



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TEMA:

Evaluación del comportamiento reológico de un postre lácteo a base de harina de oca (*Oxalis tuberosa*) y gelatina dispersos en lactosuero dulce

Proyecto de Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previa la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Autora: María Belén Amores Balseca

Tutor: Lic. Ignacio Echeverría Ph.D.

AMBATO – ECUADOR

Abril 2016

APROBACIÓN DEL TUTOR

Lic. Ignacio Echeverría Ph.D

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto autorizo la presentación de éste Trabajo de Titulación bajo la Modalidad Propuesta Tecnológica, el mismo que corresponde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad

Ambato, 04 de Febrero del 2016.



C.I. 1756542419
Dr. Ignacio Echeverría
TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, María Belén Amores Balseca, manifiesto que los resultados obtenidos en el proyecto de investigación, previo la obtención del título de Ingeniería en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



María Belén Amores Balseca
CI. 050343976-2
AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores calificadores, aprueban el presente trabajo de Titulación, modalidad Propuesta Tecnológica, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

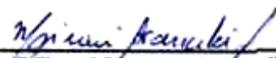
Para constancia firmar:



Presidente del Tribunal



Ph.D. Dayana Cristina Morales Acosta
CI. 180413557-0



Ph. D. Mirari Yosune Arancibia Soria
CI. 180214246-1

Ambato, 04 de Febrero del 2016.

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de éste proyecto de investigación o parte de él un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste Proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



María Belén Amores Balseca
CI. 050343976-2
AUTORA

DEDICATORIA

Las personas no mueren si las llevas en el corazón, para ti mi querido amigo Danny (+), porque fuiste una de las personas que me incentivó a cumplir esta meta.

María Belén

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiar mi camino y permitirme llegar hasta este punto de mi vida, que es la culminación de mi carrera universitaria.

A mi tutor Ph.D. Ignacio Echeverría, por su ayuda y colaboración para el desarrollo de este trabajo.

Infinitas gracias a las personas que supieron brindarme su ayuda de una u otra manera Ph.D. Sandra Orvitz, Ph.D. Ignacio Angos e Ing. Wilma Llerena.

A mi amada madre por siempre luchar por mí y así poder cumplir esta meta.

A mis queridos abuelitos Fermín y Lucila, a mis tíos Olger, Mónica, Gustavo y Alexandra, por su apoyo incondicional.

A mi querida hermana Sofía por alegrar mis días con sus ocurrencias.

A mis buenos amigos Cristian, Andrés, Johana, Valeria, Juanita, Raquel, Carlos, Magali, Fernando y Johis.

María Belén

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
A. PÁGINAS PRELIMINARES	i
Portada	i
Aprobación del tutor	ii
Declaración de autenticidad	iii
Aprobación de los miembros del tribunal de grado	iv
Derechos de autor.....	v
Dedicatoria	vi
Agradecimientos	vii
Índice general.....	viii
Índice de tablas.....	xi
Índice de figuras.....	xiii
Abstract.....	¡Error! Marcador no definido.
Resumen.....	¡Error! Marcador no definido.
B. INTRODUCCION	xvii

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

1.1. Tema	21
1.2. Justificación.....	21
1.3. Objetivos	22
1.3.1. Objetivo general:.....	22
1.3.2. Objetivos específicos	22

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Leche y derivados lácteos.....	23
2.2. Tubérculos andinos.....	25
2.2.1. Oca (<i>Oxalis tuberosa</i>).....	25
2.3. Aditivos alimentarios	26
2.3.1. Gelatina.....	26
2.3.2. Sacarosa	26

2.3.3.	Estabilizante.....	27
2.3.4.	Colorante.....	27
2.3.5.	Saborizante.....	27
2.4.	Postres lácteos	27
2.5.	Antecedentes investigativos	28
2.6.	Hipótesis.....	29
2.6.1.	Hipótesis nula	29
2.6.2.	Hipótesis alternativa	29
2.7.	Señalamiento de variables de la hipótesis	30

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	Material	31
3.1.1.	Muestra	31
3.2.	Métodos.....	31
3.2.1.	Caracterización fisicoquímica de oca	31
	Caracterización física de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>).....	31
	Caracterización química de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) variedad alba	32
	Caracterización química de lactosuero dulce.....	34
3.2.2.	Endulzamiento de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>).....	34
3.2.3.	Obtención de harina de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>).....	34
3.2.4.	Elaboración de postre lácteo	36
3.2.5.	Determinaciones reológicas del postre lácteo.....	37
	Textura.....	37
	Viscosidad	37
3.2.6.	Evaluación sensorial	38
3.2.7.	Análisis proximal.....	38
3.2.8.	Vida útil.....	39
3.2.9.	Diseño experimental	39

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Resultados	40
------	------------------	----

4.1.1.	Caracterización física de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) variedad alba	40
4.1.2.	Caracterización química de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	40
4.1.3.	Caracterización química de suero dulce	41
4.1.4.	Endulzamiento de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) variedad alba	41
4.1.5.	Obtención de harina	43
4.1.6.	Determinaciones reológicas	45
	Viscosidad	45
	Textura.....	50
4.1.7.	Evaluación sensorial	56
4.1.8.	Análisis proximal.....	57
4.1.9.	Vida útil.....	58
4.1.10.	Costos de producción	59
4.2.	Verificación de la hipótesis.....	60

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	61
5.2.	Recomendaciones.....	62
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
	ANEXOS	71

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modelos reológicos de viscosidad para fluidos Newtonianos y No Newtonianos.....	xviii
Tabla 2. Definición instrumental y sensorial de las propiedades de perfil de textura	xix
Tabla 3. Composición del lactosuero dulce y ácido	23
Tabla 4. Composición nutricional de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) para una porción de 100 g.....	26
Tabla 5. Combinación de tratamientos, puntos axiales y centro del DCC para elaboración del postre lácteo.....	39
Tabla 6. Caracterización física de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) variedad Alba.....	40
Tabla 7. Caracterización química de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) variedad Alba.....	41
Tabla 8. Caracterización fisicoquímica de lactosuero dulce	41
Tabla 9. Datos de secado obtenidos en rodajas de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) variedad Alba	44
Tabla 10. Modelos matemáticos y viscosidad aparente de 9 formulaciones de postre lácteo a base de harina de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) y gelatina sin sabor dispersos en lactosuero dulce.....	47
Tabla 11. Análisis de varianza del efecto de las concentraciones de harina de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) y gelatina sin sabor dispersos en lactosuero dulce sobre la viscosidad aparente del postre lácteo.....	49
Tabla 12. Análisis del perfil de textura (APT) de 9 formulaciones de postre lácteo a base de harina de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) y gelatina sin sabor dispersos en lactosuero dulce	50
Tabla 13. Modelos matemáticos de orden 1 para la optimización del perfil de textura en función de la concentración de harina de oca (%) y gelatina (%).....	51
Tabla 14. Análisis de varianza del efecto de las concentraciones de harina de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) y gelatina sin sabor dispersos en lactosuero dulce sobre el perfil de textura de nueve formulaciones de postre lácteo	52
Tabla 15. ANOVA análisis sensorial de nueve formulaciones de postre lácteo a base de harina de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) y gelatina sin sabor dispersos en lactosuero dulce	57

Tabla 16. Composición proximal para el mejor tratamiento HIGC (harina de oca 2,00 % y gelatina sin sabor 1,25 %)	57
Tabla 17. Recuento microbiológico de mohos-levaduras en un postre lácteo a base de harina de oca y gelatina disperso en lactosuero dulce	58
Tabla 18. Costo de producción de 200 L de postre elaborado con 2,00 % de harina de oca y 1,25 % de gelatina sin sabor en envases plásticos de 250 g	60
Tabla 19. Materiales directos para el procesamiento harina de oca	72
Tabla 20. Materiales indirectos para el procesamiento harina de oca	72
Tabla 21. Insumos para el procesamiento harina de oca	72
Tabla 22. Reparación y mantenimiento de equipos para el procesamiento harina de oca	72
Tabla 23. Equipos para el procesamiento harina de oca	72
Tabla 24. Depreciación de los equipos para el procesamiento harina de oca	73
Tabla 25. Costos de producción para el procesamiento de 5000 Kg de oca en harina	73
Tabla 26. Materiales directos para la producción de postre lácteo	74
Tabla 27. Materiales indirectos para la producción de postre lácteo	74
Tabla 28. Insumos para la producción de postre lácteo	74
Tabla 29. Reparación y mantenimiento de equipos para la producción de postre lácteo	74
Tabla 30. Equipos para la producción de postre lácteo	75
Tabla 31. Depreciación de equipos para la producción de postre lácteo	75
Tabla 32. Mano de obra para la producción de postre lácteo	75
Tabla 33. Costo de producción de 200 L de postre elaborado con 2,00% de harina de oca y 1,25 % de gelatina sin sabor en envases plásticos de 250 g	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de fluidos según su comportamiento reológico	xvii
Figura 2. Curva típica del análisis del perfil de textura	xx
Figura 3. Variedades de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>): oca pigmentada (A), oca alba (B) y oca flava (C).	25
Figura 4. Estructura química de la sacarosa.....	27
Figura 5. Procedencia de la materia prima: lactosuero y oca.....	31
Figura 6. Caracterización física de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) variedad Alba: peso (A), longitud (B), diámetro, color antes de endulzamiento (D) y color después del endulzamiento (E)	32
Figura 7. Caracterización química de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) variedad Alba: sólidos solubles (A), humedad (B) y acidez titulable (C)	33
Figura 8. Determinación del contenido de almidón en oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) variedad Alba	33
Figura 9. Caracterización química de lactosuero dulce: pH (A) y acidez titulable (B)	34
Figura 10. Proceso de obtención de harina de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) variedad Alba	35
Figura 11. Proceso de elaboración de postre lácteo a base de harina de oca y gelatina dispersas en lactosuero dulce	37
Figura 12. Evaluación de las propiedades reológicas del postre lácteo: textura (A) y viscosidad (B).....	38
Figura 13. Evaluación sensorial del postre lácteo a base de harina de oca y gelatina sin sabor dispersos en lactosuero dulce.....	38
Figura 14. Recuento microbiano de mohos y levaduras utilizando placas Petrifilm®.	39

Figura 15. Cambios de color y contenido de sólidos solubles durante la fase de endulzamiento de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) variedad Alba	41
Figura 16. Endulzamiento de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) variedad Alba: Contenido de almidón (A), acidez titulable (B), contenido de humedad (C).....	42
Figura 17. Secado de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) variedad Alba	44
Figura 18. Velocidad de cizalla $\log Y$ (s^{-1}) vs esfuerzo de cizalla $\log \tau$ para nueve formulaciones de postre lácteo. Réplica 1 (color rojo) y réplica 2 (color azul).....	46
Figura 19. Superficies de respuesta (A) y gráfico de contorno (B) para el parámetro viscosidad en función de la concentración de harina de oca (2,00-4,00 %) y gelatina sin sabor (0,50-2,00 %)	49
Figura 20. Superficies de respuesta de los parámetros de perfil de textura en función de la concentración de harina de oca (2,00-4,00 %) y gelatina sin sabor (0,50-2,00 %): Cohesividad (A), Elasticidad (B), Firmeza (C), Masticabilidad (D) y Gomosidad (E)	53
Figura 21. Gráfico de contorno para los parámetros de perfil de textura en función de la concentración de harina de oca (2,00-4,00 %) y gelatina sin sabor (0,50-2,00 %): Cohesividad (A), Elasticidad (B), Firmeza (C), Masticabilidad (D) y Gomosidad (E).	55
Figura 22. Perfil sensorial de 9 formulaciones de postre lácteo a base de harina de oca y gelatina dispersos en lactosuero dulce	56
Figura 23. Cinética de deterioro microbiológico de postre lácteo a base de harina de oca y gelatina dispersos en lactosuero dulce.....	59

RESÚMEN

El suero es un subproducto de la industria quesera que se considera como desecho. Sin embargo, en la actualidad se lo reutiliza como aditivo en postres lácteos combinado con almidón y algunos hidrocoloides. La oca (*Oxalis tuberosa*) es un cultivo ancestral rico en nutrientes con potencial de industrialización.

El presente estudio tuvo la finalidad de evaluar el comportamiento reológico de nueve formulaciones de postre que fueron diseñadas mediante metodología de superficie de respuesta incorporando harina de oca (2,00 – 4,00%) y gelatina sin sabor (0,50 a 2,00%) en lactosuero dulce. En las mezclas desarrolladas se midieron como parámetros la viscosidad y el perfil de textura (cohesividad, elasticidad, firmeza, masticabilidad y gomosidad). Los fluidos desarrollados presentaron un comportamiento No Newtoniano con carácter plástico de Bingham ($n < 1$) ajustándose a un modelo Herschel_Bulckley. Las muestras presentaron diferentes perfiles de textura encontrándose muestras blandas, firmes y duras.

Mediante un análisis de varianza se determinó que no existió una influencia significativa ($p > 0,05$) de la concentración de la harina de oca (%) y de la gelatina sin sabor (%) sobre la viscosidad de los tratamientos evaluados; sin embargo, las propiedades de textura fueron modificadas por efecto de la concentración de gelatina. El mejor tratamiento fue escogido en base al resultado de la superficie de respuesta obtenida, el cual presentó el valor óptimo en los puntos con 2,00 % de harina de oca y 1,25 % de gelatina sin sabor (HIGC) el cual fue confirmado mediante evaluación sensorial.

Finalmente, se evaluó la composición proximal, la estabilidad y el costo de producción del mejor tratamiento que resulto rico en carbohidratos (15,04 %) proteína (1,94 %) y fibra (0,07 %). Además, presentó un tiempo de vida útil de 32 días y el costo para una porción de 250 g fue de 0,81 USD.

Palabras clave: lactosuero dulce, oca alba, parámetros reológicos, perfil de textura

ABSTRACT

Whey is a by product of the cheese industry that has usually been considered as waste. However at present it is used as an additive for dairy desserts production in combination with some starches and hydrocolloids. The oca (*Oxalis tuberosa*) is an ancestral culture rich in nutrients with potential for industrialization.

The aim of the present study was to evaluate the rheological behavior of nine dessert formulations, designed by surface response methodology. The formulations included flour oca (2,00-4,00 %) and unflavored gelatin (0.50 to 2,00 %) in sweet whey. Viscosity parameters and the texture profile (cohesiveness, elasticity, firmness, chewiness and gumminess) were determined in the mixtures. All the formulations showed a non-Newtonian behavior with Bingham plastic character ($n < 1$) which could be adjusted to a Herschel-Bulckley model. Texture profiles were different among the formulations, finding soft, firm and hard samples.

Oca flour and unflavored gelatin concentrations (%) did not significantly influence ($p > 0,05$) the viscosity of the evaluated treatments. Whilst the textural properties were affected by the concentration of gelatin.

The best treatment was selected based on the surface response results, which showed the optimum values at that central points (2,00 % oca flour and 1,25 % unflavored gelatin). These results were confirmed by the sensory analysis.

Finally, the proximal composition, the stability and the production cost were evaluated for the best treatment, which was rich in carbohydrates (15,04 %), proteins (1,94 %) and fiber (0,07 %). Shelf-life was of 32 days and the cost of production for one portion of 250 g was 0,81 USD.

Keywords: sweet whey, *Oxalis tuberosa*, rheological parameters, texture profile.

INTRODUCCION

En la actualidad, las industrias se ven en la necesidad de reutilizar los subproductos y residuos de producción con la finalidad de atenuar sus efectos sobre el medio ambiente a través del desarrollo de nuevos alimentos. Por sus propiedades nutricionales el suero es un excedente de la industria lechera que resulta interesante como ingrediente en la elaboración de postres lácteos (Miccolo *et al.*, 2015).

Los postres lácteos semisólidos son altamente consumidos. Se elaboran con diversos ingredientes como: leche, almidón, hidrocoloides, azúcar, colorantes y saborizantes. Es así que los componentes empleados y los cambios en la formulación de un producto influyen en sus propiedades reológicas (viscosidad), de textura (firmeza, dureza, gomosidad, masticabilidad entre otras) y sensoriales (Tárrega *et al.*, 2005).

En la industria alimentaria la reología es una ciencia útil para predecir el comportamiento de un fluido durante el procesamiento y determinar las necesidades energéticas de transporte dentro de la planta (Bourne, 2002; Ramirez, 2006; Toledo, 2007)

La viscosidad es una medida reológica de la resistencia (elasticidad, plasticidad y viscosidad) al flujo de sustancias (fluidos) que se deforman al ser sometidas a esfuerzos cortantes por efecto de una fuerza externa (Ramirez, 2006; Toledo, 2007).

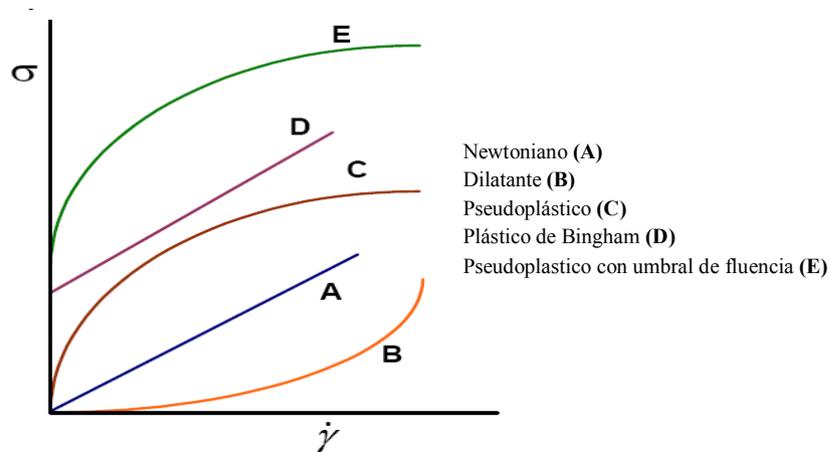


Figura 1. Tipos de fluidos según su comportamiento reológico
Fuente: Toledo (2007)

Los líquidos y sólidos difieren en sus propiedades; sin embargo, existe una variedad de alimentos cuyo comportamiento bajo flujo se encuentra entre estos dos extremos (Ibarz y Barbosa, 2003).

De acuerdo a lo expuesto por Alvarado (1996), se identifican tres tipos de fluidos: Newtonianos ($n=1$), No Newtonianos ($n>1$) y Viscoelásticos ($n<1$). Los fluidos Newtonianos (Fig. 1-A) presentan un esfuerzo cortante proporcional a la velocidad de deformación, mientras que en los fluidos No Newtonianos (Fig. 1-B) el esfuerzo cortante es inversamente proporcional a la velocidad de deformación. Los fluidos newtonianos pseudoplásticos y dilatantes no tienen una tensión de fluencia, por lo tanto, pueden ser llamados líquidos

Los fluidos Viscoelásticos (Fig. 1-C, D, E) presentan un comportamiento de líquidos y sólidos, estos exhiben un flujo lineal una vez que se superan el límite elástico y actúan como líquidos cuando la tensión de cizallamiento es superior a la tensión de fluencia (Alvarado, 1996).

Tabla 1. Modelos reológicos de viscosidad para fluidos Newtonianos y No Newtonianos

Denominación	Ecuación
Ley de Newton	$\sigma = \eta\dot{\gamma}$
Modelo de Bingham	$\sigma = \eta_{pl}\dot{\gamma} + C$
Modelo de Ostwald de Waele Nutting o Ley de Potencia	$\sigma = \eta(\dot{\gamma})^n$
Herschel Bulkley	$\sigma = \eta(\dot{\gamma})^n + C$
Modelo de Casson	$\sigma^{0.5} = \kappa_1\kappa_2(\dot{\gamma})^{0.5}$

n: índice de comportamiento de flujo (adimensional); **σ :** tensión de cizalla (Pa); **κ :** índice de consistencia(Pa.sⁿ); **$\dot{\gamma}$:** gradiente de cizalladura (s⁻¹)

Fuente: Ibarz y Barbosa (2003).

Existen varios modelos empíricos que describen el comportamiento de los fluidos No Newtonianos independientes del tiempo (Tabla 1), los fluidos tipo Bingham (plásticos) requieren un esfuerzo inicial para que comience el flujo e inmediatamente alcanzan un comportamiento Newtoniano; el modelo matemático que rige su comportamiento incluye la constante denominada esfuerzo de fluencia. El modelo Herschel-Bulkley (H-B) es aplicado ampliamente en varios alimentos mientras que el modelo Casson es

empleado mayormente para el estudio del comportamiento de chocolate líquido (Alvarado, 1996).

La textura es la percepción de las características físicas, sensoriales (vista, oído y tacto) e instrumentales de un alimento. A nivel sensorial la evaluación del producto se realiza dentro y fuera de la boca a través de la masticación, la deglución y la sensación residual en la boca y la garganta. El método instrumental Análisis del Perfil de Textura (APT) por su parte implica la compresión de la muestra al menos dos veces simulando la masticación, permitiendo la cuantificación de los parámetros mecánicos de un alimento como se explica en la Tabla 2 (Bourne, 2002; Singh *et al.*, 1997; Szczesniak, 2002; Vaclavik, 1998).

Tabla 2. Definición instrumental y sensorial de las propiedades de perfil de textura

PROPIEDAD	PERFIL DE TEXTURA	
	INSTRUMENTAL	SENSORIAL
Dureza	Fuerza necesaria para alcanzar una determinada deformación.	Fuerza requerida para comprimir una sustancia entre los dientes (en el caso de sólidos) o entre lengua y el paladar (en el caso de semisólidos).
Cohesividad	Grado de deformación de un material antes de que se rompa.	Grado en de compresión de una sustancia antes de que se rompa por efecto de la masticación
Elasticidad	Velocidad a la que un material deformado se remonta a su condición no deformada después de que se retira la fuerza deformante	Mide cuanto estructura original del alimento se ha roto por la compresión inicial
Adhesividad	Trabajo necesario para superar las fuerzas de atracción entre la superficie del producto y la superficie del material con la que el producto entra en contacto.	Fuerza requerida para retirar el material que se adhiere a la boca (paladar) durante el proceso de alimentación.
Masticabilidad	Energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que esté listo para tragar.	Trabajo necesario para desintegrar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido
Gomosidad	Energía necesaria para desintegrar un alimento semisólido a un estado listo para tragar.	Energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado

Fuente: Szczesniak (2002)

A nivel instrumental, la textura estudia el efecto de la aplicación de una fuerza para alcanzar el ajuste de un material a la carga aplicada (fuerza de ruptura). El efecto de la dureza como fuerza necesaria para una deformación dada provoca un salto en la curva denominado rotura o fracturabilidad (Fig. 2).

La fuerza empieza a bajar (A_3) y al empezar el nuevo ciclo se repite el proceso de compresión permitiendo evaluar cuanto puede deformarse un material antes de romperse, este parámetro se conoce como cohesividad (A_2/A_1). La elasticidad (C-B) y la adhesividad son determinaciones que evalúan el trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de los materiales

con los que el alimento entra en contacto (Rebollo, 2008).

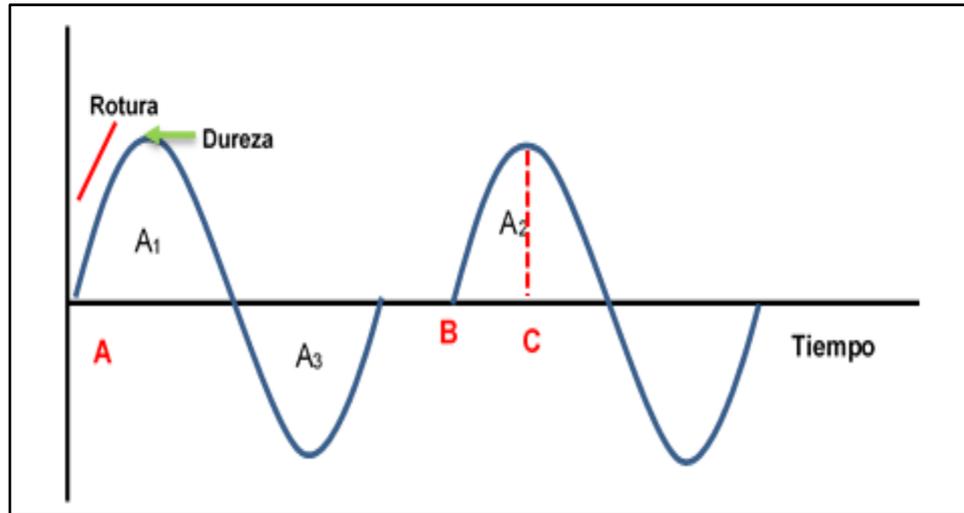


Figura 2. Curva típica del análisis del perfil de textura
Fuente: Szczesniak (2002).

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. TEMA

Evaluación del comportamiento reológico de un postre lácteo a base de harina de oca (*Oxalis tuberosa*) y gelatina dispersos en lactosuero dulce.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El lactosuero es el fluido que se separa de la cuajada tras la coagulación de la leche durante la fabricación de queso. El suero es rico en lactosa y proteínas puede ser considerado como un ingrediente de gran importancia en la elaboración de productos alimenticios altamente nutritivos como postres y productos de confitería; a partir de 1995 su uso se incrementó sin embargo, en países como Ecuador existe producción que no es utilizada (Posada *et al.*, 2011). Debido a su alta carga orgánica el suero afecta física y químicamente la estructura del suelo provocando disminución en el rendimiento de cultivos agrícolas y reduciendo la vida acuática al agotar el oxígeno disuelto en el agua

De igual manera, los cultivos andinos como la oca son considerados entre los alimentos de alta calidad nutricional (carbohidratos, proteína, minerales y vitaminas) y presentan variedad de formas, tamaños y colores (Suquilanda, 2002). Está ha sido relegada de la dieta actual producto de la deficiente tecnología en la industria ecuatoriana y el escaso avance en el campo de la investigación y desarrollo de nuevos productos.

Mediante este trabajo de investigación se pretende evaluar el efecto de la concentración de harina de oca (*Oxalis tuberosa*) y gelatina en el comportamiento reológico de formulaciones base para el desarrollo de un postre lácteo que permita incorporar cultivos tradicionales de la dieta andina y un residuo infrutilizado de la industria (lactosuero dulce) como alternativa nutritiva de alimentación.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General:

- Evaluar el comportamiento reológico de un postre lácteo a base de harina de oca (*Oxalis tuberosa*) y gelatina dispersos en lactosuero dulce.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Comparar el comportamiento reológico de nueve formulaciones de postre lácteo.
- Determinar la cohesividad, firmeza, elasticidad, masticabilidad y gomosidad para cada tratamiento mediante el Análisis del Perfil de Textura (APT).
- Escoger el mejor tratamiento en función de la viscosidad, APT y análisis sensorial.
- Establecer la composición proximal del mejor tratamiento desarrollado.
- Estimar el tiempo de vida útil y el costo de producción a nivel de laboratorio del mejor tratamiento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. LECHE Y DERIVADOS LÁCTEOS

De acuerdo a lo reportado por el INEC en el año 2013, Ecuador produjo un total de 6,26 millones de litros de leche; la región más productiva es la Sierra (75 %) seguida por la Costa (18 %) y la Amazonía (7 %). En Cotopaxi se producen alrededor de 498,043 litros diarios de leche, ubicándose como la cuarta provincia con mayor producción lechera después de Pichincha, Manabí y Azuay (MIPRO, 2013).

De la producción total el 48 % se destina a la industria, 22 % al autoconsumo, el 18 % corresponde a leche cruda (queso sin pasteurizar) y 12 % a productos artesanales. En la industria se utiliza el 31 % para la elaboración de quesos, 27 % para leche de funda, 20 % para leche de cartón, 11 % para leche en polvo, 10 % para yogurt y 1 % para otros productos (S. Ramírez, 2015).

El lactosuero es el líquido que se obtiene durante el proceso de elaboración de queso; se lo considera como un subproducto de notable interés por su composición nutricional (Tabla 3). Representa alrededor del 20 % de las proteínas de la leche de vaca entre las cuales destacan: las β -lactoglobulinas (50-55 %), α -lactalbúminas (20-25 %), inmunoglobulinas (10-15 %), lactoferrina (1-2 %) y lactoperoxidasa (0,50 %) (Cuellas, 2010; Quintáns, 2013).

Tabla 3. Composición del lactosuero dulce y ácido

Componente	Lactosuero dulce (g/L)	Lactosuero ácido (g/L)
Sólidos totales	63 – 70	63 – 70
Lactosa	46 – 52	44 – 46
Proteína	6 – 10	6 – 8
Calcio	0,4 - 0,6	1,2 - 1,6
Fosfatos	1 – 3	2 - 4,5
Lactato	2	6,4
Cloruros	1,1	1,1

Fuente: Panesar *et al.* (2007)

De acuerdo a sus características fisicoquímicas se diferencian dos tipos de lactosuero: suero ácido y suero dulce. El suero ácido se obtiene mediante una coagulación ácido-láctica de la caseína de la leche por efecto de la adición de ácidos orgánicos hasta que alcance su punto isoeléctrico produciendo el descenso del pH de la leche hasta un valor inferior a 4,5 (40-60 °Dornic). El suero dulce se obtiene por hidrólisis enzimática mediante la aplicación de renina o cuajo (enzimas proteolíticas) en condiciones específicas de temperatura (15-50 °C) y pH (5.9 - 6.6). Esta enzima actúa sobre la caseína de la leche desestabilizándola y haciendo que precipite, por lo tanto es pobre en ácido láctico, presenta un pH superior a 6 (<20 °Dornic) (Callejas *et al.*, 2012; Franchi, 2010; Parra, 2009)

De acuerdo a Posada *et al.* (2011), en los últimos años existe un creciente interés y demanda por el uso de diferentes proteínas de suero como ingredientes en la formulación de nuevos alimentos de alta calidad. El suero de quesería es el producto lácteo menos costoso (25 a 40 % menor al precio de los sólidos lácteos no grasos) en la industria. Tecnológicamente presenta buenas características de solubilidad en un amplio rango de pH (4,5-6), capacidad de retención de agua, viscosidad, capacidad de gelación, emulsificación y espumado. El lactosuero es considerado como ingrediente potencial en la elaboración de postres de yogurt, postres de crema, crema batida, flanes, natillas, mousses, pudines, formulaciones para helados y en productos de confitería.

A nivel industrial el lactosuero es un desperdicio de la elaboración de queso que genera grandes problemas ambientales, en Latinoamérica el suero de quesería se utiliza como alimento de animales (cerdos, bovinos) en mínimas cantidades y principalmente es desechado en los ríos y lagunas provocando contaminación en las zonas limítrofes a las plantas queseras.

Por cada Kg de queso producido se desechan alrededor de 9 L de suero; lo que representa una Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) entre 40.000 y 60.000 mg de O_2/L y una Demanda Química de Oxígeno (DQO) entre 50.000 a 80.000 mg de O_2/L (Cuellas, 2010; Guerrero *et al.*, 2009; Quintáns, 2013).

2.2. TUBÉRCULOS ANDINOS

2.2.1. Oca (*Oxalis tuberosa*)

La Oca (*Oxalis tuberosa*) es uno de los cultivos nativos más antiguos de los Andes con alrededor de 8000 años, esta planta anual herbácea de entre 30 y 80 centímetros de alto se cultiva desde los 2300 hasta 4100 msnm. Es el segundo tubérculo en área de cultivo e importancia después de la papa; en los últimos tiempos se ha visto relegada a pequeñas parcelas. Se cultiva en la sierra ecuatoriana en un sistema de agricultura de subsistencia; las principales zonas productoras están ubicadas en las provincias de Imbabura, Tungurahua, Cotopaxi y Chimborazo (Brito *et al.*, 2003; Suquilanda, 2002).



Figura 3. Variedades de oca (*Oxalis tuberosa*): oca pigmentada (A), oca alba (B) y oca flava (C).

Fuente: Cajamarca (2010)

Pertenece a la familia Oxalidaceae que incluye ocho géneros con más de 800 especies y una gran diversidad de formas y colores, identificándose tres variedades de oca (Fig. 3): albas (blancas), flavas (amarillo claro) y pigmentadas (amarillo intenso, anaranjado, roseo violáceo). Este tubérculo de textura harinosa y sabor ligeramente dulce se consume hervido, cocido al horno, frito y encurtido; puede usarse en panificación, confituras y extracción de alcohol por fermentación debido a su alto contenido de almidón y azúcares (Cajamarca, 2010; Estrella, 1998; Suquilanda, 2002; Tapia y Fries, 2007).

La oca es uno de los alimentos más apreciados de la población andina (Tabla 4) en estado fresco es ligeramente ácida debido a la presencia de ácido oxálico; este se elimina mediante la exposición de los tubérculos al sol, el proceso se conoce como endulzamiento puesto que los carbohidratos se transforman en azúcares (Palate, 2013).

Tabla 4. Composición nutricional de la oca (*Oxalis tuberosa*) para una porción de 100 g

Componente	Oca fresca *	Oca endulzada*
Humedad (%)	82,4	66,9
Calorías (Kcal)	67,0	128,0
Proteína (g)	0,7	1,1
Extracto etéreo (g)	0,0	0,1
Carbohidratos totales (g)	16,1	30,8
Fibra (g)	0,5	1,0
Cenizas (g)	0,8	1,1
Calcio (mg)	5	7
Fosforo (mg)	39	64
Hierro (mg)	0,9	1,3
B ₁ (mg)	0,07	0,09
Niacina (mg)	0,42	10,3
C (mg)	38,4	33

*Valor nutritivo en 100 g de porción aprovechable

Fuente: Cadima *et al.* (2003)

La oca ofrece buenas posibilidades para la producción industrial de harina y almidón por su alto contenido de materia seca (20 %) es aprovechable como harina. La harina de oca se obtiene de tubérculos de buena calidad y puede reemplazar hasta en 25 % la harina de trigo en productos de panificación (Silva, 1978).

2.3. ADITIVOS ALIMENTARIOS

Se considera como aditivo (natural o sintético) a la sustancia o unión de distintas sustancias, que son adicionadas en un determinado alimento (Badui, 2006).

2.3.1. Gelatina

La gelatina es una proteína natural de alta pureza, baja en calorías, exenta de materia grasa, colesterol y azúcar; se obtiene de ganado bovino en forma de colágeno a partir de los huesos y la piel de mamíferos. En la industria de alimentos se la emplea por su propiedad gelificante, espesante, estabilizante, mejorador de textura y capacidad de retención de agua (Badui, 2006; Gutiérrez, 2013; G. Martínez *et al.*, 2011; Serna-Cock *et al.*, 2010).

2.3.2. Sacarosa

La sacarosa C₁₂H₂₂O₁₁ es comúnmente conocida como azúcar (Fig. 4), se usa para endulzar los alimentos mejorando el sabor ácido y amargo. Este disacárido está compuesto por fructosa y glucosa unidas por un enlace glucosídico, se caracteriza por

ser altamente soluble en agua y de fácil cristalización, se obtiene a partir de la caña de azúcar y la remolacha azucarera (Gómez y Palma, 2013).

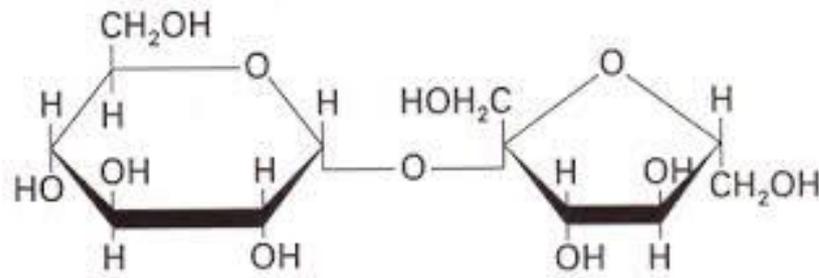


Figura 4. Estructura química de la sacarosa
Fuente: Vaclavik (1998)

2.3.3. Estabilizante

Se denomina estabilizante a la sustancia que evita el cambio (forma, naturaleza química) de un producto alimenticio, manteniendo una dispersión uniforme (Di Bartolo, 2005).

2.3.4. Colorante

Colorante es la sustancia empleada como aditivo en un determinado alimento con el propósito de mejorar la apariencia o acentuar el color degradado después de un proceso tecnológico. El color de los alimentos es un factor determinante para la aceptación o rechazo de un producto por parte del consumidor (Badui, 2006; Sánchez, 2013).

2.3.5. Saborizante

Se denomina saborizante a la sustancia que permite aportar o incrementar el sabor de los productos alimenticios; esta puede ser natural u obtenida por síntesis química (Badui, 2006).

2.4. POSTRES LÁCTEOS

Los postres son productos muy populares de fácil ingestión, sus características nutricionales y sensoriales los hace especialmente adecuados para diferentes grupos de consumidores que van desde niños hasta adultos mayores. Estos pueden ser preparados cremosos o gelificados con diferentes ingredientes o aditivos como el

azúcar, colorantes, aromas, agentes gelificantes y almidones (Castro, 2011; Romero y Mestres, 2004).

2.5. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Al revisar investigaciones previas que sirven de soporte al desarrollo del trabajo de investigación, se pueden citar los siguientes estudios:

Para Caiza (2010) la oca es un tubérculo con alto poder nutricional, que es de utilidad para el desarrollo de productos inocuos aptos para el consumo de los niños, ensayando formulaciones de helado, galleta y mermelada.

K Martínez (2015) comparó las propiedades nutricionales de harina de oca al emplear dos técnicas de maduración o endulzamiento (calor inducido y sol) y dos variedades de tubérculo (blanca y amarilla).

Según Chóez (2011) el lactosuero es un desecho orgánico que constituye un problema para las empresas que elaboran quesos, considerando importante reutilizar este subproducto en la elaboración de bebidas nutritivas y funcionales.

Bermejo (2010), trabajó en la elaboración de una bebida a base de lactosuero empleando diferentes concentraciones de harina de quinua.

Arcia (2010), estudió el efecto de la concentración de inulina (cadena corta y larga), azúcar y aroma (limón) sobre las propiedades reológicas y sensoriales de un postre lácteo con carácter prebiótico, obteniendo fluidos con comportamiento de flujo tixotrópico y pseudoplástico.

Castro (2011), comparó dos tipos de espesantes (almidón y carboximetilcelulosa) y dos concentraciones de grasa en la elaboración de un postre, obteniendo muestras con comportamiento de flujo pseudoplástico.

Miccolo *et al.* (2015), empleo proteínas de lactosuero en la elaboración de un postre de chocolate, las muestras presentaron un comportamiento pseudoplástico a 20 °C, las curvas se ajustaron al modelo de Carreau y su espectro mecánico corresponde a un gel débil.

Vidigal *et al.* (2012), evaluó el efecto del concentrado de proteína de lactosuero (0, 1.5, 3 y 4.5 %) en la elaboración de un postre lácteo, mediante el análisis del perfil de textura (APT) y Reología

Vélez *et al.* (2004), estudió el comportamiento reológico en ocho formulaciones de natilla a base de almidón de maíz, azúcar y κ -carragenina dispersos en agua y leche (descremada y entera). Reportando valores de viscosidad de 88 y 1395 mPa, tratándose de un fluido no-newtoniano con dependencia del tiempo, las curvas se ajustaron al modelo Herschel-Bulkley

Richter *et al.* (2011), estudio la viscosidad aparente de ocho formulaciones de postre lácteo semi-sólido a base de leche descremada con distintas concentraciones de goma guar (0-0,315 %), y sacarosa (5-11 %), reportando valores de viscosidad aparente de 15,4 – 68.9 Pa.s con una media de $44,4 \pm 17,6$ Pa.s.

M. Ramírez (2006), evaluó el uso de goma de algarrobo y tara (0, 50, 75 y 100 %) para reemplazar la goma xanthan en la formulación de cuatro postres lácteos (budines), concluyendo que la textura es menos consistente al emplear los niveles de 75 y 100 % de la goma de algarrobo y tara.

2.6. HIPÓTESIS

Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

2.6.1. Hipótesis nula

H₀: La concentración de harina de oca y gelatina sin sabor empleados en las distintas formulaciones influyen en las propiedades reológicas del postre lácteo.

2.6.2. Hipótesis alternativa

H₁: La concentración de harina de oca y gelatina sin sabor empleados en las distintas formulaciones no influyen en las propiedades reológicas del postre lácteo.

2.7. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

Variables Independientes: Concentración de los ingredientes

- Harina de oca (%)
- Gelatina (%)

Variable Dependiente: Propiedades reológicas

- Viscosidad
- Textura

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. Muestra

Para la elaboración del postre lácteo se trabajó con 14 Kg de oca (*Oxalis tuberosa*) variedad alba (blanca), procedente del mercado Kennedy del cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi (Fig. 5) y 10 L de suero dulce de la quesería Valenzuela del mismo sector. Como aditivos se emplearon sacarosa blanca (Valdez, Ecuador) carboximetilcelulosa (CMC; Gelycel, Colombia) grado alimentario, sorbato de potasio (Cimpa, Colombia), saborizante y colorante (carmín; Globe Natural Internacional, Perú) de fresa adquiridos en productos químicos INTEQ (Industria Técnica de Químicos) de la ciudad de Ambato.



Figura 5. Procedencia de la materia prima: lactosuero y oca
Fuente: mapasecuador.net

3.2. MÉTODOS

3.2.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE OCA

Caracterización física de oca (*Oxalis tuberosa*)

De la oca (*Oxalis tuberosa*) fresca se evaluaron las características físicas como: peso,

longitud, diámetro (mayor y menor) y color (oca fresca y oca dulce).

Dentro de las propiedades químicas se evaluaron: sólidos solubles, acidez titulable y contenido de almidón siguiendo la metodología planteada por Blandón (2012) y Espín *et al.* (2004), como se detalla a continuación:

Peso

Para la determinación del peso (Fig. 6-A) se seleccionaron 10 tubérculos de tamaño homogéneo y se registraron los valores en gramos con ayuda de una balanza (Mettler Toledo®, Suiza).

Longitud y diámetro

Con ayuda de un calibrador de Vernier (Mitutoyo, Japón), se midió la longitud (Fig. 6-B), diámetro mayor y diámetro menor (Fig. 6-C) de los tubérculos.

Color

El color de las muestras de oca fresca (Fig. 6-D) y endulzada (Fig. 6-E) se determinó a través de cartas de color en el **sistema Munsell**.

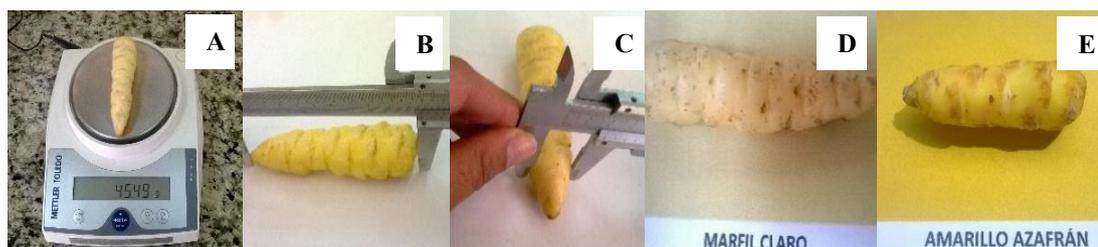


Figura 6. Caracterización física de oca (*Oxalis tuberosa*) variedad Alba: peso (A), longitud (B), diámetro, color antes de endulzamiento (D) y color después del endulzamiento (E)

Caracterización química de oca (*Oxalis tuberosa*) variedad Alba

Sólidos solubles (°Brix)

El contenido de sólidos solubles de pulpa de oca se midió con un refractómetro (Atago, Japón) escala entre 0 y 30 °Brix, como se muestra en la Figura 7-A.

Humedad

El contenido de agua en oca fresca (Fig. 7-B) se determinó tomando 3 g de muestra y con ayuda de una balanza infrarroja (Citizen, India) se cuantificó la pérdida de peso

por volatilización a causa del calor.

Acidez titulable

Para la determinación del contenido de ácido oxálico (Fig. 7-C) se tomaron 30 g de muestra (oca fresca), se licuó con 100 mL de agua y se tamizó, el líquido resultante se trasvaso a un balón de aforo y se enrazó a 200 mL. La titulación se realizó tomando una alícuota de 30 mL y añadiendo 3 gotas de fenolftaleína; la neutralización se realizó con una solución de NaOH 0,1 N hasta el momento en que ocurre el cambio de color del indicador de fenolftaleína. Los resultados se expresan como porcentaje del ácido orgánico predominante en la oca (ácido oxálico).



Figura 7. Caracterización química de oca (*Oxalis tuberosa*) variedad Alba: sólidos solubles (A), humedad (B) y acidez titulable (C)

Contenido de almidón

Los tubérculos seleccionados para el ensayo fueron lavados con agua corriente y se pesaron 200 g de muestra, la misma fue licuada con 600 mL (1:3; p/v) durante 3 minutos y posteriormente filtrada para eliminar la pulpa del tubérculo. El líquido obtenido se dejó en reposo durante 6 horas a 4 °C para que el almidón decante por gravedad. Finalmente, se eliminó el sobrenadante, el almidón húmedo se secó a 50 °C durante 4 horas en una estufa (Germico, Gemmy Industrial Corp., EE.UU), como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Determinación del contenido de almidón en oca (*Oxalis tuberosa*) variedad Alba

Caracterización química de lactosuero dulce

Potencial hidrógeno (pH)

En un vaso de precipitación se tomaron 30 mL de suero dulce (Fig. 9-A) el valor de pH se registró por lectura directa; para la determinación se empleó un pH-metro (Thermo Scientific, EE.UU).

Acidez titulable

Para la determinación del contenido de ácido láctico (%) se tomaron 9 mL de lactosuero dulce y se agregaron 3 gotas de fenolftaleína al 1 %, la titulación se realizó con hidróxido de sodio (0,1 N) hasta el cambio de color del indicador (coloración rosa) como se muestra en la Figura 9-B.

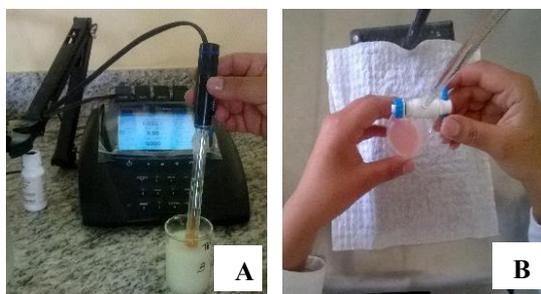


Figura 9. Caracterización química de lactosuero dulce: pH (A) y acidez titulable (B)

3.2.2. ENDULZAMIENTO DE OCA (*Oxalis tuberosa*)

El endulzamiento de oca (*Oxalis tuberosa*) se realizó empleando 14 Kg de muestra, el tubérculo se secó por el método convencional de exposición al sol. Durante seis días se evaluaron el contenido de sólidos solubles, contenido de almidón y porcentaje de humedad.

3.2.3. OBTENCIÓN DE HARINA DE OCA (*Oxalis tuberosa*)

Proceso de elaboración de harina de oca

Para la elaboración de harina de oca (Fig. 10) se empleó la metodología propuesta por Fairlie *et al.* (1999); escogiéndose tubérculos libres de magulladuras y plagas, previamente endulzados. La oca fue lavada en agua corriente y posteriormente se cortaron en rodajas de 2 mm de espesor aproximadamente. Las rodajas de oca fueron

sumergidas en una solución de metabisulfito de sodio (0,50 % por 10 minutos), finalizado el proceso se colocaron en bandejas para ingresar en el túnel de secado (60 °C por 8 horas). Las rodajas secas (12 % de humedad) fueron molidas y tamizadas (mesh 40); la harina obtenida fue almacenada en fundas plásticas con sellado hermético a temperatura ambiente.



Figura 10. Proceso de obtención de harina de oca (*Oxalis tuberosa*) variedad Alba

Cinética de secado de oca

La evaluación del proceso de secado se realizó siguiendo la metodología planteada por Alvarado (1996), aplicando las siguientes ecuaciones:

Contenido de agua

$$C_a = P_m * \%H \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

C_a = Contenido de agua (Kg)

P_m = Peso de la muestra (Kg)

$\%H$ = Porcentaje de Humedad de la muestra

Contenido de materia seca

$$C_{ms} = P_m * C_a \quad (\text{Ec. 2})$$

C_{ms} = Contenido de materia seca (Kg)

P_m = Peso de la muestra (Kg)

C_a = Contenido de agua (Kg)

Humedad en base seca

$$H_{bs} = \frac{C_a}{C_{ms}} \quad (\text{Ec. 3})$$

C_{bs} = Contenido de humedad en base seca (Kg)

C_a = Contenido de agua (Kg)

C_{ms} = Contenido de materia seca (Kg)

Velocidad de secado

$$V_s = \frac{C_a}{t} \quad (\text{Ec. 4})$$

V_s = Velocidad de secado ($\text{Kg}\cdot\text{s}^{-1}$)

C_a = Contenido de agua (Kg)

t = Tiempo (s)

Razón de secado

$$R_s = \frac{H_{bs0} - H_{bs1}}{t} \quad (\text{Ec. 5})$$

R_s = Razón de secado (Kg agua/Kg materia seca. s)

H_{bs0} = Humedad en base seca inicial (Kg)

H_{bs1} = Humedad en base seca final (Kg)

t = tiempo (s)

3.2.4. ELABORACIÓN DE POSTRE LÁCTEO

Para la elaboración de nueve formulaciones de postre lácteo se empleó la metodología planteada por Castro (2011), variando la concentración de harina de oca (2,00-4,00 %) y gelatina sin sabor (0,50-2,00 %), en todas las muestras se emplearon cantidades fijas de lactosuero dulce (1 L), azúcar (10 %), colorante (0,2 mL/L), saborizante (3 mL/L), estabilizante (CMC: 0,50 %) y conservante (sorbato de potasio 1 g/Kg). Con una balanza analítica (Precisa, Suiza); los componentes sólidos fueron mezclados en lactosuero dulce. Cada una de las mezclas desarrolladas fue llevada a un agitador (Corning PC-420D, EE.UU) con placa de calentamiento hasta alcanzar los 85 ± 1 °C por 15 minutos. La adición de saborizante, colorante y conservante se realizó a 40 °C y se continuó agitando por dos minutos aproximadamente. Todas las muestras se envasaron en recipientes plásticos, se taparon y almacenaron bajo condiciones de

refrigeración (5 ± 1 °C). En la Figura 11 se describe gráficamente el proceso de elaboración del postre lácteo.



Figura 11. Proceso de elaboración de postre lácteo a base de harina de oca y gelatina dispersas en lactosuero dulce

3.2.5. DETERMINACIONES REOLÓGICAS DEL POSTRE LÁCTEO

Textura

El análisis de perfil de textura (Fig. 12-A) se realizó con ayuda de un texturómetro (Brookfield® modelo CT3 1000, EE.UU) con una carga de activación de 0,04 N. Las muestras se mantuvieron en refrigeración y fueron sacadas una a una durante el ensayo, empleando una sonda TA3/100 (25 mm de diámetro y 35 mm de altura), la velocidad de la carga fue de $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ con dos ciclos de penetración. Con ayuda del software TexturePro CTV 1.2 Build 9, se evaluó la cohesividad, firmeza, elasticidad, masticabilidad y gomosidad; el ensayo se realizó por quintuplicado siguiendo la metodología planteada por Vidigal *et al.* (2012).

Viscosidad

Para la determinación de viscosidad (Fig. 12-B) se empleó un viscosímetro rotacional (Brookfield®, EE.UU). Las mediciones se realizaron a 25 °C. Los resultados se registraron entre los 5 rpm y 100 rpm, registrándose los valores que se encuentran entre 30 % y 70 % de Full Scale. Los resultados obtenidos fueron procesados con ayuda del software Microsoft Excel 2013.

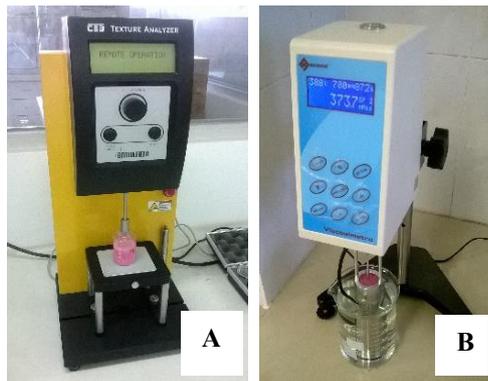


Figura 12. Evaluación de las propiedades reológicas del postre lácteo: textura (A) y viscosidad (B)

3.2.6. EVALUACIÓN SENSORIAL

La selección del mejor tratamiento en base a parámetros sensoriales (Fig. 13) se realizó empleando un diseño de bloques incompletos balanceados con la finalidad de disminuir el efecto de fatiga en el panel de catadores seleccionados. Para esto se aplicó un arreglo factorial (Anexo 3) para 18 catadores semientrenados mediante escalas hedónicas estructuradas (Anexo 4) de 5 puntos en base a los atributos de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad (Cochran y Cox, 1974; Saltos, 2012).



Figura 13. Evaluación sensorial del postre lácteo a base de harina de oca y gelatina sin sabor dispersos en lactosuero dulce.

3.2.7. ANÁLISIS PROXIMAL

La composición proximal del mejor tratamiento desarrollado se cuantificó a través del Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos (LSAIA) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para las determinaciones de humedad (MO-LSAISA-01.01), cenizas (MO-LSAISA-01.02), extracto etéreo (MO-LSAISA-01.03), proteína (MO-LSAISA-01.04), fibra (MO-LSAISA-01.05) y carbohidratos (MO-LSAISA-01.01).

3.2.8. VIDA ÚTIL

Para la determinación de la vida útil (Fig. 14) del mejor tratamiento se realizaron recuentos microbianos de mohos y levaduras (ufc/g), utilizando placas Petrifilm® (3M; AQYM, EE.UU). Empleando la metodología de cinéticas de reacciones que ocurren en los alimentos presentada por Alvarado (1996) y Labuza (1979) se determinó el tiempo de estabilidad en percha del producto desarrollado.

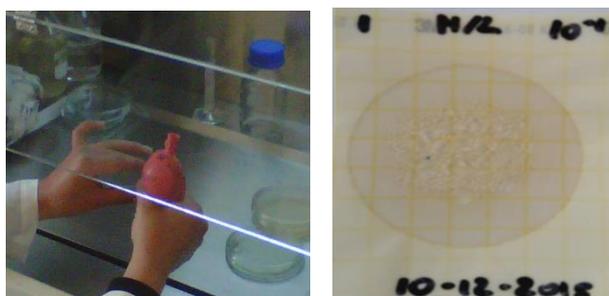


Figura 14. Recuento microbiano de mohos y levaduras utilizando placas Petrifilm®.

3.2.9. DISEÑO EXPERIMENTAL

Con el propósito de establecer las influencia de la concentración de harina de oca (baja: 2,00 %-alta: 4,00 %) y gelatina sin sabor (baja: 0,5 %-alta: 2,00 %) en la reología del postre lácteo propuesto se planteó un Diseño Compuesto Central (DCC) (2^2), con dos factores y dos niveles cada uno (Tabla 5). Este permitió evaluar el efecto lineal, cuadrático y el efecto de la interacción lineal de los factores en estudio con ayuda del software Statistica 10.0 (EE.UU)

Tabla 5. Combinación de tratamientos, puntos axiales y centro del DCC para elaboración del postre lácteo

Tratamientos	Simbología	A	B	Factor A	Factor B
				Harina de oca (%)	Gelatina sin sabor (%)
HBGB	1	-1	-1	2,29	0,72
HAGB	A	1	-1	3,71	0,72
HBGA	B	-1	1	2,29	1,78
HAGA	Ab	1	1	3,71	1,78
HCGC	Centro	0	0	3,00	1,25
HIGC	-aa	-1,4142	0	2,00	1,25
HDGC	+aa	1,4142	0	4,00	1,25
HCGI	-ab	0	-1,4142	3,00	0,50
HCGD	+ab	0	1,4142	3,00	2,00

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS

4.1.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE OCA (*Oxalis tuberosa*) VARIEDAD ALBA

La evaluación de los parámetros físicos de oca (*Oxalis tuberosa*) se realizó en base húmeda utilizando 10 unidades para las determinaciones de peso, longitud, diámetro mayor y diámetro menor como se muestra en la Tabla 6; estos valores coinciden con los valores reportados por Jativa (2012) quien reportó un peso de 35,69 g, una longitud de 7,85 cm, el diámetro mayor de 2,55 cm y un diámetro menor de 2,02 cm; confirmándose que las muestras seleccionadas para el estudio corresponden a la variedad alba. Dentro de la evaluación del color se identificó que los tubérculos evaluados presentaron una tonalidad marfil claro propio de esta variedad.

Tabla 6. Caracterización física de oca (*Oxalis tuberosa*) variedad Alba

Parámetro	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro mayor (cm)	Diámetro menor (cm)	Color
Promedio	35,86	8,27	2,54	1,94	Marfil claro
D. estándar	3,50	0,72	0,13	0,15	

4.1.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE OCA (*Oxalis tuberosa*)

Dentro de la caracterización química de oca (*Oxalis tuberosa*) fresca y endulzada se evaluó el contenido de almidón (%), concentración de sólidos solubles (°Brix), contenido de humedad (%) y concentración de ácido oxálico (%), como se muestra en la Tabla 7. Los resultados obtenidos concuerdan con el valor de humedad reportado por Jativa (2012) quien obtuvo 73,68 % en oca fresca variedad alba. El contenido de almidón de las muestras estudiadas fue de 13,98 % superior a lo reportado por Cajamarca (2010) y García (2015) quienes presentaron valores de 10,60 y 10,74 %, respectivamente.

Tabla 7. Caracterización química de oca (*Oxalis tuberosa*) variedad Alba

Parámetro	Almidón (%)	Sólidos solubles (°Brix)	Humedad (%)	Acido oxálico (%)
Oca fresca	13,98	5	74,20	1,94
Oca dulce	3,50	25	51,01	0,15

4.1.3. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE SUERO DULCE

La evaluación de los parámetros químicos de lactosuero dulce (Tabla 8) se realizó mediante la determinación de la acidez titulable (porcentaje de ácido láctico) y el pH; obteniéndose valores de $0,12 \pm 0,01$ % y $6,6 \pm 0,08$, respectivamente. Estos resultados se encuentran dentro de los límites (ácido láctico: máximo 0,16 % y pH de 6,4-6,8) establecidos por la Norma Técnica INEN NTE 2594 (2011) correspondiente a suero dulce de leche en estado líquido.

Tabla 8. Caracterización fisicoquímica de lactosuero dulce

Parámetro	Acidez (% ácido láctico)	pH
Promedio	0,12	6,6
Desviación estándar	0,01	0,08

4.1.4. ENDULZAMIENTO DE OCA (*Oxalis tuberosa*) VARIEDAD ALBA

Durante la maduración de la oca se producen cambios químicos y físicos importantes; en el caso de la oca, ésta debe ser sometida a un proceso previo de endulzamiento, exponiendo los tubérculos al sol (asoleo) durante varios días con la finalidad de mejorar su sabor natural (Barrera et al 2001).

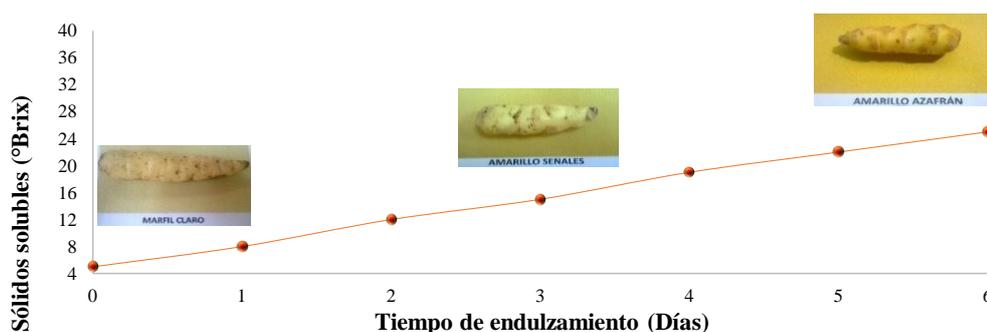


Figura 15. Cambios de color y contenido de sólidos solubles durante la fase de endulzamiento de oca (*Oxalis tuberosa*) variedad Alba

De acuerdo a los resultados presentados en la Figura 15, el tiempo de maduración aumentó el contenido de sólidos solubles de 5 a 25 °Brix; por lo tanto, existe una relación directamente proporcional entre la concentración de azúcares (°Brix) y el grado de madurez. Así también, se evidencio un cambio en la coloración; la misma que recién cosechada presentó una coloración marfil claro (día 0) y con el transcurso de los días fue tornándose amarilla señales (día 4) y finalmente amarillo azafrán (día 6) al ser expuesta al sol. Según Wills R y col, 1977; Soto, L. (2000) estos cambios se atribuye al proceso de endulzamiento de la oca, a través del cual el almidón se transforma en azúcares y el ácido oxálico disminuye gradualmente; produciendo una variación en la coloración de blanco amarillento a amarillo obscuro (Hodge, 1946).

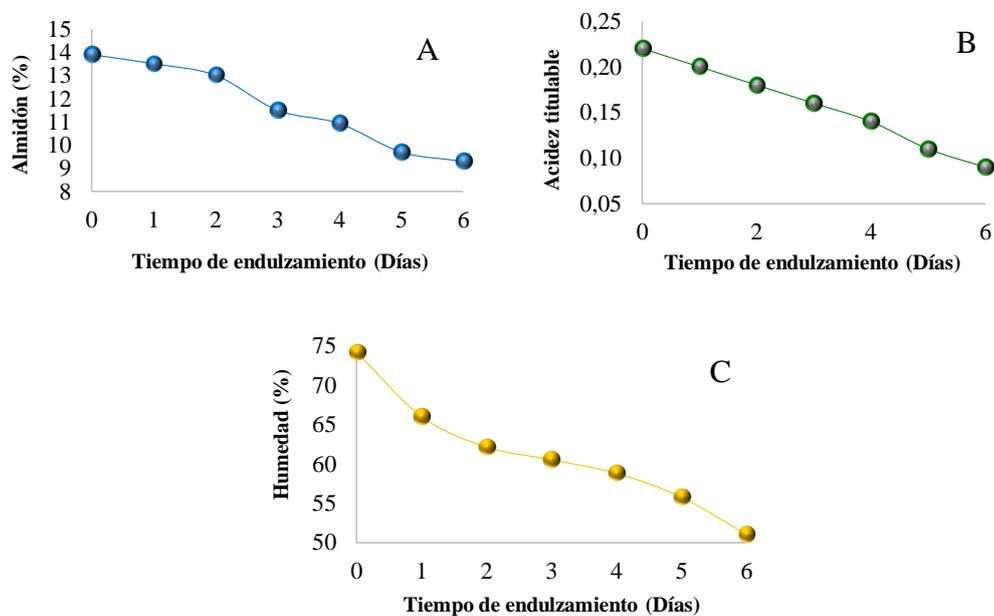


Figura 16. Endulzamiento de oca (*Oxalis tuberosa*) variedad Alba: Contenido de almidón (A), acidez titulable (B), contenido de humedad (C)

De acuerdo a los estudios presentados por Gil (2010); Cuesta (2013); Mejía (2013); Alvarado *et al.* (2012); Quintero *et al.* (2013) y Wills R y col (1984) durante la maduración y el endulzamiento de oca los ácidos orgánicos (ácido oxálico) se sintetizan como parte del metabolismo de respiración y transpiración disminuyendo su concentración.

En la Figura 16-B se muestra el proceso de disminución de la acidez titulable de 0,22 a 0,09 % por efecto de la oxidación del ácido oxálico; la síntesis de este ácido orgánico produce también la hidrólisis de las sustancias de reserva como almidón (Fig. 16-A) disminuyendo su concentración de 13,89 a 9,30 %; dando como producto los azúcares responsables del sabor dulce de la oca.

De igual manera, la humedad inicial de la oca descendió de 74,20 hasta 51,01 % por efecto de la deshidratación de los tubérculos expuestos al sol (Fig. 16-C) por lo cual los tubérculos se tornaron secos y suaves (Barrera *et al.*, 2004; Suquilanda, 2002).

No existe un tiempo (días) definido para el asoleo de la oca y según Barrera (2001) debe exponerse al menos por un periodo de 12 días, para degradar el ácido oxálico y mejorar el sabor; sin embargo su exposición prolongada disminuiría drásticamente el contenido de almidón, reduciendo la capacidad espesante de la harina de oca.

4.1.5. OBTENCIÓN DE HARINA

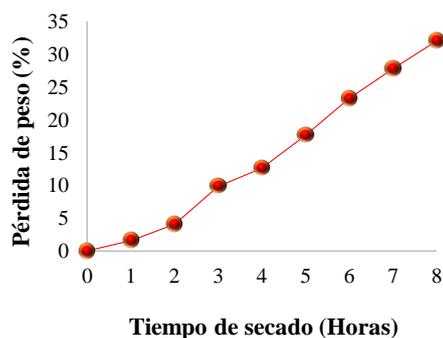
La deshidratación o secado es definido como la aplicación de calor bajo condiciones controladas de temperatura para remover la mayor parte del agua presente en un alimento por evaporación. El propósito de la deshidratación es extender la vida útil de los alimentos por reducción de la actividad de agua. Este proceso inhibe el crecimiento microbiano y la actividad enzimática; además, la reducción del peso facilita su transporte y almacenamiento (Fellows, 2000).

El secado implica la aplicación simultánea de calor y la remoción de humedad desde el alimento; a velocidad constante el secado se basa en la evaporación del agua de la superficie del sólido. En periodos de velocidad decreciente el comportamiento es más complejo y la evaporación se da por difusión superficial, fuerzas capilares, difusión del líquido y difusión agua-vapor (Fellows, 2000 y Alvarado 1996).

Tabla 9. Datos de secado obtenidos en rodajas de oca (*Oxalis tuberosa*) variedad Alba

Tiempo (s)	Humedad (%)	Pérdida de Masa (Kg)	Contenido de agua (Kg)	Velocidad de secado (Kg. s ⁻¹)	Contenido de materia seca (Kg)	Humedad base seca (Kg de agua/Kg de materia seca)	Razón de secado (Kg de agua/Kg de materia seca. s)
60	51,01	9,62	4,91	0,081	4,7128	1,04	1,7E-02
3600	49,45	9,47	4,68	0,0013	4,7870	0,98	1,7E-05
7200	46,93	9,23	4,33	0,0006	4,8990	0,88	1,3E-05
10800	40,88	8,67	3,55	0,0003	5,1274	0,69	1,8E-05
14400	37,80	8,41	3,18	0,0002	5,2283	0,61	5,8E-06
18000	32,06	7,92	2,54	0,0001	5,3830	0,47	7,5E-06
21600	25,34	7,39	1,87	0,0001	5,5179	0,34	6,1E-06
25200	19,40	6,95	1,35	0,0001	5,6031	0,24	3,9E-06
28800	13,50	6,54	0,88	0,0000	5,6585	0,16	2,9E-06
			Promedio	0,0094			1,9E-03

El proceso de secado de oca endulzada con un contenido de humedad de 51,01 % se realizó a 60 °C; observándose un incremento paulatino de la pérdida de peso (Fig. 17) hasta un 32 % de su masa inicial (9,62 Kg). De igual manera, el contenido de agua disminuyó en la muestra de 4,91 hasta 0,88 Kg; la velocidad inicial de deshidratación fue de 0,081 Kg.s⁻¹ y partir de la segunda hora empezó la fase decreciente (0,0013Kg.s⁻¹) de secado. Esto se debe a que durante la primera etapa se elimina el agua libre de la superficie del tubérculo disminuyendo hasta 1,04 Kg de agua/Kg de materia seca.

**Figura 17.** Secado de oca (*Oxalis tuberosa*) variedad Alba

En el período decreciente la velocidad disminuyó paulatinamente hasta que el peso se mantuvo constante eliminándose 0,98 Kg de agua/ Kg de materia seca en su etapa inicial y 0,16 Kg de agua/ Kg de materia seca al final del proceso de secado. La disminución en la cantidad de agua evaporada puede atribuirse a la reducción del área de secado (diámetro) de la oca y a la capacidad del tubérculo de mantener el agua ligada; la deshidratación en esta etapa se da en el interior de las rodajas antes que en la superficie (Alvarado, 1996).

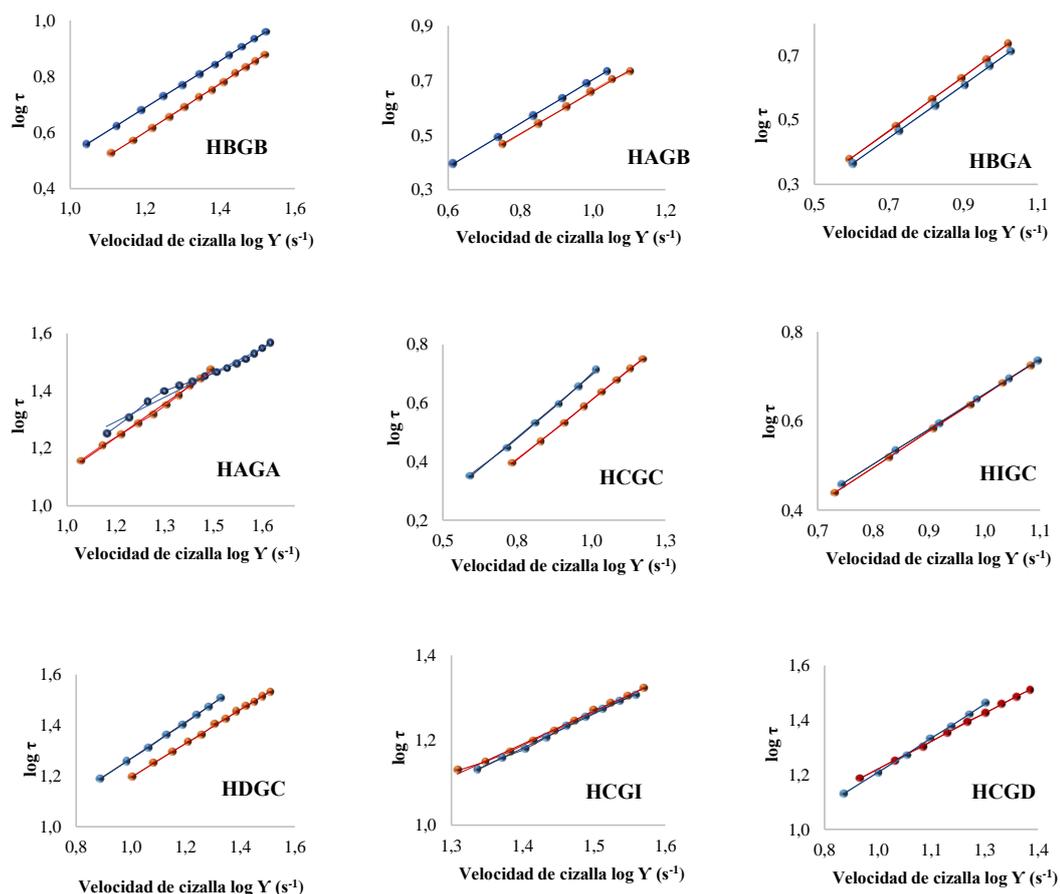
En función de los resultados obtenidos (Tabla 9) se calculó la velocidad de secado promedio correspondiente a $0,0094 \text{ Kg}\cdot\text{s}^{-1}$, lo que implica una razón de secado de $1,9 \times 10^{-3} \text{ Kg de agua/Kg de materia seca}\cdot\text{s}$; este valor es superior al reportado por Alvarado (1996) quien obtuvo $2,61 \times 10^{-4} \text{ Kg de agua/Kg de materia seca}\cdot\text{s}$ para rodajas de remolacha (*Beta vulgaris*) y según este autor la variación en la razón de secado se debe al diámetro del material, la carga de producto área, además de las propiedades del alimento como: la composición y la estructura (orientación de las fibras en los vegetales).

La rodajas secas con una humedad de 13,50 % fueron molidas y se obtuvo harina de oca, el rendimiento del proceso fue de 67,99 % y de la materia prima de 46,72 %; determinándose que se pierde el 53,28 % de peso (agua) durante el endulzamiento y secado del tubérculo.

4.1.6. DETERMINACIONES REOLÓGICAS

Viscosidad

La reología es una ciencia que está estrechamente ligada con la tecnología de lácteos permitiendo disponer de una diversidad de productos que tienden a cambiar durante el procesamiento (Alvarado, 1996), por este motivo se consideró necesario evaluar el efecto de la concentración de la harina de oca (%) y gelatina sin sabor (%) en la viscosidad aparente de nueve formulaciones de postre lácteo.



HBGB (2,29 % harina de oca, 0,72 % gelatina sin sabor), HAGB (3,71 % harina de oca, 0,72 % gelatina sin sabor), HBGA (2,29 % harina de oca, 1,78 % gelatina sin sabor), HAGA (3,71 % harina de oca, 1,78 % gelatina sin sabor), HCGC (3,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HIGC (2,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HDGC (4,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HCGI (3,00 % harina de oca, 0,50 % gelatina sin sabor) y HCGD (3,00 % harina de oca, 2,00 % gelatina sin sabor)

Figura 18. Velocidad de cizalla $\log Y$ (s^{-1}) vs esfuerzo de cizalla $\log \tau$ para nueve formulaciones de postre lácteo. Réplica 1 (color rojo) y réplica 2 (color azul)

El estudio partió de la caracterización del fluido; para esto se graficó la relación entre el logaritmo de la velocidad de cizalla calculada y logaritmo del esfuerzo cortante (Fig. 18), determinándose que las muestras evaluadas presentaron un comportamiento típico de fluidos no Newtonianos con naturaleza de un fluido plástico de Bingham (Alvarado, 1996; Ibarz y Barbosa, 2003; Singh *et al.*, 1997), puesto que requirió de un esfuerzo inicial para comenzar el flujo y luego alcanzo el comportamiento de fluido Newtoniano.

Las ecuaciones que rigen el comportamiento de los fluidos en estudio incluyen la constante denominada esfuerzo de fluencia (c) y se ajustan a un modelo Herschel-Bulkley (Tabla 10; Ecuación 6).

$$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n \text{ (Ec. 6)}$$

Donde

τ : Esfuerzo cortante (Pa)

$\dot{\gamma}$: velocidad de cizallamiento (s^{-1}),

τ_0 : Límite de fluencia (Pa)

K : es el índice de consistencia ($Pa \cdot s^n$)

Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Mleko y Gustaw (2002) y Tárrega *et al.* (2005) quienes establecieron que los postres lácteos semisólidos y aquellos enriquecidos con trigo presentan características de fluidos no Newtonianos atribuida a la naturaleza cerosa del almidón. Para Casas y Pardo (2005) , la incorporación de un hidrocoloide (guar, xantana, carragenina) a un sistema con almidón permite la formación de una fase continua; sí el polímero empleado es un gelificante se modificarán las propiedades reológicas de las mezclas proporcionándole mayor estabilidad en un amplio intervalo de pH, altas temperaturas, agitación mecánica y ciclos de congelación-descongelación.

Tabla 10. Modelos matemáticos y viscosidad aparente de 9 formulaciones de postre lácteo a base de harina de oca (*Oxalis tuberosa*) y gelatina sin sabor dispersos en lactosuero dulce

TRATAMIENTO	$\log \tau = \log Y + n (\log K)$				Viscosidad (Pa.s)
	$\log Y$	n	$\log K$	R^2	
HBGB	0,86	0,86	-0,44	0,9996	0,39 ± 0,04
	0,84	0,84	-0,32	0,9999	
HAGB	0,76	0,79	-0,10	0,9991	0,80 ± 0,01
	0,80	0,80	-0,10	0,9999	
HBGA	0,84	0,76	-0,10	0,9991	0,75 ± 0,00
	0,82	0,75	-0,13	0,9998	
HAGA	0,79	2,15	0,33	0,9964	2,51 ± 0,52
	0,63	2,88	0,56	0,9814	
HCGC	0,82	0,61	-0,21	0,9964	0,62 ± 0,01
	0,90	0,62	-0,20	0,9991	
HIGC	0,81	0,70	-0,15	1,0000	0,72 ± 0,02
	0,79	0,73	-0,13	0,9999	
HDGC	0,66	3,40	0,53	0,9991	3,44 ± 0,05
	0,72	3,47	0,55	0,9996	
HCGI	0,77	1,30	0,11	0,9970	1,26 ± 0,07
	0,81	1,21	0,05	0,9982	
HCGD	0,68	3,73	0,57	0,	3,46 ± 0,39
				9997	
	0,83	3,18	0,42	0,9994	

HBGB (2,29 % harina de oca, 0,72 % gelatina sin sabor), HAGB (3,71 % harina de oca, 0,72 % gelatina sin sabor), HBGA (2,29 % harina de oca, 1,78 % gelatina sin sabor), HAGA (3,71 % harina de oca, 1,78 % gelatina sin sabor), HCGC (3,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HIGC (2,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HDGC (4,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HCGI (3,00 % harina de oca, 0,50 % gelatina sin sabor) y HCGD (3,00 % harina de oca, 2,00 % gelatina sin sabor)

De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 10, se determinó que se alcanza un valor máximo de viscosidad ($3,46 \pm 0,39$ Pa.s) cuando se añade 3,00 % de harina de oca y 2,00 % de gelatina sin sabor (HCGD) mientras que el valor mínimo de viscosidad ($0,39 \pm 0,04$ Pa.s) se observó al añadir 2,29 % de harina de oca y 0,72 % de gelatina sin sabor (HBGB); estableciéndose que al incrementar la concentración de al menos uno de los componentes (harina de oca y gelatina sin sabor) existe un aumento en la viscosidad de las formulaciones desarrolladas. Estos valores son similares al estudio presentado por Vidigal *et al.* (2012) quienes obtuvieron valores entre 2,78 y 5,25 Pa.s (25 °C) para tres formulaciones de postre con adición de concentrado proteico de suero (0; 1,5; 3,0; y 4,5 % p/p), almidón de maíz y estabilizante.

Con la finalidad de identificar que factor influye en las propiedades reológicas del postre desarrollado se aplicó un diseño de superficie de respuesta que permite seleccionar las variables apropiadas y sus niveles de uso. Mediante un análisis de regresión se obtuvo el modelo matemático que explica la relación experimental (Ec. 7) de las variables, obteniéndose un coeficiente de determinación (R^2) de 0,76, determinándose que un 76 % de la variabilidad de los datos se encuentra explicada por la ecuación matemática obtenida.

$$y = 10,60 - 5,42X_1 - 6,71X_2 + 0,89X_1^2 + 2,10X_2^2 + 0,90X_1X_2; R^2 = 0,76 \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde y es la viscosidad (Pa.s), X_1 es la harina de oca (%), X_2 es la gelatina sin sabor (%) y R^2 es el coeficiente de determinación.

El análisis de varianza aplicado a los efectos lineales y cuadráticos, así como la suma de los cuadrados correspondientes a los efectos principales (A, B) y de la interacción AB, se presentan en la Tabla 11.

A partir de los resultados obtenidos se determinó que no existe un efecto significativo ($p > 0,05$) de la concentración de los componentes en la viscosidad aparente del postre; determinándose que tanto la concentración de harina de oca como la concentración de gelatina sin sabor aportan en los cambios reológicos del postre.

Tabla 11. Análisis de varianza del efecto de las concentraciones de harina de oca (*Oxalis tuberosa*) y gelatina sin sabor dispersos en lactosuero dulce sobre la viscosidad aparente del postre lácteo.

Factores	SC	GL	MC	F	P
Harina de Oca (%) (A)	5,09440	1	5,094400	6,512230	0,083803
Harina de Oca (%) (A*)	0,64585	1	0,645850	0,825597	0,430537
Gelatina SS (%) (B)	3,85236	1	3,852364	4,924521	0,113135
Gelatina SS (%) (B*)	1,09425	1	1,094255	1,398798	0,322120
A * B	0,73960	1	0,739600	0,945439	0,402600
Error	2,34685	3	0,782282		
Total SC	13,15989	8			

A, B: efecto lineal; A*, B*: efecto cuadrático; SC: suma de cuadrados; MC: Cuadrado medio; F: factor de varianza; p: valor p

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Richter *et al.* (2011) y Tárrega *et al.* (2005) quienes determinaron que la adición de estabilizantes (goma guar, K-carragenina) en mezclas lácteas influye en el incremento o disminución de la viscosidad aparente debido a la capacidad espesante del hidrocoloide y al efecto sinérgico que ejercen estos aditivos con el almidón.

La optimización del proceso se realizó en base a la superficie de respuesta presentada en la Figura 19-A donde se observa que a medida que se aumenta la concentración de harina de oca y gelatina sin sabor existe un incremento en la viscosidad aparente de las mezclas; determinado que la concentración de los componentes se mantuvo en los puntos centrales con 2,00 % de harina de oca y 1,25 % de gelatina (Fig. 19-A); el valor óptimo de viscosidad del proceso fue menor a 1,25 Pa.s.

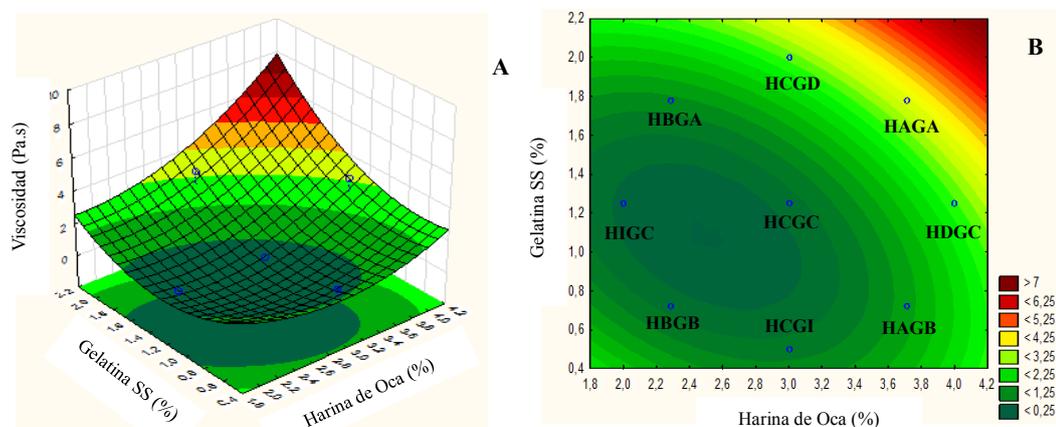


Figura 19. Superficies de respuesta (A) y gráfico de contorno (B) para el parámetro viscosidad en función de la concentración de harina de oca (2,00-4,00 %) y gelatina sin sabor (0,50-2,00 %)

Textura

Análisis de perfil de textura

El APT es una técnica instrumental empleada para la medición de propiedades de textura de los alimentos en base a curvas de fuerza/deformación (Lau *et al.*, 2000). Dentro del estudio se consideró necesario evaluar el efecto de la concentración de harina de oca y gelatina en la cohesividad, elasticidad, firmeza, masticabilidad y gomosidad de nueve formulaciones de postre lácteo como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Análisis del perfil de textura (APT) de 9 formulaciones de postre lácteo a base de harina de oca (*Oxalis tuberosa*) y gelatina sin sabor dispersos en lactosuero dulce

Tratamientos	Cohesividad (adimensional)	Elasticidad (mm)	Firmeza (N)	Masticabilidad (J)	Gomosidad (N)
HBGB	2,06 ± 0,42	15,39 ± 0,63	0,45 ± 0,11	7,38 ± 0,99	0,34 ± 0,05
HAGB	3,74 ± 0,54	14,95 ± 0,23	0,73 ± 0,07	10,84 ± 1,01	0,73 ± 0,08
HBGA	12,26 ± 1,05	19,01 ± 0,70	2,09 ± 0,06	38,48 ± 0,85	2,10 ± 0,09
HAGA	12,40 ± 0,85	18,41 ± 0,62	2,16 ± 0,19	40,98 ± 2,67	2,15 ± 0,19
HCGC	7,60 ± 0,52	16,53 ± 0,52	1,32 ± 0,05	21,86 ± 1,19	1,33 ± 0,04
HIGC	7,32 ± 0,64	17,14 ± 0,67	1,42 ± 0,05	23,98 ± 1,08	1,41 ± 0,05
HDGC	8,32 ± 0,59	16,45 ± 0,13	1,45 ± 0,06	23,88 ± 1,19	1,46 ± 0,06
HCGI	3,72 ± 0,81	15,07 ± 0,31	0,35 ± 0,01	5,26 ± 0,23	0,35 ± 0,01
HCGD	16,90 ± 1,91	19,07 ± 1,14	2,60 ± 0,05	49,60 ± 2,17	2,59 ± 0,04

HBGB (2,29 % harina de oca, 0,72 % gelatina sin sabor), HAGB (3,71 % harina de oca, 0,72 % gelatina sin sabor), HBGA (2,29 % harina de oca, 1,78 % gelatina sin sabor), HAGA (3,71 % harina de oca, 1,78 % gelatina sin sabor), HCGC (3,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HIGC (2,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HDGC (4,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HCGI (3,00 % harina de oca, 0,50 % gelatina sin sabor) y HCGD (3,00 % harina de oca, 2,00 % gelatina sin sabor)

De acuerdo a los resultados del APT presentados en la Tabla 12 se determinó que existe un efecto de la concentración de los componentes de la formulación sobre los parámetros de textura, por lo tanto, al incrementar su concentración los valores del perfil de textura se elevan. La muestra más elástica ($19,07 \pm 1,14$ mm) se obtuvo al trabajar con 3,00 % de harina de oca y 2,00 % gelatina sin sabor (HCGD); por el contrario el tratamiento HAGB (harina de oca 3,71 % y gelatina sin sabor 0,72 %) presentó una menor elasticidad ($14,95 \pm 0,23$ mm) al disminuir la concentración de gelatina e incrementar la concentración de harina.

De igual manera, la firmeza ($2,60 \pm 0,05$ N), masticabilidad ($49,60 \pm 2,17$ J) y gomosidad ($2,59 \pm 0,04$ N) fueron superiores en el tratamiento HCGD y disminuyeron al reducir la concentración de gelatina (HCGI: harina de oca 3,00 % y gelatina sin sabor 0,50 %) tornándose frágil ($0,35 \pm 0,01$ N) y

excesivamente fluido ($5,26 \pm 0,23$ mJ; $0,35 \pm 0,01$ N) confirmándose el estudio realizado por Casas y Pardo (2005) quienes determinan que al incorporar un polímero (gelificante, emulsionante, espesante, ligante) a un almidón se mejora las propiedades y el desempeño de este.

La cohesividad mayor ($16,90 \pm 1,91$) se obtuvo al trabajar con 3,00 % de harina de oca y 2,00 % gelatina sin sabor (HCGD); mientras que el tratamiento HBGB presentó la menor cohesividad ($2,06 \pm 0,42$) al disminuir la concentración de gelatina (0,72 %) y de harina (2,29 %).

Con la finalidad de analizar el efecto de los componentes se aplicó la metodología de superficie de respuesta y mediante un análisis de regresión se obtuvieron los modelos matemáticos (Tabla 13) que explican la relación experimental entre las variables independientes (% harina de oca y % gelatina) y las variables dependientes (cohesividad, elasticidad, firmeza, elasticidad y gomosidad).

Tabla 13. Modelos matemáticos de orden 1 para la optimización del perfil de textura en función de la concentración de harina de oca (%) y gelatina (%)

$$y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_1^2 + B_4X_2^2 + B_5X_1X_2 \text{ (Ec.8)}$$

y	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	R ²
Cohesividad	-8,16	4,96	3,12	-0,52	3,52	-1,02	0,9776
Elasticidad	17,37	-1,83	0,91	0,27	0,97	-0,11	0,9681
Firmeza	-0,37	-0,15	1,42	0,06	0,19	-0,14	0,9934
Masticabilidad	6,39	-6,73	9,22	1,42	8,77	-0,64	0,9958
Gomosidad	-1,06	0,12	1,83	0,04	0,14	-0,22	0,9756

B₀: intersección; B₁, B₂, B₃, B₄ y B₅: coeficientes del modelo de regresión; R²: coeficiente de correlación; X₁: harina de oca (%); X₂: gelatina sin sabor (%).

En base a los resultados de la Tabla 13, se estableció que existe un efecto significativo de la concentración de harina de oca y la concentración de gelatina sobre el perfil de textura presentando una correlación altamente significativa para todos los parámetros (R²=0,98 a 0,99).

Tabla 14. Análisis de varianza del efecto de las concentraciones de harina de oca (*Oxalis tuberosa*) y gelatina sin sabor dispersos en lactosuero dulce sobre el perfil de textura de nueve formulaciones de postre lácteo

Parámetros	Factores	SC	GL	MC	F	P
Cohesividad	Harina de Oca (%) (A)	1,3082	1	1,3082	0,9317	0,405631
	Harina de Oca (%) (B)	0,1959	1	0,1959	0,1395	0,733595
	Gelatina SS (%) (A*)	175,7744	1	175,7744	125,1839	0,001530**
	Gelatina SS (%) (B*)	2,8534	1	2,8534	2,0321	0,249239
	A * B	0,5929	1	0,5929	0,4223	0,562135
	Error	4,2124	3	1,4041		
	Total SC	188,5940	8			
Elasticidad	Harina de Oca (%) (A)	0,50800	1	0,50800	5,9736	0,092163
	Harina de Oca (%) (B)	0,05260	1	0,05260	0,6186	0,488988
	Gelatina SS (%) (A*)	20,27702	1	20,27702	238,4386	0,000590**
	Gelatina SS (%) (B*)	0,21518	1	0,21518	2,5304	0,209903
	A * B	0,00640	1	0,00640	0,0753	0,801635
	Error	0,25512	3	0,08504		
	Total SC	21,26889	8			
Firmeza	Harina de Oca (%) (A)	0,019311	1	0,019311	1,7898	0,273323
	Harina de Oca (%) (B)	0,003099	1	0,003099	0,2872	0,629193
	Gelatina SS (%) (A*)	4,885962	1	4,885962	452,8382	0,000227**
	Gelatina SS (%) (B*)	0,008129	1	0,008129	0,7534	0,449267
	A * B	0,011025	1	0,011025	1,0218	0,386541
	Error	0,032369	3	0,010790		
	Total SC	4,956800	8			
Masticabilidad	Harina de Oca (%) (A)	4,250	1	4,250	1,5781	0,297955
	Harina de Oca (%) (B)	1,484	1	1,484	0,5510	0,511740
	Gelatina SS (%) (A*)	1920,347	1	1920,347	713,0532	0,000115**
	Gelatina SS (%) (B*)	17,724	1	17,724	6,5812	0,082826
	A * B	0,230	1	0,230	0,0856	0,788974
	Error	8,079	3	2,693		
	Total SC	1954,189	8			
Gomosidad	Harina de Oca (%) (A)	0,021142	1	0,021142	2,1863	0,235777
	Harina de Oca (%) (B)	0,002222	1	0,002222	0,2298	0,664454
	Gelatina SS (%) (A*)	4,879478	1	4,879478	504,6011	0,000193**
	Gelatina SS (%) (B*)	0,005986	1	0,005986	0,6190	0,488840
	A * B	0,014400	1	0,014400	1,4891	0,309522
	Error	0,029010	3	0,009670		
	Total SC	4,950022	8			

** Estadísticamente Significativo

A, B: efecto lineal; A*, B*: efecto cuadrático; SC: suma de cuadrados; MC: Cuadrado medio; F: factor de varianza; p: valor p

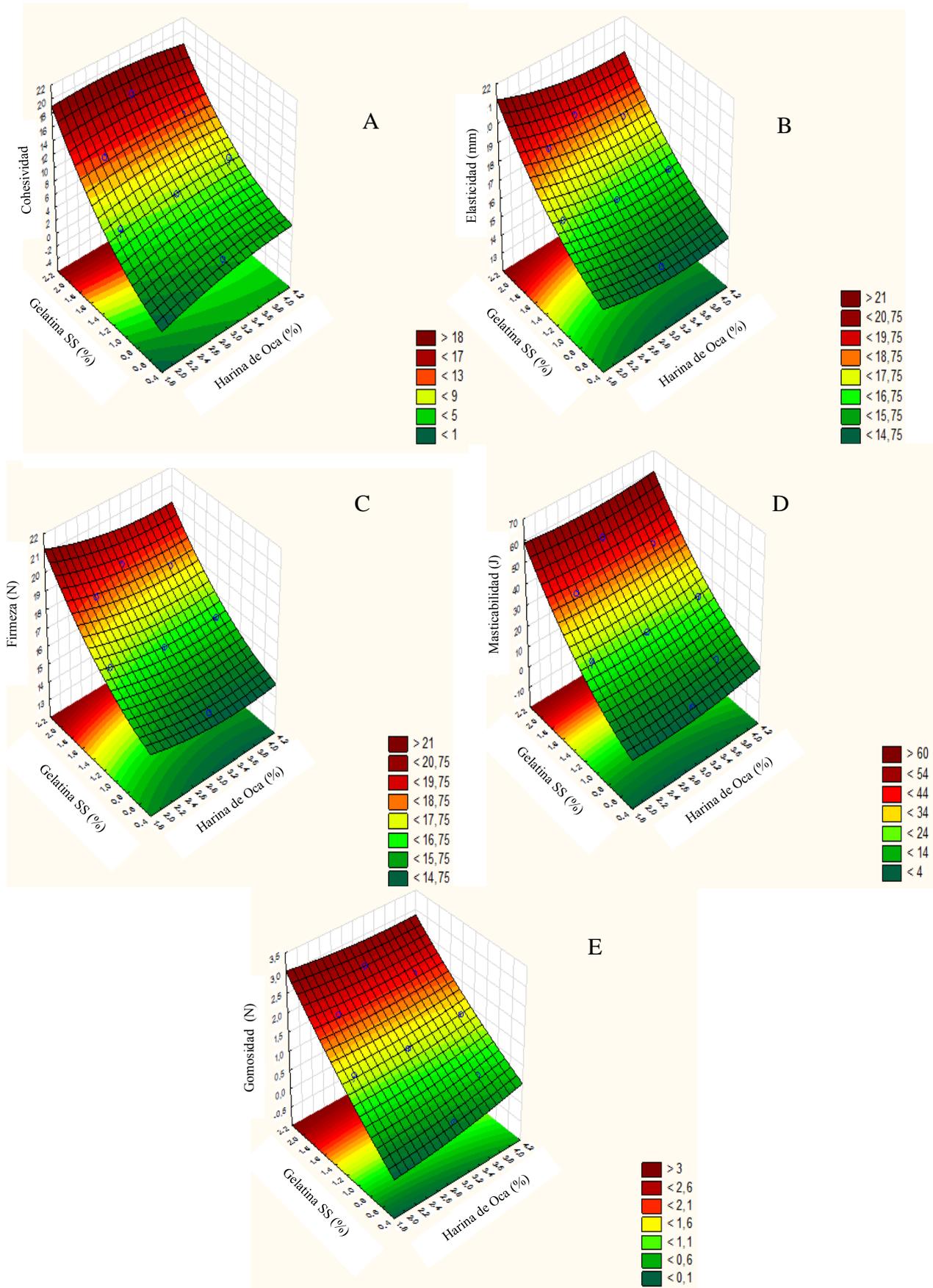
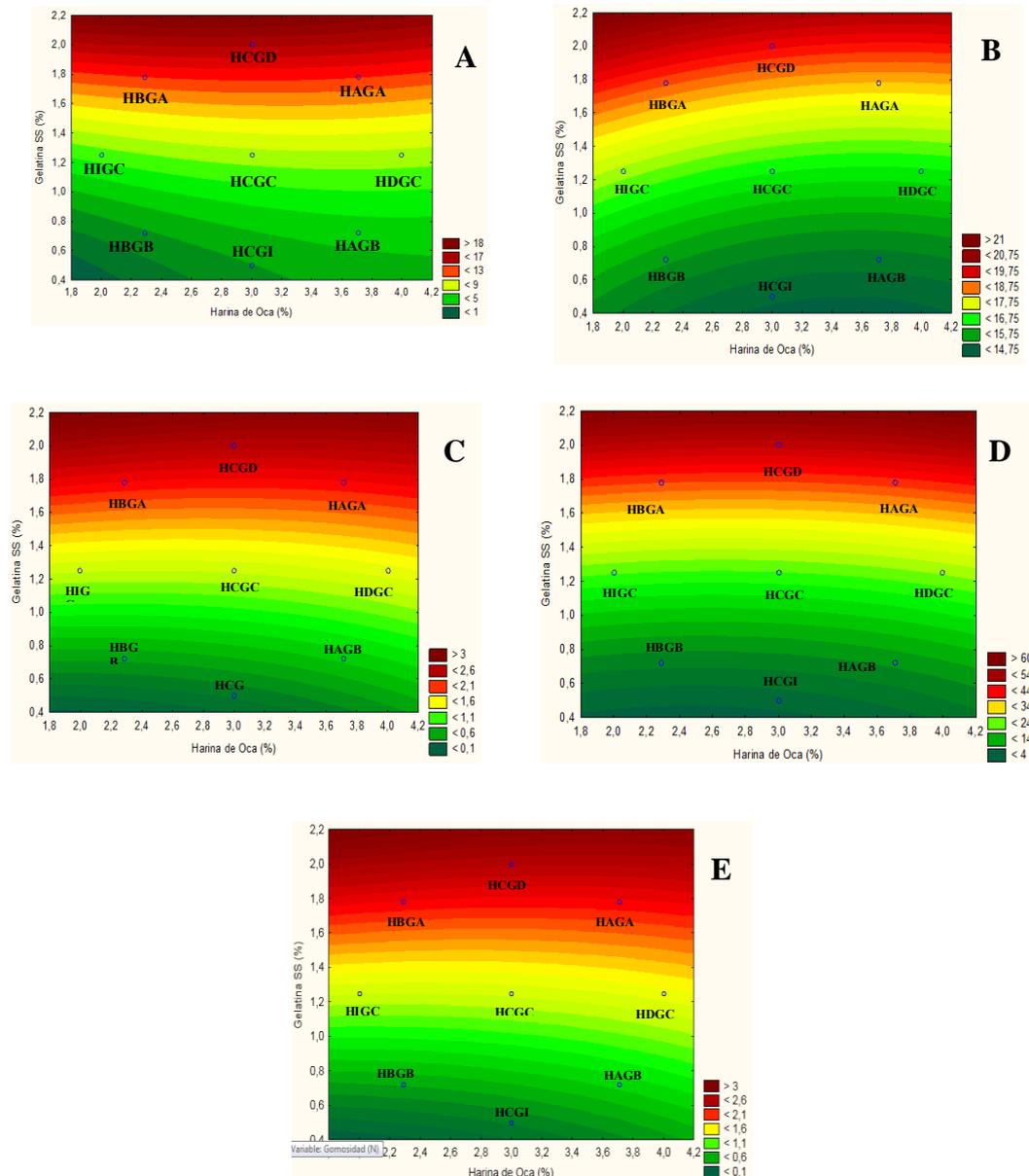


Figura 20. Superficies de respuesta de los parámetros de perfil de textura en función de la concentración de harina de oca (2,00-4,00 %) y gelatina sin sabor (0,50-2,00 %): Cohesividad (A), Elasticidad (B), Firmeza (C), Masticabilidad (D) y Gomosidad (E)

Posteriormente, en base a un análisis de varianza se evaluó el efecto lineal y cuadrático de los componentes sobre las propiedades de textura de las formulaciones evaluadas (Tabla 14), determinándose que la concentración de gelatina empleada es el parámetro que influye de manera significativa ($p < 0,05$) sobre todos los parámetros escogidos, confirmando el estudio realizado por Lau *et al.* (2000) quienes determinaron que los postres elaborados con gelatina son muy suaves y flexibles y que requiere de una mayor concentración de polímero para garantizar resistencia.

En la Figura 20, se muestra que existe un efecto significativo de la concentración de los componentes sobre la cohesividad (A), firmeza (B), elasticidad (C), masticabilidad (D) y gomosidad (E) presentando mayor estabilidad cuando la concentración de harina y gelatina se encuentra en sus niveles altos esto se ve reflejado en el acenso pronunciado de la superficie de respuesta.

A partir de los gráficos de contorno proyectados por las superficies de respuesta (Fig. 21) se optimizó el proceso de formulación a los niveles centrales, considerándose como mejor tratamiento a la muestra HIGC (2,00 % de harina de oca y 1,25 % de gelatina sin sabor) que permite obtener un perfil de textura ideal con la menor concentración de los ingredientes (costo mínimo). La firmeza del mejor tratamiento experimental (1,42 N) estuvo dentro del rango de valores obtenidos (1,18 y 1,48 N) por Vidigal *et al.* (2012); sin embargo, la elasticidad (4,51 y 4,91 mm), masticabilidad (5,48 y 6,55 J) y gomosidad (5,48 y 6,55 J) obtenidas por este autor fueron inferiores a los resultados alcanzados en esta investigación (Tabla 12), esto puede atribuirse al tipo de estabilizante (K-carragenina) y almidón (maíz) empleados para el desarrollo del producto; por otro lado el uso de gelatina empleada influye sobre la estabilidad de las muestras observándose una mayor resistencia a la deformación cuando se aplica mayor cantidad de polímero.



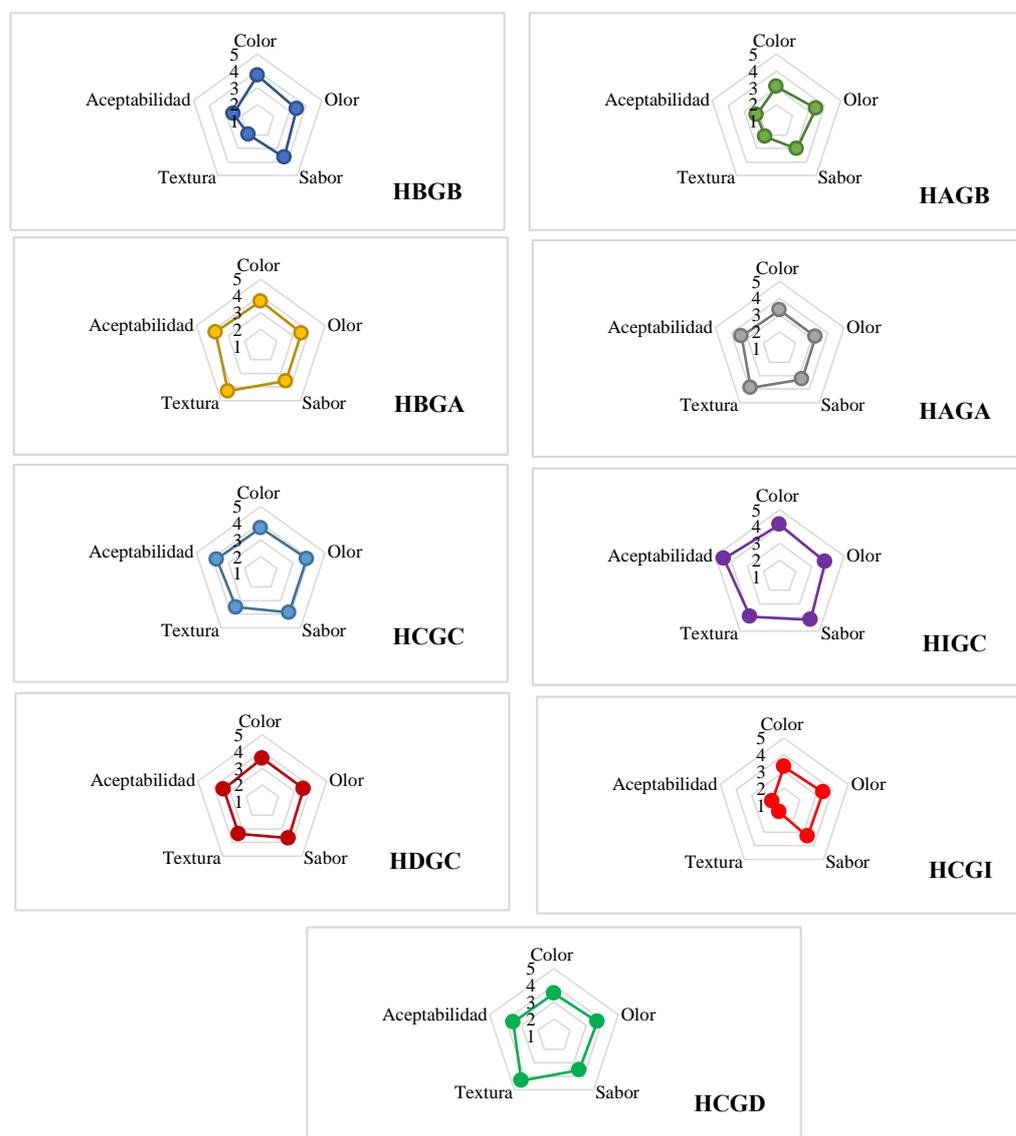
HBGB (2,29 % harina de oca, 0,72 % gelatina sin sabor), HAGB (3,71 % harina de oca, 0,72 % gelatina sin sabor), HBGA (2,29 % harina de oca, 1,78 % gelatina sin sabor), HAGA (3,71 % harina de oca, 1,78 % gelatina sin sabor), HCGC (3,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HIGC (2,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HDGC (4,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HCGI (3,00 % harina de oca, 0,50 % gelatina sin sabor) y HCGD (3,00 % harina de oca, 2,00 % gelatina sin sabor)

Figura 21. Gráfico de contorno para los parámetros de perfil de textura en función de la concentración de harina de oca (2,00-4,00 %) y gelatina sin sabor (0,50-2,00 %): Cohesividad (A), Elasticidad (B), Firmeza (C), Masticabilidad (D) y Gomosidad (E).

Así también, la incorporación de un hidrocoloide como la CMC en postres con gelatina podría mejorar las propiedades de gelificación, temperatura de fusión y resistencia (Lau *et al.*, 2000) mejorando el perfil de textura del postre con harina de oca y gelatina dispersos en lactosuero dulce.

4.1.7. EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación de los parámetros instrumentales debe ir de la mano de la percepción sensorial del producto, considerándose necesario evaluar el color, olor, sabor, textura y la aceptabilidad de las formulaciones desarrolladas en función de la puntuación de un panel de catadores semientrenados. La calificación sensorial para los nueve tratamientos ensayados se presenta en la Figura 22.



HBGB (2,29 % harina de oca, 0,72 % gelatina sin sabor), HAGB (3,71 % harina de oca, 0,72 % gelatina sin sabor), HBGA (2,29 % harina de oca, 1,78 % gelatina sin sabor), HAGA (3,71 % harina de oca, 1,78 % gelatina sin sabor), HCGC (3,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HIGC (2,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HDGC (4,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HCGI (3,00 % harina de oca, 0,50 % gelatina sin sabor) y HCGD (3,00 % harina de oca, 2,00 % gelatina sin sabor)

Figura 22. Perfil sensorial de nueve formulaciones de postre lácteo a base de harina de oca y gelatina dispersos en lactosuero dulce

De acuerdo al criterio del panel sensorial se estableció que existen diferencias entre los tratamientos evaluados y con la finalidad de identificar el mejor tratamiento se aplicó un diseño de bloques incompletos balanceado (Tabla 15) y en función del análisis de varianza de las características sensoriales se determinó que existe diferencias significativas en los tratamientos evaluados para los parámetros de color, textura, sabor y aceptabilidad; sin embargo, los catadores no identificaron diferencias significativas en cuanto al olor de las muestras.

Tabla 15. ANOVA análisis sensorial de nueve formulaciones de postre lácteo a base de harina de oca (*Oxalis tuberosa*) y gelatina sin sabor dispersos en lactosuero dulce

FV	GL	RAZÓN DE VARIANZA (RV)					RV tablas
		Aceptabilidad	Sabor	Olor	Color	Textura	
Tratamientos	8,00	35,30**	2,40**	1,58	3,92**	60,73**	2,15
Catadores	17,00	3,86**	1,11	3,58**	1,92	4,18**	

** Estadísticamente significativo

Para la selección del mejor tratamiento se planteó una prueba de diferencias mínimas significativas, escogiéndose el tratamiento HIGC que presentó las mejores características sensoriales con una puntuación de 4,1; 3,8; 4,1; 3,9 y 4,4 para los parámetros de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad.

4.1.8. ANÁLISIS PROXIMAL

La composición nutricional del mejor tratamiento desarrollado (HIGC) se evaluó mediante un análisis proximal de la muestra para el contenido de humedad (agua), cenizas (minerales), extracto etéreo (grasa), proteína, fibra y carbohidratos (azúcares) como se detalla en la Tabla 16.

Tabla 16. Composición proximal para el mejor tratamiento HIGC (harina de oca 2,00 % y gelatina sin sabor 1,25 %)

Componente	HIGC ^a	Postre comercial (flan) ^b
Humedad (%)	82,23	74,66
Cenizas (%)	0,57	0,92
Extracto etéreo (%)	0,14	2,90
Proteína (%)	1,94	2,86
Fibra (%)	0,07	0,10
Carbohidratos (%)	15,04	18,68

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos, 2015 ^a e INCAP (2012) ^b.

El postre lácteo desarrollado aporta nutrientes importantes para la dieta diaria y al

compararse con un producto comercial se estableció que presenta valores muy cercanos. El contenido de carbohidratos es similar al flan de vainilla; sin embargo, su aporte está asociado con la sacarosa añadida a la formulación y lactosa propia del suero dulce de quesería. Es bajo en grasa y su contenido de proteína proviene de la harina de oca, gelatina y las proteínas del lactosuero. El aporte de fibra es atribuido a la harina de oca y a la adición de CMC que además de ser un estabilizante se lo conoce como una fuente de fibra.

4.1.9. VIDA ÚTIL

En la determinación del tiempo de vida útil del mejor tratamiento experimental y sensorial (HIGC) se evaluó el crecimiento de microorganismos mohos y levaduras que influyen en el tiempo de vida útil del producto.

La cuantificación microbiológica (Tabla 17) se realizó considerando la norma técnica colombiana: requisitos para derivados lácteos de consumo humano, donde se establece un límite máximo de 500 ufc/g de mohos y levaduras para postres de leche pasteurizados (Norma Técnica Colombiana, 2010).

En base a los resultados obtenidos se elaboraron las curvas de cinética de deterioro (Fig. 23) del producto y a partir de la Ecuación 9 que rige el proceso se estimó el tiempo de vida útil; determinándose que el producto es microbiológicamente estable durante 32 días y a partir de este tiempo excede el límite máximo de crecimiento microbiano (500 ufc/g).

Tabla 17. Recuento microbiológico de mohos-levaduras en un postre lácteo a base de harina de oca y gelatina disperso en lactosuero dulce

Tiempo (Días)	Recuento de mohos y levaduras (ufc/g)
0	20
8	40
16	160
24	200
32	460

Estos resultados son superiores al tiempo de estabilidad presentado por diferentes autores (Aragon *et al.*, 2007; Corrêa *et al.*, 2008; Magariños *et al.*, 2008; Ozcan *et al.*, 2010) quienes obtuvieron entre 21 y 28 días de vida útil para postres de

diferente composición siendo los más estables el mousse de chocolate y el flan de coco y más perecibles aquellos postres con harina de arroz y leche con salsa de arándanos. La variación en el tiempo de vida útil puede deberse al tipo de conservante añadido (sorbato de potasio) y a los ingredientes empleados en cada una de las formulaciones.

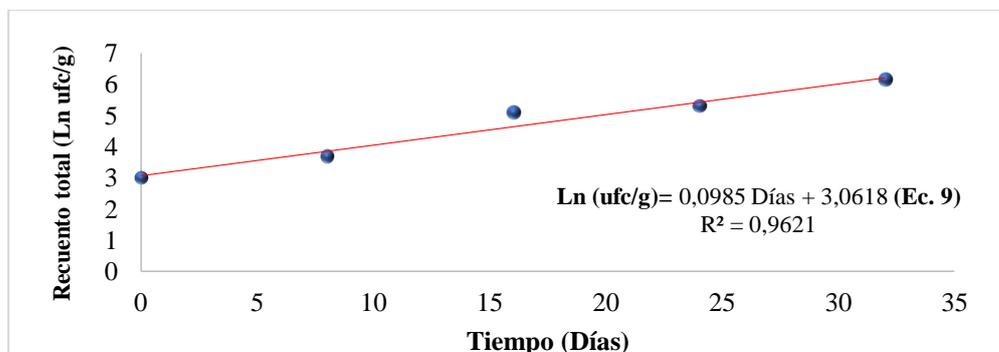


Figura 23. Cinética de deterioro microbiológico de postre lácteo a base de harina de oca y gelatina dispersos en lactosuero dulce

4.1.10. COSTOS DE PRODUCCIÓN

En base a la formulación del mejor tratamiento experimental y sensorial se determinaron los rubros indispensables para la elaboración del postre lácteo y en función de estas concentraciones se estableció el costo de producción para porciones individuales de 250 g como se muestra en la Tabla 18.

Para la determinación del costo de producción se consideró materia prima, insumos, equipamiento básico y mano de obra como se detalla en los Anexos 1 y 2; determinándose que cada porción puede comercializarse en 0,81 USD, un precio competitivo para un producto con un aporte nutricional importante y que puede ser consumido por niños y adultos.

Tabla 18. Costo de producción de 200 L de postre elaborado con 2,00 % de harina de oca y 1,25 % de gelatina sin sabor en envases plásticos de 250 g

Concepto	Costos	
	Fijos	Variables
1. Materiales directos		2845,74
2. Materiales indirectos		456,68
3. Mano de obra		366,00
4. Insumos	30,25	
5. Reparación y mantenimiento	54,00	
6. Equipos	2700,00	
7. Depreciación	450,00	3668,42
Costos fijos + costos variables	3234,25	7336,85
Subtotal	10571,10	
15 % participación trabajadores	1585,66	
25 % Impuesto a la renta	2642,77	
Total de costo de funcionamiento	14799,53	
Total de unidades producidas	18267,00	
Costo unitario/250 g de postre		0,81

4.2. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

En base a los resultados obtenidos mediante el diseño de superficie de respuesta a un nivel de significancia de 95 % ($\alpha=0,05$; $p>0,05$), se estableció que existe un efecto de la concentración de harina de oca y gelatina sin sabor en las propiedades de textura de las formulaciones desarrolladas, aceptándose la hipótesis nula por lo tanto al incrementar la concentración de uno de los componentes existe un cambio en el perfil de textura de los postres desarrollados. Sin embargo, para la viscosidad se determinó que no existe un efecto significativo de los componentes sobre este parámetro reológico y que los cambios pueden atribuirse al tipo de estabilizante empleando en la elaboración del postre lácteo y a las propiedades funcionales de las proteínas del suero por lo que pueden aportar una sensación de cremosidad a los alimentos a los que se les ha añadido permitiendo su utilización como sustituto de grasa (Richter *et al.*, 2011).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La evaluación del comportamiento reológico de nueve formulaciones de postre lácteo a base de harina de oca (*Oxalis tuberosa*) y gelatina sin sabor presentaron cambios en la cohesividad, elasticidad, firmeza, masticabilidad y gomosidad al cambiar la concentración de los componentes. Sin embargo, la viscosidad no presentó cambios estadísticamente significativos en las muestras evaluadas.
- Las nueve formulaciones de postre lácteo desarrollado no evidenciaron cambios en la viscosidad por efecto del incremento o disminución de los ingredientes; por lo tanto se observó valores bajos de viscosidad en las muestras HBGB (2,29 % harina de oca, 0,72 % gelatina sin sabor), HCGC (3,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HIGC (2,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor), HBGA (2,29 % harina de oca, 1,78 % gelatina sin sabor) y HAGB (3,71 % harina de oca, 0,72 % gelatina sin sabor) con 0,39; 0,62; 0,72; 0,75 y 0,80 Pa.s, respectivamente. Mientras que las muestras HCGI (3,00 % harina de oca, 0,50 % gelatina sin sabor), HAGA (3,71 % harina de oca, 1,78 % gelatina sin sabor), HDGC (4,00 % harina de oca, 1,25 % gelatina sin sabor) y HCGD (3,00 % harina de oca, 2,00 % gelatina sin sabor) presentaron valores superiores de viscosidad con 1,26; 2,51; 3,44 y 3,46 Pa.s. respectivamente. El ensayo evidencio que el efecto combinando de la de harina de oca (2,00 a 4,00 %) y gelatina sin sabor (0,50 a 2,00 %) produce la modificación de la viscosidad, independientemente de la proporción individual de los componentes; este efecto se lo puede atribuir a otros factores como la CMC y las proteínas del lactosuero. La CMC tiene la propiedad de aportar al fluido un comportamiento pseudoplástico y las proteínas le dan una sensación de cremosidad y al combinarse con la harina de oca y la gelatina pudieron efectuar un trabajo sinérgico sobre los parámetros reológicos del producto.
- A partir del análisis de perfil de textura se determinó la cohesividad (2,06-16,90), la elasticidad (14,95-19,07 mm), la firmeza (0,35-2,60 N), la

masticabilidad (5,26- 49,60 J) y la gomosidad (0,34-2,59 N). Los cambios fueron atribuidos a la variación de los componentes siendo estadísticamente significativo ($p < 0,05$) el efecto de la concentración de gelatina sobre las propiedades de textura.

- La selección del mejor tratamiento se realizó en función del APT y análisis sensorial; puesto que en la viscosidad de las muestras no se observó una variación estadísticamente significativa ($p > 0,05$), escogiéndose el tratamiento HIGC (2,00 % de harina de oca y 1,25 % de gelatina sin sabor) por su elasticidad, firmeza y la sensación bucal que produce su masticabilidad, cohesividad y gomosidad. Esto se confirmó mediante un panel sensorial presentando mayor aceptabilidad que las 8 formulaciones restantes.
- La composición proximal del mejor tratamiento desarrollado se realizó en función del contenido de humedad, grasa, proteína, carbohidratos fibra y cenizas; estableciéndose que por la naturaleza de sus componentes este presentó un alto contenido de carbohidratos (15,04 %) proteína (1,94 %) y fibra (0,07 %).
- La estimación del tiempo de vida útil y el costo de producción a nivel de laboratorio se realizó del mejor tratamiento, determinándose que el producto se mantiene estable hasta por 32 días a 5 °C sin observarse cambios microbiológicos en la apariencia ni las propiedades sensoriales. Su costo de producción es de 0,81 USD para una porción de 250 g.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para la estandarización de la materia prima es recomendable realizar un control del estado de madurez de la oca y un control fisicoquímico del lactosuero dulce, de tal manera que se mantenga las propiedades del producto final.
- En base a los resultados obtenidos en la viscosidad se plantea trabajar con distintas concentraciones de estabilizante (CMC) y lactosuero dulce con la finalidad de observar cambios en las propiedades reológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, J. (1996). *Principios de Ingeniería Aplicados a los Alimentos*. Ambato-Ecuador.
- Aragon, L., Alegro, J., Cardarelli, H., Chiu, M., y Saad, S. (2007). Potentially probiotic and synbiotic chocolate mousse. *LWT – Food Science and Technology*, 40(4), 669-675.
- Arcia, P. (2010). *Optimización de la aceptabilidad de un postre lácteo con carácter prebiótico*. (Master en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos), Universidad Politécnica de Valencia, Valencia-España.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (PEARSON Educación Ed. Cuarta ed.). México-DF.
- Barrera, V., Tapia, C., y Monteros, A. (2004). Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos In Centro Internacional de la Papa, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias y Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (Eds.). Quito, Ecuador-Lima, Perú.
- Bermejo, N. (2010). *Efecto de diferentes niveles de harina de Quinoa en la elaboración de una bebida proteica de lactosuero*. (Tesis de Grado previa a la obtención del título de Ingeniera en Industrias Pecuarias), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.
- Blandón, S. (2012). Determinación de características físicas y químicas de frutas y hortalizas (pp. 1-6). Recinto Universitario Augusto C. Sandino: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Bourne, M. (2002). *Food Texture and Viscosity* (E. S. y. T. Books Ed. 2nd ed.).
- Brito, B., Espín, S., Villacrés, E., Merino, F., y Soto, L. (2003). El endulzamiento de la oca una alternativa para la agroindustria rural en el Ecuador *INIAP-*

- Cadima, X., García, W., y Ramos, J. (2003). Conservación y Producción de la Papalisa (*Ullucus Tuberosus*). *Fundación PROINPA Programa Colaborativo de Manejo, Conservación Y Uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (RTAs), Proyecto Papa Andina, Cochabamba, 84.*
- Caiza, C. (2010). *Elaboración y valoración nutricional de tres productos alternativos a base de oca (Oxalis tuberosa) para escolares del proyecto Runa Kawsay.* (Bioquímico Farmacéutico), Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba-Ecuador.
- Cajamarca, E. (2010). *Evaluación Nutricional de la oca (Oxalis tuberos sara-oca) fresca, endulzada y deshidratada en secador de bandejas.* (Tesis de Grado Previo a la obtención del Título de Bioquímico Farmacéutico), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.
- Callejas, J., Prieto, F., Reyes, V., Marmolejo, Y., y Méndez, M. (2012). Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo *Ciencia de la tierra y Materiales, 22.*
- Casas, N., y Pardo, D. (2005). Análisis del perfil de textura y propiedades de relajación de geles de mezclas de almidón de maíz ceroso entrecruzado-gelana. *Revista mexicana de Ingeniería Química, 4(I), 107-121.*
- Castro, C. (2011). *Características físicas y sensoriales de postres lácteos. Influencia del contenido en grasa y del espesante.* (Tesis previa a la Obtención del Título de Master en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos), Universidad Politécnica de Valencia.
- Cochran, W., y Cox, G. (1974). *Diseños Experimentales* (Trillas. Ed.). México.
- Corrêa, S., Castro, I., y Saad, S. (2008). Probiotic potential and sensory properties of coconut flan supplemented with *Lactobacillus paracasei* and *Bifidobacterium*

lactis, during shelf life of the product. *International Journal of Food Science and Technology*, Oxford, 43(9), 1560-1568.

Cuellas, A. (2010). Aprovechamiento industrial del suero de quesería. Obtención de una bebida energizante a partir del efluente. Retrieved Mayo 10, 2015, from http://www.portalechero.com/innovaportal/v/3378/1/innova.front/aprovechamiento_industrial_del_suero_de_queseria_obtencion_de_una_bebida_energizante_a_partir_del_efluente.html

Chóez, J. (2011). *Elaboración de una bebida hidratante a base de lactosuero y enriquecida con vitaminas*.

Di Bartolo, E. (2005). Guía para la elaboración de helados. In G. Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentos (Ed.).

Espín, S., Villacrés, E., y Brito, B. (2004). Caracterización Físico-Química Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. In Estación Experimental Santa Catalina (INIAP) (Ed.), *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador* (pp. 100). Quito.Ecuador.

Estrella, E. (1998). *El pan de América* (Abya-Yala Ed. Tercera ed.). Quito-Ecuador.

Fairlie, T., Morales, M., y Holle, M. (1999). *Raíces y tubérculos Andinos* (Centro Internacional de la Papa (CIP) Ed.). Lima-Perú.

Franchi, O. (2010). Suero de leche, propiedades y usos. Retrieved Mayo 3, 2015, from <http://es.scribd.com/doc/47261459/Suero-de-leche-propiedades-y-usos>

García, K. (2015). *Elaboración de cerveza artesanal a partir de almidón extraído de tubérculos andinos*. . (Bioquímico Farmacéutico), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. .

Gómez, C., y Palma, S. (2013). *Libro blanco del azúcar* (EDIMSA Ed.): Madrid-España.

- Guerrero, W., Castro, J., Gómez, C., y González, C. (2009). Lactosuero y su problemática en el medio ambiente. Monterrey, Nuevo León: Centro de Investigaciones Químicas, ICBI, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.
- Gutiérrez, L. (2013). *Efecto del tipo de carnaza sobre las propiedades reológicas del licor de gelatina pura de origen bovino*. (Trabajo de Investigación de Manera Independiente (TEMI). Previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos), Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador.
- Ibarz, A., y Barbosa, G. (2003). *Unit Operations in Food Engineering* (CRC Press LLC Ed.). Boca Raton-USA.
- INCAP. (2012). Tabla de Composición de Alimentos.
- INEC. (2013). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2013: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- INEN. (2011). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2594. Suero de Leche Líquido. Requisitos.
- Jativa, H. (2012). *Caracterización físico, química y nutricional de la oca (Oxalis tuberosa) cultivada en diferentes suelos edafológicos del Ecuador*. (Tesis previa la obtención del Título de Ingeniera en Industrialización de Alimentos), Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito-Ecuador.
- Labuza, T. (1979). *Open Shelf-Life Dating of Food* Washington D.C.-EE.UU.: Offices of Technology Assessment.
- Lau, H., Tang, J., y Paulson, A. (2000). Texture profile and turbidity of gellan/gelatin mixed gels. *Food Research International*, 33, 665-671.
- Magariños, H., Cartes, P., Fraser, B., Selaive, S., Costa, M., Figuerola, F., y Pizarro, O. (2008). Viability of probiotic micro-organisms (*Lactobacillus casei* Shirota

and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*) in a milk-based dessert with cranberry sauce. *International Journal of Dairy Technology*, Huntingdon, 61(1), 96-101.

mapasecuador.net (Cartographer). Mapa de la Organización Territorial de Cotopaxi. Retrieved from <http://www.mapasecuador.net/mapa/mapa-cotopaxi-mapa-division-politica.html>

Martínez, G., Uresti, R., Ramírez, J., y Velazquez, G. (2011). Extracción y caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas de gelatina de piel de trucha. *Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada - Querétaro*.

Martínez, K. (2015). *Evaluación de diferentes variedades de Oxalis Tuberosa (Oca) para la obtención de harina con fines industriales* (Ingeniera Agroindustrial), Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo-Ecuador.

Miccolo, M., Olivares, M., y Rubiolo, A. (2015). Caracterización reológica de postres de chocolate a base de proteínas de lactosuero y almidón modificadoLa. *La Alimentación Latinoamericana*, 316.

MIPRO. (2013). Políticas Industriales en el Sector de Alimentos: Ministerio de Industrias y Productividad.

Mleko, S., y Gustaw, W. (2002). Rheological changes due to substitution of total milk proteins by whey proteins in dairy desserts. *Journal of Food Science and Technology*, 39(2), 170-172.

Requisitos para derivados lácteos para consumo humano (2010).

Ozcan, T., Yilmaz, L., Akpınarbayazit, A., Sahin, O., y Aydinol, P. (2010). Viability of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium bifidum* BB-12 in rice pudding. *Mljekarstvo, Croatia*, 60(2), 135-144.

- Palate, J. (2013). *Estudio del efecto de la temperatura y el tiempo de las características físico-químicas y sensoriales de la oca (Oxalis tuberosa) durante su maduración*. (Trabajo de Investigación de Manera Independiente (TEMI). Previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos.), Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador.
- Panesar, P., Kennedy, J., Gandhi, D., y Bunko, K. (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*, 105: 1-14.
- Parra, R. (2009). Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Volumen 62, N° 1, 2009*.
- Posada, K., Terán, M., y Ramírez, J. (2011). Empleo de lactosuero y sus componentes en la elaboración de postres y productos de confitería. *Revista La Alimentación Latinoamericana N° 292*.
- Quintáns, A. (2013). Tendencias actuales en la valoración del suero de quesería. Retrieved Mayo 8, 2015, from http://www.publitec.com/system/noticias.php?id_prod=363
- Ramírez, M. (2006). *Elaboración de un postre lácteo con incorporación de gomas de algarrobo (Prosopis chilensis (Mol) Stuntz) y tara (Caesalpinia spinosa)*. (Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo), Universidad de Chile, Santiago-Chile.
- Ramirez, S. (2006). *Fundamentos de Reología de Alimentos* (J. e-books Ed.). Cali-Colombia.
- Ramírez, S. (2015). La agricultura e industria abarcan el 59% de la economía de Cotopaxi. Retrieved Octubre 15, 2015, from <http://www.elcomercio.com/actualidad/agricultura-industria-provincia-cotopaxi-manufactura.html>
- Rebollo, L. (2008). *Manual de procedimientos para el desarrollo de un helado*

reducido en calorías (Ingeniería en alimentos), Universidad Autónoma de México, Cautitlán-México.

Richter, F., Pereira, B., Meira, J., Haminiuk, C., y Bileski, L. (2011). Apparent Viscosity of a Skim Milk Based Dessert: Optimization through Response Surface Methodology. *Food of Nutrition Science*, 2, 90-95.

Romero, R., y Mestres, J. (2004). *Productos lácteos. Tecnología* (Universidad Politécnica de Catalunya Ed.). Catalunya-España.

Saltos, A. (2012). *Sensometría Análisis en el Desarrollo de Alimentos Procesados* (Pedagógica Freire Ed.). Riobamba-Ecuador.

Sánchez, R. (2013). La química del color de los alimentos. *Química viva*, 12, 234-246.

Serna-Cock, L., Velásquez, M., y Ayala, A. A. (2010). Effect of ultrafiltration on the rheological properties of edible gelatin of bovine origin. *Informacion Tecnologica*, 21(6), 91-102. doi: 10.1612/inf.tecnol.4418it.10

Silva, H. (1978). *Rendimiento en el almidón, materia seca y harina en cincuenta clones de Oca*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco-Perú.

Singh, P., Valentas, K., y Rotstein, E. (1997). *Handbook of Food Engineering Practice* (CRC Press LLC Ed.). Boca Raton-New York.

Suquilanda, M. (2002). Producción orgánica de cultivos andinos. Retrieved Mayo 12, 2015, from http://www.mountainpartnership.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf

Szczesniak, A. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13, 215-225.

- Tapia, M., y Fries, A. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. *FAO y ANPE*, 43.
- Tárrega, A., Durán, L., y Costell, E. (2005). Rheological characterization of semisolid dairy desserts. Effect of temperature. *Food Hydrocolloids, Vol 19: 133-139*.
- Toledo, R. (2007). *Fundamentals of Food Process Engineering* (Aspen Publishers Ed. Third ed.). U.S.A.
- Vaclavik, V. (1998). *Elementos Esenciales de la Ciencia de los Alimentos* (Acribia S.A. Ed. Primera ed.). Zaragoza-España.
- Vélez, J., González, T., y Costell, E. (2004). Caracterización Reológica de Sistemas Modelos de Natillas. *Departamento de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos*.
- Vidigal, M., Minim, V., Ramos, A., Ceresino, E., Diniz, M., Camilloto, G., y Minim, L. (2012). Effect of whey protein concentrate on texture of fat-free desserts: sensory and instrumental measurements. *Department of Food Technology*, 32(2):412-418.

ANEXOS

ANEXO 1. COSTO DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE OCA

Tabla 19. Materiales directos para el procesamiento harina de oca

Materiales Directos				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total
Oca	Kg	5000	0,40	2000,00
Metabisulfito	Kg	1	2,60	2,60
Total				2002,60

Tabla 20. Materiales indirectos para el procesamiento harina de oca

Materiales Indirectos				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total
Fundas de sellado hermético	Caja x 1000 unidades	6	56,00	336,00
Juego de utensilios	Unidad	3	30,00	90,00
Total				426,00

Tabla 21. Insumos para el procesamiento harina de oca

Insumos				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total
Agua potable	m ³ /mes	25	0,89	22,30
Luz eléctrica	KW/mes	40	0,20	8,00
Total				30,30

Tabla 22. Reparación y mantenimiento de equipos para el procesamiento harina de oca

Reparación y Mantenimiento			
Concepto	Unidad	Cantidad	Total (USD)
Equipamiento	Unidad	2 %	44,20

Tabla 23. Equipos para el procesamiento harina de oca

Equipos				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total
Túnel de secado	Unidad	1	1500,00	1500,00
Balanza Kg	Unidad	1	180,00	180,00
Tamizador	Unidad	1	30,00	30,00
Molino	Unidad	1	500,00	500,00
Total				2210,00

Tabla 24. Depreciación de los equipos para el procesamiento harina de oca

Depreciación		
Concepto	%	Total (USD)
Túnel de secado	20	300,00
Balanza Kg	5	9,00
Tamizador	5	1,50
Molino	20	100,00
	Total	410,50

Tabla 25. Costos de producción para el procesamiento de 5000 Kg de oca en harina

Costos de producción		
Concepto	Costos	
	Fijos	Variables
Materiales directos		2002,60
Materiales indirectos		426,00
Insumos	30,30	
Reparación y mantenimiento	44,20	
Equipos	2210,00	
Depreciación	410,50	
Suma de costos fijos y costos variables	2695,00	2428,60
Subtotal	5123,55	
15 % participación trabajadores	768,53	
25 % Impuesto a la renta	1280,89	
Total de costo de funcionamiento	7172,97	
Total de unidades producidas	850,00	
Costo unitario/Kg harina		8,44

ANEXO 2. COSTO DE PRODUCCIÓN DE POSTRE LÁCTEO

Tabla 26. Materiales directos para la producción de postre lácteo

Materiales Directos				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total
Harina de oca	Kg	80	8,44	675,10
Lactosuero	L	4000	0,06	240,00
Gelatina sin sabor	Kg	50	15,00	750,00
Azúcar	Kg	400	1,80	720,00
Colorante	L	0,8	0,05	0,04
Estabilizante (CMC)	Kg	20	13,00	260,00
Saborizante	L	12	0,05	0,60
Sorbato de Potasio	Kg	4	50,00	200,00
Total				2845,74

Tabla 27. Materiales indirectos para la producción de postre lácteo

Materiales Indirectos				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total
Envases plásticos	Caja x 100 unidades	18251	2,50	456,28

Tabla 28. Insumos para la producción de postre lácteo

Insumos				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total
Agua potable	m ³ /mes	25	0,89	22,30
Luz eléctrica	KW/mes	40	0,20	8,00
Total				30,30

Tabla 29. Reparación y mantenimiento de equipos para la producción de postre lácteo

Reparación y Mantenimiento			
Concepto	Unidad	Cantidad	Total (USD)
Equipamiento	Unidad	2 %	54,00

Tabla 30. Equipos para la producción de postre lácteo

Equipos				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total
Marmita	Unidad	1	2100,00	2100,00
Balanza (g)	Unidad	1	100,00	100,00
Refrigerador	Unidad	1	500,00	500,00
			Total	2700,00

Tabla 31. Depreciación de equipos para la producción de postre lácteo

Depreciación		
Concepto	%	Total (USD)
Marmita	20	420,00
Balanza Kg	5	5,00
Refrigerador	5	25,00
Total		450,00

Tabla 32. Mano de obra para la producción de postre lácteo

Mano de Obra	
Operario	Salario (USD)
1	366,00

Tabla 33. Costo de producción de 200 L de postre elaborado con 2,00% de harina de oca y 1,25 % de gelatina sin sabor en envases plásticos de 250 g

Concepto	Costos	
	Fijos	Variables
1. Materiales directos		2845,74
2. Materiales indirectos		456,68
3. Mano de obra		366,00
4. Insumos	30,25	
5. Reparación y mantenimiento	54,00	
6. Equipos	2700,00	
7. Depreciación	450,00	3668,42
Costos fijos + costos variables	3234,25	7336,85
Subtotal	10571,10	
15 % participación trabajadores	1585,66	
25 % Impuesto a la renta	2642,77	
Total de costo de funcionamiento	14799,53	
Total de unidades producidas	18267,00	
Costo unitario/250 g de postre		0,81

ANEXO 3. ARREGLO FACTORIAL PARA LA EVALUACION SENSORIAL

$t=9$; $k=4$; $r=8$; $b=18$, $\lambda=3$, $E=0,84$, Tipo II

Catador		Tratamientos		
1	1	4	6	7
2	2	6	8	9
3	1	3	8	9
4	1	2	3	4
5	1	5	7	8
6	4	5	6	9
7	2	3	6	7
8	2	4	5	8
9	3	5	7	9
10	1	2	5	7
11	2	3	5	6
12	3	4	7	9
13	1	2	4	9
14	1	5	6	9
15	1	3	6	8
16	4	6	7	8
17	3	4	5	8
18	2	7	8	9

ANEXO 4. HOJA DE CATA

HOJA DE CATA PARA POSTRE LÁCTEO A BASE DE HARINA DE OCA (*Oxalis tuberosa*) Y GELATINA DISPERSOS EN LACTOSUERO DULCE”

Nombre: _____

Fecha: _____

Instrucciones: Sírvase probar las siguientes muestras y marque con una (X) la alternativa que mejor describa su percepción.

Característica	Escala	Alternativa	Muestras			
			xxx	xxx	xxx	xxx
COLOR	1	Disgusta mucho				
	2	Disgusta				
	3	Ni gusta Ni disgusta				
	4	Gusta				
	5	Gusta mucho				
OLOR	1	Disgusta mucho				
	2	Disgusta				
	3	Ni gusta Ni disgusta				
	4	Gusta				
	5	Gusta mucho				
SABOR	1	Disgusta mucho				
	2	Disgusta				
	3	Ni gusta Ni disgusta				
	4	Gusta				
	5	Gusta mucho				
TEXTURA	1	Muy blanda				
	2	Blanda				
	3	Ni blanda ni firme				
	4	Firme				
	5	Muy firme				
ACEPTABILIDAD	1	Disgusta mucho				
	2	Disgusta				
	3	Ni gusta Ni disgusta				
	4	Gusta				
	5	Gusta mucho				

Observaciones _____

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

ANEXO 3. INFORME DE ENSAYO DE COMPOSICIÓN PRÓXIMAL

MC-LSAIA-2201-03

	<p>INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS Panamericana Sur de Quito Km. 1. Cutuglagua Tifs. 3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</p>	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 15-233

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. María Belén Amores
DIRECCION: Latacunga
FECHA DE EMISION: 02/09/2015
FECHA DE ANALISIS: Del 9 al 18 de agosto de 2015

INSTITUCION: Particular
ATENCION: Srta. María Belén Amores
FECHA DE RECEPCION.: 07/08/2015
HORA DE RECEPCION: 09H00
ANALISIS SOLICITADO Proximal, humedad

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS	E.E.	PROTEÍNA	FIBRA	E.L.N.	IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.03	MO-LSAIA-01.04	MO-LSAIA-01.05	MO-LSAIA-01.06	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970						
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
15-1327	82,23	0,57	0,14	1,94	0,07	15,04	Postre lácteo

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Armande Rubio
RESPONSABLE DE CALIDAD




Dr. Iván Samaniego, MSc.
RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, esta solo es válida para el destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.