0001
SUSTRATO	0.82	2	0.41	14.71	<0.0001
BRIX	0.15	1	0.15	5.45	0.0214
PRESERVANTE	11.26	2	5.63	201.42	<0.0001
TEMPERATURA	1.29	1	1.29	45.99	<0.0001
SUSTRATO*BRIX	0.53	2	0.26	9.47	0.0002
SUSTRATO*PRESERVANTE	0.83	4	0.21	7.44	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	0.04	2	0.02	0.78	0.4632
BRIX*PRESERVANTE	0.45	2	0.22	7.97	0.0006
BRIX*TEMPERATURA	0.19	1	0.19	6.76	0.0106
PRESERVANTE*TEMPERATURA	1.46	2	0.73	26.04	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE	1.58	4	0.4	14.15	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*TEMPERATURA	0.13	2	0.07	2.34	0.1015
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	0.41	4	0.1	3.67	0.0076
BRIX*PRESERVANTE*TEMPERATU..	0.53	2	0.26	9.42	0.0002
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE*..	0.32	4	0.08	2.9	0.0253
Error	3.02	108	0.03		
<u>Total</u>	23	143			

Anexo 5. Prueba de Tukey para comparar el pH de las variables sustrato y preservante, a los 7 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

SUSTRATO	PRESERVANTE	Medias	n	E.E.	
Yacón (A2)	Bisulfito de sodio (C1)	4.62	16	0.04	A
Quinua (A3)	Bisulfito de sodio (C1)	4.91	16	0.04	B
Mashua (A1)	Bisulfito de sodio (C1)	5	16	0.04	B
Yacón (A2)	Benzoato de sodio (C2)	5.23	16	0.04	C
Quinua (A3)	Benzoato de sodio (C2)	5.26	16	0.04	C D
Mashua (A1)	Benzoato de sodio (C2)	5.44	16	0.04	D E
Quinua (A3)	NO	5.48	16	0.04	E
Mashua (A1)	NO	5.51	16	0.04	E
<u>Yacón (A2)</u>	NO	5.54	16	0.04	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 6. Análisis de la varianza para comparar el pH de las bebidas nutracéuticas, a los 14 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20.61	35	0.59	90.13	<0.0001
SUSTRATO	0.56	2	0.28	42.68	<0.0001
BRIX	0.06	1	0.06	9.05	0.0033
PRESERVANTE	12.67	2	6.34	969.72	<0.0001
TEMPERATURA	0.25	1	0.25	37.61	<0.0001
SUSTRATO*BRIX	0.38	2	0.19	28.9	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	1.96	4	0.49	75.06	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	0.19	2	0.1	14.78	<0.0001
BRIX*PRESERVANTE	0.39	2	0.2	29.87	<0.0001
BRIX*TEMPERATURA	0.13	1	0.13	19.42	<0.0001
PRESERVANTE*TEMPERATURA	0.58	2	0.29	44.45	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE	1.15	4	0.29	43.84	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*TEMPERATURA	0.09	2	0.05	6.95	0.0014
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	0.66	4	0.16	25.23	<0.0001
BRIX*PRESERVANTE*TEMPERATU..	0.43	2	0.21	32.87	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE*..	1.12	4	0.28	42.88	<0.0001
Error	0.71	108	0.01		
<u>Total</u>	21.32	143			

Anexo 7. Análisis de la varianza para evaluar el pH de las bebidas nutracéuticas, a los 21 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	70.01	35	2	14396.74	<0.0001
SUSTRATO	2.37	2	1.19	8536.45	<0.0001
GRADOS BRIX	2.04	1	2.04	14706.61	<0.0001
PRESERVANTE	15.81	2	7.9	56895.17	<0.0001
TEMPERATURA	4.72	1	4.72	33958.46	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX	2.72	2	1.36	9795.41	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	6.55	4	1.64	11783.46	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	1.24	2	0.62	4458.94	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE	4.23	2	2.11	15217.13	<0.0001
GRADOS BRIX*TEMPERATURA	0.18	1	0.18	1278.26	<0.0001
PRESERVANTE*TEMPERATURA	5.23	2	2.61	18817.28	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	3.7	4	0.92	6649.41	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*TEMPE..	5.35	2	2.67	19252.15	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	5.93	4	1.48	10675.92	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE*TE..	0.85	2	0.42	3045.52	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	9.1	4	2.27	16367.8	<0.0001
Error	0.02	108	1.40E-04		
<u>Total</u>	70.02	143			

Anexo 8. Análisis de la varianza para comparar el pH de las bebidas nutracéuticas, a los 28 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26.91	35	0.77	705.44	<0.0001
SUSTRATO	0.01	2	0.01	5.17	0.0071
GRADOS BRIX	0.04	1	0.04	32.49	<0.0001
PRESERVANTE	12.71	2	6.35	5830.01	<0.0001
TEMPERATURA	1.28	1	1.28	1178.28	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX	0.8	2	0.4	365.64	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	3.78	4	0.94	866.33	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	0.44	2	0.22	200.86	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE	0.12	2	0.06	53.97	<0.0001
GRADOS BRIX*TEMPERATURA	0.83	1	0.83	757.93	<0.0001
PRESERVANTE*TEMPERATURA	0.97	2	0.48	443.1	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	1.25	4	0.31	287.02	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*TEMPE..	1.01	2	0.5	462.65	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	1.71	4	0.43	392.31	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE*TE..	0.51	2	0.26	236.19	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	1.46	4	0.37	335.95	<0.0001
Error	0.12	108	1.10E-03		
<u>Total</u>	27.02	143			

Anexo 9. Análisis de la varianza para comparar el pH de las bebidas nutracéuticas, a los 35 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	30.81	35	0.88	3936.71	<0.0001
SUSTRATO	0.12	2	0.06	262.41	<0.0001
GRADOS BRIX	2.70E-04	1	2.70E-04	1.22	0.2713
PRESERVANTE	14.55	2	7.28	32537.07	<0.0001
TEMPERATURA	0.77	1	0.77	3462.67	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX	0.28	2	0.14	615.9	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	4.67	4	1.17	5220.41	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	0.14	2	0.07	323.16	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE	0.31	2	0.15	685.91	<0.0001
GRADOS BRIX*TEMPERATURA	0.78	1	0.78	3481.06	<0.0001
PRESERVANTE*TEMPERATURA	0.73	2	0.36	1627.85	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	1.42	4	0.36	1588.64	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*TEMPE..	3.14	2	1.57	7020.19	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	1.55	4	0.39	1729.61	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE*TE..	0.76	2	0.38	1697.56	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	1.6	4	0.4	1786.29	<0.0001
Error	0.02	108	2.20E-04		
<u>Total</u>	30.83	143			

Anexo 10. Análisis de la varianza de los tratamientos para comparar el pH de las bebidas nutracéuticas, a los 42 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	42.3	35	1.21	3323.48	<0.0001
SUSTRATO	0.19	2	0.09	260.47	<0.0001
GRADOS BRIX	2.00E-04	1	2.00E-04	0.56	0.4555
PRESERVANTE	20.09	2	10.05	27626.82	<0.0001
TEMPERATURA	0.64	1	0.64	1762.72	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX	0.11	2	0.06	153.32	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	7.68	4	1.92	5278.53	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	0.03	2	0.02	46.89	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE	0.17	2	0.08	228.63	<0.0001
GRADOS BRIX*TEMPERATURA	1.42	1	1.42	3907.72	<0.0001
PRESERVANTE*TEMPERATURA	0.53	2	0.26	723.37	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	1.33	4	0.33	913.71	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*TEMPE..	5.3	2	2.65	7282.95	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	1.51	4	0.38	1041.17	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE*TE..	0.69	2	0.34	946.66	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	2.61	4	0.65	1794.73	<0.0001
Error	0.04	108	3.60E-04		
<u>Total</u>	42.34	143			

Anexo 11. Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutracéuticas, a los 0 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	35	8.70E-04	110.11	<0.0001
SUSTRATO	0.01	2	0.01	765.14	<0.0001
BRIX	0.01	1	0.01	689.2	<0.0001
PRESERVANTE	0.01	2	2.70E-03	346.98	<0.0001
TEMPERATURA	4.80E-04	1	4.80E-04	60.66	<0.0001
SUSTRATO*BRIX	2.10E-04	2	1.00E-04	13.01	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	1.60E-03	4	4.10E-04	51.4	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	9.50E-04	2	4.70E-04	59.94	<0.0001
BRIX*PRESERVANTE	1.20E-03	2	5.90E-04	74.9	<0.0001
BRIX*TEMPERATURA	9.00E-04	1	9.00E-04	113.85	<0.0001
PRESERVANTE*TEMPERATURA	1.60E-04	2	8.10E-05	10.17	0.0001
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE	6.70E-04	4	1.70E-04	21.09	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*TEMPERATURA	2.20E-04	2	1.10E-04	14.21	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	1.80E-04	4	4.40E-05	5.58	0.0004
BRIX*PRESERVANTE*TEMPERATU..	2.70E-05	2	1.40E-05	1.72	0.1835
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE*..	8.40E-04	4	2.10E-04	26.43	<0.0001
Error	8.50E-04	108	7.90E-06		
<u>Total</u>	0.03	143			

Anexo 12. Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutracéuticas, a los 7 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	35	8.10E-04	45.74	<0.0001
SUSTRATO	2.40E-03	2	1.20E-03	68.1	<0.0001
BRIX	0.01	1	0.01	534.93	<0.0001
PRESERVANTE	0.01	2	4.10E-03	231.4	<0.0001
TEMPERATURA	1.10E-03	1	1.10E-03	60.06	<0.0001
SUSTRATO*BRIX	1.00E-03	2	5.10E-04	28.84	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	6.40E-04	4	1.60E-04	8.96	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	1.80E-03	2	9.10E-04	51	<0.0001
BRIX*PRESERVANTE	2.10E-04	2	1.00E-04	5.81	0.004
BRIX*TEMPERATURA	7.50E-06	1	7.50E-06	0.42	0.5179
PRESERVANTE*TEMPERATURA	2.70E-04	2	1.30E-04	7.47	0.0009
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE	1.40E-03	4	3.60E-04	20.05	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*TEMPERATURA	5.40E-05	2	2.70E-05	1.52	0.2233
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	8.30E-04	4	2.10E-04	11.61	<0.0001
BRIX*PRESERVANTE*TEMPERATU..	5.20E-04	2	2.60E-04	14.64	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE*..	4.50E-04	4	1.10E-04	6.34	0.0001
Error	1.90E-03	108	1.80E-05		
<u>Total</u>	0.03	143			

Anexo 13. Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutracéuticas, a los 14 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	g	I	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	35	9.70E-04		61.63	<0.0001
SUSTRATO	2.50E-03	2	1.30E-03		79.76	<0.0001
BRIX	0.01	1	0.01		707	<0.0001
PRESERVANTE	0.01	2	3.90E-03		247.51	<0.0001
TEMPERATURA	1.40E-05	1	1.40E-05		0.9	0.3461
SUSTRATO*BRIX	2.70E-03	2	1.40E-03		86.45	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	6.30E-04	4	1.60E-04		10.03	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	4.00E-03	2	2.00E-03		126.57	<0.0001
BRIX*PRESERVANTE	2.50E-04	2	1.20E-04		7.95	0.0006
BRIX*TEMPERATURA	6.30E-04	1	6.30E-04		40.19	<0.0001
PRESERVANTE*TEMPERATURA	1.80E-04	2	9.00E-05		5.73	0.0043
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE	7.20E-04	4	1.80E-04		11.47	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*TEMPERATURA	5.10E-04	2	2.60E-04		16.4	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	9.30E-04	4	2.30E-04		14.75	<0.0001
BRIX*PRESERVANTE*TEMPERATU..	1.10E-03	2	5.50E-04		35.05	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE*..	8.30E-04	4	2.10E-04		13.27	<0.0001
Error	1.70E-03	108	1.60E-05			
<u>Total</u>	0.04	143				

Anexo 14. Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutracéuticas, a los 21 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.3	35	0.01	3.51	<0.0001
SUSTRATO	0.02	2	0.01	4.77	0.0104
BRIX	6.90E-04	1	6.90E-04	0.29	0.5944
PRESERVANTE	0.04	2	0.02	7.26	0.0011
TEMPERATURA	0.01	1	0.01	2.59	0.1108
SUSTRATO*BRIX	0.03	2	0.01	6.02	0.0033
SUSTRATO*PRESERVANTE	0.04	4	0.01	4.46	0.0023
SUSTRATO*TEMPERATURA	0.02	2	0.01	3.41	0.0368
BRIX*PRESERVANTE	0.02	2	0.01	3.12	0.0481
BRIX*TEMPERATURA	0.01	1	0.01	4.23	0.0421
PRESERVANTE*TEMPERATURA	0.02	2	0.01	3.74	0.0269
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE	0.02	4	0.01	2.29	0.0643
SUSTRATO*BRIX*TEMPERATURA	0.01	2	3.00E-03	1.23	0.2977
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	0.02	4	0.01	2.23	0.0708
BRIX*PRESERVANTE*TEMPERATU..	0.01	2	0.01	2.86	0.0617
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE*..	0.03	4	0.01	3.43	0.0111
Error	0.26	107	2.40E-03		
<u>Total</u>	0.56	142			

Anexo 15. Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutracéuticas, a los 28 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.06	35	1.80E-03	45.68	<0.0001
SUSTRATO	0.01	2	3.40E-03	83.77	<0.0001
BRIX	0.01	1	0.01	348.54	<0.0001
PRESERVANTE	0.01	2	3.80E-03	94.96	<0.0001
TEMPERATURA	2.40E-03	1	2.40E-03	59.06	<0.0001
SUSTRATO*BRIX	1.20E-03	2	5.90E-04	14.63	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	2.80E-03	4	7.00E-04	17.41	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	4.90E-03	2	2.40E-03	60.64	<0.0001
BRIX*PRESERVANTE	1.40E-04	2	7.10E-05	1.78	0.1728
BRIX*TEMPERATURA	1.40E-04	1	1.40E-04	3.6	0.0606
PRESERVANTE*TEMPERATURA	9.40E-04	2	4.70E-04	11.71	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE	0.01	4	1.50E-03	37.9	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*TEMPERATURA	3.30E-03	2	1.60E-03	40.84	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	3.50E-03	4	8.80E-04	22.08	<0.0001
BRIX*PRESERVANTE*TEMPERATU..	5.00E-03	2	2.50E-03	62.02	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE*..	0.01	4	1.40E-03	34.34	<0.0001
Error	4.30E-03	108	4.00E-05		
<u>Total</u>	0.07	143			

Anexo 16. Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutracéuticas, a los 35 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.19	35	0.01	3.46	<0.0001
SUSTRATO	0.03	2	0.01	8.43	0.0004
BRIX	1.00E-03	1	1.00E-03	0.63	0.4274
PRESERVANTE	1.30E-03	2	6.30E-04	0.4	0.6717
TEMPERATURA	3.50E-05	1	3.50E-05	0.02	0.8831
SUSTRATO*BRIX	0.01	2	0.01	3.46	0.035
SUSTRATO*PRESERVANTE	0.01	4	2.30E-03	1.45	0.223
SUSTRATO*TEMPERATURA	0.01	2	4.30E-03	2.68	0.0734
BRIX*PRESERVANTE	0.01	2	3.00E-03	1.88	0.1573
BRIX*TEMPERATURA	0.01	1	0.01	3.97	0.0489
PRESERVANTE*TEMPERATURA	0.02	2	0.01	4.97	0.0086
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE	0.02	4	0.01	3.38	0.012
SUSTRATO*BRIX*TEMPERATURA	1.90E-03	2	9.30E-04	0.59	0.5581
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	0.02	4	4.10E-03	2.57	0.0422
BRIX*PRESERVANTE*TEMPERATU..	0.03	2	0.02	10.53	0.0001
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE*..	0.03	4	0.01	5.29	0.0006
Error	0.17	108	1.60E-03		
<u>Total</u>	0.36	143			

Anexo 17. Análisis de la varianza para comparar el porcentaje de acidez de las bebidas nutracéuticas, a los 42 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.1	35	2.80E-03	29.61	<0.0001
SUSTRATO	2.00E-03	2	9.80E-04	10.48	0.0001
BRIX	4.20E-03	1	4.20E-03	44.95	<0.0001
PRESERVANTE	0.02	2	0.01	89.84	<0.0001
TEMPERATURA	0.01	1	0.01	125.64	<0.0001
SUSTRATO*BRIX	4.90E-03	2	2.50E-03	26.44	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	0.01	4	1.80E-03	18.8	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	7.50E-05	2	3.70E-05	0.4	0.6712
BRIX*PRESERVANTE	3.20E-03	2	1.60E-03	17.02	<0.0001
BRIX*TEMPERATURA	2.00E-04	1	2.00E-04	2.1	0.1501
PRESERVANTE*TEMPERATURA	4.10E-03	2	2.10E-03	22.23	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE	4.90E-03	4	1.20E-03	13.24	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*TEMPERATURA	3.10E-03	2	1.60E-03	16.8	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	0.01	4	1.30E-03	13.98	<0.0001
BRIX*PRESERVANTE*TEMPERATU..	0.02	2	0.01	106.19	<0.0001
SUSTRATO*BRIX*PRESERVANTE*..	0.01	4	2.30E-03	25.15	<0.0001
Error	0.01	108	9.30E-05		
<u>Total</u>	0.11	143			

Anexo 18. Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutracéuticas, a los 0 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019

<u>E.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	53741200	35	1535463	265.75	<0.0001
SUSTRATO	51816800	2	25908400	4484.15	<0.0001
GRADOS BRIX	0	1	-6.60E-09	-1.10E-12	>0.9999
PRESERVANTE	266.67	2	133.33	0.02	0.9772
TEMPERATURA	672400	1	672400	116.38	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX	0	2	-3.40E-09	0	>0.9999
SUSTRATO*PRESERVANTE	533.33	4	133.33	0.02	0.9989
SUSTRATO*TEMPERATURA	1248800	2	624400	108.07	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE	0	2	-3.40E-09	0	>0.9999
GRADOS BRIX*TEMPERATURA	0	1	-6.80E-09	-1.20E-12	>0.9999
PRESERVANTE*TEMPERATURA	800	2	400	0.07	0.9332
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	0	4	-1.70E-09	0	>0.9999
SUSTRATO*GRADOS BRIX*TEMPE..	0	2	-3.40E-09	0	>0.9999
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	1600	4	400	0.07	0.9911
GRADOS BRIX*PRESERVANTE*TE..	0	2	-3.40E-09	0	>0.9999
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	0	4	-1.70E-09	0	>0.9999
Error	624000	108	5777.78		
<u>Total</u>	54365200	143			

Anexo 19. Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutracéuticas, a los 7 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.20E+26	35	3.43	7 667.73	<0.0001
SUSTRATO	2.96E+24	2	1.481	287.74	<0.0001
GRADOS BRIX	1.02E+25	1	1.015	1972.32	<0.0001
PRESERVANTE	1.25E+25	2	6.256	1215.39	<0.0001
TEMPERATURA	1.63E+25	1	1.627	3162.04	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX	3.43E+24	2	1.71	6 333.39	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	5.60E+24	4	1.399	271.92	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	2.96E+24	2	1.481	287.77	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE	1.15E+25	2	5.754	1117.88	<0.0001
GRADOS BRIX*TEMPERATURA	1.02E+25	1	1.015	1972.38	<0.0001
PRESERVANTE*TEMPERATURA	1.25E+25	2	6.256	1215.41	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	5.85E+24	4	1.461	283.86	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*TEMPE..	3.43E+24	2	1.716	333.37	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	5.60E+24	4	1.399	271.91	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE*TE..	1.15E+25	2	5.754	1117.85	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	5.85E+24	4	1.461	283.88	<0.0001
Error	5.56E+23	108	5.147		
<u>Total</u>	1.21E+26	143			

Anexo 20. Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutracéuticas, a los 14 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.49E+26	35	1.85E+25	215.29	<0.0001
SUSTRATO	5.58E+24	2	2.79E+24	32.41	<0.0001
GRADOS BRIX	3.92E+25	1	3.92E+25	454.93	<0.0001
PRESERVANTE	1.46E+26	2	7.30E+25	848.11	<0.0001
TEMPERATURA	1.34E+26	1	1.34E+26	1552.89	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX	4.87E+24	2	2.44E+24	28.29	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	1.63E+25	4	4.08E+24	47.37	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	5.28E+24	2	2.64E+24	30.67	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE	4.05E+25	2	2.03E+25	235.42	<0.0001
GRADOS BRIX*TEMPERATURA	3.86E+25	1	3.86E+25	448.34	<0.0001
PRESERVANTE*TEMPERATURA	1.44E+26	2	7.22E+25	839.07	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	6.66E+24	4	1.66E+24	19.33	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*TEMPE..	5.09E+24	2	2.54E+24	29.54	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	1.56E+25	4	3.90E+24	45.31	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE*TE..	3.97E+25	2	1.99E+25	230.61	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	7.12E+24	4	1.78E+24	20.68	<0.0001
Error	9.30E+24	108	8.61E+22		
<u>Total</u>	6.58E+26	143			

Anexo 21. Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutracéuticas, a los 21 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.69E+28	35	4.84E+26	49.84	<0.0001
SUSTRATO	9.62E+26	2	4.81E+26	49.59	<0.0001
GRADOS BRIX	1.70E+24	1	1.70E+24	0.17	0.6768
PRESERVANTE	2.84E+27	2	1.42E+27	146.22	<0.0001
TEMPERATURA	2.52E+27	1	2.52E+27	259.7	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX	2.74E+26	2	1.37E+26	14.1	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	2.36E+27	4	5.90E+26	60.84	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	9.65E+26	2	4.82E+26	49.72	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE	3.76E+25	2	1.88E+25	1.94	0.1487
GRADOS BRIX*TEMPERATURA	1.49E+24	1	1.49E+24	0.15	0.6961
PRESERVANTE*TEMPERATURA	2.84E+27	2	1.42E+27	146.48	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	7.26E+26	4	1.82E+26	18.72	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*TEMPE..	2.77E+26	2	1.38E+26	14.25	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	2.36E+27	4	5.90E+26	60.77	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE*TE..	3.64E+25	2	1.82E+25	1.88	0.1581
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	7.24E+26	4	1.81E+26	18.65	<0.0001
Error	1.05E+27	108	9.70E+24		
<u>Total</u>	1.80E+28	143			

Anexo 22. Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutracéuticas, a los 28 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	g	I CM	F	p-valor
Modelo.	8.32E+26	35	2.38E+25	1139.13	<0.0001
SUSTRATO	2.41E+25	2	1.21E+25	578.63	<0.0001
GRADOS BRIX	8.61E+22	1	8.61E+22	4.13	0.0447
PRESERVANTE	4.78E+25	2	2.39E+25	1146.64	<0.0001
TEMPERATURA	3.03E+26	1	3.03E+26	14502.05	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX	3.14E+25	2	1.57E+25	753.41	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	8.25E+25	4	2.06E+25	988.95	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	1.36E+25	2	6.79E+24	325.44	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE	4.01E+25	2	2.01E+25	961.69	<0.0001
GRADOS BRIX*TEMPERATURA	7.70E+24	1	7.70E+24	368.98	<0.0001
PRESERVANTE*TEMPERATURA	5.17E+25	2	2.58E+25	1238.2	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	9.94E+24	4	2.48E+24	119.05	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*TEMPE..	7.66E+25	2	3.83E+25	1836.09	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	1.17E+26	4	2.93E+25	1403.69	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE*TE..	8.61E+24	2	4.31E+24	206.43	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	1.78E+25	4	4.46E+24	213.6	<0.0001
Error	2.25E+24	108	2.09E+22		
<u>Total</u>	8.34E+26	143			

Anexo 23. Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutracéuticas, a los 35 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.86E+33	35	1.10E+32	11906.34	<0.0001
SUSTRATO	2.20E+32	2	1.10E+32	11900.84	<0.0001
GRADOS BRIX	1.10E+32	1	1.10E+32	11899.08	<0.0001
PRESERVANTE	2.20E+32	2	1.10E+32	11904.94	<0.0001
TEMPERATURA	1.10E+32	1	1.10E+32	11921.16	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX	2.21E+32	2	1.10E+32	11912.18	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	4.41E+32	4	1.10E+32	11906.68	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	2.20E+32	2	1.10E+32	11902.15	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE	2.20E+32	2	1.10E+32	11902.92	<0.0001
GRADOS BRIX*TEMPERATURA	1.10E+32	1	1.10E+32	11902.37	<0.0001
PRESERVANTE*TEMPERATURA	2.20E+32	2	1.10E+32	11900.27	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	4.41E+32	4	1.10E+32	11907.45	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*TEMPE..	2.21E+32	2	1.10E+32	11908.74	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	4.41E+32	4	1.10E+32	11909.98	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE*TE..	2.21E+32	2	1.10E+32	11909.11	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	4.41E+32	4	1.10E+32	11905.17	<0.0001
Error	1.00E+30	108	9.26E+27		
<u>Total</u>	3.86E+33	143			

Anexo 24. Análisis de la varianza para comparar las unidades formadoras de colonia (UFC/mL) de las bebidas nutracéuticas, a los 42 días de almacenamiento. Ayacucho – 2019.

<u>F.V.</u>	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.58E+25	35	1.88E+24	395.35	<0.0001
SUSTRATO	1.67E+23	2	8.35E+22	17.54	<0.0001
GRADOS BRIX	8.53E+22	1	8.53E+22	17.94	<0.0001
PRESERVANTE	5.73E+23	2	2.86E+23	60.18	<0.0001
TEMPERATURA	1.94E+25	1	1.94E+25	4085.76	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX	6.19E+24	2	3.09E+24	650.37	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE	6.11E+24	4	1.53E+24	321.17	<0.0001
SUSTRATO*TEMPERATURA	2.91E+23	2	1.45E+23	30.58	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE	6.22E+23	2	3.11E+23	65.42	<0.0001
GRADOS BRIX*TEMPERATURA	1.17E+23	1	1.17E+23	24.65	<0.0001
PRESERVANTE*TEMPERATURA	6.03E+23	2	3.02E+23	63.38	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	8.81E+24	4	2.20E+24	462.81	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*TEMPE..	5.42E+24	2	2.71E+24	569.39	<0.0001
SUSTRATO*PRESERVANTE*TEMPE..	7.12E+24	4	1.78E+24	374.2	<0.0001
GRADOS BRIX*PRESERVANTE*TE..	3.89E+23	2	1.95E+23	40.93	<0.0001
SUSTRATO*GRADOS BRIX*PRESE..	9.90E+24	4	2.47E+24	520.12	<0.0001
Error	5.14E+23	108	4.76E+21		
<u>Total</u>	6.63E+25	143			

Anexo 25. Registro fotográfico del proceso de ejecución de la investigación Ayacucho – 2019.



Lavado de yacón



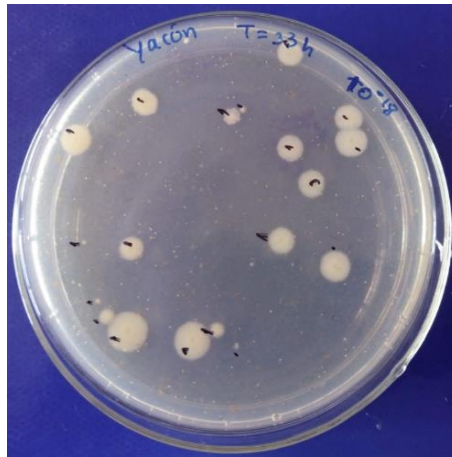
Escaldado de *Chenopodium quinoa* (quinua)



Inoculación de *Lactobacillus acidophilus*



Dilución para el recuento de colonia de *Lactobacillus acidophilus*



Colonias de *Lactobacillus acidophilus* en medio agar Lactobacilli

Anexo 26. Matriz de consistencia

Título : Optimización de parámetros para la producción de una bebida nutracéutica con diferentes sustratos vegetales

Autor : Guido Huayhualla Urbano

Asesora: Mg. Paula García Godos Alcázar

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuáles serán los parámetros óptimos para la producción de una bebida nutracéutica con diferentes sustratos vegetales?	Objetivo general Optimizar los parámetros para la producción de una bebida nutracéutica con diferentes sustratos vegetales Objetivos específicos 1. Determinar la curva de crecimiento de <i>Lactobacillus acidophilus</i> en diferentes sustratos vegetales. 2. Optimizar los parámetros de fermentación para la producción de una bebida nutracéutica con diferentes sustratos vegetales. 3. Evaluar los parámetros como carga microbiana, pH, acidez y el sabor.	1. Antecedentes 2. Bebida nutracéutica 2.1. Tipos de bebida nutracéutica 3. Mashua 3.1. Descripción botánica 3.2. Usos 3.3. Composición química 4. Quinua 4.1. Descripción botánica 4.2. Usos 4.3. Composición química 5. Yacón 5.1. Usos 5.2. Composición química 6. <i>Lactobacillus acidophilus</i>	La optimización de los parámetros para la producción de una bebida nutracéutica con diferentes sustratos nos proporcionara un producto de calidad y con características aceptadas para el consumidor.	Variable independiente Parámetros óptimos para la producción de una bebida nutracéutica. Indicadores - Diferentes sustratos (yacón, quinua y mashua). - °Brix de los sustratos (12 y 14 %). - Preservantes (bisulfito de sodio, benzoato de sodio y sin preservante). - Temperaturas (ambiente y 4 °C). Variable dependiente Bebidas nutracéuticas Indicadores - Viabilidad de <i>Lactobacillus acidophilus</i> - Acidez - pH - Sabor	Diseño de investigación Experimental Tipo de investigación Aplicada Población Bebidas nutracéuticas elaboradas en base a <i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp y Endl) "yacón", <i>Tropaeolum tuberosum</i> "mashua" y <i>Chenopodium quinoa</i> Willd "quinua". Muestra 144 recipientes conteniendo preparados de bebidas nutracéuticas (36 tratamientos con 4 recipientes cada uno). Técnicas a) Determinación de la curva de crecimiento de <i>L. acidophilus</i> en diferentes sustratos vegetales b) Optimización de los parámetros de fermentación c) Evaluación de los parámetros de calidad Análisis estadístico Se procederá a realizar un diseño factorial 3X2X3X2 completamente aleatorio con una confianza del 95 % ($\alpha=0,05$). En caso de hallar significancia, se procedió a realizar la prueba de Tukey con la finalidad de identificar las diferencias detectadas.



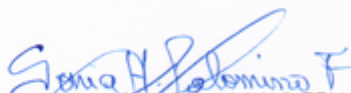
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Guido HUAYHUALLA URBANO
RESOLUCIÓN DECANAL N° 079-2026-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cinco de la tarde del día martes nueve de junio del año dos mil veintiséis; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, participando como presidente el Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA; a su vez el Dr. Fidel Rodolfo MUJICA LENGUA (Miembro-jurado), la Mg. Sonia Haydee PALOMINO FELICES (Miembro-Jurado), Mg. Jime Jack RIVERA VILLAR (Miembro-4to. Jurado, Mg. Paula GARCIA GODOS ALCAZAR (Miembro-Asesora) y actuando como secretario docente encargado el Mg. Lusber OSCCO CCORAHUA, con memorando N° 101-20206-UNSCH-FCB, de fecha 08 de junio de 2026; para presenciar la sustentación de tesis titulada: Optimización de parámetros para la producción de una bebida nutraceútica con diferentes sustratos vegetales, presentado por el Bach. Guido HUAYHUALLA URBANO; el presidente, luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente (e) dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio del acto de sustentación, indicando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece en el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas al sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó al sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones correspondientes; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

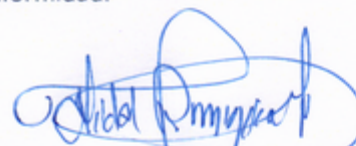
Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Dr. Fidel Rodolfo MUJICA LENGUA	16	17	17
Mg. Sonia Haydee PALOMINO FELICES	14	16	15
Mg. Jime Jack RIVERA VILLAR	17	17	17
PROMEDIO			16

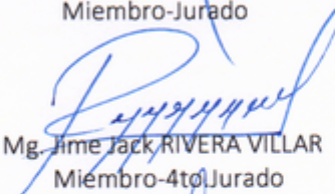
El sustentante alcanzó el promedio de dieciséis (16) aprobatorio. Acto seguido, el presidente invito el ingreso de la sustentante y el público, al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las siete y quince de la noche; firmando al pie del presente en señal de conformidad.


Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA
Presidente


Mg. Sonia Haydee PALOMINO FELICES
Miembro-Jurado


Mg. Paula GARCIA GODOS ALCAZAR
Miembro-Asesora


Dr. Fidel Rodolfo MUJICA LENGUA
Miembro-Jurado


Mg. Jime Jack RIVERA VILLAR
Miembro-4to. Jurado


Mg. Lusber OSCCO CCORAHUA
Secretario Docente (e)



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA-ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

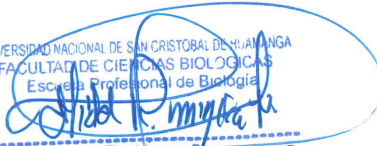
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 25-2026-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Optimización de parámetros para la producción de una bebida nutraceútica con diferentes sustratos vegetales**, por GUIDO HUAYHUALLA URBANO; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 18%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario Nº 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 24 de junio de 2026.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Escuela Profesional de Biología
Dr. Fidel R. Mujica Lengua
DIRECTOR

Optimización de parámetros para la producción de una bebida nutracéutica con diferentes sustratos vegetales

por GUIDO HUAYHUALLA URBANO

Fecha de entrega: 23-jun-2026 03:55p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2988523712

Nombre del archivo: 1C_HUAYHUALLA_URBANO_Guido_Pregrado_2026_Turnitin_docx.doc (1.97M)

Total de palabras: 12029

Total de caracteres: 65548

Optimización de parámetros para la producción de una bebida nutraceutica con diferentes sustratos vegetales

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	18%	3%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
4	pt.scribd.com Fuente de Internet	1%
5	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	www.prodiversitas.bioetica.org Fuente de Internet	<1%
10	doczz.es Fuente de Internet	<1%

11	docplayer.es	<1 %
	Fuente de Internet	

12	repositorio.lamolina.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	

13	biologiaunespaciodondeindagamos.blogspot.com	<1 %
	Fuente de Internet	

14	Submitted to Universidad Nacional de Colombia	<1 %
	Trabajo del estudiante	

15	liluama.pe	<1 %
	Fuente de Internet	

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 30 words
Excluir bibliografía	Activo		