

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE GLUCOSA Y
BICARBONATO DE SODIO SOBRE LA CALIDAD DEL MANJAR
ELABORADO CON LECHE DESLACTOSADA”.**

Autores:

Damaris Jhomira Barba Cuji
Deysi Gabriela Muñoz Baldeon

Tutor:

PhD. Davinia Sánchez Macias

Riobamba – Ecuador

Año -2020

REVISIÓN DEL TRIBUNAL

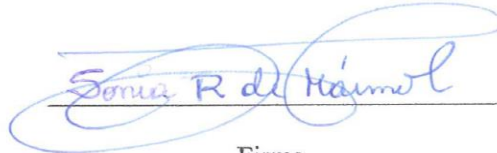
Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: “Efecto de la concentración de glucosa y bicarbonato de sodio sobre la calidad del manjar elaborado con leche deslactosada” presentado por Damaris Jhomira Barba Cuji y Deysi Gabriela Muñoz Baldeon y dirigida por Dra. Davinia Sánchez Macías.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Presidente del tribunal

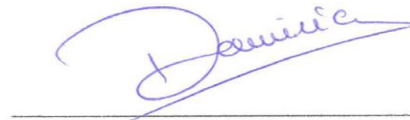
Dra PhD. Sonia Rodas



Firma

Dra. PhD. Davinia Sánchez Macías

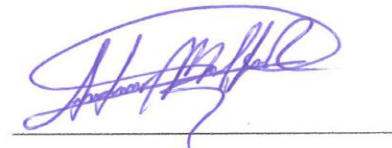
Directora del proyecto de investigación



Firma

PhD. Antonio Murillo Ríos

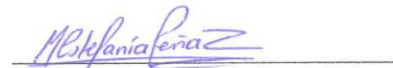
Miembro del tribunal



Firma

Msc Estefanía Peña

Miembro del Tribunal



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

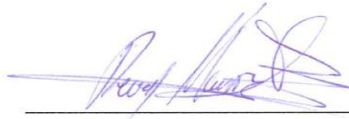
La responsabilidad del contenido de este proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a Damaris Jhomira Barba Cuji, Deysi Gabriela Muñoz y a la Directora del Proyecto Dra. Davinia Sánchez Macías, incluyendo todas las tablas y figuras que se encuentran en este trabajo, excepto las que contienen su propia fuente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Damaris Jhomira Barba Cuji

C.I. 140088976-0

Autora del proyecto



Deysi Gabriela Muñoz Baldeon

C.I. 1600540908

Autora del proyecto



Dra. Davinia Sánchez Macías

C.I. 1754211934

Directora del proyecto de investigación

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedicamos principalmente a Dios, por darnos las fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados, nuestro título universitario.

A nuestros padres por ser los principales pilares en nuestras vidas, quienes con sacrificio, trabajo y amor nos apoyando incondicionalmente durante esta etapa universitaria, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, en cada uno de nuestros pasos por su apoyo moral y por sus consejos impartidos.

A todas las personas quienes de una u otra manera nos han apoyado y han hecho que el presente trabajo se culmine con éxito en especial a quien nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Damaris Jhomira Barba Cuji

Deysi Gabriela Muñoz Baldeon

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a nuestros padres quienes nos acompañan y brindan su apoyo durante toda esta carrera universitaria su apoyo ha sido fundamental para ser realidad este sueño

Agradecemos a la Doctora Davinia Sánchez, por el tiempo dedicado y el apoyo brindado en este trabajo de investigación, gracias a sus conocimientos y consejos podemos culminar el presente trabajo de investigación.

A nuestros amigos de la carrera de Ingeniería Agroindustrial por los momentos compartidos durante nuestra etapa universitaria y por todas las cosas que hemos aprendido juntos.

Agradezco a mis compañeros y docentes del grupo de investigación PROANIN, quienes nos han ayudado a realizar este trabajo de investigación y se han convertido en grandes amigos.

Damaris Jhomira Barba Cuji

Deysi Gabriela Muñoz Baldeon

ÍNDICE GENERAL

REVISIÓN DEL TRIBUNAL.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problema.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE O MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Manjar o dulce de leche.....	5
2.2 Formulación e importancia de cada uno de los ingredientes en el manjar.....	5
2.3 Bicarbonato de sodio y control de pH en el manjar.....	6
2.4 Sustitución parcial de la sacarosa en el manjar.....	7
2.5 Lactasa y cristalización en el manjar.....	7
2.5.1 Lactasa.....	7
2.5.2 Lactosa en el manjar.....	8
2.5.3 Otros factores que producen cristalización en el manjar.....	9
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	10
3.1 Tipo de estudio.....	10
3.2 Población y muestra.....	10
3.3 Procedimiento de elaboración del manjar.....	12
3.3.1 Recolección y análisis de la calidad de la leche cruda.....	12
3.3.2 Proceso de deslactosado.....	12
3.3.3 Preparación del manjar.....	13
3.4 Análisis físicoquímicos, cristalización, color y textura instrumental.....	13
3.4.1 pH y contenido de ácido láctico.....	13
3.4.2 Densidad.....	13
3.4.3 Colorimetría.....	14
3.4.4 Número de cristales.....	14
3.4.5 Análisis de perfil de textura TPA.....	14
3.5 Análisis estadístico.....	16
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
4.1 RESULTADOS.....	17

4.1.1	Características de la leche cruda y deslactosada.....	17
4.1.2	Experimento 1: Análisis del efecto de la inclusión de glucosa en la formulación del manjar con nivel bajo de bicarbonato.....	17
4.1.3	Experimento 2: Análisis del efecto de la inclusión de glucosa y leche deslactosada en la formulación del manjar.....	24
4.1.4	Experimento 3: Análisis del efecto de la inclusión de glucosa en la formulación del manjar con nivel bajo de bicarbonato y leche deslactosada.....	30
4.2	DISCUSIÓN.....	36
4.2.1	Análisis de la leche cruda y deslactosada.....	36
4.2.2	Características físico-químicas de los manjares experimentales.....	36
4.2.3	Efecto de las variables de estudio sobre la cristalización de los manjares	38
4.2.4	Características texturales de los manjares.....	38
4.2.5	Efecto de las variables de estudio sobre el color de los manjares.....	39
	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
5.1	Conclusiones.....	41
5.2	Recomendaciones.....	41
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
	ANEXOS.....	45
6.1	Dosificación de enzima lactasa.....	45
6.2	Fotografías de las técnicas utilizadas en la investigación.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos de la leche cruda (Norma Técnica Ecuatoriana, INEN 0009, 2008).....	6
Tabla 2. Cantidad de ingredientes utilizados en la formulación para la elaboración del manjar en los diferentes experimentos.....	11
Tabla 3. Definiciones de los parámetros de textura.....	15
Tabla 4. Valores medios de la composición, densidad, punto crioscópico y acidez de los 3 lotes de leche cruda y leche deslactosada utilizada en los experimentos.....	17
Tabla 5. Valores medios de pH, acidez, densidad y número de cristales del manjar control y manjares elaborados con distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo contenido en bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento.....	18
Tabla 6. Valores medios de los parámetros de textura instrumental de los manjares control y elaborados con distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo contenido en bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento, y obtenidos con la sonda TA18 esfera pequeña.....	20
Tabla 7. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del manjar control y manjares elaborados con distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo contenido en bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento y obtenidos con la sonda TA43 esfera grande.....	21
Tabla 8. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del manjar control y manjares elaborados con distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo contenido en bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento, y obtenidos con la sonda TA5 cilindro.....	22
Tabla 9. Valores medios de índice de luminosidad, ángulo Hue, rojo, amarillo y croma del manjar control y manjares elaborados con distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo contenido en bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento.....	23
Tabla 10. Valores medios de pH, acidez, densidad, y numero de cristales del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) e igual nivel de bicarbonato (0,5 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento.....	25
Tabla 11. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) e igual nivel de bicarbonato (0,50 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento y obtenidos con la sonda TA18 esfera pequeña.....	26
Tabla 12. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) e igual nivel de bicarbonato (0,5 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento y obtenidos con la sonda TA43 esfera grande.....	27
Tabla 13. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) e igual nivel de bicarbonato (0,50 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento y obtenidos con la sonda TA5 cilindro.....	28
Tabla 14. Valores medios de índice de luminosidad, ángulo Hue, rojo, amarillo y croma del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) e igual nivel de bicarbonato (0,50 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento.....	29

Tabla 15. Valores medios de pH, acidez, densidad y número de cristales del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo nivel de bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento.....	31
Tabla 16. Valores medios de los parámetros analizados en el equipo texturómetro del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo nivel de bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento, con la sonda TA18 esférica.....	32
Tabla 17. Valores medios de los parámetros analizados en el equipo texturómetro del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo nivel de bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento, con la sonda TA43 cilindro.....	33
Tabla 18. Valores medios de los parámetros analizados en el equipo texturómetro del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo nivel de bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento, con la sonda TA5 esférica.....	34
Tabla 19. Valores medios de índice de luminosidad, ángulo Hue, rojo, amarillo y croma del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo nivel de bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen 1 Esquema molecular de la hidrólisis de la lactosa.....	7
Imagen 2. Gráfica general del perfil de textura.....	15
Imagen 3. Dosificación de enzima lactasa.....	44
Imagen 4. Pesaje de insumos para la elaboración del manjar.....	45
Imagen 5. Adición de ingredientes a la leche previo a la elaboración del manjar.....	45
Imagen 6. Adición de lactasa.....	45
Imagen 7. Deslactosado de la leche durante 4 horas.....	45
Imagen 8. Toma de muestras para análisis.....	46
Imagen 9. Análisis de acidez.....	46
Imagen 10. Titulación de las muestras de manjar.....	46
Imagen 11. Preparación de muestras para recuento de cristales.....	46
Imagen 12. Conteo de cristales.....	47
Imagen 13. Muestra de manjar sin cristales al día 1.....	47
Imagen 14. Muestra de manjar con cristales al día 45.....	47
Imagen 15 Muestra de manjar con cristales ala día 15.....	47

RESUMEN

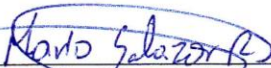
El manjar es un producto lácteo concentrado obtenido mediante el proceso de evaporación de la leche, con ingredientes añadidos, especialmente sacarosa. Este estudio da respuesta a la necesidad de la microempresa Finca la Jaira, de probar distintos niveles de bicarbonato de sodio, glucosa y uso de leche deslactosada de vaca en la formulación del manjar. Se realizaron tres experimentos por triplicado. En el primero se modificó la concentración de bicarbonato, el porcentaje de glucosa y se usó leche sin deslactosar. En el segundo experimento, se modificó el porcentaje de glucosa y el manjar fue elaborado con leche deslactosada. Finalmente, en el tercer experimento, se modificó la concentración de bicarbonato, se varió el nivel de glucosa y los manjares se elaboraron con leche deslactosada. Estos manjares fueron comparados entre sí y con el manjar control dentro de cada experimento. Se evaluó la calidad tecnológica, el color instrumental, cristalización de azúcares y perfil de textura de los manjares a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento. Como resultados principales, con el uso de leche deslactosada con bajo nivel de bicarbonato se obtienen manjares de luminosidad y color similares al control, pero con una mayor estabilidad del producto respecto a la cristalización. Se recomienda un nivel de glucosa al 40% en los manjares, por tener de características de color similar al control. Respecto a la dureza, se recomienda realizar nuevos estudios para disminuir la dureza, trabajo y adhesividad de los manjares experimentales, para que tengan similitud al manjar control.

Palabras clave: Manjar, bicarbonato de sodio, leche deslactosada, glucosa, cristalización, textura.

ABSTRACT

The “manjar” is a concentrated dairy product obtained through the evaporation process of milk, with added ingredients, especially sucrose. This study responds to the need of the Finca la Jaira microenterprise, to test different levels of sodium bicarbonate, glucose and use of lactose-free milk in the “manjar” formulation. Three experiments were carried out in triplicate. In the first one, the bicarbonate concentration and the percentage of glucose were modified and lactose-free milk was used. In the second experiment, the percentage of glucose was modified and the “manjar” was made with lactose-free milk. Finally, in the third experiment, the bicarbonate concentration was modified, the glucose level was varied and the “manjares” were made with lactose-free milk. These “manjares” were compared with each other and with the “manjar” control within each experiment. Technological quality, instrumental color, sugar crystallization and texture profile of the manjares were evaluated at 1, 15 and 45 days of storage. As main results, with the use of lactose-free milk with a low level of bicarbonate, manjares of had luminosity and color values similar to the control are obtained, but with greater stability of the product with respect to crystallization. A 40% glucose level is recommended in the manjares, because it has similar color characteristics to the control. Regarding the hardness, it is recommended to carry out new studies to reduce the hardness, work and adhesiveness of values the experimental “manjares”, so that they have similarity to the manjar control.

Keywords: manjar, sodium bicarbonate, unlactose milk, glucose, crystallization, texture.


Reviewed by **Mario Salazar**
Language Centre Teacher



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El manjar es un producto muy consumido en América Latina (Giménez & Gambora, 2008; Olivera & Nerváez, 2009) tiene diferentes nombres y procesos de elaboración de acuerdo al país. Por ejemplo, en Perú se le denomina “Manjar blanco”, en Ecuador se conoce con el nombre de “Manjar de Leche”, en Colombia se le conoce como “Arequipe” y en Uruguay, Paraguay, Chile, Bolivia, Argentina y Brasil se le denomina “Dulce de Leche” (Lamothe, 2006; Zalazar & Perotti, 2011; Ministério do Desenvolvimento., 2014).

En la industria láctea el manjar pertenece al mismo grupo que la leche condensada azucarada. A nivel mundial se ha establecido un consumo de 933 mil toneladas en el año 2014, último año del que se tiene referencia (FAOSTAT, 2020). El principal país en consumir manjar es Argentina, según la Subsecretaría de Lechería del Ministerio de Agroindustria en el 2012 indica que se consumió un promedio de 3,10 kg por habitante, último dato del que se tiene información (Valleboni, 2017). En Ecuador se consumió alrededor de 0,75 kg por persona en el año 2015, según cifras del Centro de la industria Láctea (CIL) (Ramirez, 2015).

El manjar es un producto lácteo concentrado obtenido mediante el proceso de evaporación de la leche hasta un mínimo de 68%, ya sea por tratamiento térmico con o sin presión negativa, con ingredientes añadidos, especialmente sacarosa (aproximadamente 20%) que confiere características sensoriales y fisicoquímicas diferenciales en comparación con otros productos lácteos (Velasco, 2010; Perroné et al., 2012; Ranalli & Califano, 2012).

Aunque el manjar está compuesto generalmente por leche entera, bicarbonato de sodio, otros aditivos y sacarosa, la concentración de este último ingrediente, en algunos casos, se reemplaza parcialmente por glucosa, fructosa u otro azúcar permitido según normativa vigente en el país donde se elabore (INEN 2 074, 2012). El manjar puede presentar características distintas que varían mucho entre las industrias y las áreas de producción. Algunos factores, como el manejo de las vacas, la genética, las buenas prácticas agrícolas, la formulación y el procesamiento final (Smith, 2000; Perrone et al., 2012) pueden afectar las características de este producto (Lopes et al., 2015; Maldonado, 2019).

El bicarbonato se utiliza como neutralizante de la acidez (es el más usado). Durante el proceso de elaboración del manjar, la leche va evaporando humedad, el ácido láctico se va concentrando en la fase acuosa progresivamente más pobre, y la acidez va aumentando de una manera tal que el proceso se podría culminar por producir coagulación de la caseína y, por consiguiente, una sinéresis del producto (separación y expulsión de la fase líquida de una matriz sólida) (Zunino, 2015).

El bicarbonato de sodio se agrega durante la fabricación del manjar para favorecer las reacciones de pardeamiento no enzimático más conocidas como la reacción de Maillard. Esta reacción consiste en una combinación y polimerización entre la caseína y la lactoalbúmina con azúcares reductores, siendo responsable de su color marrón típico, consistencia y sabor característicos (dado ya en parte por la caramelización de la sacarosa) (Aktağa et al., 2019).

El uso de leche con acidez elevada produciría un dulce de leche de textura arenosa y áspera. Asimismo, una acidez excesiva impide que el producto terminado adquiera su color característico, ya que las reacciones de Maillard son retardadas por el descenso del pH. Por todo ello, será necesario reducir la acidez inicial de la leche. El bicarbonato es el aditivo corrector de acidez de preferencia, por tratarse de un álcali suave que, usado en pequeñas proporciones, no comunica gusto desagradable (Zunino, 2015).

La cristalización, es un efecto que se produce por agrupación de las moléculas de los azúcares presentes en el manjar, lo cual causa una textura arenosa y reduce la aceptabilidad del producto (Lopes et al., 2015). Los principales motivos para que se produzca la cristalización de la lactosa en el dulce de leche se debe a la ausencia de glucosa o al exceso de sacarosa, y a la temperatura de almacenamiento (Gonzalez, 2014).

El jarabe de glucosa es un derivado vegetal, fácilmente digestible. Su poder edulcorante es inferior al de la sacarosa y su utilización como sustituto obedece a varias razones: es económico, agrega brillo al producto y ayuda en parte a disminuir la velocidad de cristalización (Maldonado, 2019)

El uso de leche deslactosada es también una alternativa para disminuir la cantidad de cristales de azúcar en el manjar, a través del proceso de hidrólisis de la lactosa con el uso de la enzima lactasa. Existen otras técnicas para reducir la cantidad de cristales de azúcar en el manjar como por ejemplo cristalización forzada o siembra por inóculo e hidrólisis

de lactosa por microorganismos, pero representan altos costos a la producción del manjar (Lamothe, 2006).

1.2 Problema

En respuesta a las necesidades de la microempresa, Centro de Desarrollo e Innovación para el Sector Agropecuario (Finca la Jaira), de mejorar las características tecnológicas del manjar que producen; se ha diseñado un proyecto de investigación conjunto para dar respuesta a algunas cuestiones. En este caso, se quiere analizar la factibilidad de si variando diferentes niveles de bicarbonato y glucosa, se puede llegar a producir un manjar a base de leche deslactosada con características similares al manjar común.

Además, desde el punto de vista tecnológico, el problema más relevante en la producción del manjar se refiere a su estabilidad física relacionada con la cristalización de la lactosa y otros azúcares utilizados en el proceso.

Por ese motivo, la utilización de una proporción de glucosa respecto al total de azúcares en la formulación ha sido ampliamente aplicada para evitar este problema. Sin embargo, otros de los procedimientos que también se usan para evitar la cristalización, es el desdoblamiento de la lactosa en glucosa y galactosa a través de la utilización de la enzima lactasa. Pero la presencia de estos dos monosacáridos tiene un mayor poder reductor, lo que provoca que, durante la reacción de Maillard, se produzca una caramelización exagerada de los azúcares. Esto conlleva a obtener un producto con sabor, color y olor más pronunciados, que no son deseados en el manjar común, provocando el rechazo del producto por parte de los consumidores (Gimenez & Gambora, 2008).

Sin embargo, no existe información bibliográfica donde se estandarice el protocolo para la elaboración del manjar, por lo cual la industria en la elaboración del manjar puede utilizar hasta 2 g de bicarbonato por litro como neutralizante de acidez y favorecer la reacción de Maillard (Codex, 2011). Por lo cual creemos que la modificación del bicarbonato de sodio puede modular las características del producto cuando se utiliza leche deslactosada y glucosa en distintas proporciones.

1.3 Justificación

Este estudio se diseñó para dar respuesta a las necesidades de la microempresa Finca La Jaira, de mejorar las características tecnológicas del manjar que producen. Así mismo,

entender los cambios de calidad tecnológica que puede sufrir el manjar elaborado con leche deslactosada, y su estabilidad al adicionar diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio y glucosa.

La literatura científica carece de investigaciones relacionadas a la combinación de distintos ingredientes utilizados en la formulación del manjar, como variaciones de glucosa combinada con leche deslactosada, y utilización de distintas concentraciones de bicarbonato. Así mismo, tampoco existe a este nivel información de la calidad del manjar evaluado con instrumentos tales como texturómetro, colorímetro y análisis de calidad tecnológico.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la concentración de glucosa y bicarbonato de sodio sobre la calidad del manjar elaborado con leche deslactosada.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar el efecto de las diferentes concentraciones de glucosa sobre la calidad del manjar elaborado con leche deslactosada.
- Evaluar si existe diferencias entre los parámetros de calidad del manjar elaborado con leche deslactosada debido a la modificación de las concentraciones de bicarbonato de sodio.
- Determinar cuál de las fórmulas de combinación de nivel de glucosa y bicarbonato de sodio, mejora las características del manjar de leche deslactosada.

CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE O MARCO TEÓRICO

2.1 Manjar o dulce de leche

El manjar está considerado como un tipo de leche condensada azucarada, muy popular en países sudamericanos como es Argentina y Uruguay. Su proceso de elaboración consiste en evaporar la leche hasta un mínimo de 68% de sólidos totales por ebullición a presión atmosférica (o negativa), con leche fluida o leche reconstituida apta para el consumo humano (Zalazar & Perotti, 2011), en presencia de sacarosa añadida (aproximadamente 20%). Es importante, la adición de bicarbonato de sodio durante la fabricación para prevenir la coagulación de caseína y de esta manera favorecer la reacción de Maillard, responsable de su color típico marrón (Giménez & Gambora, 2008).

La elaboración del manjar, a nivel industrial, puede variar en gran manera en su calidad final, ya que no existen protocolos definidos para la elaboración del manjar. (Además, debido a los factores antes mencionados.)

De igual manera, los diferentes parámetros de elaboración como son el tiempo, la temperatura de calentamiento, la presión atmosférica y el balance de masa influye sobre las características físicas-químicas y sensoriales del manjar (Perrone et al., 2014).

2.2 Formulación e importancia de cada uno de los ingredientes en el manjar

Para elaborar el manjar, su formulación podrá variar de acuerdo a la región en donde se produzca y la finalidad con la que se produzca, como puede ser para repostería o para la producción de helados.

Según Zunino (2015), los ingredientes básicos para la fabricación de manjar son los siguientes: leche, sacarosa, bicarbonato de sodio y, en gran parte de las formulaciones, glucosa.

En el caso de la leche, puede ser fluida o en polvo, entera o parcialmente descremada. Su uso es de acuerdo a la calidad final del manjar deseado. Sin embargo, es importante recalcar que la calidad de la leche inicial deberá ser apta para el consumo humano, por lo que se evitará el uso de leche ácida. En el caso de Ecuador, los requisitos de la leche como materia prima cruda, son los exhibidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Requisitos de la leche cruda (Norma Técnica Ecuatoriana, INEN 0009, 2008)

Requisitos	Min	Max
Densidad relativa a 15°C, Kg/L	1.029	1.033
Densidad relativa a 20°C, Kg/L	1.028	1.02
Materia grasa, % m/m	3,0	-
Acidez titulable; % de ácido láctico	0,13	0,17
Solidos totales% m/m	11,2	-
Solidos no grasos% m/m	8,2	-
Cenizas% m/m	0.65	-
Punto de congelación°C	-0,536	-0,512
(Punto crioscópico)°H	-0,555	-0,530
Proteína% m/m	2,9	-

2.3 Bicarbonato de sodio y control de pH en el manjar

La adición de bicarbonato de sodio está directamente relacionada con la acidez de la leche es por eso que un exceso de acidez puede provocar en el manjar de leche sabores muy pronunciados no deseables para los consumidores afectando a la calidad del producto, generando al manjar una textura arenosa y áspera. De igual manera, una acidez excesiva impide que el producto terminado adquiera su color característico, ya que las reacciones de Maillard son retardadas por el descenso del pH. Por todo ello será necesario reducir la acidez inicial de la leche (INA, 2001).

EL pH tiende a disminuir por las condiciones de almacenamiento durante y el transcurso del tiempo y el uso de envases plásticos o de vidrio, generando que el agua libre se continúe evaporando (Villalobos, 2013). El pH del manjar, no solo se controla por que las reacciones de Maillard se retardan por descenso del pH, sino también porque al no controlar la acidez de la leche esta aumenta progresivamente por la concentración de ácido láctico generado durante la preparación del producto, y podría culminar con la aparición de sinéresis (separación y expulsión de la fase líquida de una matriz sólida) debido a la coagulación de las proteínas (Villalobos, 2013).

No existen artículos que describan las características del manjar elaborado con distintas concentraciones de bicarbonato, ni efecto sobre la evaluación del pH durante el almacenamiento.

2.4 Sustitución parcial de la sacarosa en el manjar

El edulcorante sacarosa proveniente de la caña de azúcar y la remolacha, es uno de los edulcorantes más utilizados en la industria de los alimentos. En la elaboración de manjar, la sacarosa añadida corresponde a aproximadamente un 45% de la composición final del producto (Lopes et al., 2015). Por tanto, cualquier sustitución afecta a las características fisicoquímicas (como es la disminución de pH, aumento de acidez, intensidad de color) y de textura del producto (Maldonado, 2019). Entre los sustitutos de sacarosa se puede encontrar edulcorantes nutritivos como maltosa, edulcorantes no nutritivos como el aspartame, y polímeros, como es la povidona que aporta algunas propiedades de la sacarosa (García.,et al 2008).

2.5 Lactasa y cristalización en el manjar

2.5.1 Lactasa

La β -D galactosidasa o lactasa es una clase importante de glicosidasa, que cataliza naturalmente la hidrólisis de enlaces β -D galactosídicos en oligosacáridos y polisacáridos. En la actualidad se han aplicado en la industria alimentaria para mejorar la solubilidad, de los azúcares y la estabilidad de los productos (Lu et al., 2019).

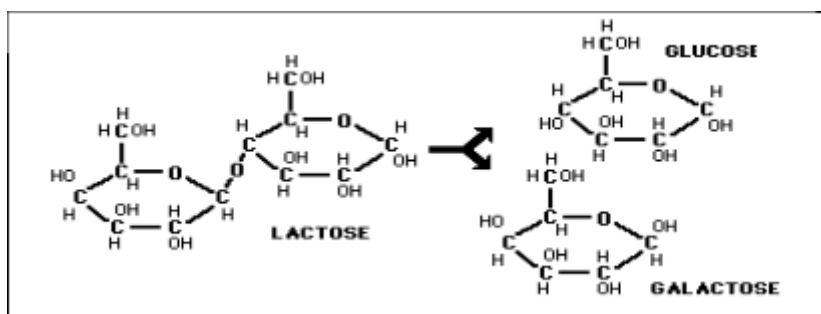


Imagen 1 Esquema molecular de la hidrólisis de la lactosa

Fuente: CHR. HANSEN, (2017)

La hidrólisis de la lactosa en sus dos monosacáridos (glucosa y galactosa) tiene los siguientes efectos en los alimentos (Zunino, 2015; Lu et al., 2019).

- Poder dulcificante: la mezcla de glucosa y galactosa es de 2 a 3 veces más dulce que la lactosa.

- Digestibilidad: Tradicionalmente, estas enzimas se han utilizado para degradar la lactosa en glucosa y galactosa en productos lácteos que son beneficiosos para personas intolerantes a la lactosa.
- Solubilidad: la lactosa presenta solubilidad del 18 % en agua a 25°C, la glucosa en las mismas condiciones de 50% y la galactosa del 25 %.
- Viscosidad: la glucosa y la galactosa presentan baja viscosidad lo que permite alta concentración de sólidos sin que ocurra cristalización.
- Cuerpo, textura, sabor: son modificados debido a la liberación de galactosa. El sabor queda más acentuado.
- Reacción de Maillard: la glucosa y la galactosa son más reactivos que la lactosa a temperaturas elevadas y $\text{pH} > 5$.

2.5.2 Lactosa en el manjar

Bajos niveles de humedad y altos niveles de carbohidratos pueden ocasionar cristalización de la sacarosa o la lactosa durante el almacenamiento, lo cual puede provocar alteraciones de la textura del manjar. En la leche condensada, helados y el manjar es causa del deterioro de las características sensoriales; resultando un producto con una textura arenosa que es rechazada por el consumidor.

Lopes et al.,(2015), en su investigación, sobre el análisis de adición de almidones al manjar encontró que para resolver los problemas de cristalización de lactosa se han propuesto soluciones como. La adición de caseinato de sodio, la hidrólisis enzimática con β -D galactosidasa o la siembra de cristales de lactosa. La siembra se hace para generar la formación de cristales pequeños que no sean perceptibles por el consumidor. Pero en el manjar es difícil de aplicar esta técnica por su alta viscosidad. De los estudios realizados con leche condensada también se concluye que un enfriamiento rápido evita la precipitación incontrolada de lactosa, lo cual da lugar a la formación de cristales gruesos (Agroinformacion, 2005).

La tasa de crecimiento de cristales de lactosa no es muy diferente al de la sacarosa, al considerar que el crecimiento de cristales de lactosa se producen predominantemente o únicamente en una sola cara, la parte inferior del cristal piramidal (Gánzle,et al., 2008)

Al finalizar el proceso de elaboración del manjar, la cantidad de agua que posee es de 26%-30%, de tal manera que la solución debe contener 2% de sales minerales, 33% al

48% de sacarosa adicionada, 13% de glucosa y ocasionalmente el 8% de azúcar invertido. La lactosa al no ser tratada estará en una concentración del 11% con una solubilidad de 18% respecto al producto final, una vez concentrado (SENATI, 2014).

El manjar de leche por lo general tiene una consistencia cremosa o pastosa homogénea sin grumos ni burbujas, brillante color marrón caramelo, producto de la reacción de Maillard, sabor característico, ni empalagoso ni demasiado dulce, y debe disolverse en la boca sin cristales perceptibles (Lopes et al., 2015).

2.5.3 Otros factores que producen cristalización en el manjar

Los principales factores que favorecen la cristalización en el manjar son:

- Excesiva concentración de sólidos solubles.
- Superficie de evaporación amplia y mal protegida.
- Ausencia de glucosa.
- Excesiva cantidad de sacarosa.
- Tiempo de almacenaje prolongado.
- Almacenaje a bajas temperaturas.

Los atributos como color, textura y el desarrollo de los cristales de azúcar en el manjar pueden cambiar durante el almacenamiento y de tal manera alcanzar niveles que los consumidores podrían encontrar inaceptables en relación con el producto fresco. También durante el almacenamiento, se producen sabores desagradables, como sabores plásticos o químicos, debido al material de empaque, o un sabor quemado, debido a la caramelización o reacciones de Maillard, que continúan después de la fabricación del producto (Sánchez et al., 2004).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de estudio

El proyecto de investigación cumple con las condiciones metodológicas de una investigación cuantitativa, ya que se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extraen conclusiones.

Además, es experimental porque se manejaron variables no comprobadas en condiciones que el investigador puede controlar, se utilizaron metodologías como son: inductivo-deductivo puesto que son estrategias de razonamiento lógico, siendo que el método inductivo utiliza premisas particulares para llegar a una conclusión general, y el método deductivo usa principios generales para llegar a una conclusión específica.

3.2 Población y muestra

La elaboración del manjar se realizó en la Planta de Lácteos "El Ilapeñito", ubicada en la Parroquia Ilapo del Cantón Guano, donde se recolectó leche fresca. Para elaborar el manjar se utilizó el protocolo propuesto por el Centro de Desarrollo e Innovación Agropecuario "Finca la Jaira". Para cada uno de los tratamientos se procesó un total de 2,4 kg de manjar. Los insumos para la elaboración del manjar los encontramos en almacenes dedicados al expendio de insumos lácteos en la Provincia de Chimborazo, cantón Riobamba.

En este estudio se realizaron tres experimentos, cada uno de ellos tuvo un control y tres tratamientos experimentales, tal y como se explica a continuación. En los tres experimentos, el control fue el mismo, el cual se realizó con la formulación descrita en la Tabla 2 con la codificación T1, el cual contenía 0,5 g de bicarbonato de sodio por litro de leche y 29% de glucosa del total de azúcares utilizados en su formulación.

a. Experimento 1

Se elaboraron tres manjares, los cuales tenían una concentración de bicarbonato de 0,25g/L siendo a la mitad que el control, y entre ellos se fue aumentando gradualmente la proporción de glucosa respecto al total de azúcar usado en su formulación, siendo T2, T3

y T4 con 10%, 20% y 40% de glucosa, respectivamente. Las formulaciones de estos tres manjares se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2. Cantidad de ingredientes utilizados en la formulación para la elaboración del manjar en los diferentes experimentos.

Insumos	Experimentos									
	Control	EXPERIMENTO ¹			EXPERIMENTO ²			EXPERIMENTO ³		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Leche, kg	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Uso de lactasa	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Glucosa, g	400	100	200	400	100	200	400	100	200	400
NaHCO ₃ , g	2,50	1,3	1,3	1,3	2,50	2,50	2,50	1,3	1,3	1,3
Sacarosa, g	1000	900	800	600	900	800	600	900	800	600

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez D (2020)

b. Experimento 2

Se elaboraron tres manjares, exactamente iguales que en el experimento 1, pero en este caso, se mantuvo la misma concentración de bicarbonato que el tratamiento control y se usó leche deslactosada, los cuales fueron denominados T5, T6 y T7, con 10%, 20% y 40% de glucosa, respectivamente. Las formulaciones de estos tres manjares se encuentran en la Tabla 2.

c. Experimento 3

En este último experimento, se comparó el manjar control con otros tres manjares, los cuales, en combinación de los factores antes mencionados, se elaboraron con la mitad de bicarbonato que el control, leche deslactosada e incremento gradual de proporción de glucosa en formulación, siendo T8, T9 y T10 con 10%, 20% y 40% de glucosa, respectivamente. Las formulaciones de estos tres manjares también se encuentran en la Tabla 2.

Todos los experimentos se realizaron por triplicado.

Se realizaron análisis fisicoquímicos (color, acidez y pH) y de textura instrumental en el laboratorio del Grupo de investigación "PROANIN". Los análisis de cristalización y densidad se desarrollaron en el Laboratorio de Análisis de Control de Calidad, de la carrera de Ingeniería Agroindustrial (Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador) los mismos que se realizaron por triplicado en cada tratamiento. Para evaluar los cambios que se producen en el almacenamiento, se definió un tiempo experimental a los 1, 15 y 45 días debido tiempo de vida útil es de 60 días sin adición de conservantes.

3.3 Procedimiento de elaboración del manjar

3.3.1 Recolección y análisis de la calidad de la leche cruda.

Todos los manjares se elaboraron siguiendo exactamente el mismo procedimiento, tal y como sigue:

La leche se obtuvo de la planta de lácteos "El Ilapeñito", donde se recolectó leche fresca en el primer ordeño del día en recipientes de acero inoxidable esterilizados previamente y se transportó a 4°C hasta la planta de lácteos. Seguidamente, se realizó el análisis composicional (grasa, proteína, lactosa, sólidos totales) utilizando un equipo multiparamétrico (Milkotester, modelo EQL-00239, Bulgaria) el análisis de acidez titulable de la leche fresca previo a la elaboración de los manjares. Se tomaron en cuenta los requisitos fisicoquímicos que debe cumplir la leche cruda, según la norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 009 (2012), están descritas en la Tabla 1.

3.3.2 Proceso de deslactosado

Para elaborar los manjares con leche deslactosada, se procedió a pasteurizar 30 litros de leche a 80°C por 15 minutos y se enfrió a 40°C. De acuerdo a la dosificación (ml / l) 5200 NLU descrita en la ficha técnica (ver ilustración 3), la cantidad de lactasa que se añade para deslactosar la leche es de 0,27 ml/L. El tiempo de reacción de la enzima fue de 4 horas a temperatura de 40°C. Una vez deslactosada la leche, se envasó en un recipiente de acero inoxidable previamente esterilizado y se mantuvo en refrigeración (2°C) hasta iniciar el proceso de elaboración del manjar.

3.3.3 Preparación del manjar

Cada uno de los manjares se elaboró de la siguiente manera. Se pesaron todos los ingredientes según la formulación. En una olla de bronce, se añade la leche, el bicarbonato de sodio, la sacarosa y la glucosa. Tras mezclar todo, se calienta hasta alcanzar una temperatura de 90-92°C, y se agita aproximadamente 3 horas, hasta alcanzar la concentración de sólidos deseada de 65°Brix. Seguidamente, se enfría el manjar sin dejar de agitar hasta alcanzar los 50-55°C, y se procedió al envasado en envases de vidrio esterilizados. Los envases fueron invertidos, para que calor producido en el interior del envase se propague por todo el espacio evitando la acumulación de vapor de agua por 24 h y se dejó a temperatura ambiente. Los análisis de los manjares fueron realizados a los 1, 15 y 45 días post-elaboración.

3.4 Análisis fisicoquímicos, cristalización, color y textura instrumental

3.4.1 pH y contenido de ácido láctico

El pH se midió por triplicado en 50 ml de manjar diluido al 10% en agua destilada con un potenciómetro digital (Milwaukee, modelo MI 150, EE.UU.), de acuerdo al método propuesto por el Instituto Adolfo Lutz (2008).

Para calcular el porcentaje de ácido láctico, se utilizó el método de titulación con hidróxido de sodio utilizando como indicador fenolftaleína de acuerdo a lo indicado por el Instituto Adolfo Lutz (2008), en una dilución del manjar al 10% en agua destilada. La fórmula de cálculo es la siguiente donde: ml es el volumen del titulante multiplicado por la normalidad del titulante y por el peso equivalente del hidróxido de sodio dividido para el volumen de la muestra por 100

$$\text{Ec 1. } \% \text{ de ácido láctico} = \frac{\text{ml de NaOH} * 0,1 * 0,09}{\text{Volumen de la muestra}} * 100$$

3.4.2 Densidad

Se efectuó un análisis gravimétrico mediante la técnica del picnómetro manteniendo los manjares a temperatura ambiente 20°C (AOAC962.37), por triplicado. Se determinó el peso (m1) del picnómetro vacío en la balanza analítica. Luego se llenó el picnómetro de agua destilada y se obtuvo su peso (m2). Seguidamente, se llenó el picnómetro con la

muestra de manjar y se tomó el peso (m_3). La densidad se calculó según la siguiente fórmula:

$$\text{Ec 2. Densidad} = \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_3} * Da$$

Donde la densidad del agua (Da) se considera 1g/ml

3.4.3 Colorimetría

Para el análisis de color de los manjares, por triplicado, se utilizó un colorímetro (CR-400, Konika Minolta) y se basó en el espacio de color CIE Lab* y CIE LCh*, donde la variable L* establece la relación en el espacio polar entre los extremos de blanco (100) y negro (0), los valores de a* se refieren al índice rojo-verde, el b* es el índice amarillo-azul, mientras que C* se refiere a la saturación de croma, y el parámetro h*, conocido como matiz o tono, es la sensación visual según la cual una región se asemeja a un color definido por el tono protocolo definido por Lopes et al.,(2015).

3.4.4 Número de cristales

El conteo de cristales de lactosa se realizó utilizando mediante un microscopio óptico con el objetivo de 10 y 40 aumentos. Las muestras fueron almacenadas a temperatura ambiente entre 15°C y 20°C. Para contar el número de cristales se pesó en un portaobjetos la cantidad de 0.1 g de manjar y se cubrió con un cubreobjetos ejerciendo una ligera presión hasta expandir formando una circunferencia de aproximadamente 1cm de diámetro con el cuidado de no aplastar los cristales. Realizamos el conteo de cristales en 10 campos diferentes de la muestra de manjar, y se realizó el promedio de número de cristales protocolo definido por Lopes et al., (2015).

3.4.5 Análisis de perfil de textura TPA

En este caso se utilizó el método de análisis de perfil de textura (TPA), que se realizó por medio de un texturómetro (Texture Pro CT3 V1.6 Build 26, marca Brookfield, EEUU), para lo cual se manejó el protocolo definido por Maldonado (2019). Las muestras de manjar se colocaron en recipientes con una altura de 57mm y un diámetro base de 45mm llenados completamente con una espátula realizando una ligera presión para evitar la formación de espacios y burbujas de aire en el interior del producto. Se utilizaron tres

sondas diferentes TA18 (esférica de 12.7 mm de diámetro), TA5 (cilindro 12.7 mm de diámetro) y TA43 (esférica 25.4mm diámetro), las cuales penetraron en la muestra una distancia de 30 mm y a una velocidad de 1 mm/s y a doble compresión.

Los resultados obtenidos relacionan la fuerza requerida en función al tiempo, mediante una curva que permite definir varios parámetros de textura como indica la ilustración 2.

Los parámetros de textura obtenidos fueron dureza, trabajo dureza terminado, fuerza de adhesividad, adhesividad, trabajo total, los cuales están definidos en la tabla 3.

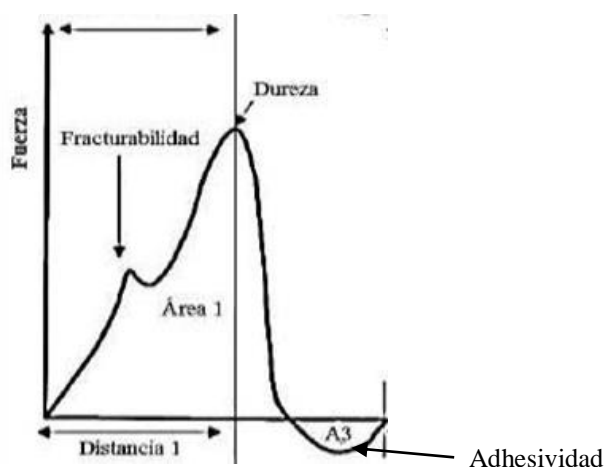


Imagen 2. Gráfica general del perfil de textura

Fuente: Hleap y Velasco, (2010)

Tabla 3. Definiciones de los parámetros de textura.

Parámetro	Definición	Unidades
Dureza	Fuerza necesaria para lograr una deformación	N
Trabajo de dureza terminado	Área que se encuentra por debajo de la curva carga vs distancia.	g*cm A1
Trabajo total	Trabajo interno vs la fuerza interna del alimento	g*cm A1 +A3
Adhesividad	Área bajo la curva carga vs distancia	g*cm
Fuerza de adhesividad	Fuerza negativa máxima en el primer ciclo de compresión	N A3

A: área

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020)

3.5 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se trabajó con el programa SAS versión 9.2 (SAS Institute, 2008). Se realizó un ANOVA de Medidas Repetidas para comparar entre manjares, según el experimento, y el tiempo en almacenamiento de los manjares (3 niveles 1, 15 y 45 días) sobre las características fisicoquímicas, colorimétricas y texturales del producto. Además, se aplicó el Test de Tukey ($P < 0,05$) para el análisis de diferencias estadísticas entre las medias de las variables analizadas.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Características de la leche cruda y deslactosada

En la tabla 4 se presentan los valores medios del análisis composicional y físico químico de la leche sin deslactosar y deslactosada que se utilizó en el presente estudio.

Tabla 4. Valores medios de la composición, densidad, punto crioscópico y acidez de los 3 lotes de leche cruda y leche deslactosada utilizada en los experimentos

Parámetro	Leche sin deslactosar	Leche deslactosada
Grasa (%)	3,50 ±0,01	3,49 ± 0,01
Proteína (%)	3,35 ±0,13	3,45 ± 0,05
Lactosa-Azúcares (%)	4,77 ± 0,31	4,97 ± 0.23*
Sólidos no grasos (%)	9,43 ± 0,32	9,57 ± 0,59
Densidad (g/ml)	1,030 ± 0,00	1,030 ± 0,00
Punto de congelación(°C)	-0,53 ± 0,00	-0,54 ± 0,01
Acidez (°D)	16,67 ± 0,58	16,67 ± 0,58

* Total de porcentaje de azúcares como glucosa, galactosa y sacarosa.

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez D (2020)

La composición de la leche, tanto deslactosada como sin deslactosar, fue similar. Los rangos de grasa, proteína y lactosa (o azúcares) variaron entre 3,49-3,50%, 3,35-3,45% y 4,77-4,97%, respectivamente. La densidad, punto crioscópico y acidez también fueron iguales entre las dos materias primas.

4.1.2 Experimento 1: Análisis del efecto de la inclusión de glucosa en la formulación del manjar con nivel bajo de bicarbonato

a) Calidad tecnológica del manjar

En la Tabla 5, se detallan los valores medios obtenidos en el análisis de calidad tecnológica y cristalización correspondientes al experimento 1 en los manjares control y los elaborados con varios niveles de glucosa y bajo contenido en bicarbonato, a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento, correspondiente al experimento 1.

Los valores de pH los manjares variaron entre 6,68 y 7,25, mientras que los de acidez fueron entre 0,22 y 0,56 % de ácido láctico. Al comparar el manjar control con los elaborados con bajo nivel de bicarbonato y distintas concentraciones de glucosa, estos últimos presentaron valores significativamente más bajos de pH y más altos de acidez que el control. Además, a medida que aumentó la proporción de glucosa respecto al total de azúcares en los manjares experimentales (T2, T3 y T4), también disminuyó el pH y aumentó la acidez, en los productos. Este patrón se mantiene durante los 3 tiempos de almacenamiento estudiados.

Tabla 5. Valores medios de pH, acidez, densidad y número de cristales del manjar control y manjares elaborados con distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo contenido en bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento.

Parámetro	Días	Tratamientos ¹				EEM
		T1	T2	T3	T4	
pH	1	7,25 ^{dy}	6,95 ^{cy}	6,89 ^{bx}	6,77 ^{ax}	0,05
	15	7,24 ^{dy}	6,93 ^{cy}	6,85 ^{by}	6,74 ^{ay}	0,05
	45	7,18 ^{dz}	6,87 ^{cz}	6,78 ^{bz}	6,68 ^{az}	0,06
	EEM	0,01	0,01	0,02	0,01	
Acidez, % ácido láctico	1	0,22 ^{az}	0,28 ^{bz}	0,32 ^{cz}	0,38 ^{dz}	0,17
	15	0,27 ^{ay}	0,34 ^{by}	0,37 ^{cy}	0,43 ^{dy}	0,17
	45	0,36 ^{ax}	0,45 ^{bx}	0,47 ^{cx}	0,56 ^{dx}	0,21
	EEM	0,02	0,02	0,02	0,03	
Densidad, g/cm ³	1	1,31	1,30 ^z	1,31 ^z	1,32 ^z	0,00
	15	1,31 ^a	1,31 ^{az}	1,32 ^{az}	1,33 ^{bz}	0,00
	45	1,33 ^a	1,32 ^{ay}	1,33 ^{ay}	1,34 ^{by}	0,00
	EEM	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	
Cristales, recuento	1	1,50 ^{az}	4,73 ^{bz}	3,90 ^{bz}	1,50 ^{az}	0,55
	15	56,40 ^{cz}	30,93 ^{bz}	23,50 ^{bz}	14,03 ^{az}	4,87
	45	590,80 ^{by}	533,37 ^{aby}	435,43 ^{ay}	340,80 ^{ay}	32,20
	EEM	94,92	86,91	70,58	55,70	

a-d Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

¹ Tratamiento: T1 (control), T2 (10% de glucosa), T3 (20% de glucosa) y T4 (40% de glucosa),

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020).

Así mismo, a lo largo del tiempo experimental, el pH y la acidez fueron bajando y subiendo, respectivamente, en todos los tratamientos. En el caso de T1 y T2, el cambio de pH fue significativo después de los 45 días, en comparación al día 1.

Los valores de densidad los manjares estuvieron enmarcados entre 1,30 y 1,34 g/cm³. Los manjares con bajo nivel de bicarbonato, al ser comparados con el control, no

presentaron diferencias significativas en el día 1. Sin embargo, a los 15 y 45 días, la densidad del manjar T4 fue significativamente mayor a la de los otros manjares. Durante los 45 días de almacenamiento, la densidad no cambió en el manjar control, mientras que fue aumentando en los otros tratamientos, hasta ser significativamente mayor después de 45 días de análisis.

Los valores de cristales variaron entre 1,50 y 590 en el manjar control a los días 1 y 45 días respectivamente. Al primer día, el manjar con 40% de glucosa y bajo nivel de bicarbonato tuvo un recuento de cristales similar al control, y más bajo que los otros manjares. A medida que pasó el tiempo de almacenamiento, el número de cristales aumentó en todos los manjares. Sin embargo, los que tuvieron menor nivel de bicarbonato, presentaron menos cristales que el control, y entre ellos, a medida que tuvieron más glucosa en su formulación, presentaron menos cristales en el producto final.

b) Textura instrumental del manjar

En las tablas 6, 7 y 8 se presentan los valores medios y comparativos de los parámetros de textura instrumental de los manjares con dos sondas esféricas (TA18 y TA43 de 12,7mm y 25,4mm de diámetro, respectivamente) y una sonda cilíndrica (TA5 con un diámetro de 12,7mm), entre el manjar control y manjares elaborados con distintas concentraciones de glucosa y bajo nivel de bicarbonato.

El uso de cualquiera de las tres sondas en este experimento resultó en que, a los tres tiempos de almacenamiento estudiados la presencia de glucosa en la formulación y bajo nivel de bicarbonato aumenta los valores medios de todos los parámetros de textura analizados, en comparación con el control. Y así mismo a medida que aumentó la presencia de glucosa en la formulación, también aumentaron los valores medios de dureza, el trabajo y la adhesividad.

Sin embargo, en términos estadísticos el uso de glucosa al 10% (o 20 % en algunos casos) y bajo nivel de bicarbonato presentó similares valores de textura que el control. Por lo que usar un rango de glucosa entre 20-40% en la formulación de estos manjares haría que la textura fuese más dura, trabajo y adhesiva que el manjar control en similares condiciones de elaboración.

Por otro lado, y en relación al tiempo, se observa una tendencia al endurecimiento de los manjares con más notoriedad a los 45 días de almacenamiento, pero sin llegar a ser estadísticamente significativo al analizar la variación de los datos obtenidos con el texturómetro.

Tabla 6. Valores medios de los parámetros de textura instrumental de los manjares control y elaborados con distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo contenido en bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento, y obtenidos con la sonda TA18 esfera pequeña.

Parámetro	Días	Tratamientos ¹				EEM
		T1	T2	T3	T4	
Dureza, N	1	0,65 ^a	0,74 ^a	1,07 ^a	1,22 ^b	0,11
	15	0,86 ^a	0,92 ^a	1,23 ^a	1,58 ^b	0,12
	45	0,88 ^a	1,04 ^a	1,31 ^a	1,95 ^b	0,19
	EEM	0,16	0,15	0,10	0,15	
Trabajo Dureza Terminado, g*cm	1	110,56 ^{az}	142,67 ^{abz}	220,67 ^{bz}	244,55 ^{bz}	22,70
	15	138,89 ^{az}	164,78 ^{abz}	243,55 ^{bz}	265,67 ^{bz}	27,21
	45	212,89 ^{ay}	294,90 ^{aby}	296,33 ^{aby}	416,00 ^{by}	53,70
	EEM	36,97	55,96	32,19	40,85	
Trabajo Total, g*cm	1	103,42 ^a	146,22 ^{ab}	212,00 ^b	261,89 ^{bz}	23,03
	15	143,56 ^a	163,78 ^{ab}	226,45 ^{ab}	284,22 ^{bz}	27,66
	45	158,11 ^a	196,32 ^a	303,33 ^{ab}	424,33 ^{by}	40,83
	EEM	25,08	26,46	21,23	40,46	
Fuerza de adhesividad, N	1	0,38 ^a	0,42 ^a	0,68 ^{ab}	0,75 ^b	0,07
	15	0,44 ^a	0,57 ^a	0,77 ^{ab}	0,96 ^b	0,09
	45	0,65 ^a	0,68 ^a	0,79 ^{ab}	1,30 ^b	0,12
	EEM	0,12	0,08	0,07	0,13	
Adhesividad, g*cm	1	77,77 ^a	120,78 ^a	162,56 ^{ab}	169,22 ^{bz}	13,88
	15	107,33 ^a	132,56 ^a	183,34 ^{ab}	187,11 ^{bz}	21,55
	45	128,56 ^a	153,89 ^a	193,33 ^{ab}	332,89 ^{by}	34,18
	EEM	21,33	21,39	16,59	38,42	

a-d Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

¹Tratamiento: T1 (control), T2 (10% de glucosa), T3 (20% de glucosa) y T4 (40% de glucosa),

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020)

Tabla 7. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del manjar control y manjares elaborados con distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo contenido en bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento y obtenidos con la sonda TA43 esfera grande.

Parámetro	Días	Tratamientos ¹				EEM
		T1	T2	T3	T4	
Dureza, N	1	2,52 ^a	3,17 ^a	4,01 ^a	4,46 ^b	0,32
	15	3,01 ^a	3,24 ^a	4,53 ^b	4,94 ^b	0,44
	45	3,75 ^a	3,93 ^a	5,07 ^b	5,75 ^b	0,58
	EEM	0,76	0,44	0,30	0,28	
Trabajo Dureza Terminado, g*cm	1	400,22 ^a	531,89 ^{ab}	724,67 ^b	809,89 ^b	58,99
	15	533,67 ^a	551,22 ^{ab}	784,89 ^b	876,78 ^b	82,96
	45	719,22 ^{ab}	590,44 ^a	800,89 ^{ab}	904,22 ^b	93,27
	EEM	147,79	33,90	41,11	51,70	
Trabajo Total, g*cm	1	409,56 ^a	475,89 ^a	785,00 ^b	844,89 ^b	69,24
	15	545,22 ^a	595,00 ^{ab}	801,55 ^b	894,00 ^b	91,84
	45	731,67 ^{ab}	644,11 ^a	819,22 ^{ab}	904,34 ^b	92,16
	EEM	150,32	73,20	34,37	51,49	
Fuerza de adhesividad, N	1	1,40 ^a	1,48 ^a	2,35 ^a	3,21 ^b	0,28
	15	1,77 ^a	1,80 ^a	2,59 ^a	3,38 ^b	0,29
	45	2,21 ^a	2,00 ^a	2,97 ^{ab}	3,69 ^b	0,37
	EEM	0,52	0,19	0,17	0,16	
Adhesividad, g*cm	1	334,89 ^a	335,11 ^a	582,33 ^a	604,67 ^b	50,53
	15	427,78 ^a	336,33 ^a	654,78 ^b	662,89 ^b	73,73
	45	550,11 ^{ab}	378,33 ^a	661,22 ^b	928,67 ^c	100,53
	EEM	118,27	59,82	30,98	70,28	

a-d Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

¹ Tratamiento: T1 (control), T2 (10% de glucosa), T3 (20% de glucosa) y T4 (40% de glucosa),

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020).

Tabla 8. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del manjar control y manjares elaborados con distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo contenido en bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento, y obtenidos con la sonda TA5 cilindro.

Parámetro	Días	Tratamientos ¹				EEM
		T1	T2	T3	T4	
Dureza I, N	1	0,82 ^a	1,28 ^a	1,45 ^{ab}	1,78 ^b	0,15
	15	0,90 ^a	1,45 ^a	1,75 ^{ab}	1,85 ^b	0,18
	45	1,24 ^a	1,57 ^a	2,14 ^{ab}	2,57 ^b	0,23
	EEM	0,14	0,24	0,18	0,17	
Trabajo Dureza Terminado, g*cm	1	208,56	211,67	245,78	306,40	26,28
	15	215,89	249,78	322,33	336,80	57,32
	45	287,82 ^a	290,79 ^a	373,10 ^a	516,40 ^b	46,46
	EEM	75,32	41,86	27,80	52,07	
Trabajo Total, g*cm	1	180,22 ^a	196,78 ^a	240,11 ^a	402,00 ^b	39,49
	15	187,89 ^a	240,78 ^a	357,44 ^a	416,60 ^b	42,59
	45	216,22 ^a	312,45 ^{ab}	383,90 ^b	558,00 ^c	52,28
	EEM	35,48	36,79	35,77	47,31	
Fuerza de adhesividad, N	1	0,53 ^a	0,71 ^{ab}	0,87 ^b	0,93 ^{bz}	0,06
	15	0,60 ^a	0,83 ^{ab}	1,09 ^b	1,12 ^{bz}	0,12
	45	0,69 ^a	0,95 ^a	1,25 ^{ab}	1,70 ^{by}	0,15
	EEM	0,10	0,12	0,09	0,16	
Adhesividad, g*cm	1	91,67 ^a	144,22 ^{ab}	205,56 ^b	235,60 ^{bz}	20,35
	15	152,45 ^a	184,66 ^{ab}	237,67 ^b	284,70 ^{bz}	28,06
	45	192,89 ^a	239,21 ^a	287,79 ^a	393,60 ^{by}	32,24
	EEM	26,77	27,59	16,77	39,72	

a-d Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

¹ Tratamiento: T1 (control), T2 (10% de glucosa), T3 (20% de glucosa) y T4 (40% de glucosa),

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020).

c) Color instrumental

En la tabla 9 se muestran los valores medios y comparativos de los parámetros de color del sistema CIE Lab* y CIE LCh* entre el manjar control y manjares elaborados con distintas concentraciones de glucosa y bajo contenido en bicarbonato, correspondientes al primer experimento, a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento

Tabla 9. Valores medios de índice de luminosidad, ángulo Hue, rojo, amarillo y croma del manjar control y manjares elaborados con distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo contenido en bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento.

Parámetro	Días	Tratamientos ¹				EEM
		T1	T2	T3	T4	
L*	1	51,39 ^a	63,02 ^c	60,91 ^b	59,41 ^b	1,34
	15	51,17 ^a	62,89 ^c	60,28 ^b	59,23 ^b	1,32
	45	51,01 ^a	62,75 ^c	61,14 ^b	59,16 ^b	1,37
	EEM	0,11	0,17	0,25	0,12	
a*	1	4,66 ^c	0,76 ^a	1,39 ^b	1,56 ^b	0,46
	15	4,53 ^c	0,71 ^a	1,32 ^b	1,42 ^b	0,45
	45	4,34 ^c	0,68 ^a	1,20 ^b	1,37 ^b	0,44
	EEM	0,08	0,02	0,05	0,07	
b*	1	22,50 ^a	22,45 ^a	23,60 ^{ab}	24,52 ^b	0,31
	15	22,26 ^a	22,11 ^a	23,23 ^{ab}	24,41 ^b	0,31
	45	22,06 ^a	21,99 ^a	23,11 ^{ab}	24,17 ^b	0,37
	EEM	0,37	0,21	0,17	0,12	
C*	1	22,97 ^a	22,46 ^a	23,67 ^{ab}	24,57 ^b	0,30
	15	22,71 ^a	22,12 ^a	23,27 ^{ab}	24,45 ^b	0,29
	45	22,49 ^a	22,01 ^a	23,15 ^{ab}	24,21 ^b	0,35
	EEM	0,36	0,21	0,17	0,12	
H	1	78,30 ^a	88,08 ^c	86,68 ^b	86,40 ^b	1,16
	15	78,48 ^a	88,19 ^c	86,74 ^b	86,66 ^b	1,16
	45	78,63 ^a	88,22 ^c	87,03 ^b	86,74 ^b	1,16
	EEM	0,21	0,05	0,13	0,15	

a-d Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

¹ Tratamiento: T1 (control), T2 (10% de glucosa), T3 (20% de glucosa) y T4 (40% de glucosa)

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020).

Los manjares experimentales (T2, T3 y T4) con bajo nivel de bicarbonato en su formulación, presentaron valores significativamente más altos de luminosidad que el control, y además a medida que aumentó la sustitución de azúcar por glucosa, también aumentaron los valores de rojo en los manjares experimentales. Respecto a los valores

del amarillo y croma, el manjar T4 fue significativamente mayor a los demás manjares. Los valores del ángulo Hue de los manjares T2, T3 y T4 fueron aumentando significativamente a medida que aumentó el porcentaje de glucosa en su formulación. Este patrón comparativo se mantiene durante los 45 días de almacenamiento.

Los valores de los parámetros de color se mantienen estables a lo largo de todo el tiempo del experimento en estos manjares.

4.1.3 Experimento 2: Análisis del efecto de la inclusión de glucosa y leche deslactosada en la formulación del manjar

a) Calidad tecnológica del manjar

A continuación, en la tabla 10 se presentan los valores medios y comparativos que se obtuvieron de la calidad tecnológica y cristalización, entre el manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada y distintas concentraciones de glucosa, los cuales corresponde al segundo experimento, a los días 1, 15 y 45 de almacenamiento. En este caso los niveles de bicarbonato de sodio fueron iguales en todas las formulaciones.

Los valores de pH en los manjares variaron entre 6,86 y 7,25, mientras que los valores de acidez fueron entre 0,22 y 0,51%, expresados en % de ácido láctico. Al comparar el manjar control con los elaborados con distintas concentraciones de glucosa, pero con leche deslactosada, estos últimos presentaron valores significativamente más bajos de pH y más altos de acidez que el control. Además, a medida que aumentó la proporción de glucosa respecto al total de azúcares en los manjares experimentales (T5, T6 y T7), también disminuyó el pH y aumentó la acidez, en los productos. Este patrón comparativo se mantiene durante los 3 tiempos de almacenamiento estudiados y fueron muy similares al experimento 1.

Así mismo, a lo largo del tiempo experimental, el pH y la acidez fueron bajando y subiendo gradualmente, en todos los tratamientos.

Los valores de densidad de los manjares estuvieron enmarcados entre 1,31 y 1,34 g/cm³. Los manjares con el mismo nivel de bicarbonato, al ser comparados con el control, no presentaron diferencias significativas al día 1. Sin embargo, a los 15 y 45 días, la densidad del manjar con más glucosa en su formulación fue significativamente mayor a la de los otros manjares. Durante los 45 días de almacenamiento, la densidad no cambió en el

manjar control, mientras que fue aumentando en los otros tratamientos, hasta ser significativamente mayor a los 45 días de análisis, en relación al día 1.

La presencia de cristales fue casi nula en todos los manjares tras su elaboración al día 1. A medida que pasó el tiempo de almacenamiento, los cristales aumentaron en todos los manjares, pero mucho más significativamente en el control (590,80 cristales por campo de visión al microscopio a los 45 días) que en los manjares elaborados con leche deslactosada y distintos niveles de glucosa (7-15 cristales por campo de visión tras 45 días de almacenamiento).

Tabla 10. Valores medios de pH, acidez, densidad, y número de cristales del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) e igual nivel de bicarbonato (0,5 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento.

Parámetro	Días	Tratamientos ²				EEM
		T1	T5	T6	T7	
pH	1	7,25 ^{dy}	7,12 ^{cx}	7,05 ^{by}	6,96 ^{ax}	0,03
	15	7,24 ^{dy}	7,09 ^{cy}	7,03 ^{by}	6,93 ^{ay}	0,03
	45	7,18 ^{dz}	7,02 ^{cz}	6,99 ^{bz}	6,86 ^{az}	0,03
	EEM	0,01	0,01	0,01	0,02	
Acidez, % ácido láctico	1	0,22 ^{az}	0,26 ^{bz}	0,29 ^{cz}	0,35 ^{dz}	0,01
	15	0,27 ^{ay}	0,31 ^{by}	0,35 ^{cy}	0,41 ^{dy}	0,02
	45	0,36 ^{ax}	0,43 ^{bx}	0,43 ^{bx}	0,51 ^{cx}	0,02
	EEM	0,02	0,02	0,02	0,02	
Densidad, g/cm ³	1	1,31	1,30 ^z	1,31 ^z	1,32 ^z	0,00
	15	1,31 ^a	1,31 ^{az}	1,32 ^{az}	1,33 ^{bz}	0,00
	45	1,33 ^a	1,32 ^{ay}	1,33 ^{ay}	1,34 ^{by}	0,00
	EEM	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cristales, recuento	1	1,50 ^z	0,20 ^z	0,43 ^z	0,40 ^z	0,34
	15	56,40 ^{bz}	1,66 ^{az}	0,70 ^{az}	0,50 ^{az}	7,32
	45	590,80 ^{by}	15,20 ^{ay}	12,56 ^{ay}	7,06 ^{ay}	76,32
	EEM	94,92	2,40	2,03	1,13	

a-d Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

² Tratamiento: T1 (control), T5 (10% de glucosa), T6 (20% de glucosa) y T7 (40% de glucosa)

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020).

b) Textura instrumental del manjar

En las tablas 11, 12 y 13 se presentan los valores medios y comparativos de los parámetros de textura instrumental de los manjares con dos sondas esféricas (TA18 y TA43 de 12,7mm y 25,4mm de diámetro, respectivamente) y una sonda cilíndrica (TA5 con un diámetro de 12,7mm), entre el manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada con distintas concentraciones de glucosa.

Tabla 11. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) e igual nivel de bicarbonato (0,50 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento y obtenidos con la sonda TA18 esfera pequeña.

Parámetro	Días	Tratamientos ²				EEM
		T1	T5	T6	T7	
Dureza, N	1	0,65 ^a	1,16 ^b	1,19 ^b	1,31 ^b	0,19
	15	0,86 ^a	1,22 ^b	1,22 ^b	1,35 ^b	0,10
	45	0,88 ^a	1,24 ^b	1,47 ^b	1,61 ^b	0,14
	EEM	0,17	0,12	0,09	0,07	
Trabajo Dureza Terminado, g*cm	1	110,60 ^{az}	228,70 ^a	250,80 ^b	262,00 ^b	24,80
	15	138,90 ^{az}	232,20 ^b	251,20 ^b	320,60 ^b	22,80
	45	212,90 ^{ay}	282,00 ^b	285,00 ^b	355,10 ^b	28,20
	EEM	36,97	18,77	13,95	17,08	
Trabajo Total, g*cm	1	103,40 ^a	222,70 ^b	227,80 ^b	253,40 ^b	27,40
	15	143,60 ^a	226,00 ^b	234,40 ^b	260,99 ^b	25,70
	45	158,10 ^a	261,80 ^b	283,10 ^b	302,70 ^b	23,70
	EEM	25,08	23,77	23,83	24,67	
Fuerza de adhesividad, N	1	0,38 ^a	0,71 ^b	0,74 ^b	0,80 ^b	0,06
	15	0,44 ^a	0,73 ^b	0,76 ^b	0,83 ^b	0,07
	45	0,65 ^a	0,74 ^{ab}	0,83 ^{ab}	0,90 ^b	0,08
	EEM	0,12	0,03	0,04	0,06	
Adhesividad, g*cm	1	77,78 ^a	176,40 ^b	177,20 ^b	199,90 ^b	22,00
	15	107,3 ^a	200,10 ^b	212,40 ^b	241,10 ^b	21,30
	45	128,6 ^a	220,40 ^b	245,80 ^b	250,40 ^b	21,40
	EEM	21,33	23,13	19,43	22,06	

a-d Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

²Tratamiento: T1 (control), T5 (10% de glucosa), T6 (20% de glucosa) y T7 (40% de glucosa)

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020).

Tabla 12. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) e igual nivel de bicarbonato (0,5 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento y obtenidos con la sonda TA43 esfera grande.

Parámetro	Días	Tratamientos ²				EEM
		T1	T5	T6	T7	
Dureza, N	1	2,52 ^a	4,43 ^{ab}	4,85 ^b	5,15 ^b	0,41
	15	3,01 ^a	4,67 ^{ab}	5,17 ^b	5,30 ^b	0,42
	45	3,75 ^a	4,69 ^{ab}	5,24 ^b	5,38 ^b	0,54
	EEM	0,77	0,42	0,16	0,22	
Trabajo Dureza Terminado, g*cm	1	400,22 ^a	754,22 ^b	829,56 ^b	878,78 ^b	65,62
	15	533,67 ^a	767,78 ^{ab}	877,00 ^b	944,67 ^b	86,20
	45	719,22 ^a	861,78 ^{ab}	893,33 ^{ab}	989,00 ^b	107,25
	EEM	147,79	83,42	50,14	50,91	
Trabajo Total, g*cm	1	409,56 ^a	823,55 ^b	858,56 ^b	928,22 ^b	93,50
	15	545,22 ^a	877,11 ^b	900,00 ^b	948,33 ^b	82,62
	45	731,67 ^a	881,67 ^{ab}	903,22 ^{ab}	996,11 ^b	114,81
	EEM	150,32	109,47	69,77	49,49	
Fuerza de adhesividad, N	1	1,40 ^a	2,51 ^{ab}	3,27 ^b	3,55 ^b	0,34
	15	1,77 ^a	2,78 ^{ab}	3,29 ^b	3,67 ^b	0,30
	45	2,21 ^a	2,86 ^{ab}	3,37 ^b	3,79 ^b	0,36
	EEM	0,52	0,29	0,11	0,05	
Adhesividad, g*cm	1	334,89 ^a	475,78 ^a	570,00 ^{ab}	699,00 ^b	55,29
	15	427,78 ^a	578,22 ^{ab}	628,45 ^b	723,33 ^b	69,97
	45	550,11 ^a	648,00 ^{ab}	681,56 ^{ab}	787,33 ^b	83,64
	EEM	118,27	71,24	54,68	36,52	

a-c Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

²Tratamiento: T1 (Control), T5 (10% de glucosa), T6 (20% de glucosa) y T7 (40% de glucosa).

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020)

Se comparan los valores de los parámetros de dureza, trabajo terminado, trabajo total, adhesividad y fuerza de adhesividad obtenidos con las tres sondas. De forma general se observó que el uso de leche deslactosada resultó en manjares de mayor dureza y más adhesivos que el control elaborado con leche sin deslactosar.

Así mismo entre los manjares experimentales, tuvo una tendencia a aumentar los valores de los parámetros de textura analizados, el uso del 40% de glucosa en sustitución del azúcar resultó significativamente en valores mayores al comparar con el control.

Al igual que el experimento 1, a los 45 días de almacenamiento no variaron los valores de los parámetros de textura.

Tabla 13. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) e igual nivel de bicarbonato (0,50 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento y obtenidos con la sonda TA5 cilindro

Parámetro	Días	Tratamientos ²				EEM
		T1	T5	T6	T7	
Dureza, N	1	0,82 ^a	2,12 ^b	2,22 ^b	2,32 ^b	0,20
	15	0,90 ^a	2,13 ^b	2,37 ^b	2,51 ^b	0,21
	45	1,24 ^a	2,30 ^b	2,47 ^b	2,60 ^b	0,21
	EEM	0,14	0,13	0,11	0,08	
Trabajo Dureza Terminado, g*cm	1	208,56 ^a	295,33 ^b	312,33 ^b	376,22 ^b	31,09
	15	215,89 ^a	329,55 ^b	346,89 ^b	382,78 ^b	33,60
	45	287,82 ^a	365,56 ^b	393,67 ^b	400,56 ^b	36,31
	EEM	75,32	30,92	31,28	20,44	
Trabajo Total, g*cm	1	180,22 ^a	333,78 ^b	374,11 ^b	390,89 ^b	33,08
	15	187,89 ^a	357,45 ^b	406,67 ^b	465,89 ^b	34,00
	45	216,22 ^a	368,00 ^b	450,33 ^b	468,89 ^b	39,10
	EEM	32,12	16,76	20,94	18,01	
Fuerza de adhesividad, N	1	0,53 ^a	0,79 ^{ab}	0,96 ^b	1,18 ^b	0,09
	15	0,60 ^a	0,91 ^{ab}	0,98 ^b	1,19 ^b	0,08
	45	0,69 ^a	0,94 ^{ab}	1,08 ^b	1,22 ^b	0,08
	EEM	0,10	0,04	0,04	0,05	
Adhesividad, g*cm	1	91,67 ^a	216,00 ^b	253,00 ^{bz}	309,44 ^{bz}	27,58
	15	152,45 ^a	241,33 ^b	269,67 ^{bzy}	317,22 ^{bz}	21,19
	45	192,89 ^a	266,78 ^a	403,56 ^{by}	552,45 ^{by}	48,87
	EEM	26,77	18,27	29,76	45,18	

a-d Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

²Tratamiento: T1 (control), T5 (10% de glucosa), T6 (20% de glucosa) y T7 (40% de glucosa)

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020).

c) Color instrumental

En la Tabla 14 se presentan los valores medios y comparativos de los parámetros de color del sistema CIE Lab* y CIELCh* entre el manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada con distintas concentraciones de glucosa, analizados a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento.

Tabla 14. Valores medios de índice de luminosidad, ángulo Hue, rojo, amarillo y croma del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas

concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) e igual nivel de bicarbonato (0,50 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento

Parámetro	Días	Tratamiento ²				EEM
		T1	T5	T6	T7	
L*	1	51,39 ^d	48,72 ^c	47,02 ^b	45,41 ^a	0,69
	15	51,18 ^d	48,38 ^c	46,84 ^b	44,99 ^a	0,70
	45	51,01 ^d	48,06 ^c	46,76 ^b	44,84 ^a	0,70
	EEM	0,11	0,17	0,21	0,52	
a*	1	4,65 ^a	6,02 ^b	6,72 ^c	7,44 ^d	0,34
	15	4,53 ^a	5,67 ^b	6,54 ^c	7,31 ^d	0,33
	45	4,34 ^a	5,23 ^b	6,42 ^c	6,99 ^d	0,32
	EEM	0,079	0,20	0,11	0,14	
b*	1	22,5 ^{ab}	21,05 ^a	21,99 ^a	23,44 ^b	0,32
	15	22,25 ^b	21,01 ^a	21,89 ^b	23,38 ^c	0,26
	45	22,06 ^{ab}	20,66 ^a	21,49 ^a	23,32 ^b	0,45
	EEM	0,37	0,29	0,22	0,16	
C*	1	22,97 ^a	21,91 ^a	23,1 ^a	24,54 ^b	1,18
	15	22,71 ^b	21,77 ^a	22,85 ^b	24,46 ^c	1,04
	45	22,49 ^a	21,32 ^a	22,43 ^a	24,44 ^b	1,64
	EEM	0,36	0,29	0,22	0,18	
H	1	78,3 ^b	74,04 ^a	72,97 ^a	73,37 ^a	0,76
	15	78,48 ^c	74,89 ^b	73,36 ^a	72,6 ^a	0,72
	45	78,63 ^c	75,77 ^b	73,36 ^a	73,4 ^a	0,67
	EEM	0,22	0,49	0,21	0,27	

a-c Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

²Tratamiento: T1 (Control), T5 (10% de glucosa), T6 (20% de glucosa) y T7 (40% de glucosa).

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020).

Los valores de luminosidad (L*) disminuyeron significativamente en el manjar al usar leche deslactosada en su formulación, cuando se compara con el manjar control. Así mismo, también aumenta el índice de rojo (a*).

A su vez al comparar los tres manjares elaborados con leche deslactosada, a medida que aumentó la concentración de glucosa en su formulación, la luminosidad disminuyó, mientras que el índice de rojo aumentó. Este fenómeno se observa en los tres tiempos de análisis de los manjares.

Respecto al índice de amarillo y croma los valores del manjar control se mantuvieron intermedios ante los manjares experimentales con 20 y 40% de glucosa, y no se observó una diferencia clara debido al uso de leche deslactosada en los manjares, tal y como se vio en los otros parámetros de color. Lo que si se reporta, es que a medida que aumenta

la glucosa en su formulación del manjar elaborado con leche deslactosada y nivel normal de bicarbonato de sodio aumentaron los valores del índice de amarillo y croma.

No se observaron variaciones de los valores de los parámetros de color a lo largo de los 45 días de estudio.

4.1.4 Experimento 3: Análisis del efecto de la inclusión de glucosa en la formulación del manjar con nivel bajo de bicarbonato y leche deslactosada

a) Calidad tecnológica del manjar

En la Tabla 15 se presentan los valores medios y comparativos de la calidad tecnológica y cristalización, entre el manjar control y manjares elaborados con distintas concentraciones de glucosa, bajo contenido de bicarbonato de sodio y leche deslactosada, correspondientes al tercer experimento, a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento.

Los valores de pH los manjares variaron entre 6,65 y 7,25, mientras que los valores de acidez fueron entre 0,21 y 0,56 % de ácido láctico. Al comparar el manjar control con los elaborados con bajo nivel de bicarbonato, distintas concentraciones de glucosa y con leche deslactosada, estos últimos presentaron valores significativamente más bajos de pH y más altos de acidez que el control. Al aumentar la proporción de glucosa en el manjar, el pH disminuyó y la acidez aumentó, al igual que ocurrió en los dos experimentos anteriores.

Los valores de densidad los manjares estuvieron también enmarcados entre 1,31 y 1,34 g/cm³, y respondió al mismo comportamiento encontrado en los dos experimentos anteriores: el uso de 40% de glucosa respecto al total de azúcar en la formulación resultó en manjares más densos que el control y los manjares con 10% de glucosa después de 15 días de almacenamiento. El manjar con 30% de glucosa tuvo una densidad intermedia a entre los otros manjares

El número de cristales en los manjares al primer día varió entre 0,36 y 1,50 por campo de visión, sin diferencias estadísticas entre ellos. Al pasar el tiempo, el número de cristales aumentó significativamente en el manjar control hasta 590 cristales por campo de visión al microscopio, a los 45 días de almacenamiento. En el caso de los otros manjares, también aumentó, pero de forma mucho menos drástica, alcanzando solamente hasta 26

cristales a los 45 días, sin diferencias entre los manjares experimentales, al igual que ocurrió en el experimento 2, en el que también se usó leche deslactosada.

Tabla 15. Valores medios de pH, acidez, densidad y número de cristales del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo nivel de bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento

Parámetro	Días	Tratamientos ³				EEM
		T1	T8	T9	T10	
pH	1	7,25 ^{cy}	6,93 ^{by}	6,86 ^{by}	6,75 ^{ax}	0,06
	15	7,24 ^{cy}	6,91 ^{by}	6,84 ^{by}	6,72 ^{ay}	0,06
	45	7,18 ^{dz}	6,85 ^{cz}	6,78 ^{bz}	6,65 ^{az}	0,06
	EEM	0,01	0,01	0,01	0,01	
Acidez, % ácido láctico	1	0,22 ^{az}	0,31 ^{bz}	0,34 ^{bz}	0,39 ^{cz}	0,02
	15	0,27 ^{ay}	0,37 ^{by}	0,40 ^{by}	0,46 ^{cy}	0,02
	45	0,36 ^{ax}	0,46 ^{bx}	0,53 ^{cx}	0,56 ^{dx}	0,02
	EEM	0,02	0,02	0,03	0,02	
Densidad, g/cm ³	1	1,31	1,30 ^z	1,31 ^z	1,32 ^z	0,00
	15	1,31 ^a	1,31 ^{azy}	1,32 ^{abz}	1,33 ^{bz}	0,00
	45	1,33 ^a	1,32 ^{ay}	1,33 ^{aby}	1,34 ^{by}	0,00
	EEM	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	
Cristales, recuento	1	1,50 ^z	1,63 ^z	0,53 ^z	0,36 ^z	0,35
	15	56,40 ^{bz}	6,10 ^{az}	2,83 ^{az}	0,67 ^{az}	7,04
	45	590,80 ^{by}	26,33 ^{ay}	20,50 ^{ay}	18,70 ^{ay}	74,93
	EEM	94,92	3,81	3,19	3,02	

a-c Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

³Tratamiento: T1 (Control), T5 (10% de glucosa), T6 (20% de glucosa) y T7 (40% de glucosa).

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020).

b) Textura instrumental del manjar de leche

En las tablas 16, 17 y 18 se presentan los valores medios y comparativos de los parámetros de la textura de las siguientes sondas: esférica TA18 12,7 mm de diámetro; cilíndrica TA5 12,7 mm de diámetro y esférica TA43 25,4 mm, entre el manjar control y manjares elaborados con distintas concentraciones de glucosa, bajo contenido de bicarbonato y leche deslactosada.

Tabla 16. Valores medios de los parámetros analizados en el equipo texturómetro del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo nivel de bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento, con la sonda TA18 esférica.

Parámetro	Días	Tratamientos ³				
		T1	T8	T9	T10	EEM
Dureza, N	1	0,65 ^a	1,09 ^a	1,19 ^{ab}	1,22 ^b	0,11
	15	0,86 ^a	1,18 ^a	1,23 ^{ab}	1,25 ^b	0,11
	45	0,88 ^a	1,19 ^a	1,27 ^{ab}	1,34 ^b	0,16
	EEM	0,16	0,09	0,08	0,19	
Trabajo Dureza Terminado, g*cm	1	110,56 ^{az}	276,55 ^b	319,33 ^b	324,22 ^b	27,69
	15	138,89 ^{az}	314,00 ^b	323,22 ^b	356,11 ^b	28,79
	45	212,89 ^{ay}	317,67 ^{ab}	331,78 ^b	359,67 ^b	31,43
	EEM	36,97	15,13	10,97	18,87	
Trabajo Total, g*cm	1	103,42 ^a	184,78 ^b	200,22 ^b	271,11 ^b	30,57
	15	143,56 ^a	192,22 ^{ab}	210,67 ^b	292,00 ^b	30,83
	45	158,11 ^a	215,78 ^{ab}	247,89 ^b	295,44 ^b	37,18
	EEM	25,07	32,42	48,90	23,61	
Fuerza de adhesividad, N	1	0,38 ^a	0,86 ^b	0,89 ^b	0,97 ^b	0,09
	15	0,44 ^a	0,90 ^b	0,92 ^b	0,99 ^b	0,08
	45	0,65 ^a	0,94 ^{ab}	1,03 ^b	1,04 ^b	0,08
	EEM	0,12	0,02	0,06	0,04	
Adhesividad, g*cm	1	77,78 ^a	188,22 ^b	193,56 ^b	204,67 ^b	18,18
	15	107,33 ^a	196,56 ^b	209,33 ^b	211,22 ^b	19,40
	45	128,56 ^a	221,22 ^b	228,89 ^b	232,22 ^b	26,73
	EEM	21,33	20,54	13,99	24,58	

a-c Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

³Tratamiento: T1 (Control), T5 (10% de glucosa), T6 (20% de glucosa) y T7 (40% de glucosa).

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020).

Excepto con la sonda esférica pequeña, donde no se encontraron diferencias significativas entre los manjares experimentales y el control, para el resto de los parámetros de textura se observó que el uso de leche deslactosada con bajo nivel de bicarbonato resultó en manjares con mayores medias de trabajo de penetración y adhesividad (medido en sus dos componentes). En el caso de las otras dos sondas ocurrió lo mismo: los manjares experimentales elaborados con leche deslactosada y bajo nivel de bicarbonato aumentó la dureza, trabajo de penetración y adhesividad, al igual que ocurrió en el experimento 2, en el cual se usó leche deslactosada.

Estos valores de textura, en términos generales, medidos con las 3 sondas y en todos los manjares del tercer experimento no se vieron alterados durante los 45 días de almacenamiento, aunque se ve un aumento gradual de los valores con los tiempos.

Tabla 17. Valores medios de los parámetros analizados en el equipo texturómetro del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo nivel de bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento, con la sonda TA43 cilindro.

Parámetro	Días	Tratamientos ³					EEM
		T1	T8	T9	T10	EEM	
Dureza, N	1	2,52 ^a	4,34 ^b	5,09 ^b	5,71 ^{bz}	0,44	
	15	3,02 ^a	4,94 ^b	5,14 ^b	5,75 ^{bz}	0,42	
	45	3,75 ^a	5,48 ^b	5,57 ^b	6,77 ^{by}	0,56	
	EEM	0,76	0,28	0,16	0,21		
Trabajo Dureza Terminado, g*cm	1	400,22 ^a	805,34 ^b	855,89 ^b	933,67 ^b	75,82	
	15	533,67 ^a	842,78 ^b	937,67 ^b	962,56 ^b	78,10	
	45	719,22 ^a	863,33 ^{ab}	949,56 ^{ab}	987,33 ^b	100,55	
	EEM	147,79	23,12	13,15	74,97		
Trabajo Total, g*cm	1	409,56 ^a	643,78 ^{abz}	723,45 ^{ab}	824,11 ^b	66,27	
	15	545,22 ^a	693,11 ^{abzy}	738,44 ^{ab}	829,33 ^b	78,87	
	45	731,67	752,33 ^y	796,78	848,11	104,66	
	EEM	150,32	18,81	62,99	95,88		
Fuerza de adhesividad, N	1	1,40 ^a	2,51 ^{ab}	3,52 ^{bc}	3,69 ^c	0,31	
	15	1,77 ^a	2,93 ^{ab}	3,74 ^b	3,93 ^b	0,33	
	45	2,21 ^a	3,18 ^{ab}	3,81 ^b	4,00 ^b	0,38	
	EEM	0,52	0,19	0,09	0,16		
Adhesividad, g*cm	1	334,89 ^a	486,78 ^{ab}	550,89 ^b	680,11 ^b	61,68	
	15	427,78 ^a	535,89 ^{ab}	610,11 ^b	708,56 ^b	61,99	
	45	550,11 ^a	649,89 ^{ab}	665,89 ^b	808,33 ^b	74,73	
	EEM	118,27	37,02	60,12	42,59		

a-c Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

³Tratamiento: T1 (Control), T5 (10% de glucosa), T6 (20% de glucosa) y T7 (40% de glucosa).

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020).

Tabla 18. Valores medios de los parámetros analizados en el equipo texturómetro del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo nivel de bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento, con la sonda TA5 esférica

Parámetro	Días	Tratamientos ³				
		T1	T8	T9	T10	EEM
Dureza, N	1	0,82 ^a	2,05 ^b	2,12 ^b	2,57 ^c	0,21
	15	0,90 ^a	2,25 ^b	2,32 ^b	2,79 ^c	0,22
	45	1,24 ^a	2,29 ^b	2,46 ^b	2,99 ^b	0,22
	EEM	0,14	0,06	0,07	0,13	
Trabajo Dureza Terminado, g*cm	1	208,56 ^a	324,22 ^b	372,45 ^b	386,45 ^{bz}	32,32
	15	215,89 ^a	363,56 ^b	386,00 ^b	435,78 ^{bz}	35,09
	45	287,82 ^a	371,89 ^b	394,89 ^b	441,78 ^{by}	33,55
	EEM	75,32	21,78	16,81	11,79	
Trabajo Total, g*cm	1	180,22 ^a	370,78 ^b	382,11 ^b	390,22 ^b	35,31
	15	187,89 ^a	404,22 ^b	410,44 ^b	440,22 ^b	37,20
	45	216,22 ^a	411,00 ^b	427,45 ^b	474,22 ^b	34,92
	EEM	35,48	15,81	11,15	25,63	
Fuerza de Adhesividad, g*cm	1	0,53 ^a	1,02 ^b	1,05 ^b	1,07 ^b	0,07
	15	0,60 ^a	1,06 ^{ab}	1,07 ^{ab}	1,16 ^b	0,09
	45	0,69 ^a	1,08 ^{ab}	1,11 ^{ab}	1,29 ^b	0,11
	EEM	0,10	0,02	0,03	0,13	
Adhesividad, g*cm	1	91,67 ^{az}	288,45 ^b	342,44 ^c	371,56 ^c	35,58
	15	152,45 ^{azy}	333,00 ^b	367,33 ^b	412,11 ^b	32,89
	45	192,89 ^{ay}	348,56 ^b	412,78 ^b	459,22 ^b	35,10
	EEM	26,77	17,09	16,39	18,44	

a-c Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

³Tratamiento: T1 (Control), T5 (10% de glucosa), T6 (20% de glucosa) y T7 (40% de glucosa).

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020).

c) Color instrumental

En la Tabla 19 se presentan los valores medios y comparativos de los parámetros de color del sistema CIE Lab* y CIE LCh* entre el manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada con distintas concentraciones de glucosa y bajo nivel de bicarbonato, analizados a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento.

Tabla 19. Valores medios de índice de luminosidad, ángulo Hue, rojo, amarillo y croma del manjar control y manjares elaborados con leche deslactosada, distintas concentraciones de glucosa (10, 20 y 40%) y bajo nivel de bicarbonato (0,25 g/L), a los 1, 15 y 45 días de almacenamiento.

Parámetro	Días	Tratamiento 3				
		T1	T8	T9	T10	EEM
L*	1	51,39 ^b	55,37 ^c	51,12 ^b	48,89 ^a	0,73
	15	51,18 ^b	55,08 ^c	50,88 ^b	48,55 ^a	0,73
	45	51,01 ^b	55,05 ^c	50,29 ^b	48,47 ^a	0,74
	EEM	0,11	0,32	0,21	0,14	
a*	1	4,65 ^a	5,26 ^b	6,11 ^c	6,95 ^d	0,27
	15	4,53 ^a	5,12 ^b	5,59 ^c	6,69 ^d	0,25
	45	4,34 ^a	4,95 ^b	5,30 ^c	6,35 ^d	0,23
	EEM	0,07	0,07	0,15	0,11	
b*	1	22,50 ^a	22,40 ^a	24,79 ^{ab}	25,79 ^b	0,50
	15	22,26 ^a	22,33 ^a	24,66 ^b	25,60 ^c	0,44
	45	22,06 ^a	22,19 ^a	24,11 ^{ab}	25,28 ^b	0,52
	EEM	0,36	0,32	0,21	0,23	
C*	1	22,97 ^a	23,02 ^a	25,51 ^b	26,72 ^b	0,54
	15	22,71 ^a	22,92 ^a	25,29 ^b	26,47 ^c	0,48
	45	22,49 ^a	22,74 ^a	24,68 ^{ab}	26,07 ^b	0,55
	EEM	0,36	0,32	0,20	0,22	
H	1	78,30 ^c	76,75 ^b	76,13 ^{ab}	74,95 ^a	0,41
	15	78,48 ^c	77,08 ^b	77,22 ^b	75,34 ^a	0,37
	45	78,63 ^b	77,41 ^{ab}	77,57 ^{ab}	75,84 ^a	0,39
	EEM	0,21	0,23	0,35	0,28	

a-c Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05).

z-y Medias en la misma columna con diferentes letras difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

3Tratamiento: T1 (Control), T5 (10% de glucosa), T6 (20% de glucosa) y T7 (40% de glucosa).

Fuente: Muñoz. D, Barba. D, Sánchez. D (2020).

Los valores de luminosidad de los manjares experimentales elaborados con leche deslactosada y bajo nivel de bicarbonato fueron bajando paulatinamente al aumentar la presencia de glucosa en la formulación, tal y como se ha observado en los otros experimentos. Sin embargo, al comparar con el control, éste presentó una luminosidad similar con el manjar con 20% de glucosa (con leche deslactosada y bajo nivel de bicarbonato).

Respecto al índice de rojo, el uso de leche deslactosada aumentó su intensidad, al igual que ocurrió en el experimento 2, pero en menor intensidad, muy probablemente por el uso de menos cantidad de bicarbonato de sodio.

En cuanto al índice de amarillo, los valores presentaron el mismo patrón de comportamiento que en los otros dos experimentos previos, donde el uso de bajo nivel de bicarbonato de sodio o leche deslactosada no incidieron en este índice.

No se observaron variaciones de los valores de los parámetros de color a lo largo de los 45 días de estudio.

4.2 **DISCUSIÓN**

4.2.1 **Análisis de la leche cruda y deslactosada**

La leche de la planta de lácteos “Ilapeño” cumplió con los requisitos requeridos por la norma técnica ecuatoriana (NTE INEN 009, 2012), por lo que se consideró adecuada para la elaboración del manjar. En cuanto a la leche deslactosada, su composición fue similar a la leche sin deslactosar, pero con una consideración: en el caso de la lactosa, ha aparece un porcentaje similar a la leche control, esto es debido a que el equipo que se utilizó (Milkotester) nos mide el total de azúcares presentes en la leche y lo reporta como lactosa.

Işıl Gürsul Aktağa et al. (2019), trabajando con leche UHT deslactosada comprada en el mercado, reportaron presencia de lactosa entre 0,10-0,20% en la leche, según si estaba fortificada o no con proteína. En este caso, ellos no reportan el tiempo en el que dicha leche estuvo en presencia de la lactasa.

En nuestro caso, el tiempo que estuvo la leche en presencia de la lactasa fue de 4 horas, sin embargo, no se pudo comprobar el nivel exacto de residuos de lactosa que queda remanente en la leche. Teniendo en cuenta que, según la ficha técnica de la lactasa utilizada en este estudio reporta que se desdobra un 80% de la lactosa a las 4 horas de contacto a una temperatura de 40°C en condiciones de pH (6,3 – 6,7). El equipo nos detecta un 4,97% de lactosa en la leche, se esperaría un valor real de lactosa en la leche experimental de 0,96%. Para disminuir este porcentaje, se podría aumentar el tiempo de contacto de la lactasa en la leche, previo a elaborar el manjar.

4.2.2 **Características físico-químicas de los manjares experimentales**

Los valores pH obtenidos en este estudio fueron relativamente más altos que aquellos reportados por (Ranalli et al., 2012; Gaze et al., 2014; Novoa & Ramirez, 2016) en su

estudio sobre la caracterización de manjares comerciales, por lo que se desconoce la formulación y conservantes utilizados de dichos manjares. Lo mismo ocurrió con los valores de acidez, en que en este estudio fueron más bajos que en los reportados en estudios anteriores.

El uso de bajo nivel de bicarbonato de sodio, al igual que uso de leche deslactosada en los manjares, resulta en una mayor acidez y bajo pH en el manjar. Sin embargo, de estos dos factores, el uso de baja cantidad de bicarbonato es el que hace que disminuya más el pH y suba la acidez en los manjares. Esto tiene una razón particular, y es que el bicarbonato de sodio es el ingrediente usado para regular la acidez, facilitar la reacción de Maillard y desarrollar las características propias de textura, color y sabor del manjar. Una menor cantidad de este ingrediente tiene este efecto concentrado sobre la acidez y el pH. Respecto a la leche deslactosada, el desdoblamiento de la lactosa en glucosa y galactosa, forma una mayor cantidad de ácidos orgánicos generando un mayor descenso de pH y aumentando la acidez propio del proceso de la caramelización (Lu et al., 2019)

Así mismo, tal y como se observó en los tres experimento, al aumentar la presencia de glucosa en los manjares experimentales, aumentó la acidez y bajó el pH. Según Maldonado (2019), analizando el efecto de diferentes concentraciones de glucosa en la formulación del manjar, también se observó que al aumentar la sustitución de sacarosa por glucosa en la formulación, se disminuye el pH y aumenta la acidez. Así mismo, Maldonado (2019) también manifiesta que la acidez tiende a aumentar y el pH disminuye en los manjares en el transcurso del tiempo de almacenamiento (30 días), y esto ocurrió en todos nuestros experimentos, durante 45 días de almacenamiento y concuerda con lo reportado por Villalobos (2013) estudiando manjares elaborados con leche de distintas especies.

A lo largo del tiempo, la densidad de los manjares va aumentando, como resultado de una mayor interacción de sus componentes como efecto de la maduración del producto. El aumento de la presencia de glucosa en los manjares aumenta la densidad del producto, mientras que el uso de la leche deslactosada o el bicarbonato de sodio no afecta a este parámetro. Este mismo efecto fue encontrado por Maldonado (2019). Esto se debe a que la densidad de la glucosa es más alta ($1,56 \text{ g/cm}^3$) que el propio manjar. Lopes et al., (2015), en un estudio sobre la adición de almidón en los manjares, también consiguieron aumentar la densidad de los productos al añadir este ingrediente.

4.2.3 Efecto de las variables de estudio sobre la cristalización de los manjares

Respecto al nivel de cristalización, el uso de leche deslactosada es el factor predominante que evita la cristalización con el paso del tiempo en los manjares, mientras que el uso de bicarbonato y glucosa, a pesar de que lo disminuye, no es tan efectivo para evitar este problema tal y como lo hace el uso de leche deslactosada. Maldonado (2019) también observó que existe una ligera disminución de cristales al ir aumento la concentración de glucosa en las formulaciones, lo cual está en consonancia con nuestro estudio. Maldonado (2019) indica la importancia de la utilización de glucosa como ingrediente que evita la cristalización. Esto podría explicar que a mayor sustitución parcial del azúcar por glucosa como sucede en los experimentos, retarda la formación de cristales al transcurrir el tiempo de almacenamiento. Además, SENATI (2014) manifiesta que la cantidad de glucosa a añadir al manjar debe ser superior al 20% para disminuir la formación de cristales en el manjar elaborado.

Por otro lado, Lamothe (2006) explica que el desdoblamiento de lactosa en galactosa y glucosa generan una viscosidad menor a la de la lactosa, esto se ve reflejado en una concentración mayor de sólidos sin que ocurra cristalización.

No existen artículos que describen el efecto de la variación de la concentración de bicarbonato sodio sobre la cristalización. El INA (2001) manifiesta que la adición de bicarbonato de sodio está directamente relacionada con la acidez de la leche, es por eso que un exceso de acidez puede provocar en el manjar de leche sabores muy pronunciados no deseables para los consumidores afectando a la calidad del producto, generando al manjar una textura arenosa y áspera. Sin embargo, esto no implica una mayor cristalización de los azúcares.

4.2.4 Características texturales de los manjares

El uso de leche deslactosada, bajo nivel de bicarbonato y glucosa en la formulación de los manjares, de forma general, aumenta la dureza, trabajo de penetración y la adhesividad (en todos sus componentes texturales analizados) en el manjar. Sin embargo, el uso de leche deslactosada resultó en valores de los parámetros de textura más altos, en comparación con el manjar control. Esto es, se obtiene así un producto más duro, pegajoso (adhesivo) y por el cual se requiere de una mayor fuerza para lograr la deformación del

manjar y el empleo de mayor energía para penetrar el cuchillo o cuchara en el envase o untarlo en una superficie.

Zalazar & Perotti (2011) en su investigación sobre manjares comerciales, observaron que el uso de glucosa en la formulación del manjar aumenta la viscosidad de producto final. Por el contrario, los manjares elaborados con leche deslactosada tuvieron valores medios más altos que aquellos que usaron leche sin deslactosar. Lamothe (2016) explica que la solubilidad de la lactosa es inferior a la glucosa y galactosa (18,50 y 20% respectivamente) por lo que al desdoblar la lactosa en sus monosacáridos debería presentarse una viscosidad más baja en la leche que permite una alta concentración de sólidos. Por otro lado, Zunino (2015) manifiesta que la liberación de la galactosa produce modificaciones en el cuerpo y textura del manjar final.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, se pudo corroborar que el uso de la sonda esfera grande TA43, los valores de los manjares experimentales 1, 2 y 3 mostraron valores superiores a las demás sondas debido a que el área de penetración en el manjar es mayor y tiene mayor resistencia de penetración. Este mismo resultado fue reportado por Maldonado (2019), quien describe que los valores más altos fueron con la sonda esférica TA43 con un diámetro de 25,4mm, respecto a la TA18 sonda esférica 12,7mm de diámetro y TA5 sonda cilíndrica de 12,7mm de diámetro.

Es importante que el manjar no presente valores altos de los parámetros texturales porque estos atributos son características indeseables para el manjar que se utilizará para la gastronomía o la confitería (Perrone, 2012). Recomendamos entonces, en el caso de querer usar leche deslactosada o glucosa en la formulación, disminuir los grados brix en el producto final, si se quisiera una textura más suave, menos dura y adhesiva. Se podrían realizar nuevos experimentos, utilizando como variable independiente distintos niveles de grados brix en el producto final.

4.2.5 Efecto de las variables de estudio sobre el color de los manjares

El uso de menos cantidad de bicarbonato resulta en manjares más luminosos y con menos intensidad de color rojo. Por lo contrario, así mismo el uso de leche deslactosada disminuye la luminosidad y aumenta la intensidad del color rojo. La combinación de ambos factores, es decir, uso de leche deslactosada y bajo nivel de bicarbonato de sodio, resulta en manjares de luminosidad más similares al control, pero sigue siendo más rojizo

en los manjares experimentales, debido principalmente al mayor grado de caramelización de la glucosa y galactosa (Lu et al., 2019)

Respecto al índice de amarillo, ni el bicarbonato de sodio ni la leche deslactosada tienen gran influencia en este parámetro, mientras que sí lo hace la presencia de glucosa

Giménez et al. (2007), en su investigación sobre la reacción de los consumidores a los cambios de las características del manjar debido al hidrólisis de lactosa, observó que la lactosa hidrolizada causó cambios en el manjar como es el oscurecimiento del producto. Este fenómeno puede atribuirse a un aumento en la velocidad de la reacción de Maillard durante la elaboración del manjar dando como resultado un aumento en la reducción de contenido de azúcares debido a la hidrólisis de la lactosa.

Por otro lado, Gaze (2014) en su estudio de caracterización de manjares comerciales por métodos fisicoquímicos, manifiesta que mientras mayor es la cantidad de glucosa y presencia de leche deslactosada, se producen manjares más oscuros, lo cual es inducido por la reacción de Maillard y caramelización de la glucosa. Además, Maldonado (2019) indica que el aumento de glucosa tiene un efecto positivo en la reacción de Maillard, favoreciendo al pardeamiento y dando brillo al manjar.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El uso de menor cantidad de bicarbonato de sodio, leche deslactosada y aumento de la proporción de glucosa en la formulación, resulta en manjares con menor pH, mayor acidez. Así mismo, una mayor proporción de glucosa produce un manjar más denso.
- El uso de bicarbonato de sodio y glucosa a pesar de que disminuye la cristalización no es tan efectivo para evitar este problema. Sin embargo, el uso de leche deslactosada en la elaboración de manjar fue un factor predominante que evita la cristalización de los azúcares a lo largo del tiempo.
- La textura de los manjares resultó más dura, con mayor fuerza de trabajo a la penetración y mayor adhesividad al emplear leche deslactosada en su formulación. La glucosa produjo similar resultado, pero en menor medida que la leche deslactosada.
- El bicarbonato de sodio aumentó la luminosidad y disminuyó el índice de rojo en los manjares, mientras que el uso de leche deslactosada produce lo contrario: menor luminosidad y mayor índice de color rojo. La combinación de estos dos factores produce manjares más luminosos y con mayor índice de rojo que el manjar control.

5.2 Recomendaciones

- Realizar un análisis de carbohidratos por HPLC para conocer la composición y concentración de los tipos de azúcares presentes en la leche deslactosada, antes de la elaboración del manjar.
- Realizar nuevos estudios alcanzando distintas concentraciones (°Brix) del manjar lo cual podría resultar con características diferentes de textura.
- Elaborar manjares estandarizando el pH y acidez, además modificando el protocolo al añadir glucosa al final del proceso de producción del manjar y analizar sus características.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroinformacion. (2005). *Leche Condensada*. Obtenido de Agroinformación. com La voz del campo: <https://agroinformacion.com/>
- Aktağa, I., Aytül, H., & Gökmen, V. (2019). Lactose hydrolysis and protein fortification pose an increased risk for the formation of Maillard reaction products in UHT treated milk products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 84(103308), 2.
- CODEX STAN. (2011). *Leche y Productos Lacteos*. Obtenido de Codex alimentarius: <http://www.fao.org/3/a-i2085s.pdf>
- FAOSTAT. (2020). *FAOSTAT*. Recuperado el 03 de 02 de 2020, de FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QP/visualize>
- Gánzle, M., Haase, G., & Jelen, P. (2008). Lactose: Crystallization, hydrolysis and value-added derivatives. *International Dairy Journal*, 18(7), 686-687.
- García, E., Leonidas, M., & Herrera, N. (2008). Evaluación de los efectos en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y texturales de polidextrosa, fructosa y sorbitol como sustitutos de azúcar en la elaboración de arequipe. *Lasallista Investig*, 5(2), 20-27.
- Gaze, L., Costa, M., Monteiro, M., & Lavorato, J. (2014). Dulce de Leche, a typical product of Latin America: characterization by physicochemical, optical and instrumental methods. *Food Chemistry*, 169, 11.
- Giménez, A., & Gambora, A. (2008). Consumer reaction to changes in sensory profile of dulce de leche due to lactose hydrolysis. *International Dairy Journal*, 18(9), 951-955.
- Gonzalez, A. (2014). *Tecnología del dulce de leche*. Recuperado el 02 de 01 de 2020, de Infoláctea.com: <http://infolactea.com/wp-content/uploads/2016/06/Teorico-Dulce-de-Leche-orientado-2014.pdf>
- Hleap, J. I., & Velasco, V. A. (2010). Analysis of the properties of texture during the storage of sausage made from red tilapia (*Oreochromis sp.*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 8(2), 1-10.
- INA. Instituto Nacional de Aprendizaje. (2001). Tecnología de elaboración de dulce de leche. En *Manual de apoyo al instructor* (pág. 38). San José, Costa Rica.
- INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2008). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 0009 Leche cruda requisitos*.
- INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2011). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 700 Manjar o dulce de leche requisitos*.
- INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2012). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 074 , Aditivos alimentarios permitidos para consumo humano. Listas positivas. Requisitos*.
- Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análisis de alimentos* (Vol. 4). São Paulo, Brasil: Instituto Adolfo Lutz © 2008.
- Lamothe, L. (2006). *Efecto de la temperatura de enfriamiento y formulación en la elaboración de Dulce de Leche*. Recuperado el 05 de 01 de 2020, de Repositorio Biblioteca Wilson Popenoe Zamorano: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/728/1/AGI-2006-T017.pdf>

- Lopes , F., Lima Ferreira, H. A., Borgues de Souza, A., Almeida, D., Stephani, R., Ribeiro Pirozi, M., y otros. (2015). Production of dulce de leche: The effect of starch addition. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 417-418.
- Lu, L., Longcheng, G., Ke Wang , Y., & Min , X. (2020). β -Galactosidases: A great tool for synthesizing galactosecontaining carbohydrates. *Biotechnology Advances*, 39(1), 2.
- Maldonado, A. (2019). *Efecto de diferentes concentraciones de glucosa sobre el proceso de elaboración y la calidad del dulce de leche*. (Universidad Nacional de Chimborazo,2019) Recuperado el 03 de 01 de 2020, de Repositorio Digital UNACH: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6247>
- Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. (2014). *AliceWeb*. Obtenido de Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior, AliceWeb: aliceweb.desenvolvimento.gov.br.
- Novoa, D. F., & Ramírez Navas, J. S. (2016). Rheological characterization of manjar blanco from Valle del Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2, 57.
- Oliveira, M., Penna , A., & Garcia Nevarez, H. (2009). Production of Evaporated Milk, Sweetened Condensed Milk and 'Dulce de Leche'. *Dairy Powders and concentrated products*, 149-180.
- Perrone, Í. T., Oliveira de Sá, J. F., Stephani, R., Fernandes de Carvalho, A., & Santos Neves, B. d. (2012). Atributos Tecnológicos de controle para producao do Doce de Leite. *Instituto de Lactínicos Candido Tostes*, 67(385), 43.
- Ramirez, S. (2015). Consumo de leche evaporadas en Ecuador. *EL COMERCIO DATA*, pág. 1.
- Ranalli, & Califano, A. (2012). Physicochemical and Rheological Charanterization of Dulce de Leche. *Journal of texture Studies*, 43(2), 115-123.
- Sánchez, H., & Garitta, G. (2004). Sensory Shelf Life of Dulce de Leche. *Journal of Dairy Science*, 87(6), 1601-1607.
- SENATI. (2014). *Elaboración de Manjar Blanco*. Recuperado el 07 de 11 de 2019, de Infolactea: <http://infolactea.com/wp-content/uploads/2015/03/291.pdf>
- Smith, G. (2000). *Dairy Processing New technologies to improve quality*. Food Science, Technology and Nutrition. Cornwall, England: Editorial Woodhead Publishing Limited.
- Valleboni, C. (2017). El negocio del dulce de leche. *FORBES Argentina*, pág. 1.
- Villalobos, A. C. (2013). Effect of different proportions of goat milk and cow's milk on the physical and sensory characteristics of "dulce de leche". *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 149-152.
- Zalazar, C. A., & Perotti, M. C. (2011). Concentrated Dairy Products, Dulce de Leche. *Encyclopedia of Dairy Sciences* , 2, 874-880.
- Zunino , A. (2015). *Dulce de leche aspectos básicos su adecuada elaboración*. Recuperado el 08 de 12 de 2019, de Infoláctea.com: <http://infolactea.com/wp-content/uploads/2015/03/560.pdf>

ANEXOS

1.1. Dosificación de enzima lactasa.

LACTASA DOSIFICACIÓN Para 5200 NLU

La dosificación de la enzima depende del producto a fabricar, el grado de hidrólisis deseado y las condiciones del proceso.

Las dosificaciones estimadas que se dan a continuación están calculadas para un contenido del 5 % de la lactosa en leche o suero, que es el contenido normal de lactosa de la leche.

Para concentraciones más elevadas de lactosa se debe aumentar la cantidad de Lactasa proporcionalmente.

DOSIFICACIONES ESTIMADAS

Dosificación (ml / l) 5200 NLU	Tiempo de reacción (horas)	Temperatura de reacción °C	Grado de hidrólisis %
0,11 - 0,19	10	5	20
0,4 - 0,08	24	5	20
0,19 - 0,35	1	30	20
0,04 - 0,08	4	30	20
0,08 - 0,15	1	40	20
0,05 - 0,1	4	40	20
0,38 - 0,61	10	5	50
0,19 - 0,27	24	5	50
0,80 - 1,19	1	30	50
0,19 - 0,30	4	30	50
0,35 - 0,54	1	40	50
0,08 - 0,15	4	40	50
1,35 - 2,07	10	5	80
0,6 - 0,84	24	5	80
2,65 - 4,0	1	30	80
0,65 - 1,0	4	30	80
1,12 - 1,7	1	40	80
0,27 - 0,42	4	40	80

Imagen 3. Dosificación de enzima lactasa

Fuente: CHR. HANSEN, (2017)

1.2. Fotografías de las técnicas utilizadas en la investigación.



Imagen 4. Pesaje de insumos para la elaboración del manjar



Imagen 5. Adición de ingredientes a la leche previo a la elaboración del manjar



Imagen 6. Adición de lactasa



Imagen 7. Deslactosado de la leche durante 4 horas



Imagen 8. Toma de muestras para análisis



Imagen 9. Análisis de acidez



Imagen 10. Titulación de las muestras de manjar

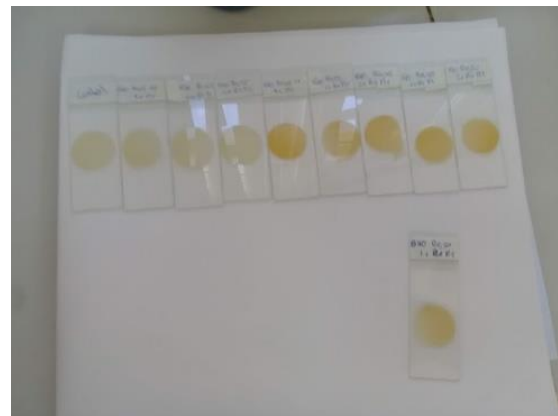


Imagen 11. Preparación de muestras para recuento de cristales



Imagen 12. Conteo de cristales



Imagen 13. Muestra de manjar sin cristales al día 1

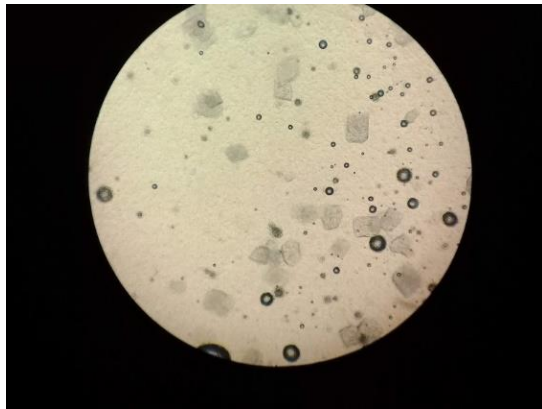


Imagen 14. Muestra de manjar con cristales al día 45



Imagen 15 Muestra de manjar con cristales ala día 15