

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación
**Desarrollo de un queso Mozzarella reducido en grasa mediante la
adición de inulina Orafti®GR.**

Estudiante

Adrián Alejandro López Mejía

Regina Valeria Solito Puente

Asesores

Adriana Hernández, D.Sc.

Raúl Espinal, Ph.D.

Honduras, octubre 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora del departamento de Agroindustria Alimentaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos	7
Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
Materiales y Métodos	13
Localización del Estudio	13
Insumos Utilizados	13
Pruebas Preliminares	13
Diseño Experimental	14
Análisis Estadístico	15
Proceso de Elaboración del Queso Zamorella con Inulina.....	15
Análisis Microbiológicos.....	19
Métodos para Análisis Microbiológicos	19
Análisis Sensorial.....	19
Análisis Físicoquímicos del Producto	20
Análisis de Textura	20
Análisis de Color.....	22
Análisis de Humedad.....	22
Análisis de Ceniza	23
Extracción de Grasa Cruda.....	24
Análisis de Proteína.....	25

Análisis de Fibra Dietética	26
Resultados y Discusión.....	28
Análisis Microbiológicos.....	28
Análisis Sensorial.....	28
Apariencia	28
Olor	29
Textura	30
Sabor	31
Aceptación General.....	31
Análisis fisicoquímicos	34
Color.....	34
Textura	36
Análisis Químicos del Producto.....	40
Análisis de Humedad.....	40
Extracción de Grasa Cruda	41
Cenizas	41
Análisis de Proteína.....	42
Análisis de Fibra Dietética	43
Etiqueta Nutricional	44
Conclusiones	46
Recomendaciones.....	47
Referencias.....	48
Anexos.....	51

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Formulación de queso Zamorella de la Planta de Lácteos.....	14
Cuadro 2 Formulaciones de queso Zamorella al reemplazar grasa por Inulina con base a 1 kg.....	14
Cuadro 3 Resultados del Conteo de Coliformes Totales en los lotes de queso Zamorella destinado al Análisis Sensorial. Testigo y tratamientos.	28
Cuadro 4 Resultados de Análisis Sensoriales para las características de Apariencia, Olor y Textura de queso Zamorella. Testigo y tratamientos.	31
Cuadro 5 Resultados de Análisis Sensoriales para las características de Sabor y Aceptación General de queso Zamorella. Testigo y tratamientos.	32
Cuadro 6 Análisis de correlación de los Atributos apariencia, olor, textura y sabor, según análisis sensorial de queso Zamorella. Testigo y tratamientos.	33
Cuadro 9 Resultados de textura (Dureza ciclos 1 y 2) de queso Zamorella. Testigo y tratamiento con 30% de reducción en grasa.	37
Cuadro 10 Resultados de textura (adhesividad, elasticidad, cohesividad, firmeza y masticabilidad) de queso Zamorella. Testigo y tratamiento con 30% de reducción en grasa.....	40
Cuadro 11 Resultados de Análisis Humedad, Grasa y Cenizas de queso Zamorella. Testigo y tratamiento con 30% de reducción en grasa.	42
Cuadro 12 Resultados de Análisis de Proteína de queso Zamorella. Tratamiento con 30% de reducción en grasa.....	43
Cuadro 13 Resultados de Análisis de Fibra de Queso Zamorella con 30% de reducción de grasa.....	44
Cuadro 14 Etiquetado nutricional por porción (30 g) de queso Zamorella original vs. queso Zamorella con 30% de reducción en grasa.	45

Índice de Figuras

Figura 1 Flujo de proceso de queso Zamorella con contenido de inulina (Inicio-Cuajado)	16
Figura 2 Gráfica de atributos de apariencia, olor, sabor y aceptación general, según análisis sensorial de queso Zamorella. Testigo y tratamientos.....	33

Índice de Anexos

Anexo A Esquema de Método Coliformes totales	51
Anexo B Etiqueta Nutricional de Queso Zamorella	52
Anexo C Boleta de evaluación.....	53
Anexo D Espectrofotómetro portátil Color Flex Hunter L a b.....	54
Anexo E Cuadro de condiciones relativas al contenido de nutrientes (Anexo E) (RTCA 67.01.60:10, 2012)	55
Anexo F Representación de la red tridimensional de caseína en la cuajada	57

Resumen

Los patrones alimentarios ocasionan altos niveles de obesidad e incremento de enfermedades crónicas no transmisibles. El consumidor busca una mejor calidad de vida, lo que exige a la industria alimentaria a buscar soluciones. El objetivo del estudio fue desarrollar un queso Zamorella reducido en grasa con adición de inulina Orafti®GR. Se evaluaron cinco tratamientos: testigo (2.5% de grasa), R-15 (2.13 % grasa y 0.76% inulina), R-30 (1.55% grasa y 1.5% inulina), R-45 (1.38% grasa y 2.27% inulina), R-60 (1% grasa y 3.03% inulina), usando un BCA, con un nivel de significancia de 95%. Se realizó un ANDEVA con una separación de medias Duncan, y un análisis de correlación para determinar los atributos que influenciaron la aceptación general, además una prueba t-student al mejor tratamiento y testigo. Se realizaron pruebas microbiológicas de coliformes totales y un análisis sensorial de aceptación. Al testigo y tratamiento mejor aceptado sensorialmente se le realizaron pruebas de color, textura, humedad, grasa y cenizas. Asimismo, al tratamiento más aceptado se le hizo análisis de proteína y fibra, y una caracterización con medidas de tendencia central y dispersión. El tratamiento R-30 fue el más aceptado, obteniendo puntajes similares al testigo. Se determinó que al añadir inulina al queso Zamorella, aumentó la luminosidad de color, la dureza, cohesividad, y masticabilidad, mientras que disminuyó la adhesividad y se mantuvieron las características de elasticidad y firmeza. En las propiedades químicas hubo diferencia en grasa, humedad y cenizas. En el tratamiento R-30, disminuyó la grasa total, y la inclusión de fibra dietética.

Palabras clave: Alimentos saludables, análisis sensorial, humedad, prebiótico, textura.

Abstract

Eating patterns to bring about high levels of obesity and increase in non-communicable chronic disease (NCCD) in the Latin American countries and the Caribbean. Nowadays, consumer seek to lead a healthy life. This leads the food industry to look for solutions to meet these needs. In this context, the objective of this research was to develop a reduced-fat Zamorella Cheese with the addition of Orafiti®GR Inulin. Five treatments were appraised: control (2.5% fat), R-15 (2.13% fat and 0.76% inulin), R-30 (1.55% fat and 1.5% inulin), R-45 (1.38% fat and 2.27% inulin), R-60 (1% fat and 3.03% inulin). A BCA was used, with a level of significance of the model ($P < 0.05$) and an ANDVEA and a separation of Duncan means were performed. Each treatment was subjected to microbiological tests for total coliforms, a sensory acceptance analysis. The best accepted treatment (T-30) from the sensory analysis underwent tests for color, texture, fat, moisture, and ash, comparing it with the control treatment. Similarly, protein and fiber analysis were carried out on the treatment with the best acceptance from the assessment panel. It was found that adding inulin to Zamorella cheese while increased, color lightness, hardness, cohesiveness, and chewiness, while it decreased adhesiveness. The characteristics of elasticity and firmness remained unchanged. In the chemical composition significant differences were obtained ($P < 0.05$) in fat content, moisture, and ashes. In the analyzes carried out on R – 30 treatments, the decrease in total and saturated fat stands out and inclusion of dietary fiber.

Keywords: Healthy foods, moisture, prebiotic, sensory analysis, texture.

Introducción

Según Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2020), la leche y los productos lácteos incrementarán 1% con el aumento de la renta per cápita mundial, siendo en su mayoría productos procesados, destacando el queso como el segundo producto lácteo más importante en términos de sólidos, según la proyección 2020-29.

El consumo del hondureño promedio es alrededor de 110 kg de productos lácteos por año, de los cuales, 44.8 kg se deben al consumo de quesos de distintos tipos, siendo el queso Mozzarella, el 12.10% del total de quesos consumidos, es decir, 450 g aproximadamente (Montiel, 2005). Este queso es blando y elástico con una estructura fibrosa de largas hebras de proteínas orientadas en paralelo, que no presenta gránulos de cuajada (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2019).

Por otro lado, existe una preocupación por la transición nutricional de las poblaciones en América Latina y el Caribe, debido a patrones alimentarios, que dan lugar a altos niveles de obesidad y al incremento de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), como ser padecimiento del corazón, cerebrovasculares, cáncer y diabetes (De La Cruz, 2016).

El consumidor actual busca tener una vida sana y consumir alimentos saludables. Lo que conlleva a que la industria alimentaria busque soluciones que satisfagan esta necesidad, dando como resultado los alimentos funcionales. Estos se definen como un alimento que, además de su valor nutritivo, contiene componentes biológicamente activos que aportan algún efecto añadido y beneficioso para la salud y reducen el riesgo de contraer ciertas enfermedades (Beltrán de Heredia, 2016). También, son aquellos enriquecidos o reducidos en macro y micronutrientes, de modo que otorguen algún beneficio a la salud o reduzcan aquellos componentes que podrían ser perjudiciales.

El consumo adecuado de fibra dietética es esencial para prevenir enfermedades tales como la diabetes mellitus tipo 2, enfermedades cardiovasculares y obesidad (López et al., 2020). Según el

instituto de Medicina de los Estados Unidos de América, la ingesta recomendada es de 14 g / 1000 kcal (Almeida et al., 2014).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) “El consumo de grasas saturadas aumenta el colesterol LDL, y que los niveles elevados de colesterol LDL son un factor de riesgo reconocido para las enfermedades cardiovasculares”. A su vez la European food safety authority (2010) afirma que dado a que existe una relación lineal entre la ingesta de ácidos grasos saturados y el incremento en las concentraciones de lipoproteínas de baja densidad (LDL) en la sangre, no es factible establecer un punto de umbral en la ingesta de ácidos grasos saturados en el que no se observe un efecto perjudicial. Por lo tanto, la determinación de un nivel de ingesta superior tolerable también se torna impracticable. En virtud de esto se concluye que se debe minimizar al máximo la ingesta de ácidos grasos saturados en el marco de una dieta nutricionalmente completa. No obstante, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) si sugiere una cantidad diaria de ácidos grasos saturados que sea menor al 10% de la ingesta calórica diaria, lo cual en productos lácteos puede lograrse mediante el consumo de productos bajos en grasa o desnatados.

Con base en lo mencionado anteriormente, en este estudio se investigó los efectos sensoriales, físicos y químicos de la incorporación de un prebiótico en el queso “Zamorella”, adicionando inulina de cadena larga como fuente de fibra y sustituto de grasa. La finalidad del estudio es proponer un producto bajo en grasa y beneficioso para la salud de los consumidores; siendo un alimento funcional.

La inulina es un producto presente en plantas comestibles, la cual se extrae de la raíz de achicoria. Es un polisacárido no digerible por las enzimas del tracto gastrointestinal humano, pero si fermentable por las bacterias colónicas, la misma favorece a la salud ya que reduce el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, del tracto gastrointestinal, cáncer de colon, osteoporosis, diabetes y aumenta la actividad inmunológica del organismo (Moreno y Mackencie, 2017).

Este producto alimentario debería contribuir positivamente a la nutrición y bienestar de los consumidores. Esta premisa se fundamenta en la satisfacción de las demandas de un segmento de mercado enfocado en la adquisición de productos que promuevan la salud. En este contexto, el presente estudio se estructuró con el propósito de desarrollar un queso “Zamorella” fuente de fibra, reducido en grasa y alcanzar los siguientes objetivos:

Evaluar la aceptación del consumidor del producto “Zamorella” al ser formulado con distintas proporciones de inulina Orafti®GR y reducción de grasa.

Evaluar los atributos físicos, color y textura del producto “Zamorella” con reducción de grasa y sustitución por inulina Orafti®GR de mayor aceptación.

Estimar el contenido de humedad, grasa, cenizas, proteína y fibra en el producto “Zamorella” con reducción de grasa y sustitución de inulina Orafti®GR de mayor aceptación general.

Materiales y Métodos

Localización del Estudio

La investigación se realizó en la Planta de Lácteos, Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), Laboratorio de Microbiología de Alimentos (LMAZ) y Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada en el km 30 carretera Tegucigalpa-Danlí, Valle de Yeguaré, San Antonio, Francisco Morazán, Honduras.

Insumos Utilizados

Leche estandarizada al 2.5%, 2.1%, 1.7%, 1.3% y 1% de grasa, cultivos lácticos (*Lactococcus Lactis ssp. Y Lactococcus lactis ssp. Cremoris*), cloruro de calcio, agua, cuajo, sal, citrato de sodio, inulina Orafiti®GR brindados por la Planta de Lácteos.

Pruebas Preliminares

Se llevaron a cabo pruebas preliminares modificando la fórmula utilizada en la Planta de Lácteos, (Cuadro 1), con el propósito de evaluar características sensoriales, microbiológicas y fisicoquímicas de los quesos resultantes en comparación con el queso Zamorella. Con base en esto, se seleccionaron las formulaciones más idóneas como tratamientos para este estudio.

Se tomó como referencia el Anexo E del Reglamento Técnico Centroamericano, RTCA 67.01.60:10 (2012), el cual establece las pautas para etiquetar productos alimenticios preenvasados para la población a partir de los tres años de edad. Según estas pautas, un producto se considera reducido en grasa si contiene al menos 25% menos de grasa por porción o por 100 g, en comparación con el alimento de referencia, y este último no debe ser bajo en grasa. Realizando reducciones en grasa de 15, 30, 45 y 60% con respecto al producto testigo, considerándose reducidos en grasa los tratamientos al 30, 45 y al 60%.

Cuadro 1

Formulación de queso Zamorella de la Planta de Lácteos.

Ingredientes	Cantidad %
Leche entera	68.77
Leche descremada	30.88
Cultivo láctico	0.00
Cloruro de calcio (CaCl)	0.02
Cuajo	0.01
Sal	0.19
Citrato de sodio	0.12
Sorbato	0.01
Total	100

Diseño Experimental

Se evaluó Inulina a cuatro porcentajes de reducción de grasa (15, 30, 45 y 60%) en el queso Zamorella. Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), realizando tres repeticiones por tratamiento, de los que se obtuvieron 15 unidades experimentales. Con los tratamientos evaluados se buscó una reducción de grasa y aporte de fibra al queso Zamorella.

Los tratamientos se definieron de acuerdo con las reducciones propuestas por Mackencie et al. (2020), quienes evaluaron la influencia de la inulina en el contenido graso del queso Zamorella fresco y aromatizado. De esta manera, se establecieron los siguientes tratamientos: TRT-T (2.5% grasa y 0% de Inulina), TRT 1 (2.13% grasa y 0.76% inulina), TRT 2 (1.55% grasa y 1.5% inulina), TRT 3 (1.38% grasa y 2.27% inulina), TRT 4 (1% grasa y 3.03% inulina) (Cuadro 2).

Cuadro 2

Formulaciones de queso Zamorella al reemplazar grasa por Inulina con base a 1 kg.

Ingredientes %	Testigo ¹	Inulina			
		R-15 ²	R-30 ³	R-45 ⁴	R-60 ⁵
Leche entera al 2.5%	68.77	58.14	47.51	37.07	26.55
Leche descremada al 0.5%	30.88	41.33	51.81	62.24	72.65
Cultivo láctico	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027
Cloruro de calcio (CaCl)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Cuajo	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Sal	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18
Sorbato	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Citrato de sodio	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20
Inulina	0.00	0.09	0.19	0.28	0.37

Ingredientes %	Testigo ¹	Insulina			
		R-15 ²	R-30 ³	R-45 ⁴	R-60 ⁵
Total	100	100	100	100	100

Nota. ¹ Queso Zamorella testigo con 2.5% de grasa. ² tratamiento con 15% de reducción de grasa. ³ tratamiento con 30% de reducción de grasa. ⁴ tratamiento con 45% de reducción de grasa. ⁵ tratamiento con 60% de reducción de grasa.

Análisis Estadístico

El análisis estadístico para la evaluación de las diferencias significativas en las características microbiológicas y sensoriales se realizó a través de un análisis de varianza y con una separación de medias Duncan, con un nivel de significancia de 95%. Se realizó un análisis de correlación para identificar que características influenciaron significativamente la decisión de los panelista en la aceptación general. Para las pruebas fisicoquímicas (color, textura, grasa, humedad y ceniza) se realizó una prueba t-Student entre el testigo y el tratamiento mas preferido. A las pruebas correspondientes a proteína y fibra se les realizó una caracterización descriptiva con medidas de tendencia central y dispersión. Se utilizó el programa "Statistical Analysis System" (SAS versión 9.6).

Proceso de Elaboración del Queso Zamorella con Inulina

La elaboración de queso Zamorella se realizó acorde con el proceso delineado en la Figura 1, 1.1 y 1.2 . Se utilizó leche entera pasteurizada a 65 °C por 30 minutos y estandarizada al 2.5, 2.1, 1.7, 1.3 y 1% de grasa. La leche se enfrió a 32 °C y se acidificó agregando cultivo láctico (*Lactococcus lactis* ssp. y *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*) en proporción 1 g/1000 L de leche. Se añadió cloruro de calcio (CaCl) en proporciones de 20 mL/100 L junto con el cuajo, posteriormente se agregó inulina en proporciones (0, 0.09, 0.19, 0.28, 0.37%), generando coagulación enzimática por medio de la enzima quimosina en proporciones de 10 mL/100 L.

Se procedió a cortar la cuajada mientras se calentaba hasta llegar a 43 °C por 10 minutos para después desuerar y dejar reposar por 15 minutos. Se almacenó a una temperatura de 10 °C por 48 h, bajando su pH a 5.2 y su acidez a 3.1. Posteriormente, se procedió a fundir a 82 °C. Al fundido se le añadió sal al 0.18% y citrato de sodio al 0.12, 0.14, 0.16, 0.18, 0.20%. Para finalizar, se colocó el queso en moldes para su reposo y almacenamiento en cuarto frío a 4 °C/24 h.

Figura 1

Flujo de proceso de queso Zamorella con contenido de inulina (Inicio-Cuajado)

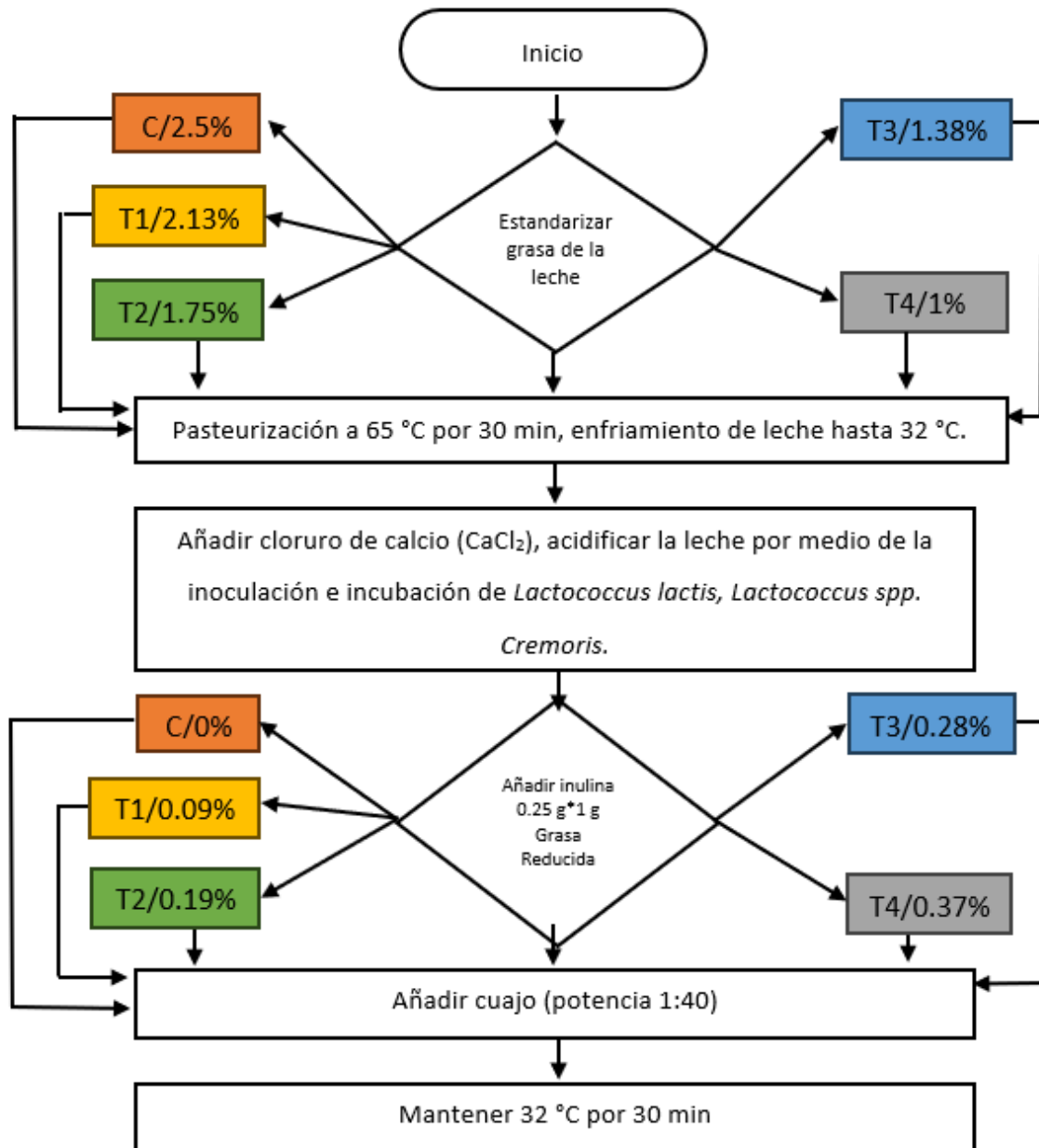


Figura 1.1

Flujo de proceso de queso Zamorella con contenido de inulina (Cortado-Final)

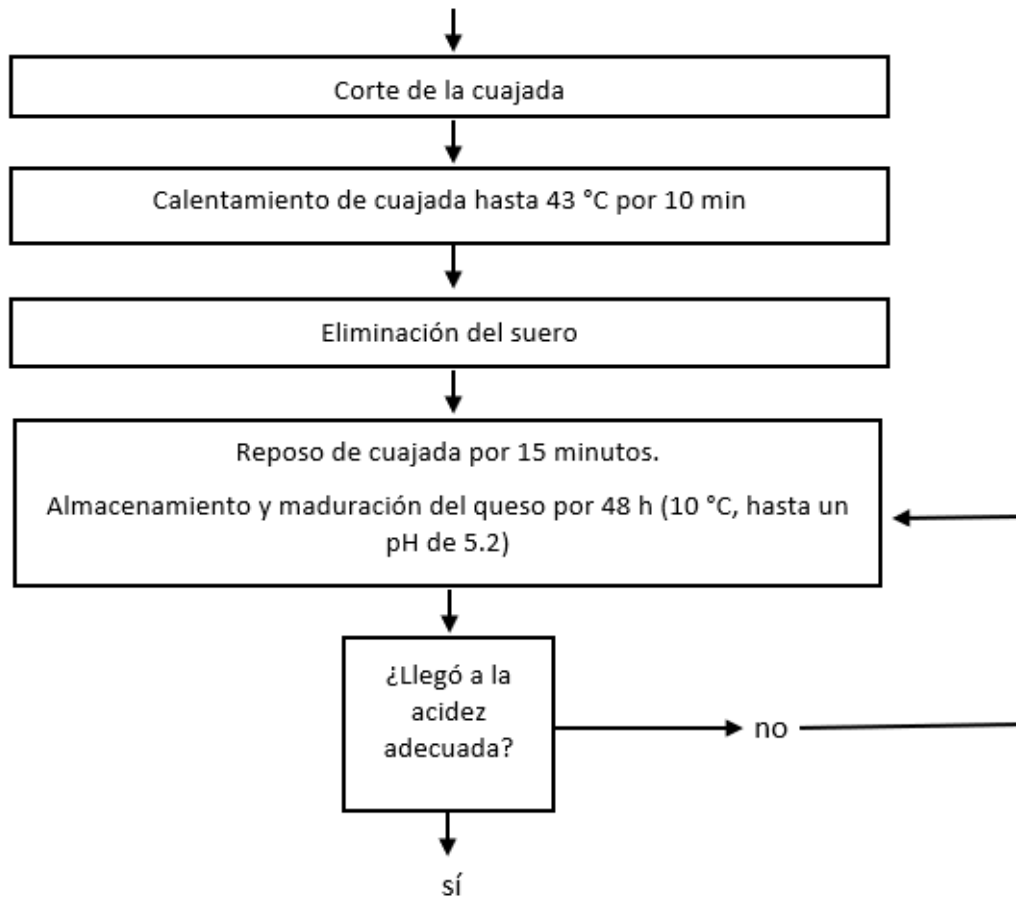
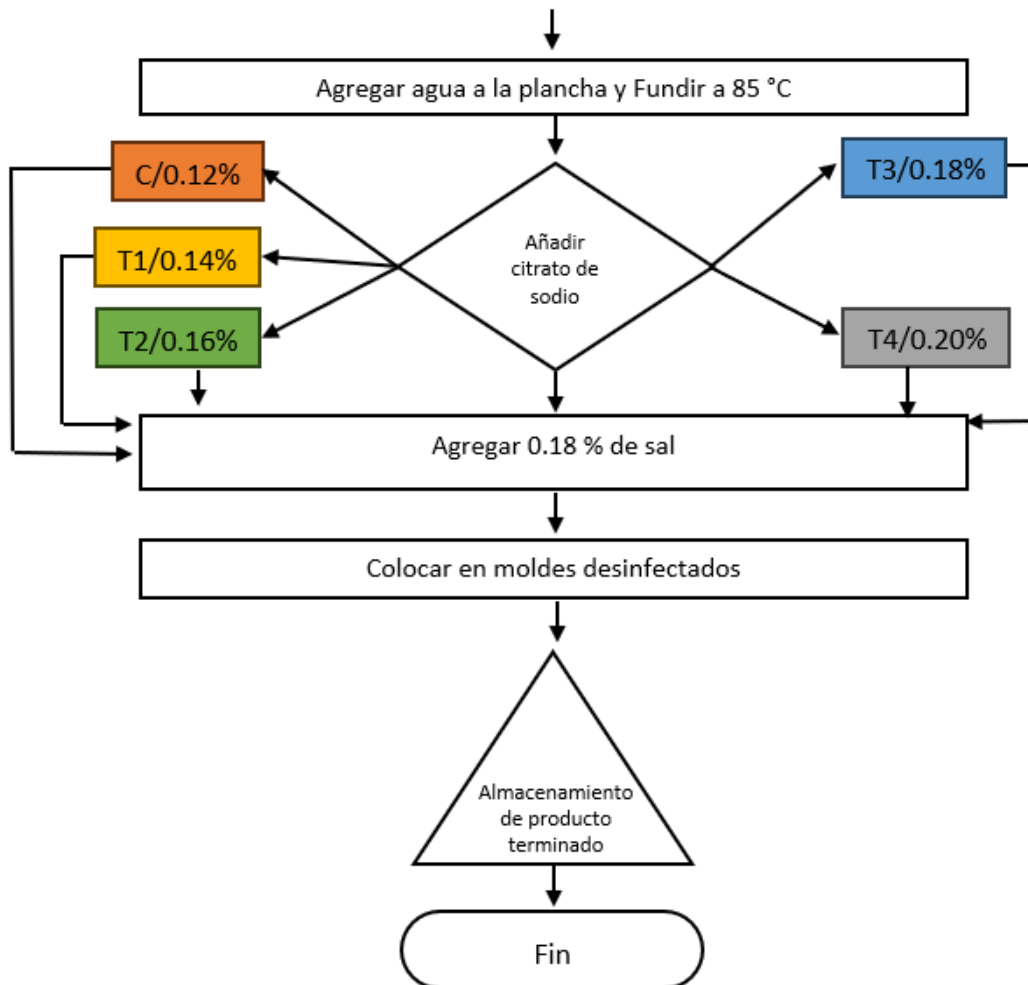


Figura 1.2

Flujo de proceso de queso Zamorella con contenido de inulina (Fundición-Fin)



Análisis Microbiológicos

Se realizaron análisis microbiológicos de coliformes totales. Estos análisis se ejecutaron en base a referencia del reglamento RTCA 67.04.50:17, clasificando al queso mozzarella en el inciso 1.8. para quesos madurados, procesados, sus mezclas de producto lácteo con aceite o grasa vegetal comestible y similares (Reglamento Técnico Centroamericano [RTCA], 2017). Dicho reglamento establece límite máximo de 10^2 UFC/g.

Métodos para Análisis Microbiológicos

Se realizó el análisis microbiológico de coliformes totales para cada tratamiento con el fin de verificar su inocuidad. Se realizaron dos diluciones por tratamiento que representan 10^{-1} y 10^{-2} . Se preparó 90 mL de agua peptonada y 10 g de muestra. La muestra se agitó en el homogeneizador peristáltico, (Stomacher) por 30 s y se transfirió 1 mL directamente al plato Petri representando la dilución 10^{-1} y 1 mL de muestra a un tubo de ensayo con 9 mL agua peptonada, para representar la dilución 10^{-2} . Posteriormente, se usó la técnica de vaciado en placa, inoculando 1 mL de cada dilución en platos Petri previamente identificados y se vertió el medio de cultivo Agar Bilis Rojo Violeta (ABRV) hasta cubrir 2/3 del plato. Los platos se movieron de manera suave con movimientos circulares y se esperó a que solidificaran, depositando la segunda capa. Para finalizar, se incubaron los platos Petri a 35 °C por 24 horas. Después de obtener como resultado la ausencia de bacterias, se llevó a cabo el análisis sensorial.

Análisis Sensorial

Se realizó un análisis sensorial afectivo para evaluar los 5 tratamientos utilizando una prueba de aceptación. Participaron 100 panelistas no capacitados, que fueron estudiantes de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se presentaron 5 muestras a cada panelista, con una cantidad de 15 g codificando cada muestra con números de tres dígitos que fueron seleccionados al azar.

En el análisis sensorial, los panelistas indicaron el nivel de agrado o rechazo de los atributos de apariencia, sabor, olor, textura, aceptación general, por medio de una escala hedónica de 1 a 5,

donde 1: significaba me desagrada mucho, 2: Me desagrada un poco, 3: No me agrada ni me desagrada, 4: me gusta un poco y 5: me gusta mucho, para evaluar atributos sensoriales de los 5 tratamientos.

Se llevó a cabo un análisis de varianza para el procesamiento de los datos y se aplicó una prueba de separación de medias Duncan para identificar las diferencias significativas con un nivel de significancia de 95%. También se realizó un análisis de correlación para determinar el grado de asociación entre la aceptación general y los atributos sensoriales de los tratamientos.

Análisis Físicoquímicos del Producto

Análisis de Textura

Siguiendo el método de análisis ASTM E83, ISO 9513 se utilizó un texturómetro Brookfield CT3/Instron para realizar un Texture Profile Analysis (TPA), el cual evaluó en ambos tratamientos los ciclos de dureza 1 y 2 (N), adhesividad (J), elasticidad (mm), cohesividad (adimensional), firmeza (N) y masticabilidad (J). El TPA busca imitar el comportamiento de la mordida bucal al momento de triturar o comprimir un alimento con el fin de cuantificar ciertos atributos reológicos del alimento que no podrían ser valorados con precisión a nivel sensorial. Por disponibilidad en este estudio se utilizó una guillotina de corte TA52, a una velocidad de 3 mm/s con una carga de activación de 0.067 N (67 mN), representando los dientes incisivos dispuestos en la cavidad bucal. El tamaño de muestra fue de 2 cm³ y se colocó sobre una mesa estándar TA-RT-KIT. Los resultados de todos los parámetros fueron proporcionados por el software del equipo después de haber realizado los dos ciclos de compresión. Se realizaron 3 repeticiones por tratamiento para obtener un promedio de cada parámetro evaluado.

Dureza.

“En los alimentos la dureza, es la fuerza requerida para comprimir una sustancia con los dientes molares o con la lengua y el paladar” (Zúñiga Hernández et al., 2007). De manera que la dureza se puede definir en alimentos como la resistencia total requerida para llevar a cabo la compresión o trituración de un alimento. Esta propiedad se determina mediante la realización de dos ciclos de

deformación específicos en los cuales se cuantifica la dureza 1 y dureza 2. Estos ciclos se emplean con el propósito de emular el proceso de masticación bucal y, de esta manera, evaluar la capacidad de un alimento para resistir las fuerzas aplicadas durante la masticación. Según Bermeo Capelo (2019) la dureza es la fuerza máxima para comprimir un alimento para la cual se toma en cuenta el ciclo 1 (dureza 1) o el ciclo 2 (dureza 2) de compresión.

Adhesividad.

La adhesividad “es el área de fuerza negativa en el primer mordisco y representa el trabajo requerido para superar las fuerzas atractivas entre la superficie del alimento y la superficie de otros materiales con los que el alimento entra en contacto. Se mide en unidades de trabajo, generalmente Joule” (González et al., 2015).

Elasticidad.

La elasticidad “se relaciona con la altura a la que el alimento se recupera durante el lapso entre el final del primer mordisco y el inicio del segundo. Mide cuánta estructura original del alimento se ha roto por la compresión inicial” (González et al., 2015).

Cohesividad.

La cohesividad “es la razón entre el área de fuerza positiva durante la segunda compresión y el área durante la primera compresión. Indica la habilidad de soportar rotura bajo compresión, representa la fuerza con la que están unidas las partículas. Es adimensional y un valor igual a uno indica que la muestra se recupera completamente luego de la primera compresión” (González et al., 2015).

Firmeza.

Según Castro Montero y Hombre Morgado (2007) la resistencia puede ser cuantificada, mediante la determinación de la resistencia a la rotura.

Masticabilidad.

La masticabilidad “es la medida de la energía requerida para masticar un sólido y desintegrarlo hasta que se pueda tragar” (González et al., 2015).

Análisis de Color

Se evaluó el color de los tratamientos usando el espectrofotómetro portátil ColorFlex Hunter EZ, se utilizó el método AN 1018.00. Antes de realizar la prueba, se calibró el equipo con los discos estándar blanco y negro. Posteriormente, se colocó cada muestra en el portaobjetos y se llevó a cabo la medición. De esta manera, se obtuvieron los valores L^* , a^* y b^* de la escala de triple estímulo. Mediante L^* se determinó la luminosidad (donde 0 es negro y 100 es blanco), a^* es un indicador de cromaticidad e indica la tonalidad del color rojo-verde (donde los valores positivos corresponden al rojo y los negativos al verde) y b^* indica color amarillo-azul (donde los valores positivos corresponden al amarillo y los negativos al azul).

Análisis de Humedad

Para determinar el contenido de humedad en los tratamientos de queso, se utilizó el método oficial AOAC 950.46B con un horno de convección. Se prepararon crisoles de porcelana a 105 °C durante 30 minutos para eliminar cualquier humedad en ellos, fueron enfriados en un desecador y se pesaron en una balanza analítica antes de colocar la muestra. A continuación, se colocó en cada contenedor 3.00 ± 0.05 g de muestra y se introdujeron las muestras en el horno de convección (Fisher Scientific 750 F) a 105 °C durante un total de 12 horas. Los crisoles fueron enfriados en un desecador durante 20 minutos y se registró el peso de cada contenedor con la muestra seca. Finalmente, se realizaron los cálculos de humedad utilizando la siguiente Ecuación 1:

$$H(\%) = \frac{(C+MH)-(C+MS)}{MH} \quad [1]$$

Donde:

H (%) = Porcentaje de humedad total.

C = Peso del crisol.

MH = Peso de muestra húmeda.

MS = Peso de muestra seca.

Análisis de Ceniza

Para realizar la determinación de cenizas en las muestras de queso Zamorella, se siguió el método AOAC 923.03 por incineración en seco. En primer lugar, se incineraron los crisoles de porcelana a 550 °C durante toda la noche. Luego, se pesaron dos crisoles secos (C) después de enfriarlos a 26 °C en un desecador para establecer un punto de referencia de peso.

A continuación, se añadieron con precisión 3.0050 g de muestra en cada crisol (C+MH) y se registró el peso exacto. Estos crisoles con las muestras se colocaron en un incinerador a 550 °C durante al menos 8 horas.

Una vez completada la incineración, se apagó el incinerador, permitiendo que se enfriara a una temperatura por debajo de los 100 °C. Los crisoles con las muestras incineradas se retiraron del incinerador y se enfriaron en un desecador hasta llegar a 26 °C.

Para determinar la cantidad de cenizas presente en las muestras, se pesaron nuevamente los crisoles con las muestras incineradas (C+CZ).

Finalmente, los cálculos de cenizas se realizaron utilizando la Ecuación 2. Este proceso permitió determinar con precisión el contenido de cenizas en la muestra de queso Zamorella.

$$\%CZ = \frac{(CZ \times 100)}{(MH)} \quad [2]$$

Donde:

CZ= Cantidad de ceniza

MH= Masa húmeda

Extracción de Grasa Cruda

Se realizó el análisis a la formulación de quesos Zamorella con fibra que tuvo una diferencia detectable y mayor aceptación por los consumidores, evaluando el contenido de grasa cruda.

Se siguieron los protocolos del método AOAC 983-23 para la extracción de la grasa de la muestra. En primer lugar, se preparó una solución de 120 mL de metanol y cloroformo en una proporción de 2:1 en un beacker y se selló con petrifilm y papel aluminio. Luego, se pesaron 1 ± 0.05 g de la muestra y se registró como "Peso de muestra". Esta muestra se colocó en un beacker y se le añadieron 10 mL de la solución metanol-cloroformo.

Después de mezclar la solución y la muestra en el recipiente, se transfirieron al bulbo de destilación, que se había pesado previamente y se registró como "Bulbo vacío". Cualquier residuo de queso en el cuello del bulbo se incorporó al fondo de este, añadiendo 5 mL adicionales de la solución al bulbo, lo que resultó en 1 ± 0.05 g de muestra y 15 mL de solución en el bulbo de destilación. Para sellar el bulbo, se utilizó una lámina de petrifilm y papel aluminio.

Se configuró el "Rotavapor R-100 marca Buchi" a una presión de 337 mbar y una temperatura de baño maría de 65 °C. El bulbo de destilación, junto con la muestra y la solución, se conectó al Rotavapor R-100 marca Buchi y se inició la destilación.

Una vez que no se colectó más solución en el bulbo colector dispuesto en el Rotavapor R-100 marca Buchi, se retiró el bulbo de destilación del rotavapor y se dejó en un desecador durante 24 horas sin quitar la muestra de su interior.

Después de transcurridas 24 horas, se pesó el bulbo de destilación con la muestra en su interior y se registró como "Peso de bulbo+G".

Para determinar el porcentaje grasa cruda, se utilizó la Ecuación 3:

$$G(\%) = \frac{PBG}{PM} \times (100) \quad [3]$$

Donde:

BV = Peso del bulbo de destilación (g)

PBG = Peso de bulbo + grasa (g) = Peso del bulbo de destilación + PBG – BV

PM= Peso de la Muestra (g)

Análisis de Proteína

La determinación de proteína se determinó por el método AOAC 2011.11 al tratamiento con reducción de 30% de grasa. El análisis se dividió en tres etapas: digestión, destilación y titulación.

Digestión.

Se comenzó realizando la digestión de la muestra, previamente se calentó el digestor a 420°C. Se procedió a pesar la muestra 1 g \pm 0.0050 sobre papel parafina y se registró en peso de la muestra.

La muestra envuelta con papel parafina, se transfirió a los tubos de digestión y se les añadieron dos tabletas catalizadoras (Kjeltabs) por tubo. Añadiendo 15 mL de ácido sulfúrico. Los tubos colocados en la rejilla de tubos digestores se les posicionó el exhaustor sobre ellos. Luego, se abrió completamente la válvula de agua del exhaustor. Se bajó la rejilla que contenía los tubos al digestor precalentado. Pasados 15 min, se redujo el flujo de agua del exhaustor y se procedió a la digestión de las muestras durante 60 min, hasta que adoptaron un tono verde. Posteriormente, los tubos fueron retirados del digestor y colocados en un soporte para enfriarse. Para minimizar la volatilización de nitrógeno, se colocó papel aluminio.

Destilación.

Para la destilación, se comenzó introduciendo un tubo digestor con la ayuda de pinzas. A su vez, se colocó un matraz Erlenmeyer de 300 mL en el destilador. La muestra fue destilada siguiendo el programa 2. Este proceso se llevó a cabo durante 4.5 min, empleando 80 mL de agua, 60 mL de NaOH al 40% y 30 mL de H₃BO₃.

Tras la destilación, el tubo de digestión con elevada temperatura, y se volvió a colocar en la rejilla. El matraz Erlenmeyer fue retirado del destilador, limpiando con agua el tubo del condensador.

Titulación.

La titulación, se procedió cargando la bureta con 50 mL de ácido clorhídrico 0.1 N. Una barra agitadora fue introducida en el matraz Erlenmeyer, que a su vez se colocó sobre un agitador magnético. Al encender el agitador, se llevó a cabo la titulación de la muestra hasta alcanzar su punto final justo antes de que cambiar a un tono rosado, liberando pequeños volúmenes de ácido de manera gradual, anotando el volumen del ácido liberado por la bureta.

Calcular el porcentaje (%) de proteína utilizando las Ecuaciones 4 y 5:

$$\%N = NHCL \times \frac{Tc}{M} \times \frac{14\text{ g}}{\text{mol}} \times 100 \quad [4]$$

$$\% \text{ Proteína} = \%N \times 6.25 \quad [5]$$

Donde:

Tc= Volumen de ácido corregido, L

N= Normalidad del ácido clorhídrico estandarizado, N

M= Peso de la muestra, g

Análisis de Fibra Dietética

La determinación de fibra dietética se determinó por el método AOAC 985.29. La muestra debe contener menos del 10% de grasa, por lo tanto, al queso Zamorella se le realizó un desgrasado previo. Antes de comenzar el procedimiento se prepararon los crisoles, estos deben ser lavados y secados en el horno a una temperatura de 105 °C. Primero, se realizó la digestión enzimática, este proceso se llevó a cabo siguiendo los siguientes pasos: primero, se pesaron las muestras con 1.0050 ± 0.0050 g en vasos de precipitación Berzelius de 600 mL. Se añadieron 50 mL de solución de tampón

fosfato pH 6 a cada vaso de precipitado y se mezclaron con ayuda de un agitador magnético. Se añadieron 100 μ L de solución α -amilasa termoestable a cada vaso de precipitación, que se mezcló de manera manual cada cinco segundos. Luego, se cubrió el vaso con papel aluminio y se incubó en baño maría a 95 °C por 15 minutos, agitando de manera suave cada 5 minutos, dejando enfriar a temperatura ambiente. Posterior, se añadieron 10 mL de solución de NaOH 0.275 molar y se ajustó el pH a 7.5 ± 0.2 , luego se añadió 100 μ L de solución de proteasa 50 mg/mL al vaso de precipitado. Este se cubrió e incubó durante 30 minutos a 60 °C a baño maría con agitación continua. Se retiró el papel aluminio y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Se ajustó el pH a un rango de 4.0 - 4.6 y se agregaron 100 μ L de solución de amilogucosidasa. Luego, se cubrió con papel aluminio y se incubó en baño maría a 60 °C por 30 minutos con agitación continua.

Después, se añadieron 280 mL de etanol al 95% precalentado a 60 °C. Se retiraron las muestras cubriéndolas con papel aluminio y se dejaron precipitar las muestras durante una hora a temperatura ambiente. Los crisoles que fueron pesados previamente, luego de enfriados se le agregaron 0.5 g de Celite. Se distribuyó el Celite usando 15 mL de etanol al 78%. Se vertió el contenido del vaso de precipitado en el crisol y se filtró al vacío. Posteriormente, se lavó el crisol con etanol al 78% con espátula para retirar todo el material. El crisol con el residuo se secó durante 8 horas a 105 °C en un horno de convección y se pesó para calcular el porcentaje de fibra dietética.

El análisis estadístico se realizó por medio del programa "Statistical Analysis System" (SAS versión 9.6). Se empleó un análisis de varianza a las características fisicoquímicas. Además, se utilizó una prueba t-Student para identificar las diferencias significativas.

Resultados y Discusión

Análisis Microbiológicos

En el análisis llevado a cabo en el tratamiento testigo y en los diferentes tratamientos con reducciones de grasa, se realizaron conteos microbiológicos de coliformes totales. Los resultados revelaron que todas las muestras analizadas se mantuvieron por debajo del límite máximo permitido (Cuadro 3), todos los cuadros, figuras y anexos mencionados van en mayúscula tal como lo estipulan los estándares microbiológicos establecidos en el Reglamento Centroamericano (RTCA, 2017) en relación con la inocuidad de los alimentos.

Cuadro 3

Resultados del Conteo de Coliformes Totales en los lotes de queso Zamorella destinado al Análisis

Sensorial. Testigo y tratamientos.

Tratamientos	Conteo UFC/g	RTCA ¹
		Límite Max.
Testigo (2.5% grasa)	<10 UFC/g	
R-15 (2.13% grasa + 0.76% Inulina)	<10 UFC/g	
R-30 (1.75% grasa + 1.51% Inulina)	<10 UFC/g	100 UFC/g
R-45 (1.38% grasa + 2.27% Inulina)	<10 UFC/g	
R-60 (1% grasa + 3.03 Inulina)	<10 UFC/g	

Nota. ¹Numero de Repeticiones. ²Criterios Microbiológicos para la inocuidad de Alimentos del Reglamento Técnico Centroamericano 2017.

Subgrupo de alimentos: quesos madurados, procesados, sus mezclas de producto lácteo con aceite o grasa vegetal comestible y similares.

VE: Valor Estimado.

Análisis Sensorial

Apariencia

El factor de apariencia en la evaluación sensorial de alimentos se vincula estrechamente con aspectos visuales, como el tamaño, la forma, el color, el brillo y la transparencia, que son cuantificables mediante escalas de referencia. La apariencia representa la primera impresión visual que percibimos de un alimento y se basa en sus características físicas y químicas. Su importancia radica en su capacidad para influir en la aceptación o el rechazo de un producto alimenticio, y su relevancia varía en función de la naturaleza del alimento. Es un factor crítico en la toma de decisiones de los

consumidores al considerar la adquisición de un producto alimenticio. Hutchings (1977), señala que la apariencia abarca todos los atributos visuales perceptibles de un alimento y desempeña un papel fundamental en la elección de dicho producto.

Con relación a los resultados de apariencia presentados en el Cuadro 4, se observa que esta característica fue significativa para los panelistas, con un nivel de significancia < 0.05 y una media de 4.38 en la escala hedónica, lo que indica que el producto fue evaluado como "Me gusta poco" por parte de los consumidores. Es importante destacar que el tratamiento de testigo fue el que obtuvo una media diferente, registrando un valor de 4.57, lo que también sugiere que a los panelistas les gustó poco, pero fue mejor aceptado ya que su valoración se encontró más cerca de 5 (me gusta mucho).

Olor

Los participantes en el estudio identificaron una diferencia significativa entre los tratamientos, con un nivel de significancia < 0.05 . La media obtenida fue de 4.24 en la escala hedónica, indicando que a los individuos les gustó poco el producto evaluado. Sin embargo, al realizar un análisis de las medias entre los tratamientos evaluados (testigo, 15%, 45%, 60% de reducción de grasa), no se observaron diferencias significativas entre ellos. La excepción fue el tratamiento con una reducción del 30% en grasa, en el que los panelistas percibieron un olor fuerte.

Comparando estos resultados del Cuadro 4 con los hallazgos de Sani Ramírez (2023), quienes evaluaron el efecto de la adición de inulina en queso andino, quienes obtuvieron datos que no mostraron diferencias significativas, situándose en una escala hedónica de 7 puntos entre "ni me gusta ni me disgusta" y "me gusta", se puede observar cierta concordancia. La diferencia significativa en el estudio actual puede atribuirse al proceso de fundido, el cual se realizó haciendo uso de una plancha eléctrica y no una malaxadora de laboratorio, ya que al no ser constante el amasado y volteo de la masa de queso, el tiempo de fundición entre tratamientos pudo haber variado debido al cansancio u otro aspecto físico referente a quien fundió los tratamientos a mano. Lo anterior mencionado pudo

haber resultado en una mayor cocción en ciertos tratamientos, lo cual se justifica con lo percibido por los panelistas, ya que en el tratamiento con 30% de reducción en grasa los panelistas lograron evidenciar un olor a cocido prominente. Sin embargo, en los tratamientos evaluados (testigo, 15%, 45%, 60% de reducción de grasa) se evidencia que la adición de inulina al queso Zamorella no afectó significativamente la percepción del atributo de olor.

Textura

En el Cuadro 4 se muestran los resultados del análisis sensorial, los cuales revelaron que los panelistas detectaron diferencias significativas en la textura entre los tratamientos, con una probabilidad de <0.05 . La media obtenida fue de 3.77 en una escala hedónica de 5 puntos, lo que sugiere una preferencia cercana a "Me gusta poco". Se observó que los tratamientos que difieren significativamente en cuanto a la característica de textura en comparación con el tratamiento de testigo son aquellos con reducciones del 45% y 60% de grasa.

Estos resultados difieren de los hallazgos reportados por Sani Ramírez (2023), quienes llevaron a cabo un estudio en el que se estandarizó la leche a porcentajes de grasa menos divergentes. Por otro lado, los resultados obtenidos en el estudio de Lobato Calleros et al. (2009), quienes evaluaron la estructura y microestructura de quesos tipo panela bajos en grasa y colesterol sometidos a diversas metodologías, indican que los quesos con una mayor reducción de grasa presentan una textura más rígida en comparación con el tratamiento de testigo. Este fenómeno se atribuye a la ausencia de glóbulos de grasa dentro de la matriz tridimensional de caseína, lo que induce a las proteínas a formar una estructura más firme.

Cuadro 4

Resultados de Análisis Sensoriales para las características de Apariencia, Olor y Textura de queso

Zamorella. Testigo y tratamientos.

Tratamientos	Apariencia Media \pm D.E.	Olor Media \pm D.E.	Textura Media \pm D.E.
Testigo (2.5% grasa)	4.57 \pm 0.62 ^A	4.27 \pm 0.69 ^{AB}	4.13 \pm 0.90 ^A
R-15 (2.13% grasa + 0.76% Inulina)	4.31 \pm 0.87 ^B	4.32 \pm 0.76 ^A	4.14 \pm 1.11 ^A
R-30 (1.75% grasa + 1.51% Inulina)	4.37 \pm 0.87 ^B	4.10 \pm 0.85 ^B	3.91 \pm 1.10 ^A
R-45 (1.38% grasa + 2.27% Inulina)	4.30 \pm 0.83 ^B	4.27 \pm 0.75 ^{AB}	3.36 \pm 1.02 ^B
R-60 (1% grasa + 3.03 Inulina)	4.36 \pm 0.94 ^B	4.26 \pm 0.81 ^{AB}	3.33 \pm 1.12 ^B
CV (%) ¹	15.57	16.29	25.65

Nota. ¹ Coeficiente de Variación. Medias con letras mayúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$). D.E.: Desviación Estándar. Escala hedónica de 5 puntos donde 1: significaba me desagrada mucho; 5: me gusta mucho.

Sabor

Los datos obtenidos con respecto a sabor se muestran en el Cuadro 5, en los cuales se identificó una diferencia significativa, con un valor de probabilidad <0.05 . La media obtenida que se sitúa en 3.79 en una escala hedónica de 5 puntos, refleja una preferencia cercana a "Me gusta poco" Mediante el análisis de las medias, se puede inferir que los tratamientos de testigo y de reducción del 15% son estadísticamente similares entre sí, mientras que difieren de manera significativa de los tratamientos con reducciones del 30%, 45% y 60%. Estos últimos forman un grupo claramente distinto en la percepción de los panelistas.

Por lo tanto, se pueden identificar diferencias notables entre los dos grupos mencionados, ya que los valores medios para los tratamientos de testigo y reducción del 15% son de 4.15 y 4.12, respectivamente. Estos resultados corroboran la afirmación realizada por Sani Ramírez (2023) quienes argumentan que los quesos bajos en grasas presentan defectos, como la pérdida de aromas, la presencia de sabores inesperados y texturas defectuosas.

Aceptación General

En el Cuadro 5 se muestran los resultados obtenidos referentes a la aceptación general de los panelistas, se observa diferencia significativa, ya que la probabilidad es <0.05 . Con una media de 3.90, lo cual sugiere en la escala hedónica que la aceptación de los sujetos evaluados tiende a "Me gusta

poco". Según la separación de medias realizadas los tratamientos testigo y de reducción de 15% son los mejores evaluados y se identifica que el consumidor no nota la diferencia entre los dos con una media de 4.25 y 4.07. No obstante tampoco se encontró diferencia significativa entre el tratamiento testigo y el de 30% de reducción en grasa, teniendo este último una media de 3.90. Por otro lado, los tratamientos R-45 y R-60 únicamente no presentan diferencias significativas entre ellos, obteniendo medias de 3.67 y 3.63.

Cuadro 5

Resultados de Análisis Sensoriales para las características de Sabor y Aceptación General de queso

Zamorella. Testigo y tratamientos.

Tratamientos	Sabor Media ± D.E.	Aceptación General Media ± D.E.
Testigo (2.5% grasa)	4.15 ± 0.82 ^A	4.07 ± 0.77 ^{AB}
R-15 (2.13% grasa + 0.76% Inulina)	4.12 ± 0.92 ^A	4.25 ± 0.86 ^A
R-30 (1.75% grasa + 1.51% Inulina)	3.66 ± 1.06 ^B	3.90 ± 0.90 ^B
R-45 (1.38% grasa + 2.27% Inulina)	3.58 ± 1.10 ^B	3.67 ± 0.90 ^C
R-60 (1% grasa + 3.03 Inulina)	3.48 ± 1.24 ^B	3.63 ± 0.94 ^C
CV (%) ¹	25.78	21.16

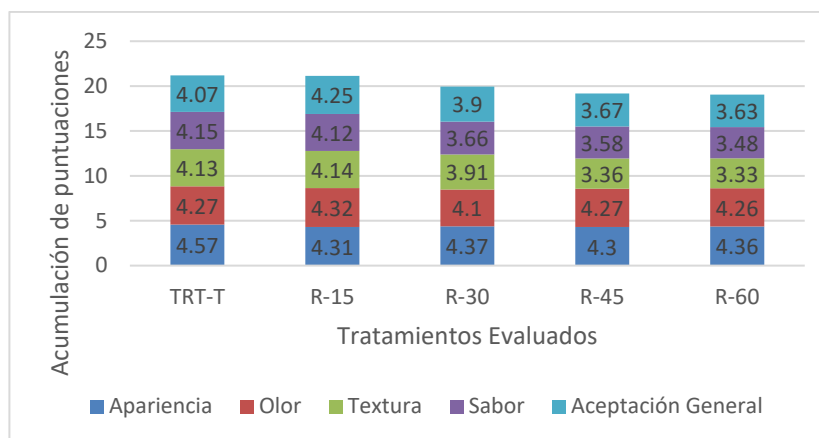
Nota. ¹ Coeficiente de Variación. Medias con letras mayúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas (P < 0.05). D.E.:

Desviación Estándar. Escala hedónica de 5 puntos donde 1: significaba me desagrada mucho; 5: me gusta mucho.

La Figura 2 muestra la acumulación de los puntajes obtenidos por cada atributo sensorial evaluado por la percepción del consumidor, los cuales presentaron valores menores a medida que el porcentaje de reducción en grasa y la proporción de inulina aumentaban.

Figura 2

Gráfica de atributos de apariencia, olor, sabor y aceptación general, según análisis sensorial de queso Zamorella. Testigo y tratamientos



Se llevó a cabo un análisis de correlación para evaluar la relación entre los atributos de apariencia, olor, textura y sabor en relación con la aceptación general, evaluada por los panelistas. Los resultados muestran que existió una correlación significativa ($P < 0.05$) entre cada uno de los atributos y la aceptación general (Cuadro 6). Sin embargo, la correlación observada se encuentra en un rango bajo-medio. Los atributos de apariencia y olor se sitúan en un rango bajo, mientras que textura y sabor en un rango medio. Indicando el coeficiente de Pearson que el atributo que más influyó en la decisión de aceptación general fue el sabor.

Cuadro 6

Análisis de correlación de los Atributos apariencia, olor, textura y sabor, según análisis sensorial de queso Zamorella. Testigo y tratamientos.

	Coeficiente de Pearson en Correlación			
	Apariencia	Olor	Textura	Sabor
Aceptación General	0.49079	0.47097	0.65041	0.77984
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Para determinar el tratamiento a ser sometido a análisis fisicoquímicos, se tomó como parámetros principales la aceptación general por parte de los panelistas, como a su vez la capacidad de los tratamientos para poder cumplir con los objetivos del presente estudio.

Los tratamientos con mayor aceptación general fueron el testigo con una media de 4.07 y el de 15% de reducción en grasa con una media de 4.25, no obstante, el tratamiento con 30% de reducción en grasa presentó una media de 3.90 (Cuadro 5), resultando no ser estadísticamente distinto del tratamiento testigo, a su vez entre el grupo de los tratamientos de mayor aceptación, el tratamiento con 30% de reducción en grasa es el que tuvo más probabilidades de cumplir con los objetivos del presente estudio, ya que según el anexo "E" del RTCA 67.01.60:10 (2012), debe contener al menos un 25% de reducción en grasa con respecto al alimento de referencia, por otro lado este tratamiento también es el que tiene mayor cantidad de inulina, la cual actúa como fibra dietética, la cual es beneficiosa para el sistema digestivo humano y puede prevenir enfermedades crónicas no transmisibles. Por lo tanto, se seleccionó el tratamiento con 30% de reducción en grasa para ser sometido a análisis fisicoquímicos.

Análisis fisicoquímicos

Color

Se define el color como una sensación experimentada por un individuo cuando la energía radiante entra en espectro visible (380-770 nm) y hace contacto con la retina de los ojos (Corea y Bernárdez, 2021).

El color es una característica perceptible que puede ser precisamente definida a través de parámetros físicos y medirse de forma cuantitativa. En la industria alimentaria, la evaluación instrumental del color desempeña un papel esencial tanto en el control de calidad como en la caracterización de productos (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

En el Cuadro 7 se presentan los datos correspondientes obtenidos del tratamiento testigo y al de reducción de 30%.

Se observa que para la escala L^* se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. El aumento en la luminosidad observado en el tratamiento con una reducción del 30% en grasa podría estar relacionado con la disminución del contenido de β -caroteno en su composición. Esto se explica porque la leche utilizada en la elaboración de este queso fue previamente estandarizada al 1.75% de grasa, lo que implica una menor presencia de este nutriente en comparación con el tratamiento testigo. Como resultado, el queso final presenta una reducción en el contenido de β -caroteno.

La leche de vaca utilizada en la producción de queso contiene β -caroteno de forma natural, un compuesto que es responsable de la coloración amarillo-pálida característica del queso. Este β -caroteno, que tiene un tono amarillo-anaranjado, se encuentra en el pasto que las vacas consumen como parte de su dieta. Debido a su naturaleza liposoluble, el β -caroteno se almacena en la grasa del ganado y se transfiere a la leche encapsulado en glóbulos de grasa presentes en su composición (Escobar Zapata, 2021).

En este caso, la disminución del contenido de β -caroteno en el queso, como consecuencia de la reducción de grasa en la leche utilizada, podría haber dado lugar a una mayor reflexión de la luz por parte del queso, lo que podría resultar en una apariencia visualmente más brillante en comparación con el tratamiento de referencia.



Por otro lado, en lo que respecta a la escala a^* , también se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el tratamiento y el testigo. La media del testigo fue de 1.66, mientras que para el tratamiento fue de 0.06. Estos resultados indican que el tratamiento exhibe un color más oscuro y fuerte en relación con este parámetro. Sin embargo, es importante destacar que ambos quesos se ubican en un rango medible que los caracteriza como tonos marrones en la escala a^* utilizada para la medición del color. Lo anterior podría ser producto de la descomposición de los carotenoides durante la maduración por acción de los ácidos grasos producidos en la descomposición parcial de las grasas por acción de enzimas lipolíticas, produciéndose leves tonos marrones en el queso Zamorella. Según

García López y Mora Izaguirre (2012), la maduración de los quesos se caracteriza por una extensa lipólisis de la grasa contenida en el queso. Es importante mencionar que dicha descomposición de carotenoides ocurre en muy pequeñas cantidades por lo cual predomina el color amarillo tanto en el testigo como en el tratamiento.

Finalmente, no se identificaron diferencias significativas en relación con la variable representada por la escala b*. La media correspondiente al testigo fue 31.52, mientras que para el tratamiento se registró un valor de 28.36. Ambos valores ubicaron a los quesos en una tonalidad de color amarillo tenue, equiparable al matiz de color beige.

Cuadro 7

Resultados de Color en escala L. a*. b* de queso Zamorella. Testigo y tratamiento con 30% de reducción en grasa.*

Tratamientos	L* Media ± D.E.	a* Media ± D.E.	b* Media ± D.E.	Percepción
Testigo ¹	74.67 ± 0.095	1.66 ± 0.41	31.52 ± 1.46	
R-30 ²	80.07 ± 0.30	0.06 ± 0.30	28.36 ± 0.60	
Probabilidad	<.0001	0.0057	0.0258	
CV (%) ³	0.33	0.58	3.98	

Nota. ¹ Tratamiento Testigo. ² Reducción 30% grasa. ³ Coeficiente de Variación. D.E.: Desviación Estándar. Percepción: Interpretación de la información que la luz del espectro visible transmite a los ojos.

Textura

Guía de resultados: En el Cuadro 8 se presentaron los resultados obtenidos con respecto a los ciclos de dureza 1 y 2. Los resultados correspondientes a adhesividad, elasticidad, cohesividad, firmeza y masticabilidad se muestran en el Cuadro 9

Dureza.

En cuanto a los resultados obtenidos en los ciclos de deformación 1 y 2, se determinó que en el primer ciclo no se observaron diferencias significativas entre el testigo y el tratamiento. Las medias obtenidas por ambos grupos fueron de 16.39 N para el testigo y 16.56 N para el tratamiento. Sin embargo, en el segundo ciclo de deformación, si se identificaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el testigo y el tratamiento, con valores medios de 13.42 N y 15.95 N. Es importante destacar que

el texturómetro Brookfield CT3/Instron tiene una capacidad máxima de suministrar una fuerza de hasta 50 Newtons (N). Esto se debe a que valores de fuerza superiores a esta cantidad resultarían en alimentos incomedibles por ser demasiado duros.

Los datos recopilados de los dos ciclos de dureza indicaron que, en un principio, ambos quesos requirieron una fuerza similar para ser deformados. No obstante, posteriormente, el grupo de tratamiento que contenía una reducción del 30% en grasa mostró una mayor resistencia a la deformación en comparación con el grupo de testigo. Esta diferencia podría atribuirse a la presencia de inulina en el queso y a la reducción de grasa, ya que, aunque este aditivo se utiliza como sustituto de la grasa en productos lácteos, no logra replicar por completo las características de suavidad y cremosidad que aportan los glóbulos de grasa a los quesos. López-Molina et al. (2005) reportaron que la inulina de cadena larga, al ser disuelta en agua o leche, puede generar microcristales que tienen la capacidad de interactuar entre sí, creando una textura suave y cremosa que ofrece una experiencia en la boca similar pero no igual a la que se obtiene con la grasa.

Cuadro 8

Resultados de textura (Dureza ciclos 1 y 2) de queso Zamorella. Testigo y tratamiento con 30% de reducción en grasa.

Tratamientos	Dureza Ciclo 1 (N)	Dureza Ciclo 2 (N)
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Testigo ¹	16.39 \pm 0.50	13.42 \pm 0.52
R-30 ²	16.56 \pm 0.82	15.95 \pm 0.78
Probabilidad	0.7698	0.0096
CV (%) ³	2.83	1.93

Nota. ¹ Tratamiento Testigo. ² Reducción 30% grasa. ³ Coeficiente de Variación. D.E.: Desviación Estándar

Adhesividad.

En el Cuadro 10 se presentan los resultados de textura (adhesividad, elasticidad, cohesividad, firmeza y masticabilidad) de queso Zamorella del testigo y tratamiento con 30% de reducción en grasa.

Se evidencian diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el tratamiento y el testigo, resultando éste con una media de adhesividad de 0.00409 J, mayor que el tratamiento (0.000670 J). Esto podría deberse principalmente al contenido de grasa ya que estas moléculas están mayormente formadas por lípidos, característicamente hidrofóbicos, es decir, tienen una tendencia a rechazar el agua y otras sustancias polares. Según Silva y Pórfido (2013), esta característica fundamental de los lípidos subyace en sus principales propiedades fisicoquímicas y, por ende, biológicas. Por lo tanto, al ser la guillotina utilizada en este estudio de un material hidrofóbico y apolar, las moléculas de grasa se ven atraídas al mismo, lo cual explica por qué el testigo tuvo mayor adhesividad que el tratamiento, ya que aparte de tener mayor cantidad de grasa, el tratamiento con 30% de reducción en grasa tiene menos cantidad de ésta y también tiene inulina en su formulación, la cual es altamente hidrofílica.

Elasticidad.

Con respecto al parámetro de elasticidad del testigo y el tratamiento. Se evidenció que no existen diferencias significativas entre el testigo con una media de 5.52 mm y el tratamiento con 30% de reducción en grasa, con una media de 5.81 mm con respecto a este parámetro. Esto sugiere que ambos poseen idéntica capacidad para experimentar deformaciones debido a la influencia de una fuerza externa y, posteriormente, retornar a su forma original una vez que dicha fuerza se retira.

Cohesividad

Se presentaron diferencias significativas al evaluar la cohesividad entre el testigo con una media de 0.36 y el tratamiento, para el cual la media fue de 0.51. Por lo tanto, para este estudio las partículas del queso Zamorella con 30% de reducción en grasa presentan una mayor cohesividad. Al estar relacionada la dureza con este parámetro los resultados obtenidos son coherentes. Los resultados obtenidos difieren del estudio realizado por Galván Monroy y Ramírez Orejel (2016), en el cual se comparó la cohesividad entre un queso fresco con el 20% de reducción en grasa y un queso fresco testigo al añadirles inulina y proteínas exclusivas de lactosuero, obteniendo como resultado la inexistencia de diferencias significativas entre ambos tratamientos. Puede atribuirse esta diferencia al

hecho de que al momento de realizar queso Zamorella se debe fundir el mismo sometiéndolo a altas temperaturas lo cual podría causar la pérdida por evaporación del agua absorbida por la inulina, lo cual generaría un mayor apelmazamiento de la masa del queso volviéndola una estructura más fuerte con respecto a la masa del tratamiento testigo.

Firmeza.

Se obtuvieron resultados significativamente diferentes ($P < 0.05$) al comparar las medias obtenidas en los quesos Zamorella testigo y tratamiento, siendo estas 7.03 para el testigo y 8.87 para el tratamiento con 30% de reducción en grasa. Lo cual sugiere que al añadir inulina a los quesos bajos en grasa la firmeza de estos podría incrementar de manera considerable. Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Lobato Calleros et al. (2009), donde se obtuvo una mayor firmeza en quesos Mozzarella al añadirles un mayor porcentaje de inulina.

Masticabilidad.

Los resultados obtenidos para este parámetro presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el testigo con una media de 0.05 J y el tratamiento con 30% de reducción en grasa, para el cual la media fue de 0.16 J. Lo anterior sugiere que al masticar el queso con 30% de reducción en grasa va a ser necesario utilizar más fuerza para desintegrarlo que la que se emplearía al momento de masticar el testigo. Lo anterior concuerda con el estudio realizado por Palatnik (2019) en el cual se evaluaron las características de quesos funcionales reducidos en grasa al sustituir la grasa con distintos polisacáridos, entre ellos inulina, en dicho estudio se concluyó que al añadir inulina a los quesos con un $\% \leq 11\%$ de reducción en grasa, se compensa la textura característica de los quesos sin reducción en grasa. Por ende, en este caso al tratarse de un queso Zamorella con 30% de reducción en grasa podría decirse que la inulina no es 100% eficiente al momento de igualar las características de masticabilidad del queso Zamorella testigo.

Cuadro 9

Resultados de textura (adhesividad, elasticidad, cohesividad, firmeza y masticabilidad) de queso

Zamorella. Testigo y tratamiento con 30% de reducción en grasa.

Tratamientos	Adhesividad (J)	Elasticidad (mm)	Cohesividad.	Firmeza (N)	Masticabilidad (J)
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Testigo ¹	0.00409 \pm 0.00045	5.52 \pm 0.35	0.39 \pm 0.06	7.03 \pm 0.15	0.05 \pm 0.002
R-30 ²	0.00067 \pm 0.00006	5.81 \pm 0.16	0.51 \pm 0.10	8.87 \pm 1.76	0.16 \pm 0.01
Probabilidad	0.0002	0.2691	0.1500	0.1467	<.0001
CV (%) ³	10.88	6.17	7.72	14.31	6.99

Nota. ¹ Tratamiento Testigo. ² Reducción 30% grasa. ³ Coeficiente de Variación. D.E.: Desviación Estándar

Análisis Químicos del Producto

Guía de resultados: En el Cuadro 11 se muestran los resultados con respecto a Humedad, Grasa y Cenizas

Análisis de Humedad

En lo que concierne a las propiedades químicas de los quesos Zamorella sujetos a análisis de humedad, se observaron diferencias significativas entre el grupo de testigo y el grupo de reducción de grasa. El tratamiento con reducción de grasa exhibió un mayor contenido de humedad en relación con el grupo de testigo. Concretamente, las medias para este parámetro fueron del 46.20% de humedad para el grupo de testigo y 51.72% en el grupo de tratamiento con reducción de grasa.

Este fenómeno podría atribuirse a la capacidad de la inulina, un polisacárido hidrofílico, para absorber agua y formar una estructura gelatinosa. Esta propiedad es de particular relevancia y constituye una de las razones por las cuales la inulina se utiliza como sustituto de la grasa en la elaboración de productos alimenticios. Según Castellanos et al. (2016) el gel de inulina se define como una matriz tridimensional compuesta por partículas submicrométricas insolubles, que contienen una considerable cantidad de agua inmovilizada en su estructura. Esta retención de agua contribuye significativamente a la estabilidad física del gel de inulina.

Extracción de Grasa Cruda

En los resultados de grasa se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). Los valores de grasa se expresaron en (%), y los mismos se encontraron en medias de 6.17% en las repeticiones del tratamiento testigo y 4.55% en las del tratamiento con reducción del 30% de grasa. Con lo que es posible asegurar que la estandarización de la leche al momento de formular los distintos tratamientos fue realizada de manera idónea.

La diferencia entre los tratamientos con respecto al porcentaje de grasa se debió principalmente a las formulaciones realizadas ya que el componente de mayor variación en las distintas formulaciones fue la grasa. A medida que se buscaba estandarizar la leche a un menor contenido de grasa fue necesario añadir mayor cantidad de leche descremada (0.5% de grasa) y menor cantidad de leche entera (3.6% de grasa), la misma que fue sustituida por inulina de cadena larga, lo cual significa que el helado testigo posee mayor cantidad de leche entera. Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Galvez Martínez y Mérida Morales (2022), en el cual se evaluaron las características fisicoquímicas de los helados al ser estandarizados a distintos porcentajes de grasa añadiendo inulina como sustituto para dicho componente.

Cenizas

Existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos al realizar el análisis de cenizas. De manera que, existió una tendencia al incremento del porcentaje de cenizas al aumentar el contenido de inulina.

Lo anterior pudo deberse al aporte de cenizas de la inulina ya que la ficha técnica de la inulina Orafiti® HPX especifica que la misma puede contener un máximo de 0.2 g de cenizas/100 g de producto. Los resultados de este estudio evidencian un contenido de 0.42 g de cenizas por porción de 30 g de queso Zamorella de los cuales 0.18 g de cenizas fueron proporcionado por la inulina, lo cual se evidencia con una media de 1.41% entre las repeticiones del tratamiento con reducción del 30% de grasa y una media del 0.79% entre las repeticiones del tratamiento testigo. Lo anterior concuerda con

el estudio realizado por Sani Ramírez (2023) en el cual al incrementar el porcentaje de inulina en queso andino los resultados de cenizas tendieron a incrementar.

Cuadro 10

Resultados de Análisis Humedad, Grasa y Cenizas de queso Zamorella. Testigo y tratamiento con 30% de reducción en grasa.

Tratamientos	Humedad % Media ± D.E.	Grasa % Media ± D.E.	Cenizas % Media ± D.E.
Testigo ¹	46.20 ± 0.66	6.17 ± 0.59	0.79 ± 0.03
R-30 ²	51.72 ± 0.41	4.55 ± 0.01	1.41 ± 0.13
Probabilidad	0.0003	0.0093	0.0015
CV (%) ³	1.02	7.72	6.63

Nota. ¹ Tratamiento Testigo. ² Reducción 30% grasa. ³ Coeficiente de Variación. D.E.: Desviación Estándar

Análisis de Proteína

El análisis de proteína nos muestra que el tratamiento de reducción del 30% de grasa, tiene 30.96% de proteína en 100 g (Cuadro 12), lo que equivale a 9 g por porción (30 g). Según Molina (2014) el queso Zamorella tiene un contenido del 23.36% de proteína, equivalente a 7 g por porción. En contraste, el etiquetado del queso Zamorella actualmente registra 4 g por porción.

Es importante considerar que el tratamiento térmico aplicado influye en la cantidad de proteína recuperada. A medida que incrementa la temperatura, la cantidad de proteína disponible disminuye y la cuajada llega a ser más débil. Aproximadamente el 8.47% del total de la proteína se desnaturalizada con un tratamiento de 72 °C por 15 segundos (Mejía et al., 2017). Cabe destacar que en la planta de lácteos se lleva a cabo una pasteurización de 85 °C por 15 segundos, ya que la leche se pasteuriza y el excedente se emplea para la producción de quesos. Por otro lado, en la investigación realizada se optó por una pasteurización a 62 °C por 30 minutos, ya que la producción se realizó en pequeña escala en el laboratorio, obteniendo más proteína y una cuajada firme

Cuadro 11

Resultados de Análisis de Proteína de queso Zamorella. Tratamiento con 30% de reducción en grasa.

Tratamiento	Proteína Media (%) \pm D.E.
R-30 ¹	30.96 \pm 0.32
CV (%) ²	1.048

Nota. ¹ Reducción 30% grasa. ² Coeficiente de Variación. D.E.: Desviación Estándar

Análisis de Fibra Dietética

“Se denomina fibra dietética a todos los polímeros de hidratos de carbono que poseen grados de polimerización ≥ 3 , que no pueden ser hidrolizados por las enzimas endógenas del intestino delgado humano” (Almeida-Alvarado et al., 2014).

En el estudio, se utilizó Inulina siendo un producto natural presente en plantas comestibles. Cabe destacar que favorece la salud, al reducir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, enfermedades del tracto gastrointestinal, diabetes, cáncer de colon y aumenta la actividad inmunológica del organismo (Sani, 2023)(Sani Ramírez, 2023). Este componente se utiliza en productos lácteos como ingrediente, siendo una fibra soluble y un remplazante de grasa. La inulina proporciona al consumidor una sensación cremosa que es característica de los productos lácteos. Además, puede modificar propiedades como la textura y las características organolépticas. La dosis máxima recomendada para agregar a los alimentos es de 10% (Tiraporn et al., 2017).

En el Cuadro 13, se presenta el tratamiento con 30% de reducción en grasa, al que se le incorporó 1.51% de inulina. Al efectuar los análisis de fibra total, se obtuvieron registros de 1.53%. Esto indica que al adicionar inulina al queso Zamorella, se logra la cantidad total especificada en la formulación. Siendo diferente al tratamiento testigo, que no contiene fibra, ya que no contiene inulina.

Los resultados obtenidos, al compararlos con Reza et al. (2016) en su desarrollo de un queso tipo chihuahua adicionado con inulina con 3.4% de grasa, estimó 0.45, 0.98 y 1.3% de fibra,

concluyendo que la inulina se encuentra presente en el queso debido a la presencia de fibra en las muestras.

Cuadro 12

Resultados de Análisis de Fibra de Queso Zamorella con 30% de reducción de grasa.

Tratamiento	Fibra Media (%) ± D.E.
R-30 ¹	1.53 ± 0.12
CV (%) ²	7.99

Nota. ¹ Reducción 30% grasa. ² Coeficiente de Variación. D.E.: Desviación Estándar

Etiqueta Nutricional

Se realizó el etiquetado nutricional del queso Zamorella al 30% de reducción en grasa mediante los resultados observados en los Cuadros 11, 12 y 13 (Ver Cuadro 14). Los cálculos de porcentaje de valor diario (%VD) se realizaron utilizando la tabla de referencia de nutrientes en base a una dieta de 2000 Kcal propuesta por la (FDA) (Ver Cuadro 14).

Al analizar la etiqueta nutricional del tratamiento con la del testigo se determinó que el tratamiento con 30% de reducción en grasa puede declararse reducido en grasa y colesterol ya que para ambos componentes ocurrió una reducción del 31.68% con respecto al testigo. En el RTCA 67.01.60:10 (2012) se especifica que cuando un alimento contenga al menos un 25% menos de grasa por porción puede ser llamado reducido en grasa. Por otro lado, con respecto a la proteína es posible decir que el tratamiento se podría declarar buena fuente de proteína ya que contiene 30.96 g de proteína por 100 g de producto y el RTCA 67.01.60:10 (2012) especifica que para declarar a un alimento “buena fuente de proteína” deberá contener al menos 6 g de proteína por 100 g de producto. No obstante, el tratamiento no se logró declarar fuente o buena fuente de fibra ya que el RTCA 67.01.60:10 (2012) especifica que para que un alimento sea fuente de fibra debe contener no menos de 3 g de fibra por 100 g de producto y el tratamiento presento 1.53 g de fibra por 100 g de producto.

En el Cuadro 14, las cantidades de colesterol, sodio, azúcares, vitaminas y calcio no fueron analizadas, sin embargo, se hizo la comparación con el etiquetado nutricional del queso Zamorella de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

Cuadro 13

Etiquetado nutricional por porción (30 g) de queso Zamorella original vs. queso Zamorella con 30% de reducción en grasa.

Porción (30g)	Queso Zamorella	%VD	R-30 ¹	%VD
Energía (Kcal)	70	4	NA	-
Grasa total (g)	2	3	1.37	2
Grasa saturada (g)	1.5	8	NA	-
Grasa trans	0		NA	-
Colesterol (mg)	5	2	NA	-
Sodio (mg)	600	25	NA	
Carbohidratos totales (g)	5	2	NA	-
Fibra Dietética (g)	0	0	0.46	2
Azúcares (g)	5		NA	-
Proteínas (g)	4	8	9.29	19

Nota. ¹Reducción 30% grasa. NA: No Analizado.

Conclusiones

El queso Zamorella con 30% de reducción en grasa y con adición de inulina al 0.19%, resultó ser el más aceptado de los tratamientos evaluados.

El tratamiento con 30% de reducción de grasa y adición de 0.19% de inulina, acorde al RTCA 67.01.60:10 (2012), se considera excelente fuente de proteína y reducido en grasa.

El tratamiento con 30% de reducción de grasa y adición de 0.19% de inulina, presentó una tonalidad más clara, una cromaticidad más baja y una notable disminución en la tendencia hacia el color amarillo en comparación con Zamorella.

La reducción de 30% en grasa y adición de 0.19% de inulina, generaron un queso firme, elástico y poco adhesivo.

Los atributos que menos afectaron en el análisis sensorial de aceptación fueron el olor y la apariencia en cada uno de los tratamientos.

Recomendaciones

Repetir el estudio con el uso de una malaxadora de laboratorio, que permita realizar un fundido adecuado, con la finalidad de evitar fallos por mala manipulación del queso Zamorella en el fundido.

Evaluar el efecto que puede tener la inulina en los diferentes productos altos en grasa de la planta de lácteos de Zamorano.

Ampliar el estudio mediante la realización de diferentes variedades de queso, como cheddar, crema, etc.

Realizar un análisis de costos para determinar la factibilidad económica del tratamiento mejor evaluado.

Referencias

- Almeida, S., Aguilar, T. y Hervert, D. (2014). La fibra y sus beneficios a la salud. *An Venez Nutr*, 1(27), 73–76. <http://ve.scielo.org/pdf/avn/v27n1/art11.pdf>
- Almeida-Alvarado, S. L., Aguilar-López, T. y Hervert-Hernández, D. (2014). La fibra y sus beneficios a la salud. *Anales Venezolanos De Nutrición*, 27(1).
- Beltrán de Heredia, M. R. (2016). Alimentos funcionales. *Farmacia Profesional*, 30(6), 12–14. <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-pdf-X0213932416546681>
- Bermeo Capelo, D. V. (2019). *Correlación del Perfil de Textura (TPA) entre el Análisis Instrumental y el Análisis Sensorial del Queso Fresco* [Universidad Nacional de Chimborazo, 2019, Ecuador]. dspace.unach.edu.ec. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5574>
- Castellanos, L., Murillo, K., Ortega, D., Velásquez, I. y Ramírez Navas, J. S. (2016). Empleo de inulina en matrices alimentarias. *La Alimentación Latinoamericana*, 1(325). https://www.researchgate.net/publication/306433744_Empleo_de_inulina_en_matrices_alimentarias
- Castro Montero, E. y Hombre Morgado, R. A. d. (2007). *Parámetros mecánicos y textura de los alimentos* [Repositorio académico]. Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121381>
- Corea, P. y Bernárdez, G. (2021). *Desarrollo de snacks horneados a base de harina de maíz (Zea mays) con sustitución de harina de grillo (Acheta domesticus) y puré de cáscara de zanahoria (Daucus carota)* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6971>
- De La Cruz, E. (2016). *La transición nutricional. Abordaje desde de las políticas públicas en América Latina*. (Vol. 32). Serbiluz. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5866914>
- Escobar Zapata, C. A. (2021). Si la leche es blanca, ¿Por qué el queso es amarillo? *Revista De Química Pucp*, 35(2), 26–29. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/24159>
- European food safety authority (2010). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA Journal*, 8(3). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1461>
- Galván Monroy, S. S. y Ramírez Orejel, J. C. (2016). *Efecto de la incorporación de proteínas de lactosuero en la elaboración de quesos frescos y en el desarrollo de un queso análogo con proteínas exclusivas de lactosuero* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico]. ru.dgb.unam.mx. <https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000753066>
- Galvez Martínez, J. J. y Mérida Morales, J. D. (2022). *Desarrollo de un helado funcional reducido en grasa sabor a vainilla mediante la adición de diferentes concentraciones de inulina Orafiti® HPX* [Proyecto especial de graduacion, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras]. bdigital.zamorano.edu. <https://bdigital.zamorano.edu/items/0418c292-bca5-4db4-add4-0e45828f372b>
- García López, E. y Mora Izaguirre, M. O. (2012). Importance of the expression and activity of B-carotene 15, 15' monooxygenase and vitamin A. Its role in animal production. A Review. *Archivos*

Latinoamericanos De Producción Animal, 20(3-4), 95–112.
https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/984

González, A., Alvis, A. y Arrázola, G. (2015). Efecto del Recubrimiento Comestible en las Propiedades de Trozos de Batata (*Ipomoea Batatas* Lam) Fritos por Inmersión: Parte 1: Textura. *Información Tecnológica*, 26(1), 95–102. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000100011>

Hutchings, J. B. (1977). The Importance of Visual Appearance of Foods to the Food Processor and the Consumer. *Journal of Food Quality (Journal of Food Quality)*, 1(3), 267–278. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1977.tb00945.x>

Lobato Calleros, C., Lozano Castañeda, I. y Vernon Carter, E. J. (2009). *Textura y Microestructura de Quesos Tipo Panela Bajos en Grasa y en Colesterol : Diferentes Metodologías*. Universidad Autónoma Chapingo. <https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=2&sid=7642a1c3-126b-49f6-a531-c91680a0c3f8%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=44880990&db=fua>

López, S., Llanes, C., Housni, F. y González, J. (2020). Análisis del conocimiento de fibra dietética, índice de masa corporal y nivel socioeconómico en la población mexicana. *Red De Revistas Científicas De América Latina, El Caribe, España Y Portugal*, 45(10), 469–474. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33964792005>

López-Molina, D., Navarro-Martínez, M. D., Rojas Melgarejo, F., Hiner, A. N. P., Chazarra, S. y Rodríguez-López, J. N. (2005). Molecular properties and prebiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Phytochemistry*, 66(12), 1476–1484. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.04.003>

Mackencie, K., Moreno, R. y Bernal, A. (2020). Influencia de la inulina en el contenido graso del queso mozzarella fresco y aromatizado. *Revista De La Facultad De Ciencias De La Ingeniería*, 3(1), Artículo 1, 34–48. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33964792005>

Mathias-Rettig, K. y Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42(2), 57–66. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>

Mejía, A., Baño, D. y Rodas, S. (2017). La desnaturalización de las proteínas de la leche y su influencia en el rendimiento del queso fresco. *Enfoque UTE*, 8(2), Artículo 2, 121–130. <https://www.redalyc.org/journal/5722/572261627010/html/>

Molina, H. (2014). *Evaluación de factores que afectan el rendimiento del queso Crema Y Zamorella en la Planta de Lácteos de la EAP* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/3364>

Montiel, C. (2005). *Estudio de factibilidad par la exportacion de Queso Mozzarella de MOBA S.A., Managua, Nicaragua hacia Tegucigalpa, Honduras* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/15530677-da89-4e55-8dac-e0afbced3cb0/content>

Moreno, R. y Mackencie, K. (2017). *Influencia de la inulina en el contenido graso del queso pasta hilada tipo mozzarella fresco y aromatizado* [Proyecto de Pregrado, Quevedo : UTEQ, Honduras]. repositorio.uteq.edu.ec. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2670>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2019). *Normas para la Mozzarella*. (Normas Internacionales de los alimentos). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana*. Granada. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/i1953s/i1953s.pdf>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029*. OECD. <https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>

Palatnik, D. R. (2019). *Desarrollo de quesos funcionales y aprovechamiento de proteínas de lactosuero* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata, Argentina]. CrossRef. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/87205>

Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) (2017). *Criterios Microbiológicos para la inocuidad de los alimentos*. Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana (COMIECO).

Reza, M., Tavares, V., Marínez, J., Ramirez, P. y Martinez, F. J. (2016). Desarrollo, evaluación bromatológica y sensorial de un queso tipo chihuahua adicionado con inulina. *Investigación Y Desarrollo En Ciencia Y Tecnología De Alimentos*, 1(2), Artículo 123, 469–473.

RTCA 67.01.60:10. (2012). *Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/<https://extranet.who.int/nutrition/gina/sites/default/filesstore/COMIECO%202011%20Etiquetado%20Nutricional%20de%20Productos%20Alimenticios%20Preenvasados%20para%20Consumo%20Humano.pdf>

Sani, N. (2023). *Evaluación del efecto de la adición de inulina en queso andino* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

Sani Ramírez, N. J. (2023). *Evaluación del efecto de la adición de inulina en el queso andino* [Tesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador]. [dspace.esPOCH.edu.ec. http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/18807](http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/18807)

Silva, V. y Pórfido, J. L. (2013). *Interacción de lípidos con el agua y formación de estructuras empaquetadas*. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/154101>

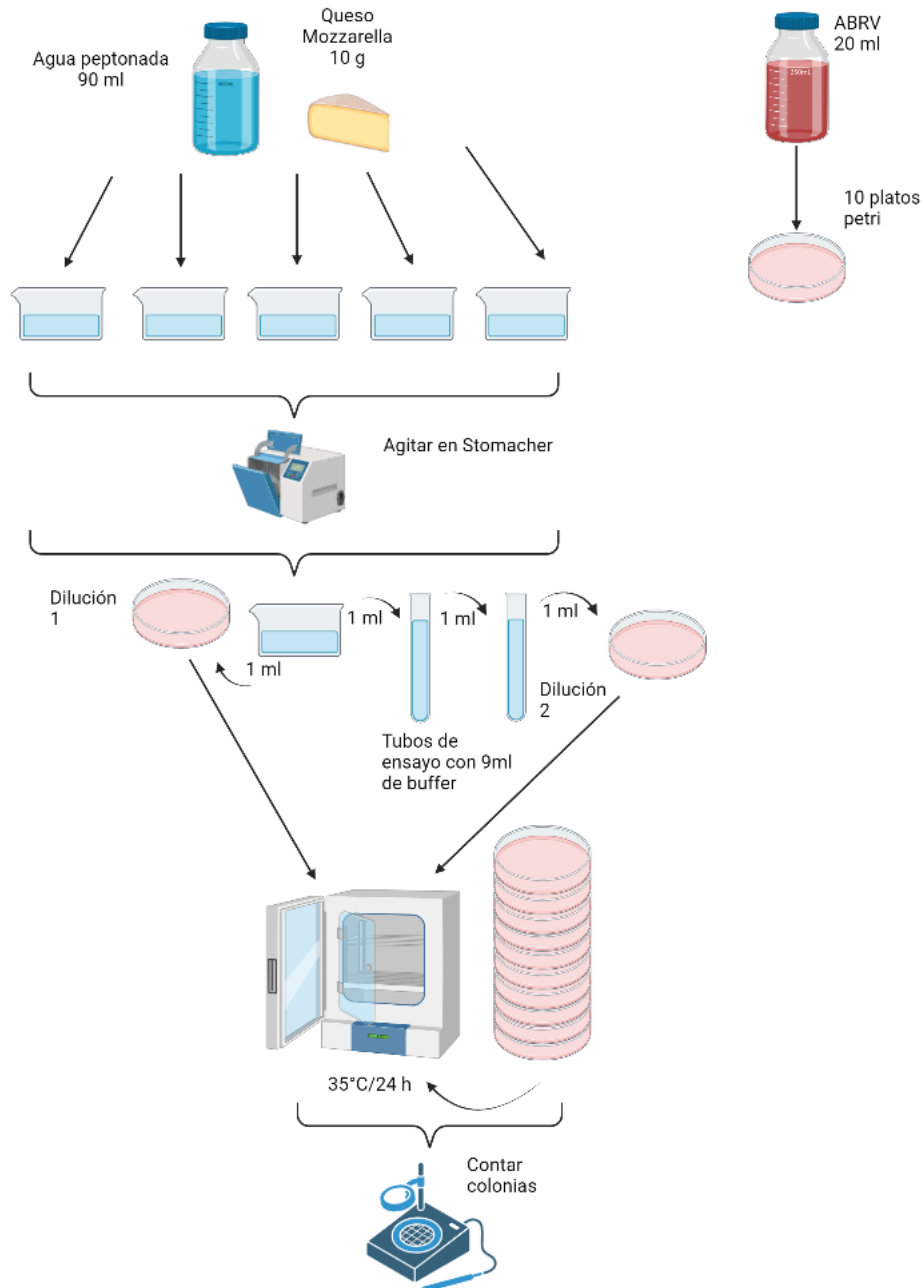
Tiraporn, J., Nongluck, N., Autchara, S., Sarun, S. y Chatchavanthatri, N. (2017). The effects of inulin on the textural, thermal, and microstructural, properties of reduced-fat cheese. *Suranaree University of Technology*, 24(1), 23–30.

Zúñiga Hernández, L. A., Ciro Velásquez, H. J. y Osorio Saraz, J. A. (2007). Estudio de la dureza del queso edam por medio de análisis de perfil de textura y penetrometría por esfera. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 60(1), 3797–3811. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/36658>

Anexos

Anexo A

Esquema de Método Coliformes totales



Anexo B

Etiqueta Nutricional de Queso Zamorella

Nutrition Facts			
Datos de Nutrición			
Serving Size 30 g (30g) / Tamaño Por Ración 30 g (30g)			
Serving Per Container 15 approx. / Raciones Por Envase 15 aprox.			
Amount Per Serving/Cantidad Por Ración			
Total Energy/Energía Total 250kJ (70kcal)			
Energy from Fat/Energía de la Grasa 90kJ (25kcal)			
		%Daily Value* / % Valor Diario*	
Total Fat/Grasa Total 2g			3% **
Saturated Fat/Grasa Saturada 1.5g			8%
Trans Fat/Grasa Trans 0g			
Cholesterol/Colesterol 5mg			0% **
Sodium/Sodio 600mg			25%
Total Carbohydrate/Carbohidratos Totales 5g			2% **
Dietary Fiber/Fibra Dietética 0g			0%
Sugars/Azúcares 5g			
Protein/Proteínas 4g			
Vitamin A/Vitamina A			2%
Vitamin C/Vitamina C			0%
Calcium/Calcio			2%
Iron/Hierro			0%
*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your daily values may be higher or lower depending on your calorie needs:			
* Los Porcentajes del Valores Diarios están basados en una dieta de 2,000 calorías. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores, dependiendo de las calorías que usted necesite.			
** Referencia de la FDA			
	Calories/Calorias	2,000	2,500
Total Fat/Grasa Total	Less than/Menos de	65g	80g
Sat Fat/Grasa Saturada	Less than/Menos de	20g	25g
Cholesterol/Colesterol	Less than/Menos de	300mg	300mg
Sodium/Sodio	Less than/Menos de	2400mg	2400mg
Total Carbohydrate/Carbohidratos Totales		300g	375g
Dietary Fiber/Fibra Dietética		25g	30g

Anexo C

Boleta de evaluación

Boleta De Evaluación De Queso Mozzarella.

Prueba de aceptación

Fecha: _/_/_

Instrucciones: Antes de empezar a evaluar, por favor limpiar su paladar tomando un sorbo de agua. Frente a usted se encuentran 5 muestras de queso Mozzarella, los cuales serán evaluados en un orden de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le desagrada cada atributo de cada muestra de acuerdo con el puntaje, escribiendo el número correspondiente en la línea de código de muestra.

1	2	3	4	5
Me desagrada mucho	Me desagrada un poco	No me agrada ni me desagrada	Me gusta un poco	Me gusta mucho

Muestra	Atributos				
	Apariencia	Olor	Textura	Sabor	Aceptación General

¡Muchas Gracias!

Anexo D

Espectrofotómetro portátil Color Flex Hunter L a b



Anexo E

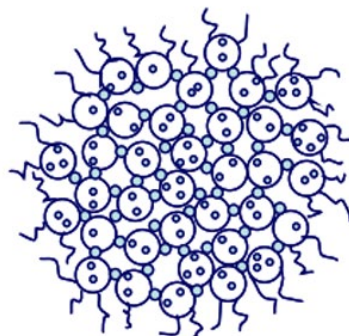
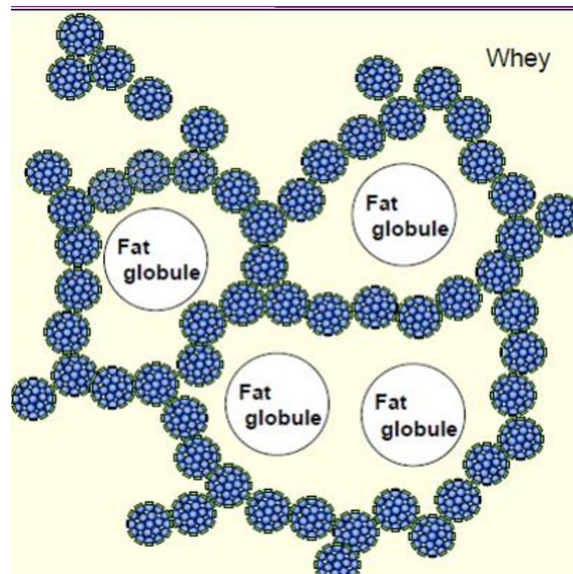
Cuadro de condiciones relativas al contenido de nutrientes (Anexo E) (RTCA 67.01.60:10, 2012)

		Energía
Grasa	Exento, libre, sin, cero	Contiene no más de 0,5 g por porción o por 100 g o 100 ml
	Bajo	Contiene no mas de 3 g por porción o por 100 g o 100 mL
	Ligero, liviano, reducido, menos, Light, lite	Contiene al menos un 25% menos de grasa por porción o por 100 g ó 100 mL, con respecto al alimento de referencia. El alimento de referencia no debe ser bajo en grasa.
Grasas Saturadas	Exento, libre, sin, cero	Contiene no más de 0,5 g de grasa saturada y menos de 0,5 gramos de ácidos grasos trans por porción o por 100 g o 100 mL.
	Bajo	Contiene no más de 1.0 g por porción o por 100 g o 100 mL y la grasa saturada no aporta más del 15% de la energía
	Ligero, liviano, reducido, menos, Light, lite	Contiene al menos un 25% menos de grasa saturada por porción o por 100 g o 100 mL, con respecto al alimento de referencia. El alimento de referencia no debe ser bajo en grasa saturada.
Colesterol	Exento, libre, sin, cero	Contiene no más de 2 mg por porción o por 100 g o 100 ml y contiene 2 g o menos de grasa saturada por porción o por 100 g o 100 mL
	Bajo	Contiene no más de 20 mg por porción por 100 g o 100 mL y contiene 2 gr o menos de grasa saturada por porción o por 100 g o 100 mL

	Ligero, liviano, reducido, menos, Light, lite	Contiene al menos un 25% menos de colesterol por porción o por 100 g o 100 mL, con respecto al alimento de referencia. El alimento de referencia no debe ser bajo en colesterol. Contiene 2 g o menos de grasa saturada por porción o por 100 g o 100 mL.
Azúcares	Exento, libre, sin, cero	Contiene no más de 0,5 g por porción por 100 g o 100 mL.
	“Sin azúcar agregado” y “Sin adición de azúcares”	Declaraciones permitidas si no se ha adicionado durante el procesamiento, azúcar o ingredientes que contengan azúcar. Se declara si el alimento no es bajo o reducido en energía
	Ligero, liviano, reducido, menos, Light, lite	Contiene al menos un 25% menos de azúcar por porción o por 100 g o 100 mL, con respecto al alimento de referencia
Sodio	Exento, libre, sin, cero	Contiene no más de 5 mg por porción o por 100 g o 100 mL.
	Bajo	Contiene no más de 140 mg por porción, por 100 g o 100 mL.
	Muy Bajo	Contiene no más de 35 mg por porción, por 100 g o 100 mL.
	Ligero, liviano, reducido, menos, Light, lite	Contiene al menos un 25% menos de sodio por Porción o por 100 g o 100 mL, con respecto al alimento de referencia
Proteína	Alto, buena fuente, rico en, excelente fuente	Contiene dos veces los valores para fuente
Vitaminas y Minerales		
Fibra		6 g por 100 g o 3 g por 100 Kcal
Proteína	Fuente, adicionado, enriquecido, fortificado	Contiene no menos de 10% del VRN por 100 g o contiene no menos de 5% del VRN por 100 ml o contiene no menos del 5% del VRN por 100 Kcal, o contiene no menos del 10% del VRN por Porción del alimento
Vitaminas y Minerales		Contiene no menos de 15% de VRN por 100 g (sólidos) 7,5% de VRN por 100 ml (líquidos) ó 5% de VRN por 100 Kcal (12% de VRN por 1 MJ) ó 10% de VRN por porción de alimento
Fibra		Contiene no menos de 3 g por 100 g o 1.5 g por 100 Kcal o por porción del alimento
Vitaminas y Minerales	Mas, extra	Contiene al menos una diferencia en el valor de referencia de los nutrientes (VRN o VD) del 10% con respecto al alimento de referencia. Debe existir una diferencia absoluta mínima en el contenido de nutrientes equivalente a la cifra que se define para la

Anexo F

Representación de la red tridimensional de caseína en la cuajada



- Submicela
- Fosfato cálcico
- ⋈ C-terminal de κ -C