

**Desarrollo de una bebida láctea fermentada  
con adición de almidón de camote (*Ipomoea  
batatas*) modificado físicamente**

**Andrés David Cordón Cardona**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **Desarrollo de una bebida láctea fermentada con adición de almidón de camote (*Ipomoea batatas*) modificado físicamente**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Andrés David Cerdón Cardona**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2019

## Desarrollo de una bebida láctea fermentada con adición de almidón de camote (*Ipomoea batatas*) modificado físicamente

Andrés David Córdón Cardona

**Resumen.** El almidón es el principal carbohidrato en la nutrición humana. Basado en su velocidad y alcance de digestibilidad se clasifica en tres fracciones: almidón rápidamente digerido (ARD), almidón lentamente digerido (ALD) y almidón resistente (AR). El ARD aporta negativamente a la salud a diferencia del ALD. El camote presenta cantidades elevadas de ARD, y bajas para ALD y AR. Los objetivos de este estudio fueron aumentar la fracción de ALD del camote, y agregarla en una bebida láctea fermentada aceptada sensorialmente, definiendo sus características fisicoquímicas y estabilidad de almacenamiento. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar, dos tratamientos y tres repeticiones, analizando las medias con una prueba t-Student y la interacción en el tiempo con LSMEANS. El estudio tuvo dos fases; en la fase I se realizó la modificación física “annealing” *in situ* a 56 °C por 72 h, se determinó su composición proximal, digestibilidad *in vitro* y propiedades reológicas del almidón. El ALD aumentó de 25-53% y el AR de 16-28%. En la fase II se elaboraron dos formulaciones de una bebida láctea fermentada por *Lactobacillus casei* adicionando de 7-10.5% de almidón modificado. Basado en el análisis sensorial se escogió la bebida con 10.5% de almidón, también se desarrolló una bebida control sin almidón. Se realizaron los análisis fisicoquímicos, composición proximal y digestibilidad *in vitro* en 14 días de almacenamiento. La bebida con 10.5% de almidón disminuyó su contenido de ALD de 51 a 41% al día 14, presentando mayor estabilidad que el control, se recomienda realizar sensoriales durante el almacenamiento.

**Palabras clave:** Almidón lentamente digerido, “annealing” *in situ*, digestibilidad *in vitro*.

**Abstract.** Starch is the main carbohydrate in human nutrition. Based on its speed and range of digestibility it is classified into three fractions: rapidly digested starch (RDS), slowly digested starch (SDS) and resistant starch (RS). Unlike the SDS, RDS have negative effects in health. Native sweet potato starch contains high amounts of RDS, low amounts of SDS and RS. The objective of this study was to increase the sweet potato SDS fraction and add it to a sensory-accepted fermented milk drink (FMD), quantify the physicochemical characteristics and storage stability. Was used, a Completely Randomized Design evaluating two treatments and three replicates. The means were analyzed by t-Student test and time interaction by LSMEANS. The study consisted on two phases: phase I the physical modification was performed "annealing" *in situ* at 56 °C for 72 hrs, quantifying proximal composition, *in vitro* digestibility and paste properties of starch. Reporting the increase of SDS from 25-53% and AR from 16-28%. Phase II consisted on elaborating two formulations of FDM using *Lactobacillus casei* bacteria with addition of 7%-10.5% of modified starch. Based on the sensory analysis, the drink with 10.5% starch was chosen, a control drink without starch was also developed. For both drinks physicochemical analyzes, proximal composition and digestibility *in vitro* were performed on 14 days of storage. It was concluded that SDS decreased from 51-41% in the drink on day 14 and the starchy drink showed greater stability than the control. Sensory analysis should be performed during storage.

**Key words:** Slowly digested starch, "annealing" *in situ*, *in vitro* digestibility.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firma.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos .....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>25</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>26</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>30</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Lista de ingredientes para cada 100 g de bebida. ....	5
2. Composición proximal en base seca de los almidones expresada en porcentaje. ....	10
3. Resultados de análisis microbiológicos de la bebida. ....	14
4. Resultados de análisis sensorial de aceptación para dos formulaciones de bebida. ....	15
5. Composición proximal en base húmeda de las bebidas. ....	17
6. Resultados de los análisis fisicoquímicos de las bebidas. ....	20
7. Análisis de Color (L*a*b'').....	22
8. Análisis de viscosidad de las bebidas.....	23

Figuras	Página
1. Flujograma de elaboración de la bebida láctea fermentada.....	7
2. Digestibilidad <i>in vitro</i> de los almidones.....	11
3. Respuesta glucémica <i>in vivo</i> de ARD, ALD y AR.....	12
4. Resultados de propiedades de pasta de los almidones nativo y modificado. ....	14
5. Digestibilidad <i>in vitro</i> de las bebidas. ....	16

Anexos	Página
1. Metodología de digestibilidad “ <i>in vitro</i> ”.....	30
2. Resultados de análisis de digestibilidad “ <i>in vitro</i> ” del almidón y bebida. ....	31
3. Boleta utilizada en el análisis sensorial. ....	32
4. Boleta utilizada en el análisis sensorial. ....	33

# 1. INTRODUCCIÓN

El camote (*Ipomoea batatas*) es el 14.º cultivo alimenticio más importante del mundo en términos de volumen de producción (FAO 2017). Este ha sobresalido por presentar cualidades agronómicas que ayudan en su producción, mencionando su rusticidad, adaptación a todo tipo de terrenos y un mínimo requerimiento de agroquímicos (Amaro *et al.* 2017). También presenta la cualidad de resistencia al cambio climático (Raymundo *et al.* 2014). En la composición nutricional del camote existen cantidades elevadas de carbohidratos, es rico en fibra, presenta  $\beta$ -caroteno que es un precursor de la vitamina A, contiene vitamina C, calcio y fenoles como antioxidantes (McEwan y Namanda 2013). Es por ello que se considera un alimento de alto valor nutricional.

El almidón es el principal carbohidrato en la nutrición humana (Huang *et al.* 2018), este comprende del 70-80% de las calorías consumidas por los humanos (Calvo 2017). En base a su velocidad y al alcance de su digestibilidad, los almidones se han clasificado en tres fracciones principales: a) almidón rápidamente digerido (ARD), b) almidón lentamente digerido (ALD) y c) almidón resistente (AR) (Villarroel *et al.* 2018). El almidón rápidamente digerible es parcialmente hidrolizado en la boca y posteriormente digerido en el intestino delgado humano, ocasionando la elevación de la glucosa sanguínea (Trung *et al.* 2017). Esta digestión lleva aproximadamente 20 minutos para ser realizada (Miao *et al.* 2015). El almidón resistente comprende la fracción de almidón que no es susceptible al ataque de las enzimas digestivas y no es hidrolizado después de los 120 minutos de digestión (Villarroel *et al.* 2018).

El almidón lentamente digerido llega de manera intacta al intestino delgado en donde comienza su proceso de digestión; este mecanismo permite una lenta y prolongada liberación de glucosa con bajo índice glucémico (Park y Park 2017). La digestión se lleva a cabo en un rango de 20 a 120 minutos (Song *et al.* 2014). El ALD tiene varios beneficios para la salud, como prevenir la diabetes, enfermedades cardiovasculares y mejorar el rendimiento mental (Park y Park 2017). Gracias a esto, se está incorporando como nuevo componente alimentario funcional.

Dependiendo de la preparación del camote, las fracciones de estos tres tipos de almidones pueden variar. Para aumentar la fracción de ALD, se han realizado estudios de modificaciones físicas, químicas y enzimáticas del almidón (Trung *et al.* 2017). Un tratamiento físico, fácil de usar, de bajo costo y no tóxico para los consumidores, es el denominado “annealing” (Pereira 2016). Este consiste en someter el almidón a temperatura baja, con alta humedad y por un tiempo prolongado, logrando una reorganización física dentro del gránulo de almidón que modificará sus propiedades físico químicas (Chung *et al.* 2009).

Algunos autores mencionan que las alteraciones estructurales provocadas por el “annealing” puede ocurrir directamente en la raíz del tubérculo, debido a los cambios en la temperatura del suelo en producción y a la temperatura de almacenamiento. Este proceso puede ser llamado annealing *in situ* y ocurre con un contenido de humedad limitado presente en la planta (Genkina 2004). Este método puede crear nuevas hélices dobles en las cadenas laterales de amilopectina, lo que ocasiona una reorganización estructural aumentando la cristalinidad (Gomand *et al.* 2012).

Se ha involucrado el almidón lentamente digerido en la dieta humana, en donde se ha introducido en una variedad de productos alimenticios como, por ejemplo: productos horneados, comidas rápidas, dulces, salsas, productos lácteos y alimentos para atletas. También, se ha utilizado en otras áreas, como los materiales de revestimiento, medicinas y alimentación animal (Miao *et al.* 2015). Este almidón se ha utilizado para reducir el riesgo de contraer diabetes, tratamiento de hiperglucemia y tratamiento a la insulina (Miao *et al.* 2015).

Por otro lado, existe un suplemento funcional que también brinda beneficios a la salud y es la utilización de probióticos en la alimentación. Los probióticos son microorganismos vivos que, al ser administrados en cantidades adecuadas confieren un beneficio a la salud del consumidor. Algunos beneficios son el equilibrio de la flora intestinal y la potenciación del sistema inmunológico (Guarner *et al.* 2017). Entre los alimentos denominados probióticos en el mercado, el segmento de productos lácteos fermentados es el más predominante, ya que los consumidores conocen la existencia de microorganismos viables que aportan beneficios a la salud (Castro 2012).

Debido a esto, es de suma importancia realizar estudios para la obtención de fracciones elevadas de almidón lentamente digerible y definir cómo los microorganismos probióticos interactúan con la presencia de este almidón. Con el fin de contribuir en el desarrollo de productos alimenticios con un enfoque nutricional y de salud, se desarrolló una bebida láctea fermentada. A esta bebida se le agrega almidón modificado físicamente por “annealing” *in situ* del camote, esta bebida será mezclada con leche reconstituida pasteurizada y fermentada por el probiótico *Lactobacillus casei* para mejorar la flora intestinal. La bebida logrará una energía extendida y contribuirá en la disminución de riesgo de contraer enfermedades como diabetes tipo 2, debido a su bajo índice glucémico.

Para este estudio se plantearon los siguientes objetivos:

- Incrementar la fracción de almidón lentamente digerido del camote con el tratamiento físico denominado “annealing” *in situ*.
- Desarrollar una bebida láctea fermentada con adición de almidón modificado del camote, la cual presente aceptación por los consumidores.
- Analizar las características fisicoquímicas y la estabilidad de almacenamiento de la bebida.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### **Localización del estudio.**

El estudio se llevó a cabo en los laboratorios de investigación del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Estadual de Londrina – Londrina, PR. Brasil. La investigación se dividió en dos fases, la fase I comprende la realización del tratamiento annealing y todos los análisis relacionados con el almidón, y la fase II, se refiere al desarrollo, caracterización y análisis de la bebida.

### **Fase I: Almidón de camote.**

**Materia prima.** El camote blanco (*Ipomoea batatas*) fue obtenido de los campos agrícolas del área rural de la ciudad de Londrina, estas parcelas realizan un manejo agrícola a campo abierto, con una altitud de 550 msnm, el suelo tiene la cualidad de ser muy rico en nutrientes ya que pertenece a la familia de los oxisoles y la precipitación promedio anual es de 1450 mm (Ricca et al. 2009). El tubérculo fue transportado a la universidad y colocado en el cuarto frío a  $\pm 4$  °C. No se aplicaron procesos primarios de limpieza en el momento de almacenamiento.

**Lavado de materia prima.** Después de 24 horas de almacenamiento, se lavaron los camotes con abundante agua para remover todos los residuos de materia orgánica, piedras y otras impurezas que traían del campo. También se descartaron los tubérculos con presencia de hongos, pudriciones y ataques de insectos.

**Modificación del almidón.** Se realizó el proceso denominado “annealing” *in situ*, en donde cada camote se recubrió con papel film transparente PVC, aplicando tres vueltas del papel a cada uno, se colocaron en bandejas de plástico para ser ubicadas en una estufa incubadora de marca Quimis® modelo Q316M4, esta se mantuvo cerrada, con circulación de aire por 72 horas, a una temperatura de 56 °C. Dentro de esta, se colocaron recipientes con agua para evitar la deshidratación de los mismos.

**Extracción del almidón.** Al cumplir las 72 horas en la estufa, los camotes fueron retirados e instantáneamente se quitaron las capas del papel film para empezar con la extracción. Con la ayuda de un cuchillo, se removió la epidermis de cada camote, con el cuidado de no retirar la parte interna del tubérculo. Después, se procedió a cortar en pedazos cada camote, y mezclarlo en una proporción 1:1 (p/v) de materia prima y agua destilada en una licuadora marca Arno Faciclic® modelo LN37 por 1 min. Luego, la mezcla pasó por un tamiz de malla #80, en donde se ejerció presión con la palma de la mano para extraer toda la leche de almidón (agua + almidón), luego pasó por otro tamiz de malla #100, a la mezcla se le realizó

el mismo proceso de pesado, adición de agua, licuado y el doble filtrado por dos veces más. Después de la tercera repetición del proceso, la fibra fue desechada y toda la solución restante en el recipiente fue agua con el almidón de camote. La solución obtenida después de la extracción se dejó reposar por 24 horas en la cámara fría a  $\pm 4$  °C para que decantara el almidón en la bandeja. Luego se botó la mayor cantidad de agua posible (con el cuidado de no desechar el almidón), se colocó la solución de almidón con agua en bandejas de aluminio y se colocaron en la estufa industrial marca TECNAL® modelo TE-394/2 a 45 °C por 12 horas, éste se mezcló cada 4 horas para asegurar un secado uniforme. Luego se almacenó en bolsas plásticas transparentes, colocando 500 g/bolsa, selladas, identificadas adecuadamente y almacenadas en la cámara fría a  $\pm 4$  °C.

Se realizó la extracción del almidón para el camote nativo y para el camote que pasó por la modificación física denominada “annealing”.

### **Análisis de almidón.**

**Composición proximal.** El almidón del camote fue caracterizado en cuanto a su composición centesimal siguiendo la metodología oficial de la (AOAC 2000). Se determinó las variables humedad, lípidos, cenizas y proteínas. Lo que corresponde a carbohidratos se estimó por la diferencia de las variables anteriores en base a 100.

**Digestibilidad *in vitro*.** La digestibilidad “*in vitro*” fue realizada de acuerdo a la metodología descrita por Englyst *et al.* (1992). Los diferentes tipos de almidones (almidón total, almidón rápidamente digerido, almidón lentamente digerido y almidón resistente) fueron cuantificados de acuerdo al contenido de glucosa después del proceso de hidrólisis enzimática controlada.

**Propiedades reológicas del almidón.** Los almidones fueron evaluados por el método de Wiesenborn *et al.* (1994), en donde se preparó la solución de 400 ml de una suspensión de almidón al 8% (b.s.). La suspensión se colocó en un viscoamiloógrafo Brabender. El equipo se operó a una velocidad de 1.5 °C/minuto, elevando la temperatura inicial de 30 °C hasta alcanzar 95 °C, y se mantuvo esta temperatura durante 20 minutos. Por último, se descendió la temperatura hasta 50 °C a una velocidad de 1.5 °C/minuto. También se realizó este análisis con los parámetros de calentamiento de 30 a 65 °C a una velocidad de 1.5 °C/minuto y se mantuvo en 65 °C por 30 minutos. Esto para simular el proceso de pasteurización realizada en un proceso de elaboración de la bebida y observar las propiedades del almidón. Estos análisis se realizaron para los almidones nativos y modificados.

### **Fase II: Desarrollo de la bebida, caracterización y análisis.**

**Preparación del inóculo.** Se utilizó una cepa comercial liofilizada de *Lactobacillus casei* LC-1®, en donde por cada 0.1 g de la bacteria se adicionó en 100 ml de leche en polvo descremada reconstituida al 12% (m/v), previamente pasteurizada (65 °C/30 min). Después se homogenizó la mezcla y se fraccionó en tubos de vidrio con 10 ml de esta y 20% (v/v)

de glicerol estéril. Los tubos fueron preservados a una temperatura de -20 °C hasta el momento de su uso.

**Preparación de la bebida.** Para realizar la bebida se aplicó la metodología utilizada por (Alves Reinaldo 2018). Para iniciar, se realizaron pruebas preliminares para la elaboración de la bebida, en donde se analizaron varias formulaciones de bebida, utilizando diferentes concentraciones de leche en polvo, suero de leche en polvo, miel, azúcar, pulpas de frutas y almidón. Al final, se tomó la decisión de trabajar con dos formulaciones de la bebida, con igual cantidad de leche en polvo reconstituida al 12%, suero de leche reconstituido al 15%, miel y pulpa de fruta (combinación de banano, manzana y papaya), y la diferencia fue en el almidón modificado, que varió en proporción de 7 y 10.5%. Se realizaron tres preparaciones: Base Fermentada, Base No Fermentada y Base Dulce (Cuadro 1).

Cuadro 1. Lista de ingredientes para cada 100 g de bebida.

<b>Formulación de la Bebida Láctea Fermentada</b>			
	<b>Ingredientes</b>	<b>Formulación A</b>	<b>Formulación B</b>
Base Fermentada	Leche en polvo descremada (g)	2.16	2.16
	Suero de leche (g)	1.8	1.8
	H <sub>2</sub> O destilada (ml)	26.04	26.04
Base No Fermentada	Almidón (g)	7	10.5
	Leche en polvo descremada (g)	5.04	4.62
	H <sub>2</sub> O destilada (ml)	36.96	33.88
Base Dulce	Miel (g)	7	7
	Pulpa de fruta (g)	14	14
	<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Base fermentada.** Esta comprende el 30% de la bebida, para su preparación, se utilizó leche en polvo descremada de la marca Nestle® Molico reconstituida al 12% (m/v) con agua destilada, suero de leche reconstituido al 15% (m/v) con agua destilada. Estos fueron pesados y agregados a frascos de vidrio tipo Schott de 500 ml, luego fueron pasteurizados a 65 °C por 30 min en baño María, al finalizar se enfriaban y se le adicionaba a la mezcla el 1% de inóculo activado de *Lactobacillus casei* LC-1®. Posteriormente se colocaba a fermentar a 37 °C hasta lograr un pH de 4.7 – 4.8. Finalmente, se colocó en refrigeración a ±4 °C de 2 a 4 horas para la formación de coágulo.

**Base no fermentada.** Comprende el 49% de la bebida, está compuesta por almidón modificado del camote y leche en polvo descremada de la marca Nestle® Mólico reconstituida al 12% (m/v) con agua destilada. Para su preparación, el almidón era tamizado, en donde se pasaba por una malla #80, luego era pesado, también se pesaba la leche y se medía el volumen del agua, todo era mezclado en un frasco de vidrio tipo Schott de 1000 ml. Luego eran pasteurizados a 65 °C por 30 min en baño María, en este paso se tenía que mezclar cada 10 min para evitar la formación de grumos, luego se enfriaba y se colocaba en refrigeración a  $\pm 4$  °C.

**Base dulce.** Comprende el 21% de la bebida, está compuesta por pulpa de fruta de una combinación de banano, manzana y papaya de la marca Ricaeli® y miel de abeja. Su preparación consistía en pesar y mezclar estos ingredientes en un frasco de vidrio tipo Schott de 250 ml, luego eran pasteurizados a 65 °C por 30 min en baño María y se colocaba en refrigeración a  $\pm 4$  °C.

Al finalizar, las tres bases fueron mezcladas entre sí y batidas en una licuadora marca Arno Faciclic® modelo LN37 por un min. Luego fueron envasadas y almacenadas en refrigeración.

Para la preparación de la bebida, siempre se utilizó material de laboratorio esterilizado, y su preparación se realizaba detrás del mechero, para asegurar su inocuidad. La bebida láctea fermentada va dirigida a varios sectores de mercado, empezando por los atletas para brindar una energía extendida, para personas que por razones médicas quieran mejorar su flora intestinal y prevenir la diabetes, y para cualquier consumidor que se preocupe por su salud.

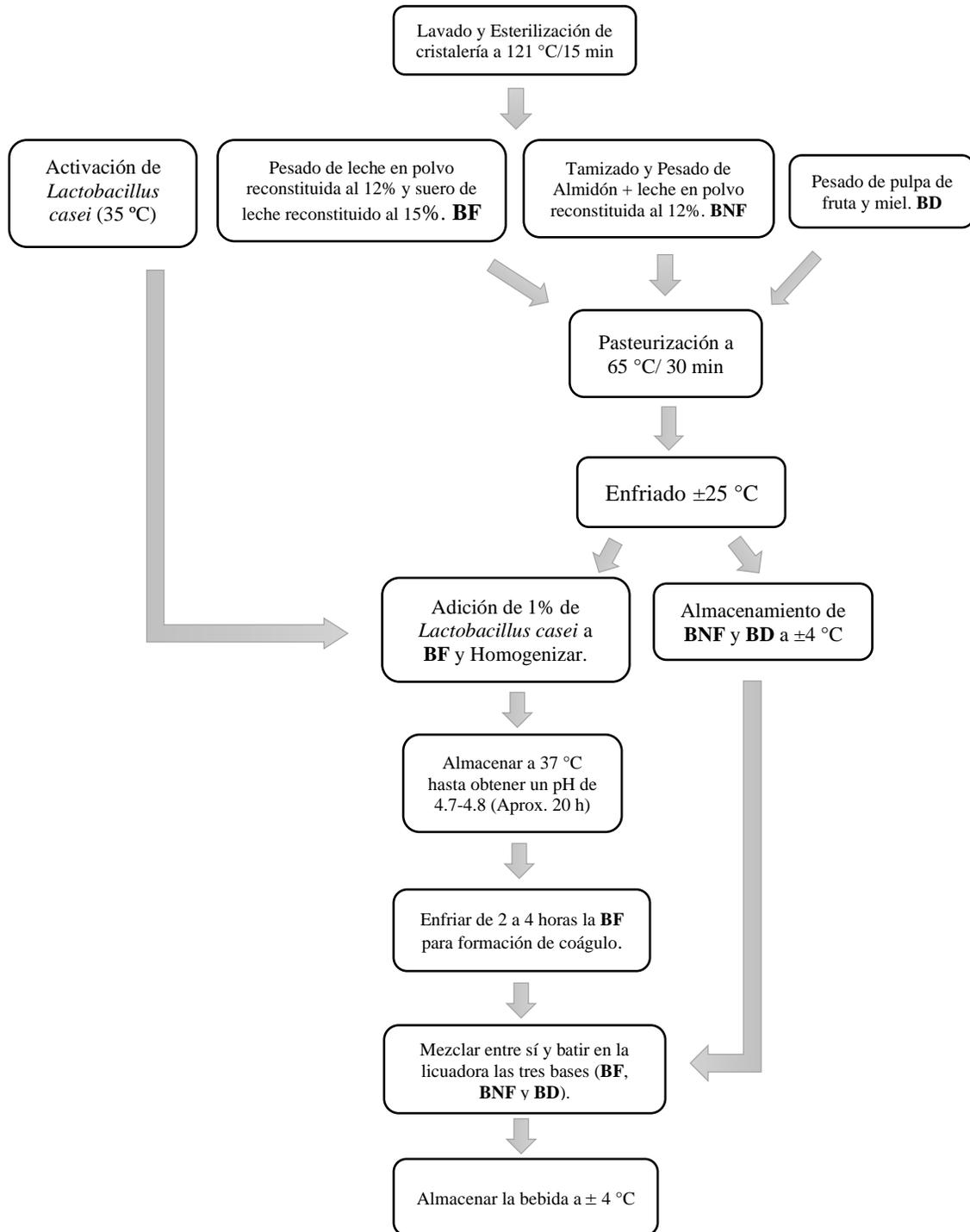


Figura 1. Flujograma de elaboración de la bebida láctea fermentada.  
 BF: base fermentada.  
 BNF: base no fermentada.  
 BD: base dulce.

**Análisis microbiológico.** Cumpliendo con los requisitos que Brasil exige y asegurando la inocuidad de la bebida, se realizaron análisis de *Salmonella* spp., y conteo de Coliformes a 45 °C. Los análisis fueron realizados de acuerdo a la metodología descrita por Silva *et al.* (2007).

El análisis de *Salmonella* comenzó con la etapa de pre-enriquecimiento, en donde 25 g de muestra son diluidas en 225 ml de agua peptonada, esta se incubó a 35 °C por 20 h, luego pasó por la etapa de enriquecimiento en un medio líquido selectivo, estos medios son caldo tetracionato y caldo selenito-cistina, luego estos se incubaron a 35 °C por 24 h y por último se realizó un aislamiento en medio selectivo y deferencial, utilizando el medio agar xilosa desoxicolato (XLD) y agar entérico de hektoen incubándolos a 35 °C por 24 h.

El método para la determinación de coliformes termotolerantes se realizó por la técnica de número más probable (NMP), en donde se realizó la mezcla de 25 g de muestra con 225 g de agua peptonada realizando dos diluciones, luego pasaron por la prueba presuntiva con caldo Lauril Sulfato (LST), la cual, se incubó a 35 °C por 48 h, los tubos con producción de gas pasaron al teste confirmativo en donde se incubaron en caldo *Escherichia coli* (EC) a 45 °C por 24 h.

**Análisis sensorial.** Este se desarrolló en la sala de análisis sensorial de la Universidad Estadual de Londrina, que cuenta con cabinas individuales equipada con luz blanca. Las muestras fueron presentadas en cantidades iguales y codificadas con números aleatorios. El análisis sensorial fue de aceptación de la bebida, en la cual se evaluaron las dos formulaciones que se diferencian por la cantidad de almidón (7 y 10.5%). Para validar este análisis, participaron 100 panelistas no entrenados, de ambos sexos con edad mayor a 18 años. El grupo de panelista estuvo integrado por alumnos, profesores y funcionarios de la UEL, que de forma voluntaria ayudaron en este proyecto. En esta prueba, se utilizó el método sensorial afectivo en donde se evaluó con una escala hedónica de 9 puntos. Los atributos evaluados fueron los siguientes: apariencia, sabor, color, aroma, textura, y aceptación global.

**Análisis fisicoquímicos de la bebida.** Al obtener los resultados del sensorial se escogió la formulación final, también se creó una bebida control sin adición de almidón, esta para tener datos de referencia. Para ambas se realizaron los siguientes análisis: composición proximal, digestibilidad “*in vitro*” y estabilidad de almacenamiento.

**Composición proximal.** La bebida se caracterizó en cuanto a su composición centesimal siguiendo la metodología oficial de la (AOAC 2000). Encontrando las variables humedad, lípidos, cenizas y proteínas. La humedad se determinó por el método directo, colocando la muestra en la estufa a 105 °C por 12 h y encontrando sus valores por diferencia de peso. Para la variable lípidos, se utilizó el método de Bligh & Dyer. La variable de cenizas se determinó utilizando el método directo, incinerando las muestras en la mufla, a 450 °C por 4 h, y encontrando los valores por diferencia de peso. Lo que corresponde a proteínas se utilizó el método de Kjeldahl, en donde las muestras fueron sometidas a las fases de digestión, destilación y titulación. Por último, se calcularon los carbohidratos por la suma de las cuatro variables anteriores y su diferencia en base a 100.

**Estabilidad de almacenamiento.** Las formulaciones se analizaron en los días 1, 7 y 14 después de su preparación, durante ese tiempo fueron almacenadas en refrigeración a la temperatura de  $\pm 4$  °C. Los análisis fueron los siguientes: pH utilizando un potenciómetro marca HANNA® modelo HI224, acidez titulable por medio de la titulación con hidróxido de sodio, viscosidad con la ayuda del viscosímetro de Brookfield, sólidos solubles totales (°Brix) utilizando un refractómetro digital, color con la ayuda de un medidor de colorimetría marca Konica Minolta® modelo CR-400, sinéresis y capacidad de retención de agua por medio de una centrifuga marca Eppendorf® modelo 5804 R, y conteo de bacterias lácticas utilizando el método vaciado en placa en el medio MRS. Estos análisis se realizaron siguiendo la metodología descrita por (Zenebon y Pascuet 2008).

**Diseño experimental y análisis estadístico.** Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) y se evaluaron dos tratamientos con tres repeticiones. Las medias fueron evaluadas con una prueba de t-Student. Para la fase II se utilizó un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias Tukey para comparar los efectos principales y un LSmeans para determinar las interacciones de los niveles evaluados y las medidas en el tiempo con un nivel de significancia  $P \leq 0.05$ . Se usó el programa software Statística 8.0 (StatSoft® Inc, 2008).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Fase I: Almidón de camote.

**Composición proximal del almidón.** Se realizó el análisis en base seca con el fin de maximizar la obtención de hidratos de carbono. En el cuadro 2 se muestran los valores obtenidos, en los cuales, se indica diferencias significativas en las variables de humedad, proteínas y lípidos, comparando el almidón nativo contra el almidón modificado. La variable carbohidratos muestra los valores más altos encontrándose en un rango de 97-98%, los demás macronutrientes se presentan en porcentajes muy bajos, lo cual indica niveles altos de pureza por parte del almidón extraído. Según Trung *et al.* (2017), quien realizó un análisis proximal del almidón en 3 diferentes variedades de camote expresó sus resultados en base seca con valores de carbohidratos de 99.8%, lo que indica una eficiente extracción del mismo.

La humedad de los almidones está determinada por la eficiencia en el proceso de secado, en donde la humedad inicial y el tiempo de secado, son factores de variación en el proceso. Estos presentaron rangos de humedad de 9.06 a 10.81%, lo cual permite su almacenamiento por largos periodos de tiempo sin el desarrollo de microorganismos contaminantes, principalmente al ataque de hongos. Las variables lípidos y proteínas, aunque presenten diferencias significativas, sus valores siguen siendo muy bajos, por lo que no afecta su composición.

Cuadro 2. Composición proximal en base seca de los almidones expresada en porcentaje.

Análisis	Muestra		
	Nativo	Modificado	CV (%)
Humedad*	9.06 ± 0.045	10.81 ± 0.164	1.51
Proteínas*	1.47 ± 0.329	1.17 ± 0.052	5.03
Lípidos*	0.21 ± 0.011	0.25 ± 0.042	6.04
Cenizas	0.33 ± 0.009	0.33 ± 0.022	2.51
Carbohidratos	97.79 ± 0.339	98.26 ± 0.088	2.32

CV (%): Coeficiente de variación expresado en porcentaje.

\*Valores con asterisco en la misma columna presenta diferencias significativas de acuerdo con la prueba t de Student (P < 0.05)

**Digestibilidad “*in vitro*”.** Es una técnica analítica utilizada para determinar las fracciones de almidón rápidamente digerido (ARD), almidón lentamente digerido (ALD) y almidón resistente (AR) de un alimento. Los almidones nativos y modificados del camote se sometieron a este análisis para determinar las fracciones presentes. En la figura 2 se observan las fracciones de almidón que contienen nuestros almidones en estudio.

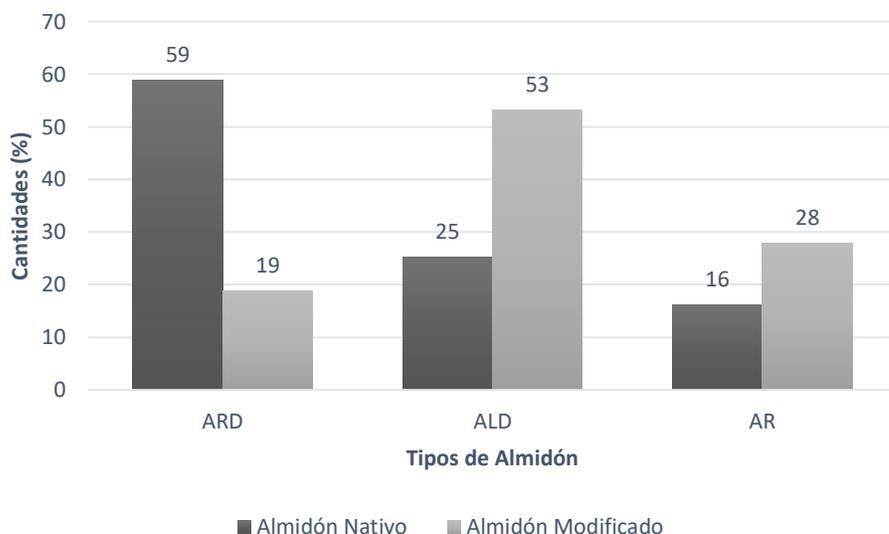


Figura 2. Digestibilidad *in vitro* de los almidones.

ARD: Almidón rápidamente digerido.

ALD: Almidón lentamente digerido.

AR: Almidón resistente.

Al analizar estadísticamente las fracciones de almidón nativo y modificado, se encontraron diferencias significativas para las tres fracciones en estudio. El almidón nativo presentó el 59% de ARD, 25% de ALD y 16% de AR, a diferencia con lo encontrado con Trung *et al.* (2017), en donde analizó el almidón del camote en su forma nativa presentando cantidades de 75% ARD, 0.7% ALD y 24% de resistente. Según Song *et al.* (2014), indicó que estas fracciones son de 20.2, 34.2 y 45.8%. No existen valores concretos que puedan definir las fracciones del almidón disponibles por parte del camote, la relación de estas cantidades de almidón está determinada por diferentes factores, que varían a partir de las variedades, el lugar de cultivo y condiciones de producción de este (Amaro *et al.* 2017).

Luego de realizar la modificación física, se observan cantidades reducidas en un 40% de ARD y cantidades aumentadas en 28% de ALD y 12% de AR en comparación con los almidones nativos. Según lo descrito por Song *et al.* (2014), quienes realizaron la modificación por annealing en almidón aislado del camote y determinaron que los valores de AR disminuyeron de 45.8 a 26.9% después de la modificación y el contenido de ALD aumentó de 34.2 a 44.8%.

La modificación “*in situ*” muestra resultados muy eficientes en aumentar y disminuir las fracciones deseadas, también presenta las cualidades de ser fácil de aplicar, barato y no es tóxico (Chung *et al.* 2009).

Esto se debe a la aparición de interacciones adicionales entre amilosa-amilosa y amilosa-cadenas de amilopectina y el reordenamiento de la estructura cristalina ordenada según sus propiedades fisicoquímicas (Huang *et al.* 2018).

Este almidón modificado se añadió a una bebida láctea, la cual presenta propiedades funcionales para la salud de los consumidores, como una mejora en la digestibilidad y disminución en la tasa de liberación de glucosa. En la figura 3 elaborada por (Huang *et al.* 2018) muestra los diferentes picos de glucosa en la sangre provocadas por las diferentes fracciones de almidón.

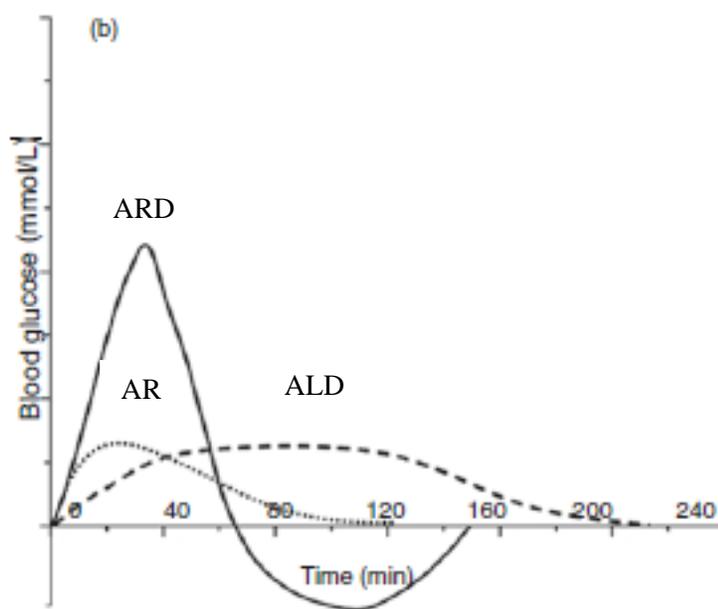


Figura 3. Respuesta glucémica *in vivo* de ARD, ALD y AR.

Fuente: (Huang *et al.* 2018).

ARD: Almidón rápidamente digerido

ALD: Almidón lentamente digerido.

AR: Almidón resistente.

El ARD responde incrementando rápidamente los niveles de glucosa en los primeros 20 minutos de digestión, lo que induce a un rápido aumento de la glucosa e insulina en la sangre que pueden provocar una serie de complicaciones a la salud, tales como la diabetes y enfermedades cardiovasculares (Miao *et al.* 2015). El ALD permite una lenta y prolongada liberación de glucosa con bajo índice glucémico, con efectos fisiológicos útiles en la prolongación de la saciedad y prevenir la diabetes (Zhang y Hamaker 2009).

Por último el AR puede prevenir el cáncer de colon, tiene efectos hipoglucemiantes, inhibe la acumulación de grasa, y aumenta la absorción de minerales (Davani *et al.* 2019).

El índice glicémico es la medida de la velocidad de absorción de los carbohidratos en el torrente sanguíneo y representa el grado de liberación de azúcar en la sangre; cuando mayor sea la velocidad de entrada mayor será la producción de insulina (Guzmán *et al.* 2011). Si la secreción de insulina es normal, se inhibe la lipogénesis (proceso de almacenamiento de las grasas) y se activa la lipólisis (utilización de las grasas de reserva). Si la secreción de insulina está aumentada (insulina residual), se estimula la lipogénesis y se inhibe la lipólisis incrementando la resistencia a la insulina. Además la insulina residual regula la síntesis de colesterol del hígado, incrementando el apetito, siendo su exceso una de las principales causas de hipertensión, hipercolesterolemia, obesidad y diabetes (Guzmán *et al.* 2011).

**Propiedades reológicas de los almidones.** La temperatura de gelatinización es un índice de ordenamiento intragranular y entre mayor sea este valor, mayor será el grado de asociación de las moléculas en el interior del gránulo de almidón (Rached *et al.* 2006). En la figura 4 se pueden observar los resultados de la temperatura de gelatinización y viscosidad para el almidón nativo y modificado.

El almidón nativo presentó una temperatura inicial de gelatinización de 72 °C con un valor máximo de viscosidad de 400 UB en 81 °C. Vargas y Hernández (2012) encontraron un rango de temperatura de gelificación que va desde los 63 hasta los 74 °C y una viscosidad de 160 a 450 UB. El almidón modificado presentó la temperatura inicial de gelatinización de 82.5 °C con un pico de viscosidad de 815 UB. Se puede observar un aumento de 10.5 °C en la temperatura de gelatinización al realizar la modificación física annealing *in situ*. Song *et al.* (2014) describen que la modificación física annealing aumenta la temperatura de gelatinización y aumenta la capacidad de retener agua por parte del almidón.

El almidón modificado presenta una baja digestibilidad, lo cual, aumenta la viscosidad del contenido intestinal provocando una disminución en la velocidad de vaciamiento gástrico, más conocido como síndrome de dumping (Hirose *et al.* 2016). El síndrome de dumping resulta de la secreción excesiva de insulina inducida por un aumento repentino en el nivel de glucosa en plasma, debido al rápido paso de carbohidratos al intestino delgado y la posterior absorción (Laurenius *et al.* 2017). Según Villarroel *et al.* (2018) describe que al ser un carbohidrato de digestión lenta presenta un bajo índice glucémico mejorando efectivamente las alteraciones de la glucosa en la sangre y la secreción de insulina, aumentando la saciedad.

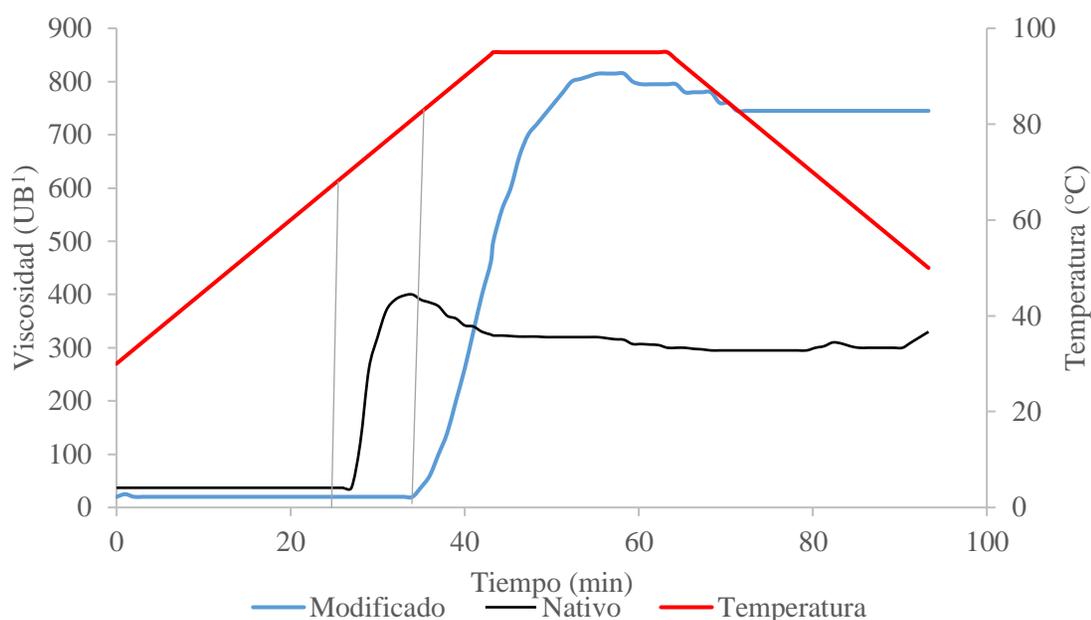


Figura 4. Resultados de propiedades de pasta de los almidones nativo y modificado.  
<sup>1</sup>Unidades Brabender

## Fase II: Bebida.

**Análisis microbiológicos.** Los análisis de Coliformes Totales a 45 °C presentaron resultados de < 3NMP/ml en las tres repeticiones en el tiempo (Cuadro 3). Con respecto al análisis de *Salmonella* spp, se obtuvieron resultados de ausencia en 25 g para los días 1, 7 y 14. Estos resultados cumplen con lo establecido por la FAO y OMS (2006). Al obtener resultados positivos en confirmación de ausencia de bacterias patógenas en la bebida, se procedió a realizar el análisis sensorial debido a que no causaría daños a la salud de los panelistas.

Cuadro 3. Resultados de análisis microbiológicos de la bebida.

Formulación	DIA 1	DIA 7	DIA 14
<b>Coliformes Termotolerantes a 45 °C</b>			
FA	< 3NMP/ml	< 3NMP/ml	< 3NMP/ml
FB	< 3NMP/ml	< 3NMP/ml	< 3NMP/ml
<b><i>Salmonella</i> spp.</b>			
FA	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g
FB	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g

FA: Bebida con 10.5% de almidón.

FB: Bebida control sin almidón.

NMP/ml: Número más probable por mililitro.

### Análisis sensorial.

Fue realizada una prueba de aceptación utilizando una escala hedónica de 9 puntos, con participación de 104 panelistas no entrenados, de los cuales 42 eran hombres y 62 mujeres, con un rango de edad de 18 a 50 años. Se determinó la aceptación de la bebida con respecto a las dos formulaciones, la FA contenía el 10.5% de almidón y la FB el 7.5%. En el cuadro 4 se muestran los valores indicados para cada formulación por parte de los panelistas.

Cuadro 4. Resultados de análisis sensorial de aceptación para dos formulaciones de bebida.

Parámetros	FA	FB
Apariencia	7.077 ± 1.512	7.096 ± 1.497
Color	7.417 ± 1.410	7.213 ± 1.499
Aroma	6.038 ± 1.862	6.320 ± 1.646
Sabor	5.747 ± 2.168	5.980 ± 2.033
Textura	6.572 ± 1.993	6.077 ± 2.149
Aceptación global	6.106 ± 1.714	6.194 ± 1.771
<b>Coefficiente de Variación</b>	27%	28%

\*Valores con asterisco en la misma línea presenta diferencias significativas de acuerdo con la prueba t de Student ( $p < 0.05$ ).

FA: Bebida con 7% de almidón. FB: Bebida con 10.5% de almidón.

Escala hedónica de 9 puntos.

Para los seis atributos evaluados los panelistas no encontraron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) entre las dos formulaciones; por lo que, al aumentar los porcentajes de almidón en un 3.5% las personas no distinguen el sabor característico del almidón aumentado.

Para los atributos de apariencia y color las bebidas fueron evaluadas con valores de 7 el cual representa “me gustó regularmente” en la escala hedónica. Para aroma y textura los resultados estuvieron en la escala de 6 el cual hace referencia a “me gustó ligeramente”. Resultados muy similares presentó Costa *et al.* (2013) quienes analizaron una bebida latea fermentada utilizando diferentes espesantes y obtuvieron valores promedio de apariencia de 7.40, color 7.22, aroma 6.24 y textura con 6.3.

El atributo de sabor obtuvo un rango de resultados de 5.7-5.9, que representa “no me gusta ni me disgusta” en la ficha evaluada. Este es uno de los factores más importantes en la aceptación de los consumidores, pero se podría mejorar con la reformulación o adición de ingredientes más atractivos, como un aumento en la cantidad de frutas, incluir sabores como vainilla, chocolate entre otros. Todo esto sin alterar el objetivo principal de la bebida, que es una bebida con digestión lenta la cual ayuda a prevenir enfermedades crónicas.

La aceptación global presentó valores de 6 el cual indica “me gustó ligeramente”, y la intención de compra para ambas bebidas resultó de 3 puntos que significa “tal vez compraría/tal vez no compraría”. Esto significa que hay una cierta inclinación de los consumidores a comprar dicho producto si se encuentra en el mercado. Al ser un producto

nuevo tiene que ir en una mejora continua para lograr la máxima aceptación de los consumidores.

Como los panelistas no encontraron diferencias entre ambas bebidas y para cumplir con el objetivo de agregar la mayor cantidad posible de almidón modificado, se decidió utilizar la formulación “A” (FA) la cual contiene 10.5% de almidón en su composición. A mayor concentración de almidón en la bebida, se espera aumentar los beneficios positivos a la salud. A esta bebida se le realizaron todos los análisis que corresponden posteriormente en el estudio.

Los atributos de sabor, aceptación global e intención de compra se ven afectados de acuerdo con la edad y sexo de los panelistas. Según Ariza *et al.* (2018) determina que los consumidores más jóvenes prefieren el sabor dulce en los alimentos y a medida que la edad aumenta la preferencia cambia hacia alimentos salados. Así mismo (López Ortiz 2015) describe que las personas de sexo femenino tienen una preferencia a los alimentos dulces, en comparación con los consumidores de sexo masculino que prefieren lo salado.

**Digestibilidad “*in vitro*”.** La característica principal de la bebida láctea FA, es la adición de 10.5% de almidón modificado del camote, esta bebida fue analizada de acuerdo con su digestibilidad y respecto al tiempo de almacenamiento. El análisis de digestibilidad simula el proceso de digestión que llevan los carbohidratos en el metabolismo del cuerpo humano. Para este se tomó en cuenta el almidón total, para determinar si el almidón mantenía su estructura o era hidrolizado a través del tiempo. La figura 5 muestra los resultados obtenidos.

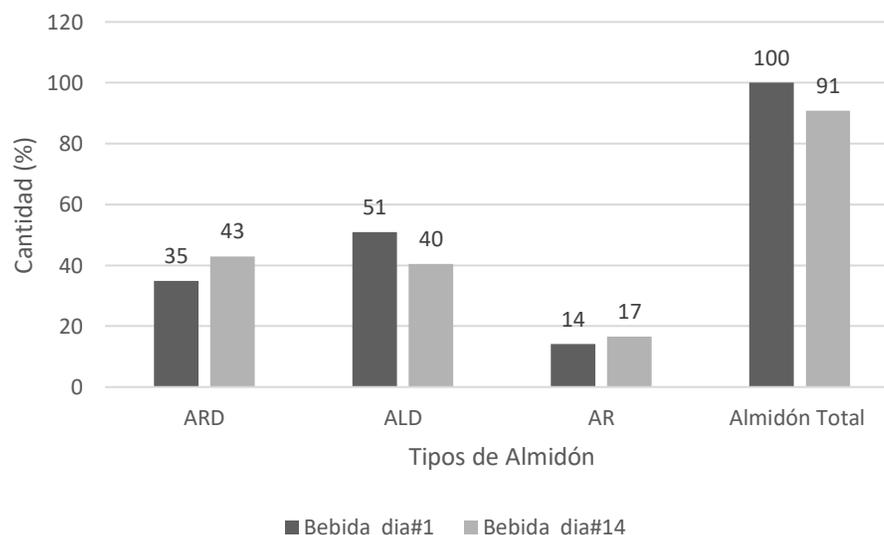


Figura 5. Digestibilidad *in vitro* de las bebidas.

ARD: Almidón rápidamente digerido

ALD: Almidón lentamente digerido.

AR: Almidón resistente.

Estadísticamente 3 de las 4 variables presentaron diferencias significativas, solo el AR se mantuvo estable con aumentos no significativos en el tiempo. El ARD aumentó 8%, el ALD disminuyó 10% y el almidón total se redujo a 91%.

Existe una disminución en el contenido de almidón total para el día 14 de almacenamiento de la bebida, lo cual está provocando un aumento en la fracción de ARD, disminuyendo la cantidad de ALD. Por lo que del 10.5% de almidón que tenía la bebida inicialmente, para el día 14, el contenido se redujo a 9.5%. Esto es un factor de mucha importancia, ya que se puede determinar una vida de anaquel en la cual, el porcentaje de almidón sea alto y que siempre se cumpla con los propósitos de dicha bebida. Otra opción sería recomendar a los consumidores consumirla antes de cierto tiempo para que contenga la mayor cantidad de almidón.

Las fracciones de almidón se vieron modificadas al introducirlos en la matriz alimentaria. (Zhang y Hamaker 2009), describieron este proceso como algo normal, ya que, al exponer el almidón a calor y humedad, da como resultado la disminución en las propiedades de digestión lenta de los mismos. Sin embargo, la cantidad de ALD solo se redujo en un 2%.

**Composición proximal de la bebida.** Al momento de elaborar la bebida láctea fermentada con adición del 10.5% de almidón modificado, también se desarrolló una bebida control con ausencia de dicho almidón. La bebida control es un ejemplo de productos vendidos en el mercado y se utilizó para comparar con los resultados de la nueva bebida.

Se encontró diferencias significativas en los cinco parámetros evaluados al comparar la bebida y el control (Cuadro 5). Al agregar el almidón a la bebida, el porcentaje de sólidos totales se aumenta provocando una disminución en humedad. La bebida presenta baja cantidad de lípidos, debido a que los ingredientes utilizados contienen bajas porciones o están ausentes de este macronutriente.

Los resultados obtenidos se comparan con lo encontrado por Costa *et al.* (2013), quienes realizaron una bebida láctea con adición de almidón a valores < 1%, los cuales fueron de 79-80% de humedad, 1.47-1.63% lípidos, 0.52-0.62% de cenizas y 2.21 a 2.58% de proteínas.

Cuadro 5. Composición proximal en base húmeda de las bebidas.

Muestra	Humedad*	Proteínas*	Lípidos*	Cenizas*	Carbohidratos*
FA	76.97 ± 0.20	3.03 ± 0.09	0.50 ± 0.02	0.64 ± 0.01	18.84 ± 0.16
FB	86.60 ± 0.28	2.62 ± 0.08	0.40 ± 0.01	0.29 ± 0.02	10.06 ± 0.35
CV (%)	0.33	3.18	4.10	6.89	3.56

CV (%): Coeficiente de variación expresado en porcentaje.

\*Valores con asterisco en la misma columna presenta diferencias significativas de acuerdo con la prueba t de Student (P < 0.05)

FA: Bebida con 10.5% de almidón.

FB: Bebida control sin almidón.

## **Análisis fisicoquímicos de la bebida.**

**Estabilidad de almacenamiento.** En el cuadro 6 se muestran los resultados fisicoquímicos de la bebida (FA) y su control (FB) durante su almacenamiento. Estos describen las variables de sólidos solubles totales, pH, acidez titulable, capacidad de retención de agua, sinéresis y conteo del microorganismo *Lactobacillus casei*, los resultados nos muestran la estabilidad de almacenamiento que tienen ambas bebidas.

Para la variable de sólidos solubles totales expresado en °Brix, se presentaron diferencias significativas sobre la bebida y su control, para el periodo de almacenamiento refrigerado. La bebida FA con adición de 10.5% de almidón modificado presentó los valores más altos en un rango de 20.53-20.76% y sus valores se mantuvieron estables en el transcurso del tiempo. A diferencia con la bebida control, al estar ausente dicho almidón, sus valores fueron menores y fueron disminuyendo con el transcurso de los días de 17.64-8.06%, esto indica una desestabilidad en la bebida. Se muestra que la cantidad de sólidos solubles totales está relacionada con la presencia de almidón en la bebida. Resultados similares presenta Gavilanes López *et al.* (2018), quienes desarrollaron una bebida láctea fermentada con adición de harina de camote y muestran una relación directamente proporcional entre harina de camote y °Brix.

Los valores de pH de las bebidas lácteas fermentadas presentaron diferencias significativas para los dos tratamientos en los días 1 y 14 de su elaboración, también presentaron una interacción en el tiempo para cada bebida, lo que indica que el pH se ve afectado por el transcurso de los días de almacenamiento. Se contaba con valores iniciales de 5.28-5.66, al transcurso de los días la interacción del microorganismo *Lactobacillus casei* con los componentes de la bebida disminuyó los valores a 4.38-4.46 para el día 14. Estos resultados son similares a lo encontrado por Dias Leite (2009), quien realizó una bebida láctea fermentada adicionando almidón de yuca como espesante, presentando valores de 4.42-4.66.

En la elaboración de productos lácteos con adición de culturas lácticas la finalidad principal es convertir la lactosa en ácido láctico promoviendo una reducción de pH en el medio, proporcionando las condiciones necesarias para la realización de reacciones bioquímicas. La creación del ácido láctico en la bebida fermentada es de suma importancia, ya que brinda el sabor característico y acentúa el aroma necesario (Dias Leite 2009). La producción de ácido láctico durante la fermentación de la leche es responsable de la elaboración de dicha bebida, la acidez ejerce un alto nivel de influencia sobre los atributos de calidad de los productos lácteos fermentados y es uno de los factores que limita su aceptación (Alves Reinaldo 2018).

Los resultados de acidez titulable expresada en porcentaje de ácido láctico presentaron diferencias significativas para ambas bebidas en su tiempo de almacenamiento, aunque se presentaron diferencias, estos datos están dentro del rango propuesto por el CODEX (2010), el cual indica un valor mínimo de 0.3% de ácido láctico para una bebida láctea fermentada.

También se encontró una interacción del tiempo con respecto a la acidez titulable, observándose un incremento en los valores (0.48-0.93%) al pasar los días de almacenamiento de la bebida. Esto ocurre porque las bacterias ácido lácticas acidifican el medio por la conversión de azúcares en ácido láctico, a pesar de que la etapa de fermentación haya terminado la acción de dichas bacterias continúan lentamente en temperatura bajas o de refrigeración ( $\pm 4$  °C) (Costa *et al.* 2013).

Las bacterias ácido lácticas solo fermentan la lactosa o los azúcares simples que contiene la bebida, la adición de almidón modificado no se ve afectado por dicho microorganismo, ya que le presenta dificultades al metabolizar las cadenas moleculares del almidón por su grado de ramificación que presenta, para ser hidrolizado se necesitan enzimas específicas (Alves Reinaldo 2018).

Como requisito de la bebida láctea fermentada es la adición de cultivos de microorganismos viables, activos y abundantes en el producto hasta la fecha de duración mínima. Para este caso, se utilizó el cultivo *Lactobacillus casei* en una concentración inicial de log 10.22 ( $1.67 \times 10^{10}$ ) para ambas bebidas.

Los días 1 y 7 presentaron diferencias significativas al comparar los valores de la FA y FB, presentando datos más altos (9.92 y 9.81 log) la formulación FA. La concentración de dicho microorganismo no se ve afectado por el tiempo en donde sus valores se mantienen estables para ambas bebidas, con excepción del día 14 para la FA, que presentó una disminución de 0.56 log. Estos valores se encuentran dentro de los valores establecidos por el CODEX (2010), el cual indica una concentración mínima de  $10^7$  UFC/gr (Log 7).

Las variables de sólidos solubles totales (°Brix), pH, acidez titulable y el conteo de microorganismo *Lactobacillus casei* están relacionadas entre sí. La disminución de los sólidos en la bebida control está relacionada con la disminución de pH, lo que provoca un aumento en la acidez del medio durante almacenamiento, indicando que el *L. casei* pudo haber metabolizado los azúcares presentes en la bebida, como consecuencia hubo una producción de pequeñas cantidades de ácidos orgánicos. Mostrando que la fermentación de la bebida continua a lo largo de los 14 días de almacenamiento.

Acosta Dominguez (2011) expresó que el almidón es uno de los agentes espesantes más utilizados en la industria y mejora ciertas características del alimento, entre una de ellas, la retención de agua. En lo que corresponde a la variable de capacidad de retención de agua, se presentaron diferencias significativas para las dos bebidas en los días de almacenamiento. La bebida FA que presenta un 10.5% de almidón modificado presentó los valores más altos (47.7%) en comparación con valores de 12% para la formulación FB (sin almidón) inicialmente. Los valores presentaron una interacción con el tiempo de almacenamiento, principalmente para la bebida FB, la cual aumentó sus porcentajes para los días 7 y 14. Los resultados concuerdan con lo expresado por Costa *et al.* (2013), que indican que al agregar productos gelificantes como el almidón, mejoran en su capacidad de retención de agua hasta un 50%, confiriendo beneficios estructurales del mismo.

En la bebida, además del almidón que posee características de retención de agua, también se cuenta con el ingrediente suero de leche. Bellarde (2005) indica que el suero de leche es

adicionado a los productos lácteos por su capacidad de formación de gel, aumento de viscosidad, poder emulsificante y capacidad de retención de agua, confiriendo beneficios estructurales y nutricionales al producto final. Por esta razón, la bebida control, en la cual está ausente de almidón, presenta valores de retención de agua, gracias al suero de leche agregado.

La variable sinéresis está muy asociada con la capacidad de retención de agua, en esta se encontraron diferencias significativas al comparar las formulaciones FA y FB en los días 1, 7 y 14. Los valores más altos lo presentó la formulación FB, con datos de 89.88-71.90%, que también presentó una disminución de los valores en el tiempo, lo cual coincide con el resultado de la capacidad de retención de agua. Como se esperaba, la formulación FA presentó los valores más bajos en esta variable con datos de 34.81-44.68%, lo que indica que al agregar el almidón modificado se crea un gel que absorbe agua y la retiene, presentando estabilidad en su almacenamiento al no ocurrir una separación de fases.

Cuadro 6. Resultados de los análisis fisicoquímicos de las bebidas.

<b>Estabilidad de almacenamiento</b>				
<b>Formulación</b>	<b>DIA 1</b>	<b>DIA 7</b>	<b>DIA 14</b>	<b>C.V. (%)</b>
<b>Solidos Solubles Totales (°Brix)</b>				
FA	20.533 <sup>Ax</sup> ± 0.651	20.767 <sup>Ax</sup> ± 0.404	20.667 <sup>Ax</sup> ± 0.252	2.18
FB	17.642 <sup>Bx</sup> ± 0.265	15.249 <sup>By</sup> ± 0.265	8.067 <sup>Bz</sup> ± 0.063	36.41
<b>pH</b>				
FA	5.283 <sup>Bx</sup> ± 0.038	4.817 <sup>Ay</sup> ± 0.116	4.387 <sup>Bz</sup> ± 0.021	9.81
FB	5.663 <sup>Ax</sup> ± 0.012	4.773 <sup>Ay</sup> ± 0.021	4.467 <sup>Az</sup> ± 0.015	12.51
<b>Acidez Titulable (% ácido láctico)</b>				
FA	0.487 <sup>Az</sup> ± 0.012	0.630 <sup>By</sup> ± 0.026	0.903 <sup>Ax</sup> ± 0.021	2.95
FB	0.430 <sup>Bz</sup> ± 0.010	0.697 <sup>Ay</sup> ± 0.021	0.826 <sup>Bx</sup> ± 0.011	2.23
<b>Capacidad de retención de agua (%)</b>				
FA	47.304 <sup>Ay</sup> ± 2.488	31.634 <sup>Ax</sup> ± 2.561	47.761 <sup>Ay</sup> ± 1.370	3.69
FB	12.432 <sup>Bx</sup> ± 1.236	20.443 <sup>By</sup> ± 0.745	18.835 <sup>By</sup> ± 0.404	0.94
<b>Sinéresis (%)</b>				
FA	42.324 <sup>By</sup> ± 0.216	34.814 <sup>Bz</sup> ± 0.593	44.684 <sup>Bx</sup> ± 0.363	1.03
FB	89.887 <sup>Ax</sup> ± 0.956	72.252 <sup>Ay</sup> ± 1.327	71.990 <sup>Ay</sup> ± 0.339	1.12
<b>Conteo de <i>Lactobacillus casei</i> (Log UFC/ml)</b>				
FA	9.925 <sup>Ax</sup> ± 0.140	9.817 <sup>Ax</sup> ± 0.057	9.336 <sup>Ay</sup> ± 0.199	1.37
FB	9.287 <sup>Bx</sup> ± 0.032	9.489 <sup>Bx</sup> ± 0.124	9.505 <sup>Ax</sup> ± 0.129	1.00

(<sup>A-B</sup>) Valores con letras mayúsculas diferentes en la misma columna indica diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) por la prueba t-Student

(<sup>x-y-z</sup>) Valores con letras minúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) por la prueba LSmeans.

CV (%): Coeficiente de variación expresado en porcentaje.

FA: Bebida con 10.5% de almidón. FB: Bebida control sin almidón.

## **Análisis de Color.**

**Luminosidad (valor L).** Las formulaciones presentaron alta luminosidad, debido a la naturaleza de los ingredientes, entre estos destacan la leche y el almidón por su color blanco característico. Se encontraron diferencias significativas entre las dos formulaciones durante los 14 días de almacenamiento, presentando los valores más altos la bebida FB con 75.05, lo que indica que al adicionar almidón a la bebida los valores de luminosidad disminuyen (72.53). La formulación FA no tuvo diferencias significativas en el transcurso del tiempo, indicando que el valor de luminosidad se mantiene estable en el periodo de almacenamiento de la bebida con 10.5% de almidón. Para la formulación FB no se encontró diferencia estadística en el inicio y fin de almacenamiento, por lo que también se mantuvo estable en los 14 días (Cuadro 7).

**Valor a\* (verde a rojo).** Las bebidas presentaron valores negativos, representando una tonalidad ligeramente verde que puede ser atribuido por la cantidad de suero de leche. En los días 1, 7 y 14 los tratamientos muestran diferencias significativas al compararlos entre sí, siendo el tratamiento FB el que muestra los valores más negativos en la escala con datos de -6.90 y -6.37. Ambas bebidas presentaron una interacción del valor a\* con el tiempo, presentando cambios para FA en el día 1 y para FB en el día 14.

**Valor b\* (azul a amarillo).** Las bebidas presentaron una tonalidad ligeramente amarilla, asociados a la miel y pulpa de fruta presentes en la formulación. Se encontraron diferencias significativas entre las dos formulaciones y en sus días de almacenamiento, en los cuales la bebida FA presentó las tonalidades más altas con 18.83-17.28. También se encontró una interacción del valor b\* en el transcurso del tiempo de almacenamiento en donde la formulación FA presentó una disminución del color, a diferencia con la bebida control (FB) que presentó un aumento en sus valores (13.93-15.28) para el día 14.

A pesar de presentar variación estadística significativa en el color, visualmente esta variación es imperceptible por los consumidores, por lo que esto no debería de influir en la calidad comercial del producto. Existe la posibilidad que en las bebidas haya ocurrido una reacción de Maillard, inclusive a una pequeña escala, principalmente en la formulación FA. Esto se basa en que el contenido de almidón disminuyó después del día 14 de su elaboración, formando azúcares reductores de almidón que reaccionan con la proteína de la leche.

Cuadro 7. Análisis de Color (L\*a\*b\*)

Análisis de Color (L*a*b*)				
Formulación	DIA 1	DIA 7	DIA 14	C.V. (%)
<b>L*</b>				
FA	72.78 <sup>Bx</sup> ± 0.79	72.55 <sup>Bx</sup> ± 0.85	72.53 <sup>Bx</sup> ± 0.32	0.91
FB	74.64 <sup>Ax</sup> ± 0.45	73.56 <sup>Ay</sup> ± 0.43	75.05 <sup>Ax</sup> ± 0.52	0.63
<b>a*</b>				
FA	-4.68 <sup>By</sup> ± 0.22	-5.22 <sup>Bx</sup> ± 0.15	-5.13 <sup>Bx</sup> ± 0.19	3.92
FB	-6.90 <sup>Ax</sup> ± 0.68	-6.58 <sup>Ax</sup> ± 0.25	-6.37 <sup>Ay</sup> ± 0.37	6.60
<b>b*</b>				
FA	18.83 <sup>Ax</sup> ± 0.37	16.70 <sup>Az</sup> ± 0.43	17.28 <sup>Ay</sup> ± 0.44	2.39
FB	13.93 <sup>By</sup> ± 1.78	14.19 <sup>By</sup> ± 0.66	15.28 <sup>Bx</sup> ± 0.89	7.78

(<sup>A-B</sup>) Valores con letras mayúsculas diferentes en la misma columna indica diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) por la prueba t-Student

(<sup>x-y-z</sup>) Valores con letras minúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) por la prueba LSmeans.

L\*: Luminosidad, a\*: (verde a rojo), b\*: (azul a amarillo).

CV (%): Coeficiente de variación expresado en porcentaje.

FA: Bebida con 10.5% de almidón.

FB: Bebida control sin almidón.

#### Análisis de viscosidad.

El almidón modificado tiene un efecto especial en su capacidad de formación de geles. En el cuadro 8 se observan los resultados obtenidos de viscosidad expresado en miliPascales por segundo, para 12 y 30 revoluciones por minuto.

Las bebidas presentan grandes diferencias con respecto a sus viscosidades. Existen diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre la bebida FA y FB para 12 y 30 rpm. La bebida control FB al ser analizada en 12 rpm presentó valores no detectables por el viscoamilógrafo durante el período de 14 días de almacenamiento, lo que indica que su viscosidad era muy baja o casi nula. Esto se basa en la ausencia de almidón en su formulación, debido a que no se encuentra ningún ingrediente que brinde la formación de gel en la bebida.

La bebida FA la cual contiene 10.5% de almidón presentó las viscosidades más altas, estos resultados concuerdan con Imbachí Narváez (2017), quien expresó que los almidones modificados aumentan la viscosidad de las bebidas y el sistema de gel es más estable, también indica que la variación de 1% de almidón en la bebida cambia estadísticamente la viscosidad. Según Pinto y Pereira (2010) quienes compararon la viscosidad en bebidas lácteas fermentadas con diferentes concentraciones de almidón, presentó que la formulación con 7% de almidón presentó la viscosidad más alta de 80-120 mPa.s.

La viscosidad de las bebidas se vio afectada por el transcurso del tiempo, con una disminución para la FA de 4303 a 259 mPa.s y un aumento para FB de 10.34 a 117 mPa.s.

Cuadro 8. Análisis de viscosidad de las bebidas.

<b>Viscosidad (mPa.s)</b>				
<b>Tiempo</b>	<b>FA</b>		<b>FB</b>	
	<b>12 RPM</b>	<b>30 RPM</b>	<b>12 RPM</b>	<b>30 RPM</b>
Día 1	4,303.56 <sup>Ax</sup> ± 562.03	2,575.89 <sup>Ax</sup> ± 277.72	ND <sup>Ay</sup>	10.34 <sup>Cy</sup> ± 4.33
Día 7	631.55 <sup>Bx</sup> ± 169.12	605.56 <sup>Bx</sup> ± 88.88	ND <sup>Ay</sup>	96.45 <sup>By</sup> ± 4.41
Día 14	259.77 <sup>Cx</sup> ± 49.68	454.89 <sup>Cx</sup> ± 35.99	ND <sup>Ay</sup>	117.77 <sup>Ay</sup> ± 7.69

(<sup>A-B-C</sup>) Valores con letras mayúsculas diferentes en la misma columna indica diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) por la prueba LSmeans

(<sup>x-y-z</sup>) Valores con letras minúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) por la prueba t-Student.

FA: Bebida con 10.5% de almidón.

FB: Bebida control sin almidón.

RPM: Revoluciones por minuto.

ND: No detectable.

#### 4. CONCLUSIONES

- La modificación física annealing *in situ* realizada en el camote, presentó resultados positivos al aumentar la fracción de almidón lentamente digerido y almidón resistente, logrando disminuir el almidón rápidamente digerido.
- La bebida láctea fermentada fue aceptada sensorialmente por los consumidores.
- La bebida se mantuvo estable durante su almacenamiento ya que la mayoría de los valores fisicoquímicos obtenidos permanecieron dentro de los parámetros establecidos.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Reformular la bebida con diferentes ingredientes y concentraciones para aumentar la aceptación de los consumidores.
- Ampliar el análisis de estabilidad de almacenamiento de la bebida hasta que cumpla con su vida de anaquel.
- Realizar análisis sensorial de la bebida, en diferentes tiempos de almacenamiento y compararla con una bebida posicionada en el mercado.

## 6. LITERATURA CITADA

- Acosta Dominguez L. 2011. Películas comestibles nanoestructuradas de almidón de camote (*Ipomea batata*). Veracruz México: Universidad Veracruzana. 84 p; [consultado el 1 de feb. de 2019]. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46924/AcostaDominguezLaura.pdf;jsessionid=4FB6EBF8E8450C3564F795B6FBAA3A30?sequence=1>.
- Alves Reinaldo AF. 2018. Aplicação de transglutaminase na produção de bebida láctea fermentada com alto teor de soro. Patos de Minas Brasil: Universidade Federal de Uberlândia. 67 p; [consultado el 24 de mar. de 2019]. <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/21659/1/Aplica%C3%A7%C3%A3oTransglutaminaseProdu%C3%A7%C3%A3o.pdf>.
- Amaro GB, Fernandes FR, Silva GO, Mello AFS, Castro LAS. 2017. Desempenho de cultivares de batata doce na região do Alto Paranaíba-MG. *Hortic. Bras.* 35(2):286–291. doi:10.1590/s0102-053620170221.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemist. 2000. *Official Methods of Analysis*. Dr. W. Horwitz. Maryland. USA; [consultado el 14 de abr. de 2019]. <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis-21st-edition-2019/>.
- Ariza AC, Sánchez-Pimienta TG, Rivera JA. 2018. Percepción del gusto como factor de riesgo para obesidad infantil [Taste perception as a risk factor for childhood obesity]. *Salud Publica Mex.* 60(4):472–478. spa. doi:10.21149/8720.
- Bellarde FB. 2005. Elaboração de Doce de Leite Pastoso com Substituição Parcial dos Sólidos de Leite por Concentrado Proteico de Soro. *RBM.* 9(2):249. doi:10.25061/2527-2675/ReBraM/2006.v9i2.280.
- Calvo M. 2017. Estructura del almidón: Bioquímica de los alimentos. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 5 de oct. de 2017; consultado el 1 de feb. de 2019]. <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/almidon.html>.
- Castro WdF. 2012. Efeito da concentração de soro de queijo na produção e qualidade sensorial de bebidas lácteas probióticas. Campinas Brasil: Universidade Estadual de Campinas. 161 p; [consultado el 25 de jun. de 2019]. [http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/254566/1/Castro\\_WellingtondeFreitas\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/254566/1/Castro_WellingtondeFreitas_D.pdf).
- Chung H-J, Liu Q, Hoover R. 2009. Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. *Carbohydrate Polymers.* 75(3):436–447. doi:10.1016/j.carbpol.2008.08.006.

- CODEX, Codex Alimentarius. 2010. Normas para leches fermentadas. FAO. México: CODEX; [consultado el 14 de abr. de 2019]. [http://www.fao.org/input/download/standards/400/CXS\\_243s.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/400/CXS_243s.pdf).
- Costa AVS, Nicolau ES, Torres MCL, Fernandes PR, Rosa SIR, Nascimento RC. 2013. Desenvolvimento e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de bebida láctea fermentada elaborada com diferentes estabilizantes/espessantes. *Sem. Ci. Agr.* 34(1):209–226. doi:10.5433/1679-0359.2013v34n1p209.
- Davani D, Negahdaripour M, Karimzadeh I, Seifan M, Mohkam M, Masoumi SJ, Berenjian A, Ghasemi Y. 2019. Prebiotics: Definition, Types, Sources, Mechanisms, and Clinical Applications. *Foods*; [consultado el 7 de may. de 2019]. 8(3):14–16. eng. doi:10.3390/foods8030092.
- Dias Leite T. 2009. Estudo da interação entre amido de mandioca e gomas e efeito de sua aplicação em bebida láctea fermentada [Dissertação]. Brasil: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita”. 92 p; [consultado el 27 de jun. de 2019]. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/88390>.
- Englyst H, Kingman S, Cummings J. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *PubMed*. 4(3):33–50. eng. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1330528>.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017. Database Collections. FAOSTAT. Rome; [actualizado el 18 de ago. de 2017; consultado el 4 de abr. de 2019]. <http://faostat3.fao.org/>.
- FAO-OMS, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Organización Mundial de la Salud. 2006. Normas alimentarias sobre leche y productos lácteos: Disposiciones para las bebidas lácteas fermentadas. Nueva Zelanda; [consultado el 2 de abr. de 2019]. [http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCMMP/ccmmp7/mm07\\_05s.pdf](http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCMMP/ccmmp7/mm07_05s.pdf).
- Gavilanes López PI, Zambrano ÁM, Romero Rosado CF, Moro Peña A. 2018. Evaluación de una bebida láctea fermentada novel a base de lactosuero y harina de camote. Ecuador: Universidad Técnica de Manabí. 14 p; [consultado el 5 de feb. de 2019]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6544945>.
- Genkina K. 2004. Effects of annealing on the polymorphic structure of starches from sweet potatoes (Ayamurasaki and Sunnyred cultivars) grown at various soil temperatures. *Carbohydrate Research*. 339(6):1093–1098. doi:10.1016/j.carres.2004.01.009.
- Gomand SV, Lamberts L, Gommaes CJ, Visser RGF, Delcour JA, Goderis B. 2012. Molecular and morphological aspects of annealing-induced stabilization of starch crystallites. *Biomacromolecules*. 13(5):1361–1370. eng. doi:10.1021/bm3000748.
- Guarner F, Sanders M, Eliakim R, Fedorak R. 2017. Probióticos y prebióticos: Guías Mundiales de la Organización Mundial de Gastroenterología. WGO. España; [consultado el 7 de may. de 2019]. <http://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/probiotics-and-prebiotics-spanish-2017.pdf>.

- Guzmán L, Rodríguez M, Camejo M, Izquierdo M. 2011. Respuesta de glucosa e insulina: comparación entre dos tipos de desayunos y prueba de tolerancia oral con 75g de glucosa. *Venezolana de Endocrinología y Metabolismo*; [consultado el 9 de jun. de 2019]. 9(1):20–26. esp. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=375540226004>.
- Hirose S, Iwahashi Y, Seo A, Sumiyoshi M, Takahashi T, Tamori Y. 2016. Concurrent Therapy with a Low-carbohydrate Diet and Miglitol Remarkably Improved the Postprandial Blood Glucose and Insulin Levels in a Patient with Reactive Hypoglycemia due to Late Dumping Syndrome. *Intern Med.* 55(9):1137–1142. eng. doi:10.2169/internalmedicine.55.5655.
- Huang J, Yang Q, Pu H. 2018. Slowly Digestible Starch. En: *Functional Starch and Applications in Food*. China: p.27–61.
- Imbachí Narváez PC. 2017. Efecto del almidón de yuca modificado sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de una bebida láctea elaborada con suero de quesería. Medellín Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 85 p; [consultado el 8 de mar. de 2019]. <http://bdigital.unal.edu.co/62137/7/34332243.2018.pdf>.
- Laurenius A, Werling M, Le Roux CW, Fändriks L, Olbers T. 2017. Dumping symptoms is triggered by fat as well as carbohydrates in patients operated with Roux-en-Y gastric bypass. *Surg Obes Relat Dis.* 13(7):1159–1164. eng. doi:10.1016/j.soard.2017.02.020.
- López Ortiz NC. 2015. La cuestión de las sensaciones gustativas básicas. Antioquia Colombia: Universidad de Antioquia. 10 p; [consultado el 6 de mar. de 2019]. <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/nutricion/article/view/324668/20781994>.
- McEwan M, Namanda S. 2013. Piloting Large-scale Dissemination of Sweet potato Planting Material for Food Security: Morando Bora, Lake Zone, Tanzania, Nairobi, Kenya. *ELSEVIER*; [consultado el 24 de jun. de 2019]. 4(2):245–254. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912417300044>.
- Miao M, Jiang B, Cui SW, Zhang T, Jin Z. 2015. Slowly digestible starch--a review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 55(12):1642–1657. eng. doi:10.1080/10408398.2012.704434.
- Park C-S, Park I. 2017. The structural characteristics of amylosucrase-treated waxy corn starch and relationship between its *in vitro* digestibility. *Food Sci Biotechnol.* 26(2):381–387. eng. doi:10.1007/s10068-017-0052-z.
- Pereira E. 2016. Propriedades Tecnológicas de amido e farinha de arroz tratados por annealing. Brasil: Universidade Federal de Viçosa. 87 p; [consultado el 21 de may. de 2019]. <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9889>.
- Pinto R, Pereira J. 2010. Influência da adição da fécula de batata-doce (ipomoea batatas l.) sobre a viscosidade do permeado de soro de queijo. Brasil: Universidade Estadual de Campinas. 5 p; [consultado el 22 de feb. de 2019]. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612002000300009&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612002000300009&script=sci_abstract&tlng=pt).
- Rached L, Vizcarrondo C, Rincón A, Padilla F. 2006. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. Caracas Venezuela:

- Universidad Central de Venezuela, Unidad de Análisis de Alimentos. 10 p; [consultado el 12 de abr. de 2019]. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222006000400010](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000400010).
- Raymundo R, Asseng S, Cammarano D, Quiroz R. 2014. Potato, sweet potato, and yam models for climate change: *Field Crops Res.* 166: 173-185.
- Ricce W, Caramori PH, Morais H, Silva DA, Ataíde LT. 2009. Análise de tendências na temperatura e precipitação em Londrina, estado do Paraná. Londrina Brasil: IAPAR. 5 p; [consultado el 19 de abr. de 2019]. [http://www.iapar.br/arquivos/Image/agrometeorologia/Mudancas\\_Climaticas/tendencia\\_temp\\_Londrina.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/Image/agrometeorologia/Mudancas_Climaticas/tendencia_temp_Londrina.pdf).
- Silva N, Junqueira V, Gomes R, Santos R, Silveira N, Taniwaki M. 2007. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. 3.ed. São Paulo: Varela. 536 p. ISBN: 8577590038.
- Song H, Lee SY, Choi SJ, Kim KM, Kim JS, Han GJ, Moon TW. 2014. Digestibility and physicochemical properties of granular sweet potato starch as affected by annealing. *Food Sci Biotechnol.* 23(1):23–31. doi:10.1007/s10068-014-0004-9.
- Trung PTB, Ngoc LBB, Hoa PN, Tien NNT, van Hung P. 2017. Impact of heat-moisture and annealing treatments on physicochemical properties and digestibility of starches from different colored sweet potato varieties. *Int J Biol Macromol.* 105(Pt 1):1071–1078. eng. doi:10.1016/j.ijbiomac.2017.07.131.
- Vargas P, Hernández D. 2012. Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria: *Tecnología en Marcha.* 26(I):37–45.
- Villarroel P, Gómez C, Vera C, Torres J. 2018. Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Rev. chil. nutr;* [consultado el 1 de feb. de 2019]. 45(3):271–278. doi:10.4067/s0717-75182018000400271.
- Wiesenborn DP, Orr PH, Casper HH, Tacke BK. 1994. Potato Starch Paste Behavior as Related to Some Physical/Chemical Properties. *J Food Science.* 59(3):644–648. doi:10.1111/j.1365-2621.1994.tb05583.x.
- Zenebon O, Pascuet S. 2008. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Edição IV. São Paulo Brasil. 1000 p; [consultado el 8 de feb. de 2019]. <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>.
- Zhang G, Hamaker BR. 2009. Slowly digestible starch: concept, mechanism, and proposed extended glycemic index. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 49(10):852–867. eng. doi:10.1080/10408390903372466.

## 7. ANEXOS

### **Anexo 1.** Metodología de digestibilidad “*in vitro*”

Determinação do teor de amido lentamente digerível no amido modificado de batata-doce. Preparo da solução enzimática: Preparar uma solução contendo 3.0g de pancreatina suína com 20 mL de água ultra-pura. Agitar a solução em cama agitadora por 10 minutos para homogeneização completa da solução e após, colocar a solução enzimática na centrífuga com velocidade de 1500 rpm durante 10 minutos em temperatura ambiente. Após, coletar o sobrenadante e adicionar 2 mL da solução enzimática de amilglucosidase. Preparar a solução para uso imediato. Esta solução é suficiente para 4 amostras.

Kit de Glicose oxidase colorimétrica: Mercko Test Glicose (GOD-PAP), BDH cat. No. 25456. Adicionar 1mL do Kit de glicose em eppendorff de 2mL. Preparo da solução tampão de acetato de sódio (0,1M): Dissolver 13,6g de acetato tri-hidratado de sódio em 250 mL de solução saturada de ácido benzóico. Ajustar o pH para 3.9 com ácido acético 0,1M. Para ativar a enzima, adicionar 4mL de  $\text{CaCl}_2$  1M por litro da mistura.

Preparo da curva de Padrão de Glicose: Pesar 0.3158g do padrão de glicose anidra em balão volumétrico de 50 mL e completar com água destilada até atingir o menisco. Em seguida Pipetar em um tubo falcon 9 mL de álcool 70% álcool/água e 1mL da solução padrão de glicose. Repetir o procedimento variando o volume de álcool e solução padrão de glicose de acordo com quantos pontos julgar ser necessário para elaboração da curva. Pipetar 10 microlitros da mistura no eppendorff contendo o Kit de glicose, encaminhar o eppendorff para o banho maria a 37 °C durante 10 minutos e realizar a leitura no espectrofotômetro no comprimento de onda de 505nm.

Determinação do ALD: Primeiro prepare a solução enzimática. Pipetar 20 mL da solução tampão juntamente com 0.5g do amido em frascos de ensaio clínico. Equilibrar o banho maria a 65 °C com agitação e colocar as amostras, que deverão permanecer durante 30 minutos para a gelatinização do amido. Pegando os frascos um de cada vez, adicionar 5mL da solução enzimática contando o tempo para análise a partir deste ponto (adicionar a enzima nos frascos em tempos espaçados de 1 minuto).

Retirar 0.5 mL de cada frasco de ensaio clínico imediatamente após a adição da solução enzimática para a quantificação do teor de glicose no tempo 0 e transferir para tubos contendo 20 mL de álcool 70% álcool/água. Repetir o procedimento após 20 minutos para a quantificação do teor de amido rapidamente digerível e após 100 minutos para a quantificação do teor de amido lentamente digerível.

### Continuación anexo 1.

Agitar os tubos contendo álcool e o hidrolisado em vortex e transferir 10 microlitros da solução para os eppendorfs contendo o Kit de glicose. Transferir os eppendorfs para o banho maria a 37 °C durante 10 minutos e realizar a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 505nm. Cálculo do Teor de Amido lentamente digerível

Determinação do teor de amido lentamente digerível na bebida láctea fermentada: Trata-se do mesmo procedimento descrito para a determinação do teor do amido lentamente digerível no amido da batata-doce, com ressalva para o procedimento de gelatinização do amido que não deve acontecer, pois o amido encontra-se gelatinizado na bebida láctea. Para a bebida láctea fermentada deve-se coletar 0,5mL do hidrolisado imediatamente após a adição da solução enzimática sem deixar o tempo de 30 minutos e temperatura de 65 °C. O banho maria deve estar a 37 °C a todo momento.

### Anexo 2. Resultados de análisis de digestibilidad “*in vitro*” del almidón y bebida.

<b>Digestibilidad “<i>in vitro</i>”</b>				
<b>Formulación</b>	<b>ARD</b>	<b>ALD</b>	<b>AR</b>	<b>Almidón Total</b>
Almidón Nativo	58.76 <sup>A</sup> ± 0.06	25.28 <sup>B</sup> ± 1.44	16.25 <sup>B</sup> ± 0.84	100 <sup>A</sup> ± 0.00
Almidón Modificado	18.85 <sup>B</sup> ± 0.67	53.21 <sup>A</sup> ± 0.84	27.95 <sup>A</sup> ± 0.22	100 <sup>A</sup> ± 0.00
Bebida (FA) dia#1	34.90 <sup>B</sup> ± 0.33	50.96 <sup>A</sup> ± 0.88	14.09 <sup>A</sup> ± 0.55	100 <sup>A</sup> ± 0.00
Bebida (FA) dia#14	42.99 <sup>A</sup> ± 0.87	40.52 <sup>B</sup> ± 2.84	16.51 <sup>A</sup> ± 2.01	90.77 <sup>B</sup> ± 0.36

(<sup>A-B</sup>) Valores con letras mayúsculas diferentes en la misma columna indica diferencia significativa (P ≤ 0.05) por la prueba t-Student

ARD: Almidón rápidamente digerido

ALD: Almidón lentamente digerido.

AR: Almidón resistente.



**Anexo 4.** Boleta utilizada en el análisis sensorial.

**FICHA PARA AVALIAÇÃO SENSORIAL  
TESTE DE ESCALA HEDÔNICA**

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Você está recebendo 03 amostras codificadas de bebida láctea adicionada de amido modificado de batata-doce. Por favor, avalie as amostras com relação aos atributos cor, sabor, aroma, aparência e aceitação global, segundo o grau de gostar ou desgostar, utilizando a escala abaixo:

- ( 9 ) gostei extremamente
- ( 8 ) gostei moderadamente
- ( 7 ) gostei regularmente
- ( 6 ) gostei ligeiramente
- ( 5 ) não gostei, nem desgostei
- ( 4 ) desgostei ligeiramente
- ( 3 ) desgostei regularmente
- ( 2 ) desgostei moderadamente
- ( 1 ) desgostei extremamente

Atributos	Amostras (código)	
Aparência		
Cor		
Aroma		
Sabor		
Textura		
Aceitação Global		

**ESCALA DE INTENÇÃO DE COMPRA**

- 5 - Certamente eu compraria ( )
- 4 - Provavelmente eu compraria ( )
- 3 - Talvez eu compraria / Talvez eu não compraria ( )
- 2 - Provavelmente eu não compraria ( )
- 1 - Certamente eu não compraria ( )

Comentários: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_