



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE UN DEXTRANO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y FUNCIONALES DE QUESO DE PASTA HILADA SEMIGRASO

Andrea Carolina Castro Vargas

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agrarias
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Bogotá D.C., Colombia
2014

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE UN DEXTRANO SOBRE LAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y
FUNCIONALES DE QUESO DE PASTA HILADA SEMIGRASO**

Andrea Carolina Castro Vargas

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Director:

Néstor Ariel Algecira Enciso

Codirector:

Carlos Fernando Novoa Castro

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias

Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Bogotá D.C., Colombia

2014

Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento a todas aquellas personas que han sido un gran apoyo durante este largo camino, pero en especial:

A Dios, mi familia y amigos por mostrarme siempre el camino correcto, por darme fortaleza y por ser la luz, que guía cada paso en mi vida.

A mis compañeros del posgrado de Ciencia y Tecnología de Alimentos, por compartir el esfuerzo, la dedicación, las celebraciones, las lágrimas y todos aquellos momentos que hicieron parte importante de mi vida y que engrandecieron mi espíritu.

A los profesores del posgrado, especialmente al profesor Néstor Algecira y el Profesor Carlos Novoa, por el apoyo y confianza incondicional, por los buenos consejos y palabras de ánimo en cada momento.

A los compañeros del IBUN, por acompañarme y darme su buena energía y amistad; por compartirme parte de sus vidas.

Al Ingeniero Gustavo Buitrago, por darme la oportunidad de aprender y compartir su conocimiento y sabiduría no solo como profesional, sino como ser humano.

A los compañeros del ICTA, que siempre me brindaron su ayuda, apoyo, compañía y fortaleza.

A todos los angelitos que Dios ha puesto en mi vida durante este proceso, sin los cuales jamás hubiera podido continuar con mi camino.

Resumen

La disminución de grasa en los quesos puede alterar su estructura y por tanto algunas de sus propiedades. En este estudio se evaluó el efecto de la adición de un dextrano sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y funcionales de un queso de pasta hilada semigraso. Los quesos fueron elaborados con 2 niveles de grasa en leche y 5 concentraciones de dextrano. Se determinó el método de adición del dextrano y las concentraciones del mismo. A cada tratamiento se le realizaron análisis químicos, físicos, sensoriales y se evaluó la microestructura, las propiedades funcionales y el tiempo de vida útil. La adición de dextrano en concentraciones de 1,50% y 3,00% incrementó la humedad y rendimiento, mejorando la textura, algunas propiedades funcionales y modificando la microestructura de los quesos. Concentraciones mayores a 3,00% disminuyeron significativamente la calidad sensorial. La adición de dextrano no afectó el tiempo de vida útil en almacenamiento a 4°C. Los quesos semigrasos con 1,50% de dextrano, presentaron características comparables con un queso graso tradicional, haciendo de este un queso apto tanto para el consumo directo como para su uso culinario en diferentes preparaciones.

Palabras clave: queso doble crema, fibra dietaria, reología, análisis sensorial, microestructura, vida útil.

Abstract

Decreasing fat in cheeses can alter its structure and therefore some of its properties. In this study was evaluated the effect of a dextran addition on the physicochemical, sensory and functional properties of half-fat pasta filata cheese. The cheeses were made with 2 levels of fat and 5 concentrations of dextran. The method for dextran addition and its concentrations were determined. To each treatment were performed chemical, physical, sensory analysis and was evaluated microstructure, functional properties and shelf life. The addition of 1.50% and 3.00% of dextran increased moisture and yield, improving texture, some functional properties and modifying cheese microstructure. Concentrations greater than 3.00% significantly reduced sensory quality. The addition of dextran did not affect the shelf life in storage at 4°C. The half-fat cheese with 1.50% dextran, showed features comparable with a traditional fat cheese, therefore this cheese is suitable for direct consumption and for use as an ingredient.

Keywords: Double cream cheese, dietary fiber, rheology, sensory analysis, microstructure, shelf life.

Contenido

	Pág.
1. Marco conceptual.....	5
1.1 Alimentos funcionales	5
1.2 Fibra dietaria, funcional y total.....	7
1.2.1 Ejemplos de fibra dietaria y funcional.....	7
1.2.2 Efectos fisiológicos de la fibra dietaria	9
1.1.3 Propiedades funcionales tecnológicas de la fibra dietaria y funcional	11
1.3 Ingesta recomendada de fibra dietaria y grasa, y valores de referencia para rotulado.....	12
1.4 Quesos.....	13
1.5 Clasificación de los quesos según su contenido de grasa y humedad.....	14
1.6 Sustitutos de grasa en alimentos.....	14
1.6.1 Clasificación de los sustitutos de grasa	15
1.7 Queso de pasta hilada	16
1.7.1 Elaboración.....	16
1.7.2 Características de calidad en quesos	17
2. Objetivos.....	21
2.1 Objetivo general	21
2.2 Objetivos específicos	21
3. Materiales y metodología.....	23
3.1 Localización	24
3.2 Materias primas.....	24
3.3 Equipos	24
3.4 Metodología	24
3.4.1 Diseño experimental	24
3.4.2 Elaboración de queso de pasta hilada	25
3.4.3 Análisis fisicoquímicos	30
3.4.4 Análisis de perfil de textura.....	31
3.4.5 Reología	32
3.4.6 Análisis sensorial.....	33
3.4.7 Color instrumental.....	34
3.4.8 Funcionalidad del queso como ingrediente	35
3.4.9 Microscopía electrónica de barrido	38
3.4.10 Ensayos de vida útil.....	39
3.5 Análisis estadístico.....	42
4. Resultados y Discusión	45

4.1	Elaboración de queso de pasta hilada	45
4.1.1	Adición del dextrano	46
4.2	Análisis fisicoquímicos	50
4.3	Análisis de perfil de textura instrumental	53
4.4	Reología	57
4.5	Análisis sensorial	62
4.6	Color Instrumental.....	65
4.7	Funcionalidad del queso como ingrediente	67
4.7.1	Capacidad de fusión.....	67
4.7.2	Liberación de aceite	69
4.7.3	Pardeamiento.....	70
4.7.4	Tajabilidad.....	71
4.7.5	Rallabilidad.....	73
4.8	Microscopía Electrónica de Barrido.....	75
4.9	Correlaciones entre atributos físicos, químicos y sensoriales	76
4.10	Vida útil.....	78
4.10.1	Actividad de agua.....	78
4.10.2	Firmeza	79
4.10.3	Color instrumental	80
4.10.4	Análisis microbiológicos	82
4.10.5	Análisis sensorial.....	84
4.11	Consideraciones finales	89
5.	Conclusiones y recomendaciones	91
5.1	Conclusiones	91
5.2	Recomendaciones	93

Lista de figuras

	Pág.
Figura 3-1. Esquema de experimentación.	23
Figura 3-2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de queso de pasta hilada.	26
Figura 3-3. Métodos de adición de dextrano evaluados.....	27
Figura 3-4. Método de adición del biopolímero a la leche.....	28
Figura 3-5. Método de adición del biopolímero a la cuajada durante el hilado.....	29
Figura 3-6. Análisis de perfil de textura de quesos mediante texturómetro TA-XT <i>plus</i> . .	32
Figura 3-7. Análisis reológico de quesos.. ..	33
Figura 3-8. Espectrofotocolorímetro ColorQuest XE, empleado para la determinación de color.	34
Figura 3-9. Determinación de Capacidad de fusión de quesos mediante el test del tubo.	35
Figura 3-10. Determinación de la capacidad de fusión de quesos mediante el test del Schreiber.....	36
Figura 3-11. Liberación de aceite en quesos.....	36
Figura 3-12. Pardeamiento de quesos.....	37
Figura 3-13. Rallado eléctrico de quesos.....	37
Figura 3-14. Empaque al vacío de muestras para la determinación de vida útil.....	39
Figura 3-15. Análisis realizados para la determinación de la vida útil de queso de pasta hilada semigraso con dextrano.....	39
Figura 4-1. Aspecto de la cuajada obtenida después de la adición del dextrano a la leche.. ..	46
Figura 4-2. Aspecto de la cuajada durante la adición de la dispersión de biopolímero en el hilado.. ..	47
Figura 4-3. Micrografías de quesos de pasta hilada semigrasos con adición de dextrano, elaborados con 2% grasa.	76

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1. Composición de dextrano (21).	9
Tabla 1-2. Efectos fisiológicos de la fibra dietaria sobre la salud humana.	10
Tabla 1-3. Descriptores permitidos para las declaraciones de las propiedades relacionadas con el contenido de nutrientes según la resolución 333 de 2011 (36).	13
Tabla 1-4. Clasificación de los quesos, de acuerdo a la resolución 1804 de 1989 (40). ..	14
Tabla 1-5. Composición química del queso doble crema (47).	16
Tabla 1-6. Propiedades funcionales de los quesos al ser usados como ingrediente.	18
Tabla 3-1. Valores de referencia de características microbiológicas para quesos frescos según la Resolución 1804 de 1989 (40).	42
Tabla 4-1. Condiciones establecidas para la elaboración de queso de pasta hilada semigraso.	45
Tabla 4-2. Efecto de la concentración de dextrano adicionado a la leche sobre el porcentaje de humedad de la cuajada obtenida.	47
Tabla 4-3. Prueba de consumidores, para la determinación de la concentración máxima de dextrano aceptada sensorialmente en quesos.	49
Tabla 4-4. Análisis fisicoquímicos de quesos de pasta hilada semigraso con adición de diferentes concentraciones de dextrano.	53
Tabla 4-5. Adhesividad de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.	55
Tabla 4-6. Determinación de pardeamiento de muestras de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano horneadas sobre pizzas de 9cm.	71
Tabla 4-7. Coeficientes de correlación de Pearson, entre las diferentes propiedades evaluadas a los quesos de pasta hilada semigrasos con adición de dextrano.	77
Tabla 4-8. Análisis microbiológico de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, durante almacenamiento a 4°C.	83
Tabla 4-9. Valores empleados para la determinación de punto de corte de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, almacenado a 4°C por 30 días, empleando la textura como descriptor crítico.	87

Lista de gráficas

Gráfica 4-1. Contenido de humedad de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes niveles de inclusión de dextrano.....	50
Gráfica 4-2. Rendimiento de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes niveles de inclusión de dextrano.....	51
Gráfica 4-3. Contenido de grasa en base seca de los quesos de pasta hilada elaborados con diferentes niveles de inclusión de dextrano.....	52
Gráfica 4-4. Firmeza de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.....	54
Gráfica 4-5. Cohesión de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.....	55
Gráfica 4-6. Elasticidad de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.....	56
Gráfica 4-7. Gomosidad de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.....	57
Gráfica 4-8. Barridos de deformación realizados a los quesos de pasta hilada con adición de dextrano, en la gráfica se presenta el correspondiente a 2% de grasa en leche y 4,50% de dextrano. La flecha, indica el punto seleccionado para realizar los ensayos reológicos.....	58
Gráfica 4-9. Barridos de frecuencia realizados a los quesos de pasta hilada con adición de dextrano, en la gráfica se presenta el correspondiente a 1% de grasa en leche y 3,00% de dextrano.	59
Gráfica 4-10. Comportamiento elástico (G') y viscoso (G'') de los quesos de pasta hilada con adición de dextrano, a una frecuencia de 1Hz.	59
Gráfica 4-11. a) G' y G'' , b) $\tan \delta$, de los quesos de pasta hilada con adición de dextrano, durante barridos de temperatura a una frecuencia de 1Hz y deformación de 0,3%.	60
Gráfica 4-12. Punto de corte donde $G'=G''$, de los quesos de pasta hilada con adición de dextrano, durante barridos de temperatura a una frecuencia de 1Hz y deformación de 0,3%.	61
Gráfica 4-13. Temperatura de corte de los quesos de pasta hilada con adición de dextrano, durante barridos de temperatura a una frecuencia de 1Hz y deformación de 0,3%.	62
Gráfica 4-14. Análisis sensorial descriptivo de muestras de queso de pasta hilada semigraso adicionadas con dextrano.	63

Gráfica 4-15. Luminosidad de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.....	65
Gráfica 4-16. Coordenadas de color a* de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.....	66
Gráfica 4-17. Coordenadas de color b* de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.....	67
Gráfica 4-18. Distancia fluida de quesos de pasta hilada semigrasos con inclusión de dextrano, evaluados mediante el test del tubo.	68
Gráfica 4-19. Porcentaje de incremento en diámetro de quesos de pasta hilada semigrasos con inclusión de dextrano, evaluados mediante el test de Schreiber.....	68
Gráfica 4-20. Aceite liberado (%) después del calentamiento de quesos de pasta hilada semigrasos adicionados con dextrano.	70
Gráfica 4-21. Fuerza de corte obtenido durante ensayos de tajabilidad de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano.	72
Gráfica 4-22. Trabajo de corte obtenido durante ensayos de tajabilidad de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano.....	72
Gráfica 4-23. Índice de rallabilidad de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano.....	73
Gráfica 4-24. Actividad de agua (a_w) de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano durante almacenamiento a 4°C.	78
Gráfica 4-25. Firmeza instrumental de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, durante almacenamiento a 4°C.	79
Gráfica 4-26. Luminosidad de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, durante almacenamiento a 4°C.....	80
Gráfica 4-27. Coordenadas de color a* de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, durante almacenamiento a 4°C.	81
Gráfica 4-28. Coordenadas de color b* de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, durante almacenamiento a 4°C.	82
Gráfica 4-29. Evaluación sensorial de color de muestras de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, almacenadas a 4°C por 30 días.	84
Gráfica 4-30. Evaluación sensorial de sabor y aroma de muestras de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, almacenadas a 4°C por 30 días.	85
Gráfica 4-31. Evaluación sensorial de textura de muestras de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, almacenadas a 4°C por 30 días.	86
Gráfica 4-32. Aceptabilidad de consumidores versus scores de panel entrenado para el atributo de textura, en muestras de queso de pasta hilada semigraso con y sin adición de dextrano, almacenado a 4°C.....	87
Gráfica 4-33. Scores de textura de panel entrenado versus días de almacenamiento para la determinación de la vida útil sensorial de muestras de queso de pasta hilada semigraso con y sin adición de dextrano, almacenado a 4°C.....	88

Introducción

En los últimos años, las tendencias de consumo de alimentos en los países occidentales han cambiado drásticamente. Cada día, los consumidores son más conscientes de la relación entre la dieta diaria y la salud. Las dietas elevadas en grasa saturada, colesterol, sal y bajas en fibra, han sido asociadas con un riesgo incrementado de padecimiento de enfermedades crónicas, tales como obesidad, diabetes, aterosclerosis, enfermedad cardiovascular, cáncer de colon, entre otras (1).

La demanda de alimentos más saludables con características sensoriales similares a los tradicionales, ha llevado a la industria al desarrollo de diversos tipos de alimentos en los cuales se busca reducir el aporte calórico a través de la disminución de la grasa y promover la salud mediante la adición de sustancias funcionales, que puedan generar beneficios adicionales para la salud.

Los productos lácteos, tales como el queso, representan una matriz atractiva para el desarrollo de alimentos funcionales. Estos son de consumo diario, con un contenido nutricional importante y hacen parte de la mayoría de alimentos elaborados. Hasta el 2009, los lácteos ocupaban un 46% del mercado de los alimentos funcionales en Colombia, con un crecimiento mayor al 60% en los cinco años anteriores (2).

Dentro de los derivados lácteos, el queso ha sido empleado como matriz para la adición de fibra dietaria y para la disminución de grasa en diversos estudios, la mayoría de ellos orientados a determinar modificaciones en el proceso de elaboración, así como el efecto sobre propiedades reológicas, funcionales, atributos sensoriales y la aceptación del producto final (3-8).

En Colombia, el consumo de queso está alrededor de 42,5g/individuo al día (9), aunque esta cifra es baja en comparación con otros países latinoamericanos, en los últimos años ha tenido un crecimiento notorio (14%), con un gran potencial de incremento. Los quesos

de mayor consumo son los de tipo fresco, debido al menor precio, a su incorporación en las comidas rápidas y su adaptabilidad a las exigencias dietarias y nutricionales (10).

A pesar del crecimiento de la producción y mercado de los quesos en Colombia, aún es necesario un mayor fortalecimiento del mercado tanto interno como externo, una mayor diversificación de los productos, la implementación de tecnologías e innovación, empleando como base la investigación y desarrollo del sector para la generación de nuevos derivados lácteos y para crear ventajas competitivas, frente a otros sectores y mercados de exportación, como parte de la incentivación a la locomotora del sector agropecuario.

El queso de pasta hilada “doble crema”, es el segundo más consumido en el país con un 37,5% de consumo anual, después del campesino (10). Sin embargo, por tratarse de un queso graso, su consumo es limitado para aquellas personas con regímenes dietarios especiales.

Las propiedades funcionales del queso doble crema, que facilitan su uso en diversas preparaciones culinarias, el tiempo de vida útil, las características organolépticas y los estándares de calidad manejados por la industria colombiana para este tipo de queso, hacen de este un producto atractivo para disminuir el contenido de grasa y aplicar componentes activos que generen beneficios para la salud, además de un excelente aporte nutricional.

El estudio de nuevas fuentes de fibra dietaria y biopolímeros como el empleado en la investigación, el cual ha sido desarrollado en el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y posee una patente de innovación que incluye el producto y proceso de elaboración, hace necesaria la búsqueda de nuevas aplicaciones industriales para el diseño de sistemas alimentarios saludables, bajos en grasa, colesterol y calorías, teniendo en cuenta su funcionalidad fisiológica y tecnológica. Además, contribuye e incentiva el uso sostenible de los recursos obtenidos por medios biotecnológicos, promoviendo la interacción entre la investigación, ciencia e innovación de las universidades y de la industria y el desarrollo en biotecnología y bioprospección del sector.

La presente investigación, tiene por objeto evaluar el efecto de la adición de un dextrano sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y funcionales de un queso de pasta hilada semigraso (tipo doble crema), como una opción innovadora, saludable y de alta perspectiva tanto para el sector de los derivados lácteos, como para los consumidores actuales, conscientes de la relación entre la dieta diaria y la salud.

Inicialmente, se presenta el marco referencial donde se define el tipo de biopolímero empleado, las posibles aplicaciones, así como los detalles de la matriz alimenticia empleada y sus principales características. Posteriormente, se describe la metodología utilizada durante el desarrollo de la investigación, partiendo del proceso de elaboración del queso y el método de adición del dextrano, continuando con los diferentes análisis realizados a los quesos elaborados y finalmente determinando el tiempo de vida útil.

Adicionalmente, se presentan los resultados obtenidos en concordancia con los objetivos y metodología propuesta, así como la discusión de los mismos, tratando de relacionar las diferentes variables evaluadas. Por último, se describen las principales conclusiones obtenidas con el desarrollo de la investigación.

1. Marco conceptual

El interés en alimentos funcionales continúa creciendo, gracias a los esfuerzos investigativos por identificar propiedades y aplicaciones potenciales de sustancias activas con beneficios para la salud. El diseño y desarrollo de estos alimentos requiere estrategias para definir y optimizar la presencia de los compuestos activos, ya sea incrementando las proporciones de aquellos que exhiben efectos benéficos o limitando el contenido de los que pueden tener implicaciones negativas para la salud (11).

La industria láctea ha respondido a la conciencia del consumidor por su interés en alimentos funcionales, mejorando los atributos nutricionales que ya tienen la leche, yogur y queso con compuestos fisiológicamente activos (12). El queso ha sido empleado como matriz para la adición de fibra y para la disminución de grasa en diversos estudios, la mayoría de ellos orientados a determinar modificaciones en el proceso de elaboración, así como el efecto sobre propiedades reológicas, funcionales, atributos sensoriales y la aceptación del producto final.

1.1 Alimentos funcionales

Los hábitos alimenticios han sido considerados factores importantes asociados con el estado de salud. En los últimos años, el consumo de comidas rápidas ha incrementado significativamente, llevando al desarrollo de un gran número de enfermedades relacionadas con deficiencias o excesos nutricionales. Por esta razón, los consumidores actuales están más interesados en los beneficios potenciales de una buena nutrición para el control o prevención de enfermedades (13).

El papel de los compuestos activos en la nutrición humana es una de las áreas de mayor preocupación e investigación en el campo de las ciencias de la nutrición. Constantemente, está surgiendo nueva evidencia científica relacionada con los

beneficios y riesgos asociados a aspectos particulares de la dieta diaria. Los efectos potenciales de nutrientes y otros componentes en la dieta han llevado a la creación de productos alimenticios con características específicas, que son capaces de influir en el funcionamiento corporal por encima de la satisfacción de las necesidades nutricionales básicas (14).

Hasta la fecha el concepto de alimento funcional de mayor aceptación es el emitido por el *ILSI Europe* en el documento de consenso *Functional Food Science in Europe* (FUFOSE). La definición del ILSI establece que un alimento puede ser considerado funcional si se ha demostrado de manera satisfactoria que posee un efecto benéfico sobre una o varias funciones específicas en el organismo, más allá de los efectos nutricionales habituales, siendo esto relevante para la mejoría de la salud y el bienestar y/o la reducción del riesgo de enfermar (15):

Desde un punto de vista práctico, un alimento funcional puede ser:

- Un alimento natural en el que uno de sus componentes ha sido mejorado mediante condiciones especiales de cultivo.
- Un alimento al que se ha añadido un componente para que produzca beneficios (por ejemplo, una fibra dietaria con efectos beneficiosos sobre la salud intestinal, demostrados científicamente).
- Un alimento del cual se ha eliminado un componente para que produzca menos efectos adversos sobre la salud (por ejemplo, la disminución de ácidos grasos saturados).
- Un alimento en el que la naturaleza de uno o más de sus componentes ha sido modificada químicamente para mejorar la salud (por ejemplo, los hidrolizados proteicos adicionados en los preparados para lactantes para reducir el riesgo de alergenicidad).
- Un alimento en el que la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes ha sido aumentada para mejorar la asimilación de un componente beneficioso.
- Cualquier combinación de las posibilidades anteriores (15).

1.2 Fibra dietaria, funcional y total

Actualmente existen diversas definiciones del término fibra. *The National Academy of Sciences* (NAS) y *Food and Nutrition Board* de los Estados Unidos, en el año 2001, definieron los términos Fibra Dietaria, Fibra Funcional y Fibra total (16).

La fibra dietaria, consiste en carbohidratos no digeribles y lignina, que se encuentran intactos, de manera intrínseca en las plantas. Por otra parte, la fibra funcional, incluye aquellos carbohidratos aislados mediante métodos químicos, físicos o enzimáticos, o producidos sintéticamente, no digeribles, para los cuales se han acumulado evidencias científicas de los efectos fisiológicos benéficos para la salud de los seres humanos. Y por último, la fibra total, que es la suma de la fibra dietaria y la fibra funcional (16).

Este doble enfoque para definir los carbohidratos no digeribles comestibles, reconoce la diversidad presente en la cadena alimenticia humana, incluyendo aquellos provenientes de las paredes celulares y de almacenamiento, que predominan en los alimentos de origen vegetal, los aportados por los alimentos de origen animal, aquellos aislados y los carbohidratos de bajo peso molecular que se producen de manera natural o se han sintetizado o fabricado de otra manera (16).

Aunque los términos de fibra soluble e insoluble no se mencionan casi en la actualidad, es preciso hacer la diferenciación de estos dos términos. La Fibra soluble es la fracción de la fibra dietaria soluble en agua, formada por parte de las hemicelulosas, pectinas o sustancias pécticas, gomas, mucílagos, polisacáridos de algas, oligosacáridos no digeribles y polisacáridos modificados. Por otro lado, la fibra insoluble, que es la fracción que no se solubiliza en agua, está constituida principalmente por celulosa, gran parte de la hemicelulosa y lignina (17).

1.2.1 Ejemplos de fibra dietaria y funcional

La fibra dietaria incluye los polisacáridos de plantas excepto el almidón, como las celulosas, hemicelulosas, pectinas, gomas, β -glucanos; los carbohidratos de plantas que no son recuperados por precipitación en alcohol, como la inulina, fructanos y oligosacáridos; lignina y algunos tipos de almidón resistente (16).

Las fibras funcionales incluyen carbohidratos de origen vegetal, no digeribles como el almidón resistente, gomas y pectinas; de origen animal, como la quitina y el quitosano; o los producidos comercialmente como la polidextrosa, almidón resistente, inulina y dextranos (16).

Almidón resistente: Se define como la suma del almidón y de los productos procedentes de la degradación del almidón, que no es digerida en el intestino delgado de los individuos sanos. La industria alimentaria utiliza los almidones resistentes de diversas maneras. Al agregarlos a alimentos como pan, galletas, dulces, fideos, barras nutritivas y cereales, el almidón resistente puede aumentar el contenido de fibra sin alterar el gusto o la textura. El almidón resistente también reduce el contenido calórico de los alimentos cuando se utiliza para reemplazar la harina u otros carbohidratos de digestión rápida (18).

Inulina y Fructooligosacáridos (FOS): La inulina está compuesta esencialmente de unidades β -2-1 fructosa con un grado de polimerización de 3 a 70 monómeros; pertenece al grupo de los fructanos y es sintetizado por una variedad de plantas, frutas y cereales. Se extrae de la raíz de la achicoria (*Cichorium intybus*) y se utiliza ampliamente como ingrediente en alimentos funcionales. La inulina y sus derivados (oligofructosa, FOS), por lo general contienen hasta un 10% de mono y disacáridos (sacarosa y fructosa) y una serie de oligosacáridos, donde se incluyen los FOS, con un grado de polimerización menor de diez unidades de fructosa (19).

β - Glucanos: Polímeros formados por unidades de glucosa, enlazadas por uniones β -1,4-D-glucosídicos, y con cadenas laterales formadas a partir de enlaces β -1,3-D-glucosídicos. Sus pesos moleculares son menores al de la celulosa. Están presentes en los cereales como la avena y la cebada (19).

Dextrano: El dextrano empleado en la investigación, se trata de un polímero compuesto por unidades de glucosa unidas por enlaces α 1-6, de aproximadamente 1000 kDa (20). Fue desarrollado por el Instituto de Biotecnología, de la Universidad Nacional de Colombia, mediante tecnología enzimática, a partir de una cepa bacteriana nativa no modificada genéticamente (*Leuconostoc mesenteroides*). Está compuesto por 86% de fibra dietaria (Tabla 1-1) y presenta características tales como alta dispersabilidad en agua e incremento de la viscosidad de las soluciones a altas concentraciones de polímero, estabilidad a amplios rangos de pH y temperatura, así como en mezcla con

otros polímeros como goma xantano y goma guar; por lo cual presenta una potencialidad importante de uso en el campo de alimentos funcionales (21).

Tabla 1-1. Composición de dextrano (21).

COMPONENTE	%	METODO DE ANÁLISIS
Agua	9,96	AOAC 932.12
Proteína	1,42	AOAC 920.152 (Kjeldhal)
Minerales	1,51	AOAC 940.26
Fibra dietaria Total (FDT)	86,17	AOAC 985.29
Fibra dietaria insoluble (FDI)	1,37	AOAC 1991.42
Fibra dietaria Soluble (FDS)	84,79	FDT-FDI=FDS

1.2.2 Efectos fisiológicos de la fibra dietaria

Tradicionalmente se reconocen dos fracciones de fibra dietaria: “fibra soluble” (FS) y “fibra insoluble” (FI), para diferenciar entre los componentes solubles, que van a formar geles o soluciones viscosas (por ejemplo, pectinas), de los que son insolubles y van a producir efecto bulto (por ejemplo, celulosa). Sin embargo, esta diferenciación no siempre predice los efectos fisiológicos (22).

La FAO/OMS propuso que esa distinción entre soluble e insoluble se deje de utilizar, para ser reemplazada por fermentable y no fermentable. Los tipos de fibra no fermentables, como las capas externas lignificadas de los granos de cereales, tienen generalmente un efecto formador de masa fecal por su habilidad para ligar agua en el colon distal. La fibra fermentable por su parte también contribuye a la formación de bulto a través del aumento de la masa microbiana (22).

Las fibras fermentables se caracterizan por ser rápidamente degradadas por la microflora anaerobia del colon. Este proceso, da lugar, entre otros productos, a los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) (17).

Los efectos fisiológicos más importantes de los AGCC consisten en disminuir el pH intraluminal, estimular la reabsorción de agua y sodio, fundamentalmente en el colon

ascendente, y potenciar la absorción en el colon de cationes divalentes. Los principales AGCC con funciones fisiológicas importantes incluyen el acético, propiónico y butírico (23).

En general, diversos estudios epidemiológicos han establecido que existe una relación directa entre el consumo de dietas ricas en fibra y una reducción del riesgo de padecer algunas enfermedades crónicas (Tabla 1-2).

Tabla 1-2. Efectos fisiológicos de la fibra dietaria sobre la salud humana.

Órgano o Enfermedad	Efectos atribuidos
Tracto gastrointestinal	Las fibras fermentables, solubles y viscosas, estimulan la salivación y retrasan el vaciamiento gástrico (17). Ralentizan la velocidad de absorción de nutrientes en el intestino delgado, aumentando la viscosidad y tamaño del bolo alimenticio y disminuyendo la interacción de los nutrientes con las enzimas digestivas (24).
Obesidad y Manejo del peso corporal	La ingesta de fibra dietaria ha sido asociada con una reducción de peso y de la circunferencia de la cintura. El efecto sobre la obesidad ha sido atribuido al incremento de la saciedad, masticación, al desplazamiento calórico y la disminución de la absorción de macronutrientes. Debido a la habilidad de formar soluciones viscosas que prolongan el vaciamiento gástrico y consecuentemente inhibe el transporte de glucosa, triglicéridos y colesterol a través del intestino (25, 26)
Diabetes tipo II e índice glicémico	El consumo de alimentos con alto contenido de fibra reduce la tasa de absorción de glucosa, lo cual disminuye la insulina circulante, y modula hormonas estomacales como las incretinas y el polipéptido inhibidor gástrico (GIP) (25).
Enfermedad cardiovascular	Evidencias sugieren que dietas altas en fibra, pueden impactar directamente en el riesgo de enfermedad coronaria, atacando factores tales como niveles elevados de colesterol LDL sérico. El mecanismo exacto por el cual se da la disminución es aún desconocido, se piensa que puede interferir en el metabolismo de lípidos y ácidos biliares, e inhibir la síntesis de colesterol hepático por productos de la fermentación (27).
Cáncer	Evidencia científica sugiere que la fibra dietaria puede reducir el riesgo de ciertos tipos de cáncer como el de mama, de colon y esofágico (28). Un estudio que involucró 10 países europeos demostró una reducción del 25% en el riesgo de desarrollar cáncer colorectal asociado a un alto consumo de fibra (29); mientras para el caso del cáncer gástrico, se ha encontrado una reducción de hasta 44% (30).

1.1.3 Propiedades funcionales tecnológicas de la fibra dietaria y funcional

Denominadas así por su asociación a los efectos deseables en los productos alimentarios y con efectos fisiológicos benéficos en el organismo (31). Diversas fibras dietarias han sido usadas en productos alimenticios, debido a su amplio rango de atributos tecnológicos tales como incremento de la capacidad de retención de agua, capacidad de retención de aceite, emulsificación y formación de geles. Esto ha permitido su incorporación en productos horneados, lácteos, jamones, cárnicos, sopas, etc., como sustitutos de grasa, modificantes y mejoradores de textura, para evitar la sinéresis, estabilizar emulsiones e incrementar la vida útil, entre otros (32, 33).

- **Tamaño de Partícula**

Dependiendo de la granulometría de la fibra, será el tipo de alimento o proceso en el cual se incorporará. La fibra fina (de tres a cinco micrómetros) puede emplearse como sustituto de grasas, las de mayor tamaño se aplican en hojuelas de maíz y en productos donde su textura lo permita. Se estima que el tamaño ideal de partículas de fibra para consumo humano se ubica en un rango de 50 a 500 μm ; tamaños mayores pueden afectar la apariencia del producto e impartir una sensación fibrosa, dificultando la masticación y deglución; tamaños menores pueden presentar problemas en la hidratación, al favorecerse la formación de grumos, ocasionar apelmazamiento y por lo tanto la compresión del producto (34).

- **Capacidad de retención de agua (CRAg)**

La capacidad de retener agua, se refiere a la habilidad de la fibra dietaria de atrapar agua dentro de su matriz, y se debe a los numerosos grupos polares libres de sus azúcares constituyentes (OH, COOH, SO, y C=O). De esta propiedad depende el efecto fisiológico de la fibra y el nivel máximo de incorporación a un alimento. La retención de agua afecta la viscosidad de los productos facilitando o dificultando su procesamiento. Los factores que influyen en la CRAg son: su microestructura, tamaño de partícula, porosidad, pH, temperatura, fuerza iónica y la presencia de otros compuestos que también retienen agua como los carbohidratos (8, 32).

- Capacidad de retención de aceite (CRAc)

La fibra dietaria también tiene la habilidad de captar moléculas de aceite debido a que está constituida por redes que se forman de manera natural. La composición química de la fibra por sí sola juega un papel importante, la habilidad para retener aceite es más una función de la porosidad de la estructura de la fibra, que de la afinidad de ésta por las moléculas de aceite (8). Teóricamente las partículas con gran superficie presentan mayor capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa; la grasa es atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos. Se ha observado que las fibras insolubles presentan mayores valores de absorción de grasa que las fibras solubles, sirviendo como emulsificante. Dicha capacidad está relacionada con la composición química, el tamaño y el área de las partículas de la fibra (34).

1.3 Ingesta recomendada de fibra dietaria y grasa, y valores de referencia para rotulado

En las Recomendaciones de Ingesta y Energía de Nutrientes para la Población Colombiana, la recomendación de fibra dietaria, se ha determinado según el grupo etario, el género y las calorías promedio consumidas por cada grupo. Las recomendaciones actuales de fibra oscilan alrededor de 14 g/1000 kcal/día, con una relación fermentable/no fermentable de 3/1 (35).

En cuanto a la ingesta de grasa, actualmente, se recomienda para todos los grupos de edad, que del 30 al 35% de la energía consumida debe provenir de la grasa (35).

En Colombia, la Resolución 333 de 2011, del Ministerio de la Protección Social que aplica para el etiquetado y rotulado nutricional de alimentos, sugiere como valor diario de referencia para el rotulado de nutrientes, 25g de fibra dietaria, 65g de grasa total y 20g de grasa saturada, para niños mayores de 4 años y adultos. Algunos de los descriptores permitidos para las declaraciones de las propiedades relacionadas con el contenido de nutrientes: Alto, Buena fuente, Libre de, Bajo, Muy bajo, Magro y Extramagro, se presentan en la Tabla 1-3 (36).

Tabla 1-3. Descriptores permitidos para las declaraciones de las propiedades relacionadas con el contenido de nutrientes según la resolución 333 de 2011 (36).

Descriptor	Condición
“Alto en, Rico en o Excelente fuente de”	Debe contener 20% o más del valor de referencia del nutriente por porción declarada en la etiqueta.
“Buena fuente de”	Del 10 al 19% del valor de referencia.
“Enriquecido/fortificado /adicionado”	Por lo menos 10% y no más del 100% del valor de referencia.
“Libre de”	Calorías: Contiene menos de 5 kcal. Grasa: Contiene menos de 0,5 g de grasa total. Azúcares: Contiene menos de 0,5 g de azúcares. Sodio: Contiene menos de 5 mg de sodio.
“Bajo en”	Calorías: Contiene un máximo de 40 kcal. Grasa: Contiene 3 g o menos de grasa total. Sodio: Contiene máximo 140 mg de sodio.
“Muy bajo en”	Solamente se permite para sodio, si por porción declarada en la etiqueta, el alimento contiene un máximo de 35 mg de sodio.

La porción recomendada de queso fresco y queso de pasta hilada tipo quesillo, sobre la que aplican los valores de la resolución 333 de 2011, es de 30g. La cual es empleada en este estudio para calcular los valores de fibra dietaria.

1.4 Quesos

Se define como queso, el producto blando, semiduro, duro y extra duro, madurado o no madurado, en el que la proporción entre las proteínas de suero y la caseína, no sea superior a la de la leche, obtenido mediante coagulación total o parcial de la proteína de la leche, leche desnatada/descremada, leche parcialmente desnatada/descremada, nata (crema), nata(crema) de suero o leche de mantequilla/manteca, o de cualquier combinación de estos materiales, por acción del cuajo u otros coagulantes idóneos, y por escurrimiento parcial del suero que se desprende como consecuencia de dicha coagulación, respetando el principio de que la elaboración del queso resulta en una concentración de proteína láctea (especialmente la porción de caseína) y que por consiguiente, el contenido de proteína del queso deberá ser evidentemente más alto que el de la mezcla de los materiales lácteos en base a la cual se elaboró el queso (37, 38).

1.5 Clasificación de los quesos según su contenido de grasa y humedad

De acuerdo a la resolución 1804 de 1989, los quesos se clasifican según el contenido materia grasa en el extracto seco y el contenido de humedad sin materia grasa, como se muestra en la Tabla 1-4 (39, 40).

Tabla 1-4. Clasificación de los quesos, de acuerdo a la resolución 1804 de 1989 (40).

Designación según su consistencia	Humedad sin materia grasa (HMSG) %m/m
Duro	40
Semiduro	55
Semiblando	65
Blando	80
Designación según su contenido de materia grasa	Materia grasa en extracto seco (GES) %m/m
Rico en grasa	60
Graso	45
Semigraso	20
Semimagro	5
Magro	0,1

Los quesos poseen un alto contenido en grasas, especialmente en grasas saturadas, así como en colesterol y sal; que hace que las recomendaciones de este grupo de alimentos sean de un consumo moderado, eligiendo aquellos con menor contenido graso. Esto ha llevado a un mayor crecimiento del mercado de los quesos bajos en grasa, resultando en una comercialización acelerada de estos productos. Sin embargo, a pesar del rápido crecimiento del mercado, las ventas son aún escasas en comparación con su contraparte graso. Esto ha sido atribuido a las características inferiores de sabor, textura más firme y gomosa de los quesos con menor contenido de grasa, entre otros. Con el fin de mejorar estos defectos, se ha sugerido el remplazo de la grasa láctea con sustancias basadas en carbohidratos u otros sustitutos de grasa (4).

1.6 Sustitutos de grasa en alimentos

La demanda por parte del consumidor de productos bajos en grasa con la apariencia, textura y sabor de los productos equivalentes ricos en grasas, ha generado un interés considerable en el desarrollo de los sustitutos de grasas (41). Los sustitutos de grasas

son ingredientes que se utilizan para sustituir total o parcialmente la materia grasa de los alimentos. Hay que distinguir, los verdaderos sustitutos de las grasas, que pueden sustituir la grasa original en cantidades equivalentes, y los llamados emuladores (o simuladores) de grasas, sintetizados a base de proteínas, hidratos de carbono y otros biopolímeros (42).

1.6.1 Clasificación de los sustitutos de grasa

- Sustitutos a base de hidratos de carbono

Estos sustitutos de grasa utilizan como materias primas principalmente cereales y otros granos, incluyendo hidratos de carbono digeribles y no digeribles, tales como gomas, pectinas, fibra soluble, almidones, maltodextrinas, hemicelulosa y celulosa. Estos cumplen algunas de las funciones de las grasas en los alimentos gracias a su propiedad de captar agua, formar geles, su poder ligante y espesante, además de aportar textura y en algunos casos ser agradables al paladar. Desde el punto de vista energético, estos sustitutos aportan entre 1 y 4 kcal/g (43).

- Sustitutos a base de proteínas

Estos sustitutos se obtienen a base de proteínas de huevo, leche o soya en una forma microparticulada. Tienen buenas propiedades ligantes, pueden absorber dos veces su peso en agua y presentan muchas de las cualidades organolépticas de la grasa como suavidad y cremosidad, aunque soportan mal los procesos de calentamiento (44).

- Sustitutos a base de ácido grasos

Pueden tener diversa estructura molecular, destacando los triacilglicéridos sintéticos y componentes grasos acalóricos en los que se esterifican con ácidos grasos diversas moléculas como azúcares y polialcoholes. Los primeros presentan moléculas compuestas por ácidos grasos de difícil absorción o menor valor calórico (aportan sólo 5 kcal/g), entre los que se encuentran productos como Salatrim™, y Caprenin™. Los componentes grasos acalóricos no son digeribles, como es el caso de la Olestra que es un poliéster de sacarosa. Estos productos son estables a temperaturas de cocción, y soportan la fritura sin cambios importantes (42).

1.7 Queso de pasta hilada

El queso de pasta hilada es el producto elaborado a base de leche pasteurizada entera, parcialmente adicionada o no de fermentos lácticos, cuajo u otros coagulantes comprobados por las autoridades sanitarias, que después de coagulación, obtención de la cuajada y escurrido parcial del suero, es sometida a un proceso de amasado y estirado mecánico en caliente, dando origen a una masa hilante y homogénea (37, 45).

Los quesos de pasta hilada constituyen el segundo segmento de quesos más importante del mundo después del *Cheddar*. El mozzarella, el queso para pizza y los tipos *Provolone* representan a este segmento de manera general (46). El queso doble crema, es un producto fresco, ácido, no madurado, graso, de pasta semicocida e hilada, cuya materia prima es la leche de vaca. Contiene una humedad en el queso desgrasado del 62 al 65% y un contenido de grasa del 21 al 24% en base húmeda (Tabla 1-5). Su sabor es ligeramente ácido (47).

Tabla 1-5. Composición química del queso doble crema (47).

Características	Valores de referencia
Humedad (%)	49-51
Materia grasa (%)	21-24
Proteína (%)	20-22
Sal (%)	1,1-1,4
Materia grasa en materia seca (%)	44-47
Humedad del queso desgrasado (%)	62-65
pH	4,4-4,9

1.7.1 Elaboración

Este tipo de queso se obtiene a partir de la cuajada con un grado de acidez controlado (pH 5.0-5.4), sometida a la operación de hilado, en una paila o marmita a vapor. Durante la operación de hilado, se aplica sal (1,2– 1,7%) y se somete a un movimiento rotacional (o de estirado) permanente, para obtener un calentamiento homogéneo y evitar que se pegue al fondo del recipiente (47).

Algunas veces el estiramiento se realiza en agua caliente (como en el caso del queso mozzarella), otras en un recipiente seco el cual recibe calor directamente o a través de una camisa. Este es el caso del queso doble crema y del quesillo huilense, los cuales

basan su capacidad de hilado en la acidez de la cuajada y no en la adición de sales fundentes como es el caso del queso procesado. La acidez en algunos casos es aportada directamente por parte de la leche, en otros por suero ácido y en otros es adquirida por un proceso de fermentación ácido-láctica durante algunas horas antes del hilado (47).

1.7.2 Características de calidad en quesos

Las características de calidad en quesos pueden ser agrupadas en diferentes categorías: microbiológicas, químicas, físicas, funcionales, sensoriales, etc. (48). Los atributos de calidad en quesos que son considerados decisivos por los consumidores y fabricantes, corresponden fundamentalmente a sus propiedades reológicas, conocidas como cuerpo y textura o consistencia. Las propiedades reológicas del queso son las que determinan su respuesta al esfuerzo o la deformación, ya sea como alimento de consumo directo o como ingrediente en alimentos elaborados (49).

En la práctica, cuando un queso es consumido o se encuentra en su estado de materia prima, puede ser sometido a esfuerzos o deformaciones típicos del procesamiento como porcionado, tajado, desmenuzado y rallado; o del consumo como la masticación. Cuando es usado como ingrediente, es básicamente involucrado en procesos de reducción de tamaño y calentamiento, que permiten la interacción con otros ingredientes y determinan su funcionalidad (capacidad de fusión y flujo, capacidad de estiramiento, elasticidad y liberación de aceite) (50).

- Propiedades funcionales de quesos

El queso es empleado como ingrediente en la preparación de una amplia gama de platos en el hogar o en sectores de comidas preparadas a nivel industrial. Las propiedades funcionales (PF) de los quesos son un conjunto de indicadores que permiten cuantificar sus requisitos de desempeño (Tabla 1-6) y se determinan por la función que el queso cumplirá en el alimento en el que se utiliza. Hay muchos métodos para medir las PF de los quesos de pasta hilada; comúnmente se utilizan los análisis subjetivos del queso horneado, para determinar medidas subjetivas como viscosidad, capacidad de fusión y flujo, pardeamiento y liberación de aceite libre (51).

Tabla 1-6. Propiedades funcionales de los quesos al ser usados como ingrediente.

	Propiedad funcional	Descripción
Antes del calentamiento	<i>Rallabilidad gruesa</i> (Shreddability)	Es la capacidad: a) para cortar limpiamente en tiras largas y delgadas uniformes; b) baja susceptibilidad a la fractura o la formación de “polvo” durante el rallado; c) para resistir la aglutinación durante el rallado, o cuando se empaca libremente; y, d) con que se procesa el bloque de queso a través de una máquina ralladora (50).
	Tajabilidad (Sliceability)	Es la capacidad: a) para cortar limpiamente en rebanadas delgadas (lonchas o tajadas); b) para resistir la rotura, desmenuzados, pegados o fractura en los bordes de corte, y c) de someterse a un alto nivel de flexión antes de romperse. Algunos quesos que muestran esta propiedad son, el doble crema, quesillo, tipo Suizo, <i>Gouda</i> , <i>Cheddar</i> (50).
Inducidas por el calentamiento	<i>Capacidad de fusión</i> (Meltability) y <i>flujo</i> (Flowability)	La capacidad de fusión puede ser definida como la facilidad y extensión con la que el queso funde después del calentamiento (48). El grado en que el queso fundido fluye y se extiende sobre la superficie caliente se conoce como capacidad de flujo. Algunos quesos que muestran esta propiedad son los quesos crema y los quesos de pasta hilada (50).
	<i>Capacidad de estiramiento</i> (Stretchability) y <i>elasticidad</i> (Elasticity)	La capacidad de estiramiento es la habilidad del queso fundido para formar fibras cohesivas o láminas cuando es extendido. La elasticidad es la capacidad de las fibras de queso de resistir la deformación durante la extensión. Los quesos que muestran esta propiedad son los de pasta hilada, tales como: <i>Provolone</i> , <i>mozzarella</i> , doble crema, quesillo, pera, de hoja, etc.
	<i>Liberación de aceite</i> (Limited oiling-off)	Es la capacidad del queso para liberar una pequeña cantidad de grasa libre cuando es calentado. La excesiva liberación de aceite genera un aspecto grasoso y una sensación indeseable en la boca. Una moderada liberación de aceite contribuye a la capacidad de fusión, mediante la creación de una película hidrofóbica en la superficie del queso durante el horneado, dando un brillo atractivo y, frenando la pérdida de humedad por evaporación (50).
	<i>Pardeamiento</i> (Browning)	Los quesos de pasta hilada contienen azúcares reductores (lactosa y galactosa) susceptibles a reacciones de pardeamiento de <i>Maillard</i> . Estas reacciones son deseables en ciertas preparaciones alimenticias como lasaña, pizza, entre otras. Pero un intenso pardeamiento es inaceptable desde el punto de vista estético y nutricional (48).

- Reología y textura

La reología de materiales (como el queso), puede ser definida como el estudio de su deformación y flujo cuando es sometido a un esfuerzo o tensión, por ejemplo, durante la compresión, corte o tajado. Las propiedades reológicas de los quesos son atributos significativos de calidad, de gran importancia para los productores, empaques, distribuidores, comercializadores minoristas, industrias y consumidores. Estas propiedades influyen en la manipulación, porcionamiento y características de embalaje; así como en la textura y calidad al consumir, que determinan el esfuerzo requerido para masticar el queso, afectando las propiedades de sabor/aroma y la conveniencia del queso para diferentes grupos de consumidores (49).

De la misma manera, las propiedades reológicas, influyen en el uso del queso como ingrediente, al definir su comportamiento cuando es sometido a los diferentes métodos de reducción de tamaño (tales como tajado, rallado o gratinado) y como interactúa con mezclas de otros ingredientes, así como su capacidad para mantener la forma a una temperatura específica o cuando es apilado durante el almacenamiento, y para retener gas y conducir a la formación de ojos, hinchamiento o agrietamiento (49).

La textura del queso puede ser definida como un atributo sensorial compuesto, resultante de la combinación de las propiedades físicas que son percibidas por los sentidos del tacto, visión y oído. Los descriptores aplicados a la textura de quesos, se han agrupado en características mecánicas, geométricas y otras características de superficie (húmedo, seco, graso, etc.). Las mecánicas son detectadas como fuerza en los dientes, lengua y boca, generalmente durante la masticación y por la audición en el caso de fractura (firmeza, elasticidad, viscosidad, cohesividad, adhesividad, gomosidad, masticabilidad, etc.); mientras que las características geométricas son mayormente percibidas a través de la visión, pero también pueden ser percibidas por el tacto (52).

La reología y textura del queso son una función de su composición, microestructura, el estado fisicoquímico de sus componentes y su macroestructura, los cuales reflejan la presencia de heterogeneidades, tales como uniones de gránulos de cuajada, grietas y fisuras. Las propiedades fisicoquímicas, incluyen parámetros como el nivel de coalescencia de la grasa, la relación grasa líquida-sólida, grado de hidrólisis e hidratación de la matriz de moléculas de fosfoparacaseinato de calcio y el nivel de atracciones intermoleculares (53).

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la adición de un dextrano sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y funcionales de un queso fresco de pasta hilada semigraso.

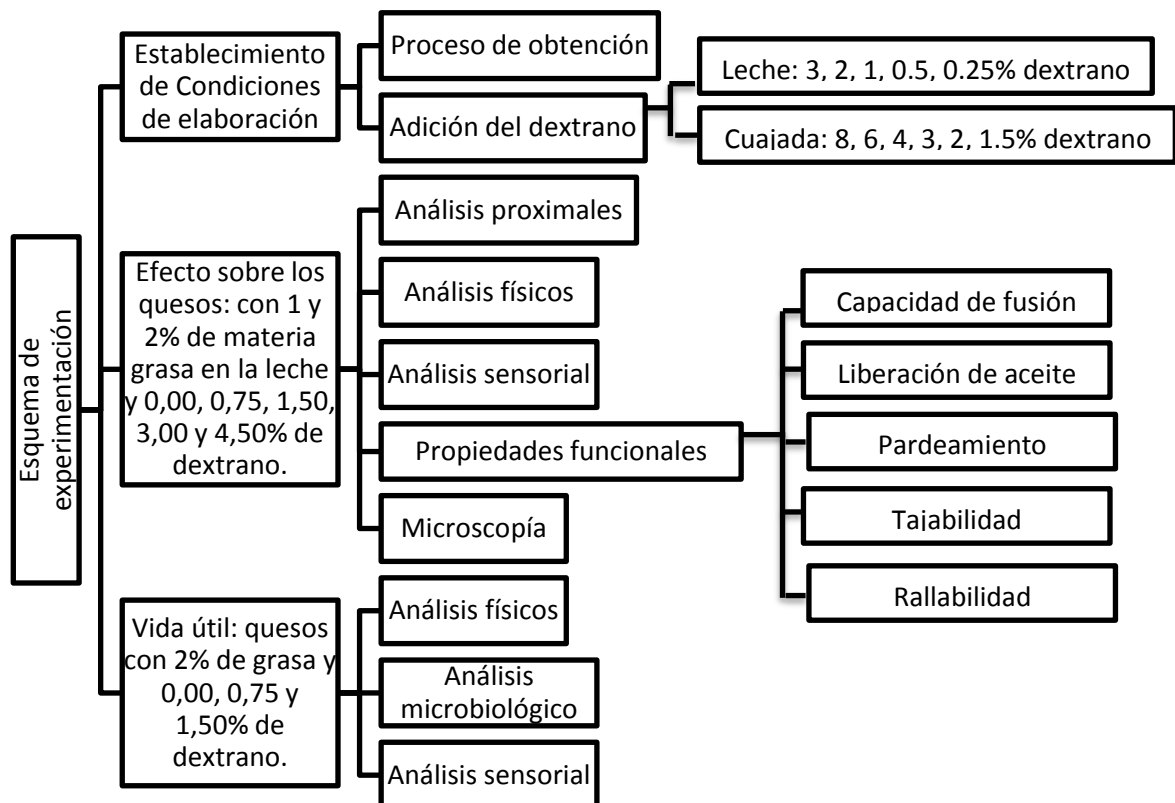
2.2 Objetivos específicos

- Establecer el proceso para la obtención de queso fresco de pasta hilada semigraso con adición de un dextrano.
- Evaluar diferentes niveles de inclusión y su efecto sobre las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales de queso fresco de pasta hilada semigraso.
- Determinar el tiempo de vida útil de queso fresco de pasta hilada semigraso con adición de dextrano.

3. Materiales y metodología

La evaluación del efecto de la adición de un dextrano sobre las propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales de queso de pasta hilada semigraso, se desarrolló en tres etapas. La primera de ellas incluyó el establecimiento del proceso de elaboración del queso, en la que se determinó la forma y momento de adición del biopolímero tipo dextrano. Posteriormente, se analizaron los cambios en las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales de los quesos elaborados con dos concentraciones de grasa en la leche y cinco niveles de inclusión del biopolímero. Finalmente, se determinó el tiempo de vida útil de una de las formulaciones que presentó mayor similitud al queso control (Figura 3-1).

Figura 3-1. Esquema de experimentación.



3.1 Localización

Para realizar el estudio se utilizaron diferentes instalaciones de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, dentro de las que se incluyen: la planta de investigación en proceso lácteos y los laboratorios del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, los laboratorios de análisis de alimentos del Departamento de Química, el laboratorio de polímeros de Ingeniería Química y el laboratorio de Tecnología de Enzimas del Instituto de Biotecnología.

3.2 Materias primas

- Leche fresca de ganado bovino, raza *Holstein*, proveniente del hato de Marengo de la Universidad Nacional de Colombia.
- Cultivo termófilo (Choozit TM 81 LYO 50 DCU) (Anexo A): *Streptococcus salivarius subs. thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subs. bulgaricus*.
- Biopolímero (tipo dextrano, fuente de fibra dietaria, producido en el Instituto de Biotecnología-IBUN, Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá).
- Sal comercial
- Renina (extracto líquido comercial fuerza 1:10000).

3.3 Equipos

Los equipos empleados incluyen: tina, marmitas, descremadora centrífuga, báscula, balanza analítica, Ultraturrax T18, potenciómetro, incubadora, termómetro, estufa, centrífuga de Gerber, equipo Kjeldhal, equipo ultrasonido, equipo Goldfish, baño termostático con agitador, texturómetro TA-XT2 plus, espectrofotocolorímetro ColorQuestXE (CIELab), reómetro (BOHLIN Instruments C-VOR).

3.4 Metodología

3.4.1 Diseño experimental

La investigación se realizó mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x5. Los factores de estudio fueron: concentración de materia grasa en la leche (1 y 2%) y la concentración del biopolímero (0,00, 0,75, 1,50, 3,00 y 4,50%). Con modelo:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde,

j=1,2 K= 1, 2, 3, 4, 5.

Cada tratamiento fue realizado por triplicado y cada análisis de la variable respuesta, se llevó a cabo igualmente por triplicado. Adicionalmente, se empleó un queso graso comercial (48% grasa en base seca), para realizar la comparación de algunas propiedades físicas y funcionales.

La fase inicial de la investigación, en la que se determinaron la forma y tiempo de inclusión de la fibra y las condiciones de elaboración del queso, fue desarrollada a nivel de laboratorio a partir de unidades experimentales conformadas por lotes de 1L de leche. Posteriormente, se elaboraron los quesos de acuerdo con las condiciones establecidas, empleando 10L de leche para cada tratamiento.

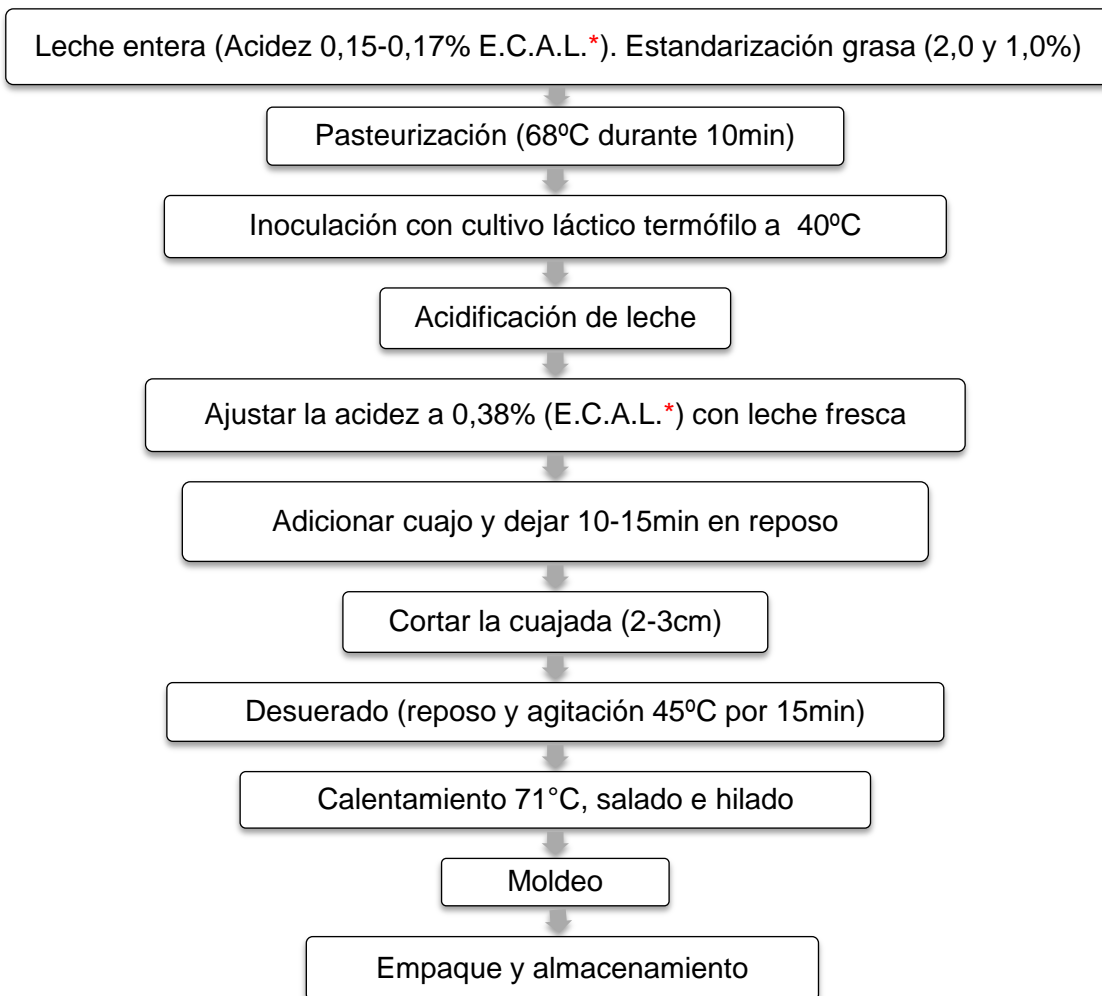
Durante la determinación de la forma y tiempo de inclusión de fibra, se evaluaron diferentes concentraciones de dextrano, comprendidas entre 0,5 y 8%, de acuerdo a los métodos de adición empleados y a los análisis preliminares. Una vez establecidas las condiciones específicas, se elaboraron los quesos según el diseño planteado.

3.4.2 Elaboración de queso de pasta hilada

El queso de pasta hilada fue elaborado mediante un proceso de acidificación controlada (47), empleando un cultivo termófilo (Choozit TM 81) a razón de 5 unidades por 100L de leche (Anexo A). Una vez obtenida la cuajada acidificada (pH 5,4±0,1), esta fue hilada en una marmita y se adicionó 1,2% de sal. Finalmente, los quesos fueron moldeados y almacenados para los diferentes análisis (Figura 3-2).

- Acidificación de la leche

Para la elaboración del queso de pasta hilada, se estableció inicialmente el tiempo requerido para alcanzar una acidez de 0,38-0,42% (expresada como % de ácido láctico), en la cual la matriz proteica que conforma la cuajada, fuera elástica y permitiera realizar el hilado.

Figura 3-2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de queso de pasta hilada.

*Acidez expresada como porcentaje de ácido láctico (E.C.A.L.).

- Estandarización de materia grasa en leche

La leche se descremó a 35-40°C, con una descremadora centrífuga y los contenidos de grasa tanto en la leche entera, como en leche descremada, fueron determinados mediante ultrasonido, previamente calibrado contra el método de Gerber.

El contenido de materia grasa en leche fue estandarizado en 1,0 y 2,0%, con el fin de obtener quesos de pasta hilada tipo doble crema semigrasos. Los quesos doble crema son de tipo graso, con un contenido entre 45-60% de materia grasa en extracto seco (40). Se ha reportado que la disminución del contenido de grasa en la leche hasta 1 y

2%, permite obtener quesos con contenidos de grasa entre 23 y 37% (en base seca) respectivamente (54), por lo que se pueden clasificar como quesos semigrasos (40).

Las cantidades de leche descremada y entera a emplear en la estandarización, se calcularon por un balance de materia grasa (55).

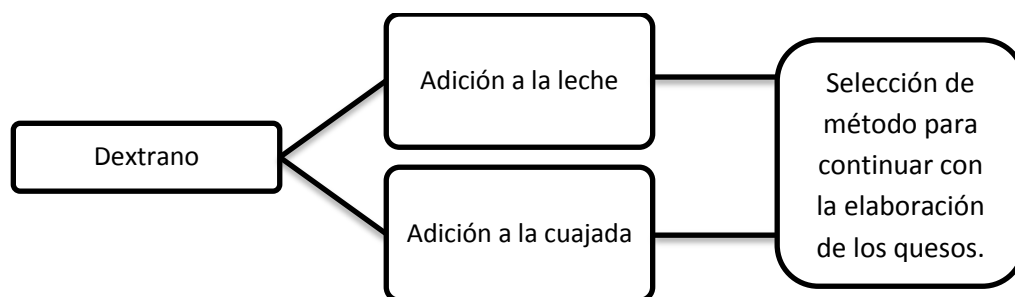
- pH y acidez

Durante la acidificación de la leche por acción del cultivo termófilo, se tomaron mediciones de las variaciones en acidez de la leche cada 30min mediante titulación con NaOH 0,1N, según la AOAC 947.05 (56). La acidez obtenida fue expresada como %m/v de ácido láctico. El pH de la cuajada obtenida después de la coagulación de la leche fue registrado mediante el método AOAC 981,12 (56), para comprobar que se encontrara en el rango adecuado para el hilado (5,0-5,5) (47).

- Mecanismos de adición de fibra

Como paso inicial en la investigación, se evaluaron dos métodos de adición de la fibra: en la leche acidificada y en la cuajada; con el fin de determinar el método mediante el cual se obtuviera una concentración final en el queso cercana al porcentaje incluido y se obtuvieran las mínimas alteraciones en el producto final (Figura 3-3).

Figura 3-3. Métodos de adición de dextrano evaluados.



Adición de biopolímero a la leche: Para implementar este método de incorporación, se tomó la leche obtenida después de la inoculación con el cultivo láctico, la cual fue mezclada con el biopolímero mediante un dispersor Ultra-Turrax a 10000-12000rpm durante 15min (Figura 3-4).

Inicialmente se evaluó la adición de 2 y 3% de dextrano a la leche. Sin embargo, estas concentraciones impidieron la coagulación de la leche, por lo que posteriormente se evaluaron concentraciones de 0,25; 0,50 y 1,00%.

Figura 3-4. Método de adición del biopolímero a la leche.



Posterior a la elaboración del queso, se determinó el contenido de fibra en suero y cuajada, con el fin de establecer la posible solubilización de la fibra en el suero o la permanencia de esta en la cuajada, mediante el método AOAC 985.29 (56, 57).

Adición de biopolímero a cuajada: En este método de adición del dextrano, una dispersión de biopolímero, fue adicionada a la cuajada incorporándola lentamente durante el hilado, con el fin de permitir una adecuada homogenización y evitar la aparición de aglomerados en el queso final (Figura 3-5). La dispersión de biopolímero en agua, fue elaborada mediante un dispersor Ultra-Turrax a 10000-12000rpm durante 15min.

Debido a que el dextrano forma dispersiones homogéneas a una concentración máxima de 20% (58) y a ensayos preliminares donde se estableció que concentraciones menores de dextrano, con un mayor volumen de agua adicionada a la cuajada, generaban un incremento del contenido de humedad de los quesos obtenidos, se estableció que una dispersión de dextrano en agua, con una concentración de 15%, sería empleada durante la evaluación de la adición de dextrano a la cuajada. Con la cual, la dispersión se formaba durante un tiempo de 15 minutos, sin presencia de grumos y sin incrementar la humedad del producto final.

Durante la evaluación de la adición del dextrano a la cuajada en forma de dispersión, se emplearon las concentraciones de 1,5; 3,0; 4,5 y 6% de biopolímero. Para alcanzar estas

concentraciones, se adicionó una dispersión de dextrano con una concentración del 15% y se variaron los volúmenes de dispersión adicionada, con el fin de obtener las concentraciones establecidas. Para calcular el volumen de dispersión a adicionar, se tomó como punto de partida el peso de la cuajada obtenida.

Figura 3-5. Método de adición del biopolímero a la cuajada durante el hilado.



Posterior a la adición del biopolímero, se determinó el contenido de fibra presente en la cuajada mediante el método AOAC 985.29 (56).

- Determinación de la concentración máxima de dextrano

Se evaluaron las concentraciones de biopolímero de 0, 4, 6 y 8%, adicionadas en quesos grasos (45-60% grasa en extracto seco), buscando determinar la máxima concentración aceptada sensorialmente.

Se realizó un panel de 40 consumidores, entre los 19-50 años. Se diseñó una escala hedónica de 5 puntos, donde 5 correspondía a “me gusta mucho”, 3 “me es indiferente” y 1 “No me gusta”. Las muestras fueron codificadas con números de tres dígitos seleccionados aleatoriamente y posteriormente fueron presentadas a los panelistas.

Para establecer la máxima concentración aceptada sensorialmente, se determinaron los porcentajes de aceptación de los quesos elaborados, siendo 100% el valor de aceptación total y el límite de aceptabilidad en 70%, por debajo del cual los productos son rechazados por los consumidores.

- Rendimiento

Se evaluaron los rendimientos de los quesos elaborados, empleando la relación del peso final del queso obtenido y el peso de leche inicial (ver Ecuación (3.1)) (8):

$$R = \frac{\text{Peso Queso}}{\text{Peso leche inicial}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.4.3 Análisis fisicoquímicos

En los quesos obtenidos para cada formulación (de acuerdo al diseño experimental planteado) se determinó pH, contenido de proteína, humedad, cenizas, grasa y fibra dietaria.

- Humedad y cenizas

El contenido de humedad y cenizas fue determinado por el método AOAC 926.08 (2000) y 935.42 (2000) respectivamente (3, 56). Para esto, se determinó la pérdida de peso por evaporación de agua, colocando 2-3g de queso en una estufa al vacío a 70°C, hasta obtener peso constante. Para la determinación de cenizas, 3g de queso fueron colocados a 550°C, hasta la obtención de cenizas (59).

- pH

El pH de los quesos se estableció por inmersión directa del electrodo, utilizando el potenciómetro previamente calibrado con buffers de pH 4 y 7, mediante el método AOAC 981,12 (56).

- Proteína

El contenido de proteína total fue establecido por el método de Kjeldhal. Para esto, se llevó a cabo la digestión de 0,5g de muestra con ácido sulfúrico, seguido de una destilación con NaOH en ácido bórico al 4% y la titulación del destilado obtenido con HCl 0,1N, determinando el contenido de nitrógeno. Para convertir los valores obtenidos a proteína, se empleó el factor 6,38 (56, 60).

- Grasa

El contenido de grasa fue determinado por el método Gerber (61). 10ml de ácido sulfúrico fueron adicionados al butirómetro de quesos, seguidos de 1ml de agua destilada a 60°C. La muestra de queso (3g) fue colocada en el butirómetro, seguido de 5ml de agua destilada a 60°C y 1ml de alcohol isoamílico. Finalmente, la mezcla fue centrifugada a 1300rpm y 65°C durante 5min. El porcentaje de grasa se registró de acuerdo con la medida observada en la columna.

- Fibra dietaria total

El contenido de fibra dietaria total, se determinó mediante el método AOAC 985.29 (56), empleando el KIT TDF-100A SIGMA. El análisis fue llevado a cabo en muestras deshidratadas y desgrasadas, sometidas a hidrolisis enzimática con α -amilasa, proteasa y amiloglucosidasa y precipitación con etanol. El residuo obtenido, fue filtrado, lavado, secado y pesado. Se realizaron dos duplicados, en uno se analizó el contenido de proteína (por kjeldahl) y en el otro de cenizas (calcinación por 5h a 550°C). El contenido de fibra dietaria total se calculó con el peso del filtrado y el residuo seco, menos el peso de proteína y cenizas (57).

3.4.4 Análisis de perfil de textura

El perfil de textura fue realizado mediante el texturómetro TA-XT *plus*, empleando una probeta cilíndrica, de 35mm de diámetro. Para realizar el análisis, se tomaron cilindros de queso de 20mm de diámetro y 20mm de alto (Figura 3-6), los cuales se envolvieron en papel aluminio para evitar la deshidratación.

Las muestras fueron comprimidas hasta un 80% de su altura inicial, a una velocidad de 50mm/min. Las pruebas se llevaron a cabo a temperatura ambiente (18°C) y las muestras fueron acondicionadas durante 2h, previo a los ensayos.

El test de compresión uniaxial, fue ejecutado en dos ciclos sucesivos, y los parámetros de dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad y gomosidad fueron calculados por los picos y áreas bajo la curva obtenidos en el análisis (5) (Anexo B).

Figura 3-6. Análisis de perfil de textura de quesos mediante texturómetro TA-XT *plus*.



3.4.5 Reología

Se realizó un ensayo dinámico oscilatorio, en un reómetro de esfuerzo controlado (BOHLIN Instruments C-VOR), con geometría de platos paralelos de 25mm de diámetro, con superficie rugosa (para evitar los efectos del deslizamiento de la muestra), separados por un espacio de 1mm (Figura 3-7).

Para esta prueba se tomaron muestras de queso en forma de disco (25mm de diámetro y $1,4 \pm 0,2$ mm de espesor), las cuales se mantuvieron en relajación por 5min a 20°C , antes de la oscilación. Para obtener las muestras, un bloque de queso fue colocado en una tajadora eléctrica con graduación de corte entre 0,5-15mm de espesor, las láminas obtenidas fueron medidas con un micrómetro y aquellas que presentaron un espesor de $1,4 \pm 0,2$ mm, fueron cortadas con un sacabocados de 25mm de diámetro interno.

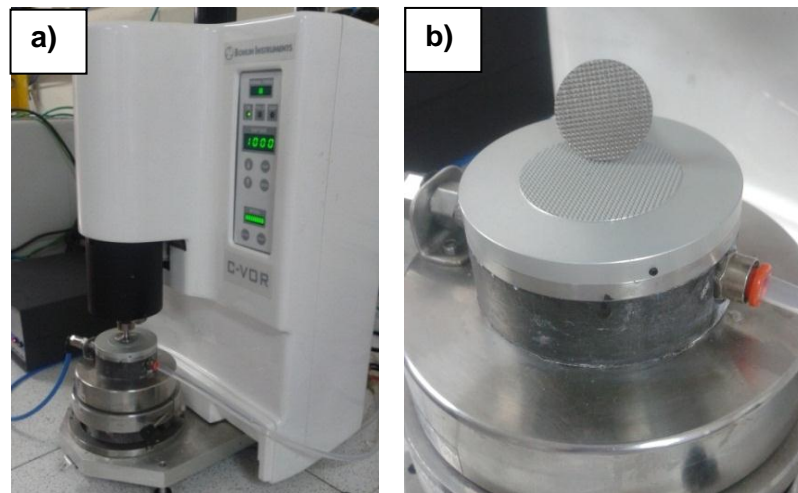
Se realizó un barrido de deformación entre 0,1-100%, a una frecuencia de 1Hz, para establecer la región viscoelástica lineal, de las diferentes formulaciones. Adicionalmente, se llevó a cabo un barrido de frecuencia entre 0,1 y 100Hz, con el fin de observar el comportamiento reológico de las muestras evaluadas.

Con el fin de evaluar la temperatura de fusión de los quesos, por un método instrumental, se ejecutó un barrido de temperatura entre $25-105^{\circ}\text{C}$ (con el esfuerzo establecido según la zona de viscoelasticidad lineal). La superficie de queso expuesta, fue cubierta con

aceite de silicona de baja viscosidad, para evitar la evaporación y prevenir la deshidratación de las muestras durante los ensayos (62)

Se determinaron los módulos de almacenamiento o elástico (G') y de pérdida o viscoso (G''), el ángulo de desfase ($\tan \delta = G''/ G'$) y la temperatura de transición o corte T_c , cuando $G' = G''$, como índice de la temperatura de fusión (5, 49).

Figura 3-7. Análisis reológico de quesos. a) Reómetro empleado en los análisis (BOHLIN Instruments C-VOR); b) platos de 25mm de diámetro con superficie rugosa.



3.4.6 Análisis sensorial

De los tratamientos evaluados, se seleccionaron aquellas formulaciones que presentaron una mayor similitud, en las propiedades físicas y funcionales al queso graso tradicional. Las evaluaciones sensoriales fueron conducidas por un grupo de 9 panelistas entrenados, del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

Los panelistas fueron entrenados con muestras de quesos con alto contenido de fibra, bajo en grasa, graso, de menor humedad, quemado, sabor ácido y a químico, las cuales fueron preparadas para mostrar a los panelistas los principales defectos que se evidencian en los quesos de pasta hilada.

Se realizó una prueba descriptiva de puntajes, para la evaluación de los atributos de apariencia, color, sabor, aroma y textura, y se diseñó un formato para la calificación

(Anexo C). A cada descriptor se le asignó un puntaje, dando mayor importancia a los descriptores de textura y sabor (39).

Para comprobar el entrenamiento de los panelistas, se realizó un análisis estadístico de las calificaciones otorgadas a las muestras durante la evaluación de los defectos. Estos análisis fueron realizados entre panelistas con el fin de determinar si existía diferencia entre ellos y entre las muestras presentadas, con el fin de establecer si los evaluadores lograban diferenciar las muestras con defectos.

Se presentaron muestras de 8-10g (20mmX20mmX20mm) a temperatura ambiente (20°C), codificadas con tres dígitos asignados al azar. Las muestras fueron servidas con galletas de soda y agua pura, para permitir el lavado bucal entre muestras.

3.4.7 Color instrumental

El color se determinó mediante un espectrofotocolorímetro ColorQuest XE. Se tomaron muestras de queso y se registraron los valores del espacio CIE L, a^* y b^* , donde L es luminosidad, a^* el componente de cromaticidad que va de verde a rojo ($-a^*$ + a^*) y b^* de azul a amarillo ($-b^*$ + b^*). Se realizaron mediciones en 6 puntos diferentes, en la superficie interna y externa del queso cortado en mitades (Figura 3-8); se empleó como patrón de referencia un queso graso comercial. Las mediciones fueron realizadas con iluminante D65 y reflectancia incluida (63, 64).

Figura 3-8. Espectrofotocolorímetro ColorQuest XE, empleado para la determinación de color.

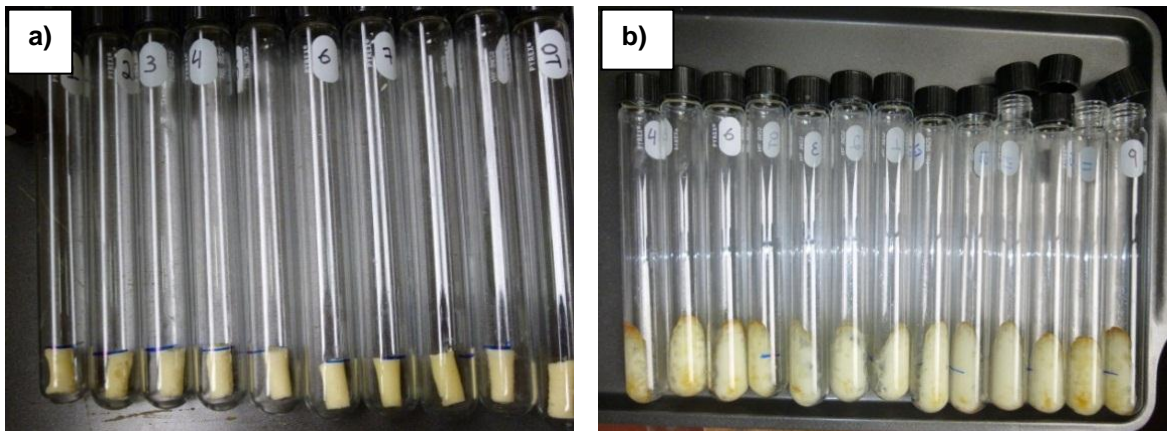


3.4.8 Funcionalidad del queso como ingrediente

- Capacidad de fusión y flujo

Para evaluar la capacidad de fusión se emplearon cilindros de queso de 13mm de diámetro y 20mm de altura, que fueron colocados individualmente en tubos de ensayo Pyrex, almacenados por 30min a 4°C (Figura 3-9). Estos se ubicaron horizontalmente en un horno a 180°C por 10min y después de este tiempo se determinó la distancia horizontal fluida desde una línea referencia establecida inicialmente (5).

Figura 3-9. Determinación de Capacidad de fusión de quesos mediante el test del tubo. a) Muestras antes de calentamiento; b) Quesos después de calentamiento.



Además, se empleó el test modificado de Schreiber. Discos de queso de 20mm de diámetro y 4mm de altura (a 4-6°C) fueron colocados en cajas de Petri y calentados a 110°C por 15min (Figura 3-10). Luego fueron enfriados a temperatura ambiente y se registró el diámetro de queso fundido en 5 puntos diferentes (65). Los resultados fueron expresados como porcentaje de incremento en diámetro (ver Ecuación (3.2)):

$$MD = D_t/D_0 \times 100 \quad (3.2)$$

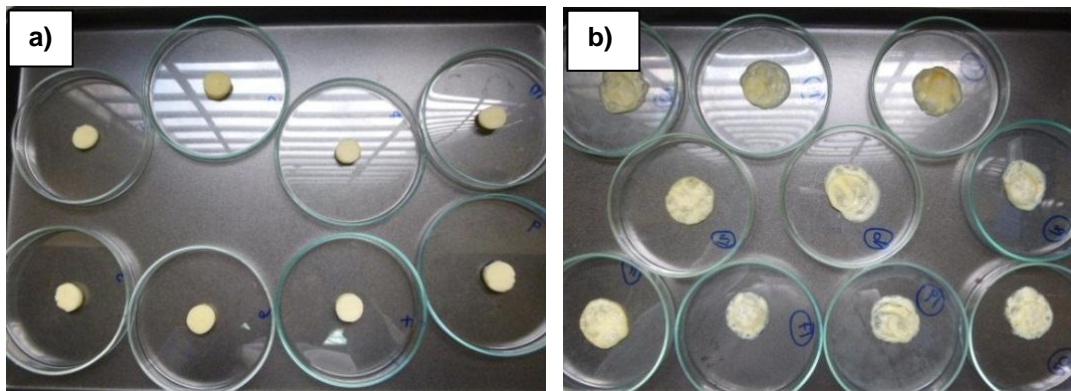
Donde

MD = Incremento en diámetro

D_t = Diámetro final

D_0 = Diámetro inicial

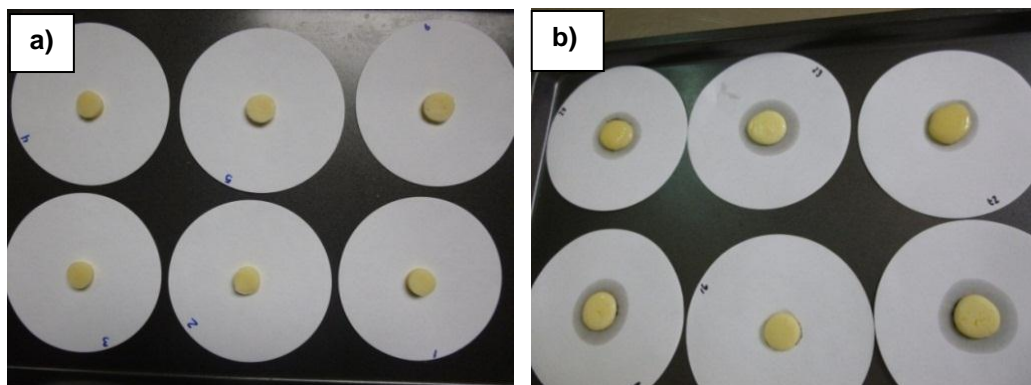
Figura 3-10. Determinación de la capacidad de fusión de quesos mediante el test del Schreiber. a) Muestras antes de calentamiento; b) Quesos después de calentamiento.



- Liberación de aceite

La liberación de aceite se determinó, fundiendo discos de queso (de 20mm de diámetro y 5mm de altura) a 110°C por 5min, sobre un papel filtro y se midió el diámetro del anillo de aceite que se difundió en el papel filtro (Figura 3-11). Este valor fue empleado como un índice del aceite liberado tras el calentamiento, expresado como porcentaje (48).

Figura 3-11. Liberación de aceite en quesos. a) Muestras antes de calentamiento; b) Quesos después de calentamiento.

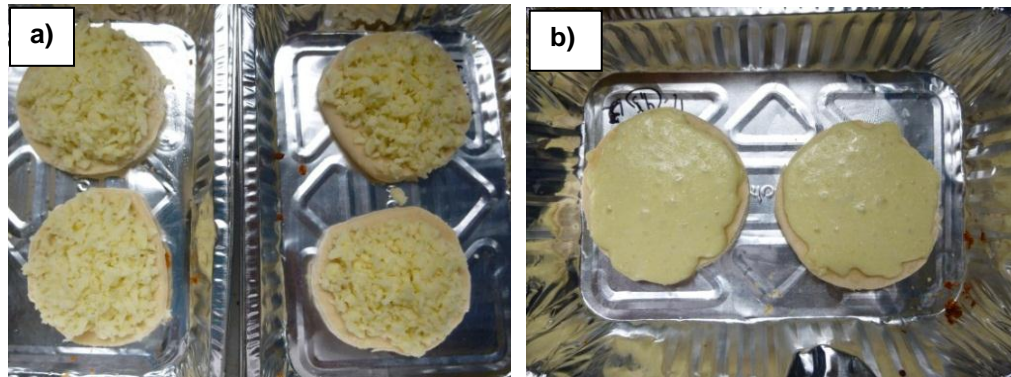


- Pardeamiento

El pardeamiento de los quesos elaborados, fue evaluado mediante análisis colorimétrico. Para esta prueba se tomaron muestras de queso rallado, que fueron procesadas y colocadas sobre bases para pizza de aproximadamente 9cm de diámetro y 1cm de alto. Las pizzas elaboradas fueron horneadas a 310°C durante 3min (Figura 3-12). Se

tomaron medidas de los valores CIE L, a^* y b^* , en el centro y en la periferia rotando 90°C (51).

Figura 3-12. Pardeamiento de quesos. a) Muestras antes de calentamiento; b) después de calentamiento.



- Rallabilidad

La rallabilidad se determinó mediante rallado eléctrico de cilindros de queso de 40mm de diámetro y 60mm de altura (Figura 3-13), a través de un orificio de rallado de 5mm de diámetro. Las tiras de queso obtenidas fueron clasificadas manualmente de acuerdo al tamaño y pesadas para establecer el porcentaje de cada tamaño y de tiras adheridas al rallador (51).

Figura 3-13. Rallado eléctrico de quesos.



Adicionalmente, se colocaron en una caja blanca y se tomaron registros fotográficos a 36cm de las tiras. Las imágenes fueron analizadas con el software Adobe Pro Extended 9. La rallabilidad de los quesos, se obtuvo como una función del área proyectada y el perímetro de los fragmentos después del rallado (ver Ecuación (3.3)) (3):

$$\text{Indice de Rallabilidad } (S_i) = \kappa \pi A_i \left[\frac{P_i + \sqrt{P_i^2 - 16 A_i}}{P_i^2} \right] \quad (3.3)$$

Donde,

κ = constante

A_i = Área de las tiras de queso

P_i = Perímetro de las tiras de queso

- Tajabilidad

La tajabilidad fue determinada en muestras de queso (28mmx15mmx10mm), mediante un texturómetro TA-XT2 con una cuchilla de extremo plano (TA-42, 3mm de espesor). El ensayo se realizó a temperatura ambiente, a una profundidad de corte de 20mm y velocidad de 5mm/s. Se realizaron 3 cortes (dos en los extremos y uno en el centro). La tajabilidad fue evaluada como índice de la fuerza y trabajo de corte (66).

3.4.9 Microscopía electrónica de barrido

Muestras de queso de 3-5mm³ fueron preparadas para ser analizadas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Las muestras fueron fijadas toda la noche en glutaraldehído 2% en buffer fosfato (pH 7,2) a temperatura ambiente. Posteriormente, se realizaron lavados con series de etanol de graduación creciente (50%, 60%, 70%, 80%, 90% and 100%), por 15 min (67).

Las muestras fueron secadas hasta su punto crítico, usando un secador (Samdri-795) con CO₂ a una presión de 73,8bar y una temperatura de 31°C por 60min. Luego, se colocaron en un portaobjetos y se cubrieron con un baño de oro ionizado durante 500seg (Metalizador BALZERS SCD 050, Sputter Coated). Se realizaron observaciones a 1000X y 1500X, en diferentes campos de las muestras (más de 5), empleando un microscopio electrónico de barrido FEI QUANTA 200.

3.4.10 Ensayos de vida útil

Las formulaciones de queso de pasta hilada semigraso elaboradas con 2% de grasa en leche y 0,00%, 0,75% y 1,50% de dextrano adicionado, fueron seleccionadas para realizar el estudio de vida útil, debido a la similitud encontrada con el queso graso tradicional, durante las pruebas de evaluación sensorial.

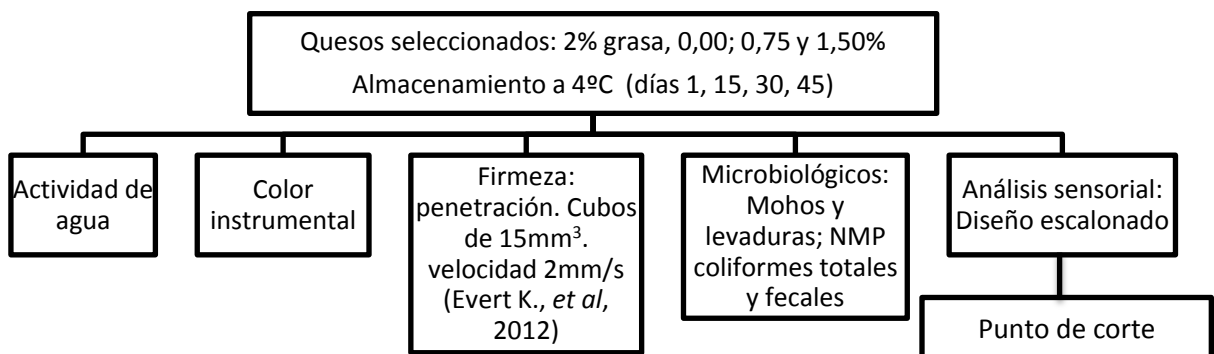
Muestras de quesos elaborados con 2% de grasa en leche, sin adición de dextrano y con 0,75% y 1,50% de inclusión, fueron sometidos a análisis de vida útil a 4°C, durante los días 1, 15, 30 y 45 de almacenamiento, empacados en bolsas de polietileno de baja densidad al vacío (Figura 3-14).

Figura 3-14. Empaque al vacío de muestras para la determinación de vida útil.



Todas las muestras fueron sometidas a análisis físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales (Figura 3-15).

Figura 3-15. Análisis realizados para la determinación de la vida útil de queso de pasta hilada semigraso con dextrano.



- Actividad de agua (a_w)

La actividad de agua de las diferentes formulaciones de queso, fue determinada mediante el Fast-lab water activity meter (GBX). Las muestras de queso fueron ralladas y almacenadas en bolsas herméticas a temperatura ambiente por 1h, previo a las mediciones (68).

- Color y firmeza

El color fue medido mediante un espectrofotocolorímetro ColorQuest XE. Las coordenadas CIE L, a^* y b^* se registraron en 5 puntos diferentes, en la superficie interna y externa del queso cortado en mitades (63, 64).

Un test de penetración se llevó a cabo mediante el texturómetro TA-XT2. Los quesos fueron penetrados hasta un 60% de la altura inicial a una velocidad de penetración constante de 2.0mm/s. La fuerza de penetración máxima obtenida, fue reportada como firmeza en Newtons (69).

- Análisis sensorial

La evaluación sensorial de la vida útil de las muestras de queso fue realizada siguiendo la metodología de punto de corte. Definido como el valor de intensidad sensorial en que un consumidor empieza a percibir un cambio en el producto en comparación con la muestra fresca (70).

Para esto, se empleó el panel del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia, conformado por 9 panelistas, los cuales fueron entrenados en algunos de los defectos sensoriales de los quesos frescos (quesos con baja humedad, textura dura y seca, sabor ácido, rancio, etc.). Los panelistas realizaron la evaluación sensorial mediante un análisis descriptivo de puntajes, en el que se diseñó un formato con los diferentes descriptores (Anexo C). El entrenamiento para la determinación del punto de corte se realizó de la misma manera que el llevado a cabo para evaluar las muestras de queso con diferentes concentraciones de dextrano.

Adicionalmente, se realizó una prueba de aceptación con 60 consumidores con edades entre 18 y 50 años, en la cual se evaluaron las muestras mediante una escala hedónica de 5 puntos (Anexo D).

Se presentaron muestras de 6-8g (15mmX15mmX15mm) estabilizadas a temperatura ambiente (20°C) por 2h, codificadas con tres dígitos asignados al azar, tanto a los consumidores como a los panelistas entrenados. Las muestras fueron servidas con agua potable y galletas de soda, para permitir el lavado bucal entre muestras.

Se desarrolló un diseño escalonado, en el que se almacenaron muestras correspondientes a los diferentes días de análisis y se presentaron al panel simultáneamente, con el fin de obtener en un mismo día todas las muestras con diferentes grados de deterioro (70).

El descriptor crítico para la determinación de la vida útil sensorial, fue establecido de acuerdo con los resultados obtenidos en los diferentes análisis planteados (70-72).

El punto de corte fue calculado estimando la diferencia mínima significativa en aceptabilidad con base en los datos obtenidos de los consumidores (ver Ecuación (3.4)).

$$S = F - Z_{\alpha} \sqrt{\frac{2CME}{n}} \quad (3.4)$$

Donde:

S= valor en que la aceptabilidad del producto almacenado comienza a disminuir significativamente.

F= aceptabilidad de la muestra fresca (promedio de los n consumidores).

Z_{α} = coordenada de la curva normal para un ensayo de una cola con un nivel de significancia del 5%.

CME= cuadrado medio del error obtenido del análisis de varianza de los consumidores empleando como factores de variación muestra y consumidor.

n = número de consumidores.

Una vez obtenido el valor S, se representó gráficamente en una recta de regresión los valores promedio de aceptabilidad dados por el panel de consumidores en función de los valores promedio de intensidad del defecto medidos por el panel entrenado. Posteriormente, con el valor S se interceptó la recta para obtener punto de corte (71).

El punto de corte obtenido se empleó para determinar el tiempo de vida útil en las condiciones de almacenamiento evaluadas, graficando los valores obtenidos con el panel entrenado en función de los tiempos de almacenamiento (71).

- Análisis microbiológicos

Se elaboraron 3 lotes de cada tratamiento y de cada lote fue tomada una muestra de 90g durante cada tiempo de almacenamiento. Se determinó el número más probable de coliformes totales y fecales (INVIMA N°13 y 14), y recuento en placa de mohos y levaduras (INVIMA N°7). Los recuentos de mohos y levaduras fueron expresados como UFC/gramo de queso (73).

Los valores de NMP de coliformes totales y fecales y los recuentos de mohos y levaduras (UFC/g), fueron comparados con los valores de referencia (Tabla 3-1) establecidos en la Resolución 1804 de 1989 (40).

Tabla 3-1. Valores de referencia de características microbiológicas para quesos frescos según la Resolución 1804 de 1989 (40).

	n	m	M	c
NMP Coliformes fecales/g	3	<100	-	0
Hongos y levaduras/g	3	100	500	1

n=número de muestras que se examinan; **m**=índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad; **M**= índice máximo permisible para identificar nivel de calidad aceptable; **c**=número de muestras permitidas entre m y M.

3.5 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA), empleando el paquete estadístico SAS 9.2. Las medias de los tratamientos fueron consideradas significativamente diferentes a un valor $p < 0,05$ (Anexo E). Cuando se determinó la existencia de diferencia significativa, ya sea en los niveles del factor o por la interacción de factores, se realizaron comparaciones mediante la prueba de Tukey con el fin de determinar a cual o cuales tratamientos se atribuye la diferencia. Para los diferentes datos paramétricos obtenidos, se realizó la validación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Anexo F).

Se realizó un análisis de regresión lineal, empleando el coeficiente de correlación r^2 , para relacionar los resultados obtenidos mediante las pruebas de las propiedades físicas, sensoriales y algunas funcionales.

Los resultados de las pruebas sensoriales, fueron evaluados mediante el test de Kruskal-Wallis, para determinar la existencia de diferencia significativa entre quesos. Cuando se observó una diferencia significativa ($p < 0,05$), se realizó una prueba de diferencia mínima significativa (LSD) para determinar cuáles tratamientos diferían.

4. Resultados y Discusión

4.1 Elaboración de queso de pasta hilada

Para la elaboración del queso de pasta hilada, se tomó la metodología propuesta por Novoa y López, 1995 (47). Sobre esta se realizaron ajustes con el fin de adaptar una metodología propia, acorde con la investigación. Las condiciones establecidas para la elaboración del queso de pasta hilada semigraso se presentan en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1. Condiciones establecidas para la elaboración de queso de pasta hilada semigraso.

Etapa de proceso	Condición de proceso	
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
Pasteurización	68	10
Inoculación con cultivo láctico	40	360
Coagulación	30	15
Reposo	30	5
Agitación	45	10
Escurreido	Ambiente (20)	5
Hilado	69-71	10-15

Con la temperatura de pasteurización de 68°C, se obtuvo una prueba de coagulasa negativa (Anexo G) y de peroxidasa positiva, sin afectar el hilado. Durante un tiempo de inoculación de 360min, se alcanzó una acidez de 0,9±0,03% (expresada como ácido láctico), la cual fue posteriormente ajustada con leche fresca pasteurizada a 0,38±0,03%. Mientras que con un tiempo de agitación de 10min, se favorecía la liberación de suero de los gránulos de cuajada, sin que fuera excesiva.

4.1.1 Adición del dextrano

En la investigación se evaluaron dos métodos de adición del biopolímero: en la leche de acidez estandarizada y en la cuajada durante el hilado.

- Adición de dextrano en la leche

La adición del dextrano a la leche, alteró la coagulación incluso a bajas concentraciones y aumentó el tiempo de coagulación a 30min. Se evaluaron concentraciones de 0,25, 0,50 y 1,00 % de dextrano, encontrando una cuajada poco firme (cuyos componentes se perdían fácilmente en el suero), de alta humedad y aspecto grumoso (Figura 4-1), que no hilaba. La humedad de la cuajada incrementó de manera directamente proporcional al contenido de biopolímero (Tabla 4-2).

El efecto negativo sobre la coagulación de la leche, observado con la adición de diferentes concentraciones de dextrano, puede ser atribuido al efecto dispersante y estabilizante del biopolímero (21), que impediría la formación de una cuajada firme y elástica. Algunos estudios han demostrado que la adición de otro tipo de polímeros como la goma tragacanto, afecta la coagulación de la leche durante la elaboración de queso *Cheddar*. La interacción del biopolímero con grupos de caseínas, ejerce un impedimento estérico que disminuye la asociación hidrofóbica entre micelas de *para-κ*-caseína y por tanto reduce la formación de la cuajada (65).

Figura 4-1. Aspecto de la cuajada obtenida después de la adición del dextrano a la leche. **a)** Alteración de la coagulación con 3% de dextrano en la leche. **b)** Cuajada elaborada con adición de 1% de dextrano en la leche.

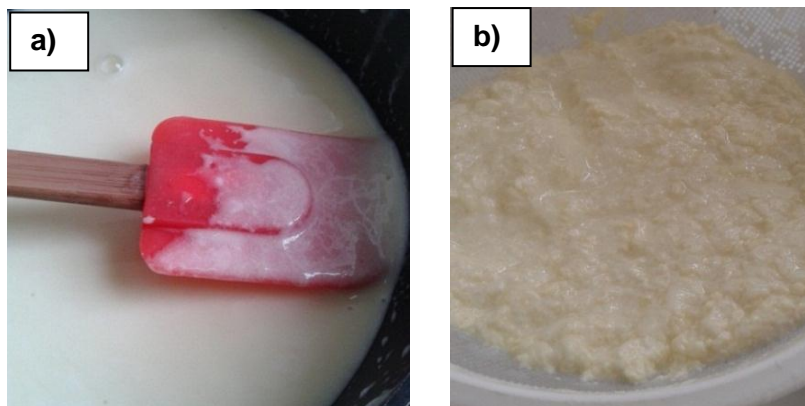


Tabla 4-2. Efecto de la concentración de dextrano adicionado a la leche sobre el porcentaje de humedad de la cuajada obtenida.

Dextrano adicionado (%)	% Humedad
0,25	56,06±0,26 ^c
0,50	62,38±0,39 ^b
1,00	64,44±0,19 ^a

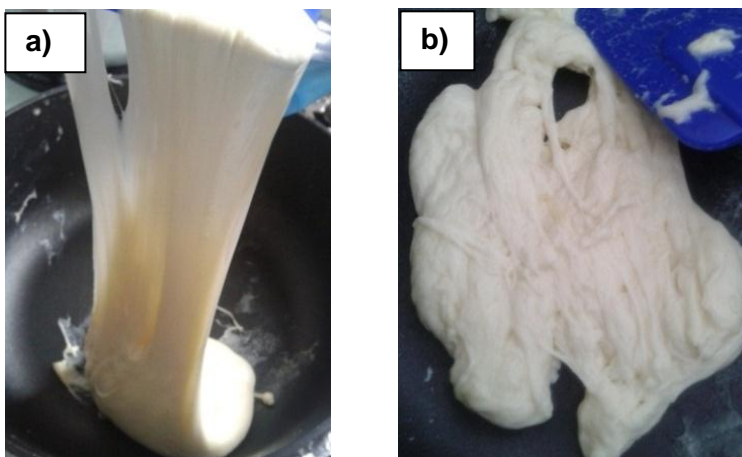
Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

- Adición de dextrano en la cuajada

La adición de una dispersión de dextrano al 15% durante el hilado, no afectó esta etapa del proceso de elaboración de los quesos de pasta hilada tipo doble crema. Se evaluaron cuajadas con concentraciones de 1,5; 3,0; 4,5 y 6,0% del biopolímero, para lo cual se incorporaron diferentes volúmenes de la dispersión al 15%. El volumen de dispersión de dextrano para ser adicionado, fue calculado de acuerdo al peso de cuajada.

Las cuajadas con 6% de biopolímero, presentaron un engrosamiento de las fibras, hilado heterogéneo y una mayor adherencia al recipiente de hilado. En las cuajadas con adición de 1,5; 3,0 y 4,5% de dextrano, se observó un hilado homogéneo, con una mínima adherencia a la superficie de hilado (Figura 4-2) y se obtuvieron quesos con una textura elástica, continua y lisa. La inclusión de 3,0; 4,5 y 6,0% de dextrano incrementó el contenido de humedad de los quesos.

Figura 4-2. Aspecto de la cuajada durante la adición de la dispersión de biopolímero en el hilado. **a)** Hilado de cuajada con adición de 3% dextrano. **b)** cuajada con 6% dextrano.



Durante la elaboración de diferentes tipos de quesos bajo en grasa, se ha evaluado la inclusión de algunos tipos de fibra dietaria como sustitutos de grasa, en forma de solución, las cuales son incorporadas en la leche antes de la coagulación. En queso tipo imitación, se adicionó inulina en una solución elaborada con agua caliente (74); mientras que en queso *Cheddar*, se empleó un β -glucano incorporado en una solución acuosa (3). Hasta la fecha, no se tienen reportes de sustitutos de grasa adicionados después de la obtención de la cuajada. Por lo que este método de adición, representa una opción innovadora que podría ser empleada a nivel industrial.

- Rendimiento y concentración fibra

Se determinó el rendimiento de los quesos elaborados mediante los dos métodos de adición del biopolímero, encontrando que por el método de adición durante el hilado, los rendimientos estuvieron entre 9-11%, siendo cercanos al 11% para las mayores concentraciones de dextrano. Cuando se adicionó el biopolímero a la leche, el rendimiento fue de 3-5%, obteniendo los menores valores a mayor concentración de dextrano, debido probablemente a una mayor solubilización y pérdida de los componentes en el lactosuero, como efecto de una consistencia débil de la cuajada.

En cuanto al contenido de fibra dietaria incluido en los quesos mediante los dos métodos de adición, para los quesos con 4,5% de dextrano adicionado en la cuajada, el contenido fue de $6,02 \pm 0,16\%$, debido a que no se producen pérdidas del biopolímero y a la concentración de componentes que ocurre durante el hilado. Cuando se adicionó el dextrano a la leche, un 48% de la fibra adicionada permaneció en el queso, cuyo rendimiento fue del 3,1%; mientras que un 52% de la fibra se pierde en el suero (Anexo O), asociada probablemente a los demás componentes de la leche (proteína, grasa y minerales), de los cuales también se presentó una alta solubilización, evidenciado por los bajos rendimientos y el aspecto blanquecino del suero.

- Método de adición seleccionado

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de contenido de humedad, fibra dietaria, rendimiento y apariencia externa, se estableció que el método de adición del dextrano durante el hilado en forma de dispersión al 15%, permitía obtener quesos con una textura elástica, continua, cerrada, poco grumosa y con las menores alteraciones en la

apariencia e hilado. Por tal motivo, este método fue empleado para la elaboración de los diferentes tratamientos a lo largo de la investigación.

- Concentración máxima de dextrano en el queso

Las concentraciones de dextrano para ser adicionadas en el queso durante el hilado, fueron planteadas inicialmente con el fin de obtener un queso semigraso, “buena fuente de fibra dietaria”, que según la resolución 333 de 2011 (44), debía contener por porción, como mínimo 10% del valor de referencia de este compuesto (25g/día), en la porción diaria de queso (30g).

Con el fin de alcanzar este descriptor, se evaluaron algunas concentraciones de biopolímero: 0, 4, 6 y 8%, buscando determinar la máxima concentración aceptada sensorialmente.

Los resultados de la evaluación sensorial hedónica (Tabla 4-3), indican que los quesos con concentraciones de 6 y 8%, fueron rechazados por los panelistas, debido según las descripciones dadas por algunos de ellos, a la textura pegajosa, grumosa, adhesiva y sabor extraño.

De acuerdo con esto, se estableció que la adición de 4,5% de dextrano sería la concentración máxima para incorporar en los quesos. Con esta concentración, se obtendría un queso con 1,8% de fibra dietaria en una porción de 30gr. A pesar de que con las concentraciones evaluadas, no se obtenían quesos “buena fuente de fibra dietaria”, no se presentaba un rechazo sensorial del producto y se podría evidenciar un comportamiento del biopolímero como un sustituto de grasa.

Tabla 4-3. Prueba de consumidores, para la determinación de la concentración máxima de dextrano aceptada sensorialmente en quesos.

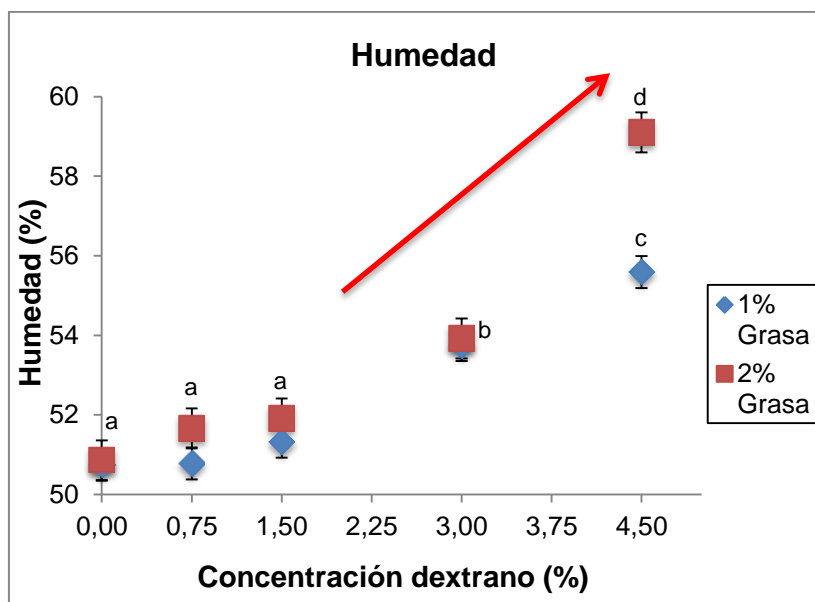
Concentración de dextrano	% Aceptación	Observaciones de los panelistas
0	100	Buen sabor, mejor textura, poco pegajoso.
4	97,3	Textura suave, algo grumosa, sabor pronunciado.
6	67,6	Textura blanda, que se pega al paladar, cremoso, grumoso, sabor extraño.
8	10,81	Textura blanda, muy pegajosa, muy cremosa, grumosa, harinosa, sabor a químico.

De acuerdo a los resultados obtenidos, una concentración de dextrano de 6,25% adicionado en la cuajada, permitiría obtener quesos “buena fuente de fibra dietaria”, con un 10% del valor de referencia para este compuesto. Estos resultados sugieren, que es necesaria la evaluación de este tipo de queso con adición de 6,25% de dextrano, para su consumo como materia prima y como ingrediente de otros alimentos y no necesariamente, para su consumo directo, donde la percepción sensorial juega un papel fundamental.

4.2 Análisis fisicoquímicos

Los quesos sin adición de dextrano y con 0,75% y 1,50% de inclusión presentaron contenidos de humedad dentro de los rangos esperados para este tipo de queso (50-51%). Sin embargo, a concentraciones de biopolímero mayores a 1,50%, la humedad incrementó incluso hasta 59%, como es el caso de los quesos con adición de 4,50% de dextrano (Gráfica 4-1). El pH de los quesos elaborados se encontró entre 5,36-5,42 (Anexo H), en el cual es recomendado hilar queso, ya que permite la extensibilidad y una mayor elasticidad de las fibras de caseína (47).

Gráfica 4-1. Contenido de humedad de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes niveles de inclusión de dextrano.



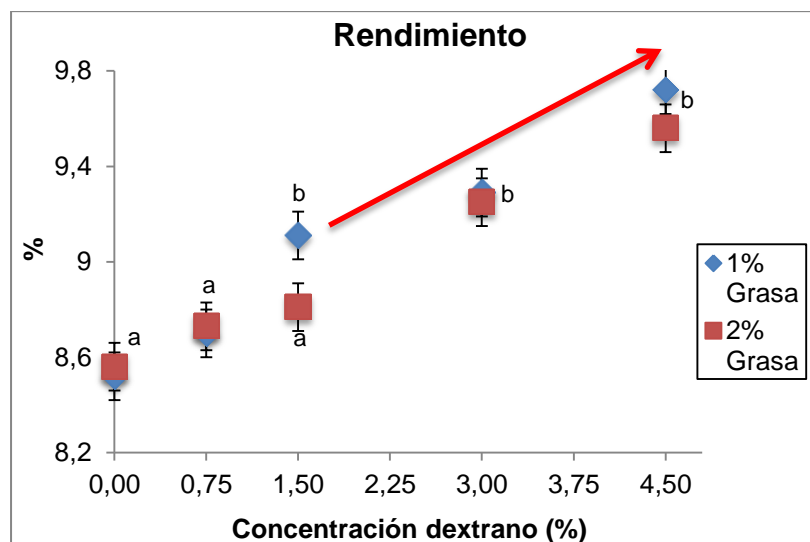
Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

Una de las estrategias más importantes para mejorar las propiedades de los quesos bajos en grasa, es incrementar su contenido de humedad lo suficiente como para mejorar la relación humedad-proteína hasta valores similares a los de los quesos grasos (75).

En este estudio, se observó que concentraciones mayores a 1,50% de dextrano, incrementan la humedad de los quesos de pasta hilada semigrasos, debido probablemente a un incremento en la capacidad de retención de agua de la matriz proteína-biopolímero (76).

En cuanto al rendimiento, se presentó una reducción con la disminución de grasa y aumentó de manera significativa con la adición de 3,00 y 4,50% de dextrano, presentando un comportamiento similar al del contenido de humedad (Gráfica 4-1). Resultados similares se han observado en queso blanco en salmuera con adición de β -glucano (4).

Gráfica 4-2. Rendimiento de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes niveles de inclusión de dextrano.

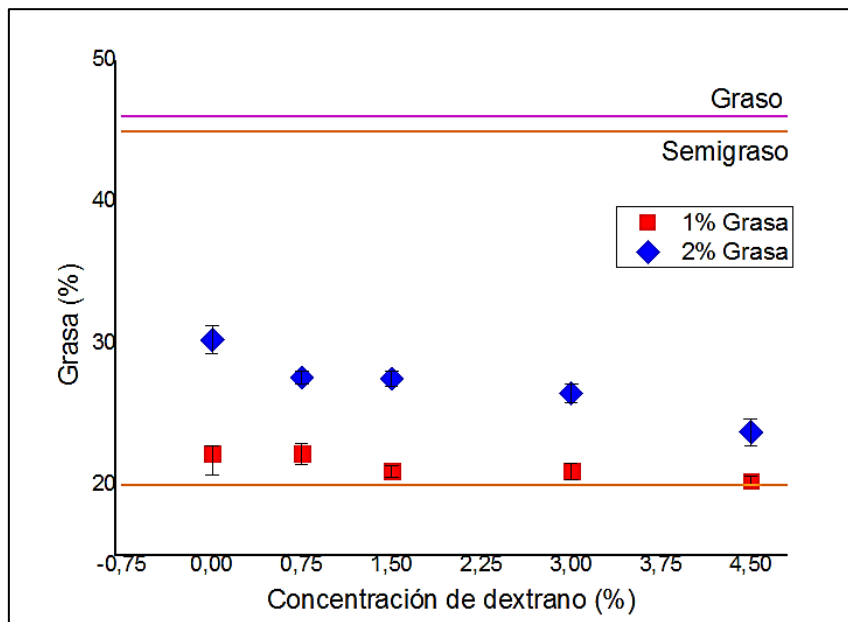


Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

La adición de dextrano incrementa la capacidad de retención de agua, llevando a un aumento en el contenido de humedad de los quesos y por tanto su rendimiento (4, 76). Estos valores sugieren que la adición del biopolímero como sustituto de grasa mejoraría la disminución de rendimiento originada tras la reducción de grasa en quesos de pasta hilada.

Las determinaciones de grasa realizadas a los quesos, indican que estos se encuentran dentro del rango de quesos semigrasos, que según la resolución 1804 de 1989, está entre 20 y 45% de grasa en base seca. Los quesos elaborados presentan contenidos de grasa que varían entre 20,2-21,7% para los quesos elaborados con 1% de grasa en leche y entre 23,7-30,2% para los quesos elaborados con 2% de grasa en leche (Gráfica 4-3). Estos valores disminuyen al aumentar el contenido de dextrano, por cambio en la proporción de componentes.

Gráfica 4-3. Contenido de grasa en base seca de los quesos de pasta hilada elaborados con diferentes niveles de inclusión de dextrano.



El contenido de proteína de los quesos elaborados se encuentra entre 22,5-37,1% variando de acuerdo con el contenido de grasa y el dextrano adicionado. Los valores de ceniza están entre 3,13-3,78% (Tabla 4-4). Aunque con la adición de dextrano, los contenidos de proteína y minerales disminuyen, estos se encuentran dentro de los rangos reportados para un queso de pasta hilada tipo doble crema (47), por lo que la adición de dextrano, no influye drásticamente en aporte nutricional de los productos. Estos valores confirman el valioso contenido nutricional de los quesos, como buena fuente de proteína y de minerales, representando un alimento importante en la dieta diaria.

Tabla 4-4. Análisis fisicoquímicos de quesos de pasta hilada semigraso con adición de diferentes concentraciones de dextrano.

Grasa en leche	Concentración Dextrano (%)	Proteína (%)	Fibra dietaria (%)	Cenizas (%)	pH
1%	0,0	37,11±0,70	-	3,78±0,08	5,40±0,02
	0,75	35,14±0,40	1,05±0,04	3,41±0,01	5,36±0,05
	1,5	35,18±0,17	1,81±0,15	3,34±0,12	5,42±0,04
	3,0	32,11±0,80	3,28±0,13	3,33±0,04	5,38±0,03
	4,5	29,58±0,46	4,23±0,06	3,27±0,10	5,39±0,02
2%	0,0	32,21±0,16	-	3,87±0,06	5,36±0,03
	0,75	32,33±0,60	0,90±0,12	3,38±0,005	5,44±0,04
	1,5	30,88±0,64	1,63±0,15	3,36±0,04	5,36±0,03
	3,0	28,11±0,20	3,10±0,16	3,20±0,15	5,42±0,04
	4,5	22,51±0,58	4,10±0,13	3,13±0,07	5,37±0,04

El contenido de fibra dietaria es levemente superior al valor adicionado para los tratamientos con 0,75, 1,50 y 3,00% (Tabla 4-4), debido principalmente a que durante el hilado, se produce pérdida de agua, concentrando los componentes del queso y en este caso el dextrano adicionado. Para el tratamiento con 4,50% de adición (Tabla 4-4), el valor no incrementa en la misma proporción, debido probablemente a que se produce una mayor adherencia al recipiente de hilado y por lo tanto una leve pérdida del dextrano adicionado durante esta etapa del proceso.

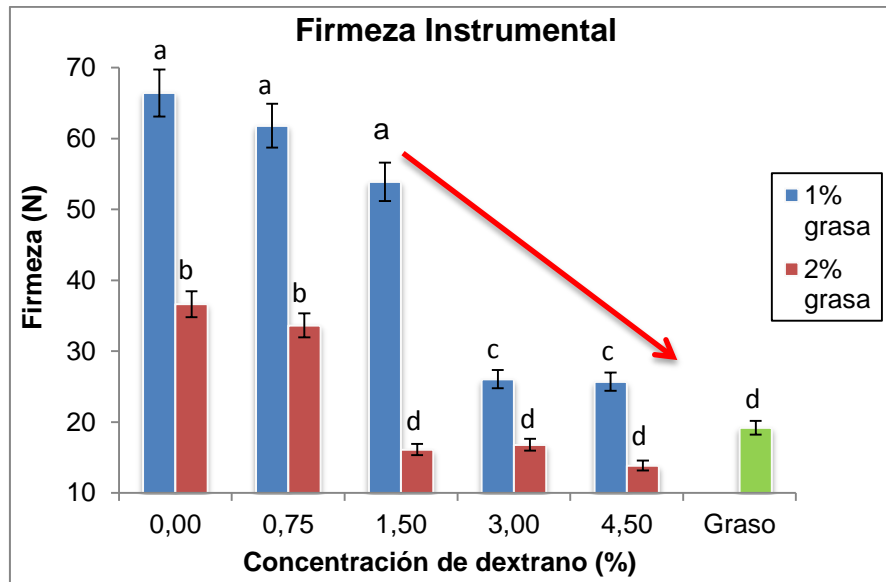
4.3 Análisis de perfil de textura instrumental

El análisis de perfil de textura (TPA) muestra que los quesos semigrasos sin adición de dextrano presentan una mayor firmeza (Gráfica 4-4). Algunos investigadores, han reportado un aumento de la firmeza de los quesos cuando se les disminuye el contenido de grasa. Este fenómeno, está relacionado, con el aumento de la fracción proteica y la disminución del efecto extensor y lubricante de los glóbulos grasos ocluidos en la matriz de caseínas. Así, a menor número y tamaño de glóbulos, las micelas tienden a agregarse y contraerse con mayor intensidad, generando una estructura más rígida (3, 76, 77).

La adición del dextrano disminuyó significativamente la firmeza, incluso hasta valores cercanos a los del queso graso tradicional para los quesos con 2% de grasa en leche y 1,50, 3,00 y 4,50% de dextrano (Gráfica 4-4). El comportamiento de este parámetro está

directamente relacionado con el contenido de humedad de los quesos. A mayor inclusión de biopolímero, se presentó un incremento de la humedad, rendimiento y una disminución en la firmeza.

Gráfica 4-4. Firmeza de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

El uso de sustitutos de grasa de tipo carbohidrato, ha sido frecuentemente recomendado para quesos bajos en grasa, en los que se busca principalmente reducir la firmeza excesiva, originada como efecto de la disminución del contenido de grasa y mejorar la palatabilidad del producto final (65, 78). Estos sustitutos actúan atrapando agua (que actúa como plastificante), mejorando la lubricación, suavidad y cremosidad de los quesos (65, 75).

La adhesividad de los quesos fue afectada por la disminución del contenido de grasa. Sin embargo, la adición del dextrano no tuvo un efecto significativo sobre este parámetro (Tabla 4-5). La reducción de la suavidad y la cremosidad de los quesos como resultado de la disminución del contenido de grasa, se ve reflejada en una menor fuerza necesaria para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y de otros materiales (79).

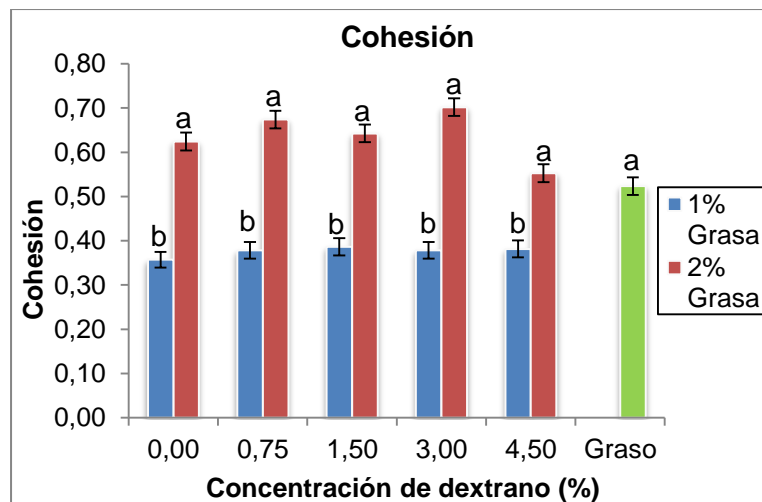
Tabla 4-5. Adhesividad de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.

Grasa en leche	Concentración Dextrano (%)	Adhesividad (N.s)
1%	0,00	-1,56±0,60 ^a
	0,75	-1,73±0,44 ^a
	1,50	-1,77±0,41 ^a
	3,00	-2,15±0,14 ^a
	4,50	-2,03±0,29 ^a
2%	0,00	-2,34±0,25 ^b
	0,75	-2,38±0,20 ^b
	1,50	-2,30±0,18 ^b
	3,00	-2,62±0,17 ^b
	4,50	-2,61±0,19 ^b
Graso	0,00	-1,103±0,59 ^c

Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

La disminución del contenido de grasa redujo significativamente la cohesión de los quesos (Gráfica 4-5), como consecuencia de una menor capacidad de mantenimiento de los enlaces internos de las partículas y una matriz proteica expandida, originando una estructura susceptible a la deformación irreversible cuando es sometido a la fuerza aplicada por el equipo.

Gráfica 4-5. Cohesión de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.



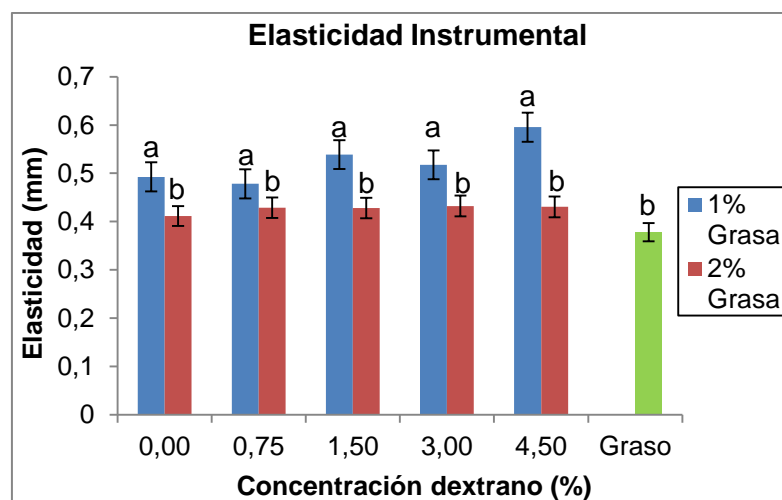
Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

Aunque se ha reportado que la adición de algunos sustitutos de grasa mejora la cohesividad de quesos bajos en grasa (4, 75, 78), el dextrano empleado no presentó este efecto en los quesos evaluados. En quesos análogos empleando almidón resistente como sustituto de grasa, se ha observado un efecto similar sobre la cohesión, sin embargo, el parámetro de firmeza aumentó notoriamente con el incremento de almidón incluido (5, 60). En el queso mexicano tipo panela, también se ha determinado que la adición de pectina y proteína sérica, disminuye la firmeza y cohesividad de los quesos bajos en grasa y colesterol (80).

La elasticidad incrementó tras la disminución del contenido de grasa y no presentó diferencias significativas entre las diferentes concentraciones de dextrano adicionadas (Gráfica 4-6).

Algunos autores han reportado que la elasticidad está principalmente relacionada con la proteína presente en el queso y negativamente relacionada con el contenido de grasa. La red de caseínas presenta un comportamiento elástico, el cual incrementa con la disminución de glóbulos grasos que actúan como lubricante de la matriz y otorgan un carácter más viscoso (81, 82).

Gráfica 4-6. Elasticidad de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.

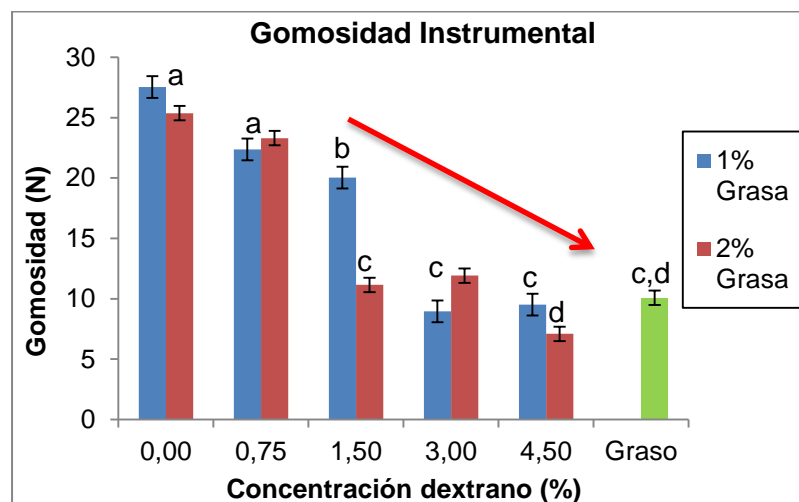


Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

La gomosidad de los quesos disminuyó con el aumento del contenido de dextrano (Gráfica 4-7) y este comportamiento fue similar en los dos niveles de grasa evaluados.

Relacionándose de manera directa con la firmeza de los quesos evaluados. Resultados similares han sido reportados en otras investigaciones realizadas en queso blanco en salmuera (4) y en queso fresco blanco (83, 84)

Gráfica 4-7. Gomosidad de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

El perfil de textura aporta una ayuda indiscutible en la apreciación de la textura de los quesos. Sin embargo, es necesario considerar los resultados más en el marco de las comparaciones y como relativos, ya que no es sustituto completo de la evaluación sensorial. La complejidad del proceso de masticación, las diferencias individuales en la percepción de textura, el efecto del momento del día en la respuesta y otros factores, hacen que la evaluación sensorial sea una técnica compleja y compuesta difícil de reemplazar (49, 84)

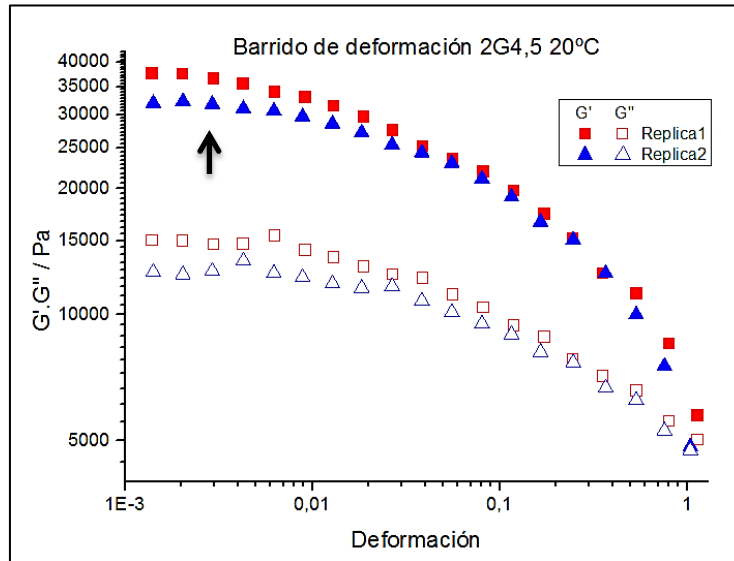
4.4 Reología

Los ensayos dinámicos oscilatorios de baja amplitud han sido empleados para definir la naturaleza elástica y viscosa de los quesos. Este método, es implementado en la región viscoelástica lineal, en la cual los módulos elástico y viscoso son una función del tiempo y de la deformación aplicada (62).

En este estudio se determinó la región de viscoelasticidad lineal, mediante un barrido de deformación entre 0,1-100%; estableciendo una deformación de 0,3% para continuar con

las pruebas reológicas de todas las muestras evaluadas. En este valor los quesos se encontraban en una zona intermedia de la región de viscoelasticidad lineal (Gráfica 4-8).

Gráfica 4-8. Barridos de deformación realizados a los quesos de pasta hilada con adición de dextrano, en la gráfica se presenta el correspondiente a 2% de grasa en leche y 4,50% de dextrano. La flecha, indica el punto seleccionado para realizar los ensayos reológicos.



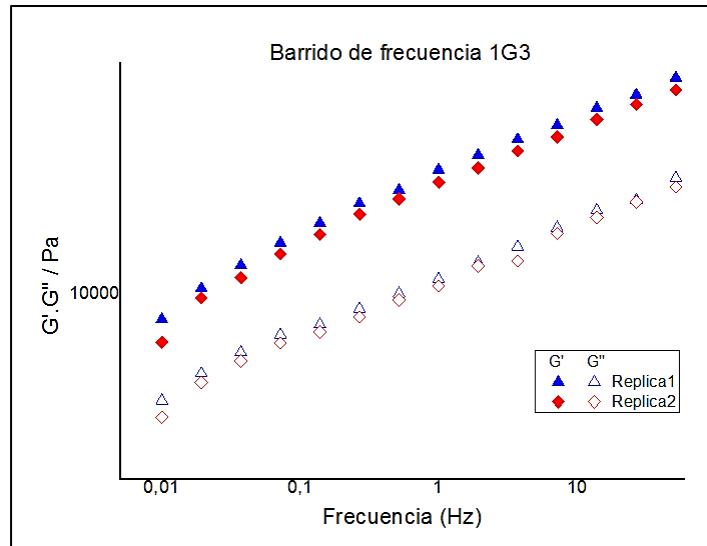
Los barridos de frecuencia realizados entre 0,01-100Hz, muestran un incremento paralelo de G' y G'' (Gráfica 4-9), confirmando la viscoelasticidad de los quesos de pasta hilada. La tendencia de aumento progresivo, con una pendiente poco pronunciada, junto con los valores de $\tan \delta$ superiores a 0,35 y menores a 1 (Anexo I), indican un comportamiento elástico típico de un gel (85).

En todos los quesos evaluados, G' fue superior a G'' a diferentes frecuencias (Gráfica 4-9), lo cual indica la contribución dominante del componente elástico, característico de la red proteica (82). G' y G'' dependen de la fuerza y número de enlaces entre las partículas de caseína, la estructura interna y la distribución espacial de las fibras de caseína (86).

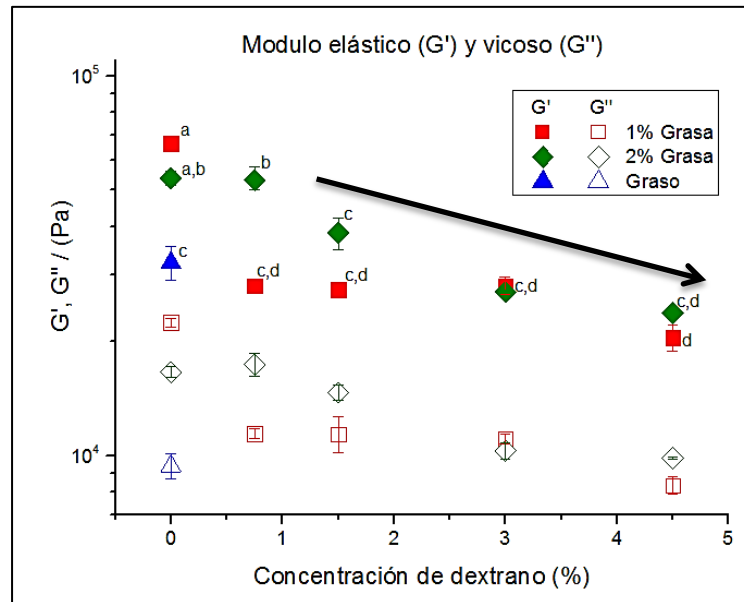
Al comparar los módulos elástico y viscoso de los diferentes tratamientos evaluados a una frecuencia de 1Hz, se observó que los valores de G' y G'' fueron mayores para los quesos elaborados con 1 y 2% de grasa en leche sin dextrano, y presentaron una

disminución significativa al incrementar el contenido de biopolímero adicionado. Estos valores fueron similares al del queso graso, a concentraciones de 1,50; 3,00 y 4,50% de dextrano (Gráfica 4-10).

Gráfica 4-9. Barridos de frecuencia realizados a los quesos de pasta hilada con adición de dextrano, en la gráfica se presenta el correspondiente a 1% de grasa en leche y 3,00% de dextrano.



Gráfica 4-10. Comportamiento elástico (G') y viscoso (G'') de los quesos de pasta hilada con adición de dextrano, a una frecuencia de 1Hz.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

Los resultados obtenidos, pueden ser atribuidos a la disminución del contenido de grasa y el subsecuente aumento del contenido de la fracción proteína (caseína intacta y matriz más firme), incrementando el carácter elástico de queso (87).

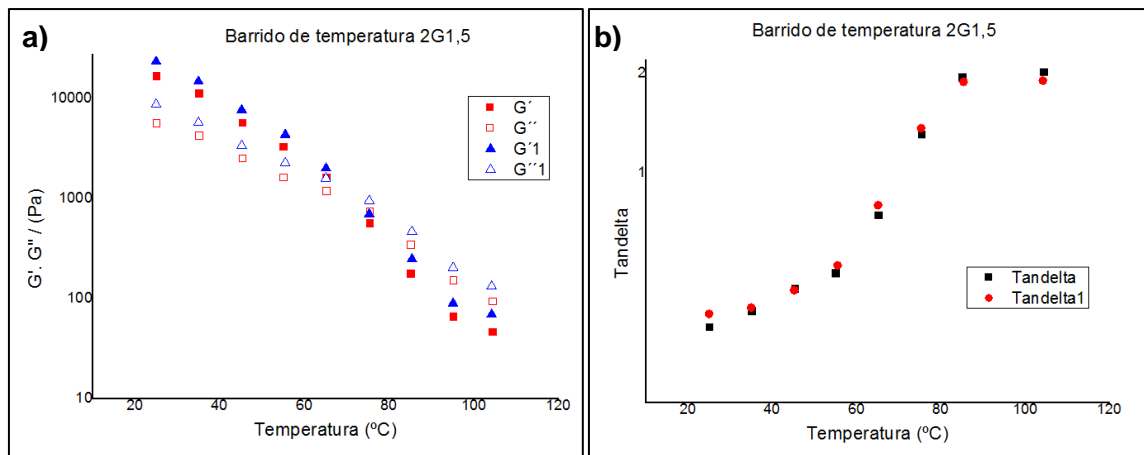
En queso *Mozzarella*, *Gaziantep* y análogos bajos en grasa, se ha demostrado que un incremento en el contenido de humedad, como el originado por la adición de dextrano en esta investigación, que resulta en una mayor hidratación de la red de caseínas y en una reducción de G' (62, 87, 88). El agua retenida por el dextrano adicionado, actuaría como un lubricante o plastificante, disminuyendo las interacciones moleculares entre las diferentes proteínas.

En quesos grasos, la grasa y el agua contenida representan los elementos de relleno de la matriz de caseínas. Ambos son responsables de las propiedades viscosas de los quesos. Si la grasa no interacciona con la matriz proteica, no ejercerá su efecto extensor y los quesos serán más elásticos (87).

Barrido de temperatura

Durante los barridos de temperatura (25-105°C), se observó que G' disminuye, mientras que $\tan \delta$ incrementa, como efecto del incremento de temperatura (Gráfica 4-11). Estos resultados indican que la matriz se vuelve menos elástica y que su flujo incrementa, con el aumento de la temperatura (89).

Gráfica 4-11. a) G' y G'' , b) $\tan \delta$, de los quesos de pasta hilada con adición de dextrano, durante barridos de temperatura a una frecuencia de 1Hz y deformación de 0,3%.

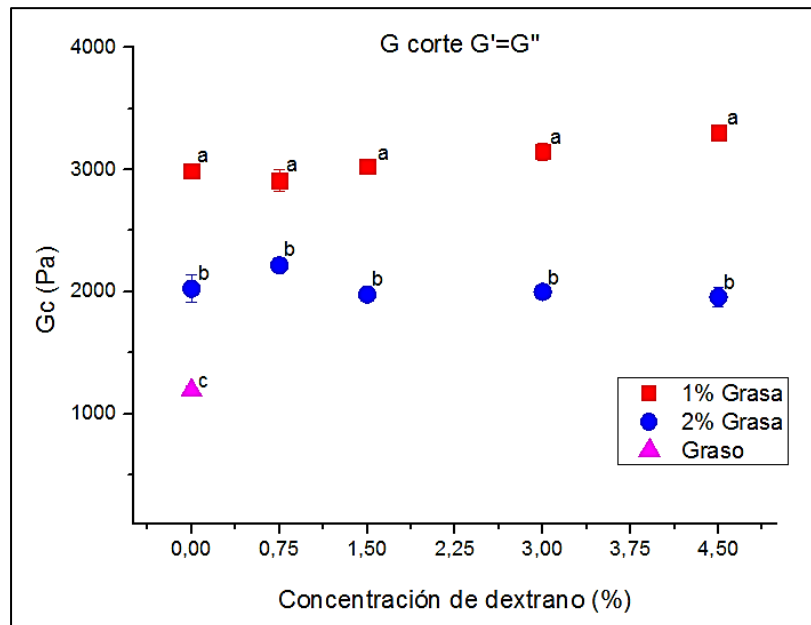


Resultados opuestos, han sido obtenidos para queso tipo imitación con adición de almidón resistente e inulina, debido al efecto gelificante de los compuestos adicionados, que incrementa el comportamiento elástico de los quesos con el aumento de la temperatura (60, 74).

En los quesos evaluados, la disminución del comportamiento elástico tras el aumento de temperatura, da indicios de las propiedades funcionales después del calentamiento (tales como capacidad de fusión y flujo), típicas de los quesos de pasta hilada (51). Es generalmente aceptado que durante la fusión de un queso, se presentan algunos cambios físicos, iniciando por la licuefacción progresiva de la grasa, seguido de un cambio de fase de sólido-líquido o similar a líquido (cuando la matriz de *para*-caseína colapsa), la coalescencia de los glóbulos de grasa, y el flujo con el desplazamiento de planos adyacentes de *para*-caseínas (90, 91)

Los valores de transición o corte, donde $G' = G''$, son mayores a menor contenido de grasa (Gráfica 4-12), lo cual concuerda con un incremento del comportamiento elástico de los quesos, como efecto de la disminución del contenido de grasa. La adición de dextrano no tuvo un efecto significativo en los valores de transición o corte (Gráfica 4-12).

Gráfica 4-12. Punto de corte donde $G' = G''$, de los quesos de pasta hilada con adición de dextrano, durante barridos de temperatura a una frecuencia de 1Hz y deformación de 0,3%.

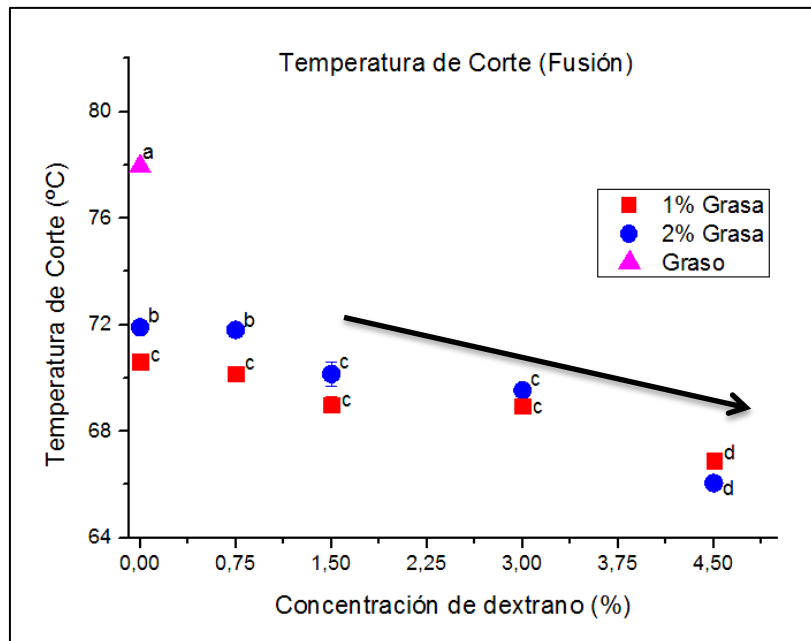


Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

Como un índice de la temperatura de fusión, se determinó la temperatura de transición o corte de los quesos. Esta temperatura fue tomada en el punto donde $G' = G''$. En este punto, se presenta un debilitamiento de las interacciones proteína-proteína, como efecto del aumento de temperatura, acompañado por la licuefacción y deformación de los glóbulos grasos que plastifican la matriz, permitiendo que el queso fluya (74).

En los ensayos realizados se evidenció que los quesos con mayor contenido de grasa, presentan una mayor temperatura de transición y dicha temperatura disminuye con la adición de dextrano (Gráfica 4-13). Estos resultados indican que los quesos con adición de dextrano, funden a una menor temperatura, ya que inician rápidamente la liberación del agua retenida; mientras que la fusión del queso graso a una temperatura superior, se debe principalmente al efecto de la licuefacción de la grasa contenida.

Gráfica 4-13. Temperatura de corte de los quesos de pasta hilada con adición de dextrano, durante barridos de temperatura a una frecuencia de 1Hz y deformación de 0,3%.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

4.5 Análisis sensorial

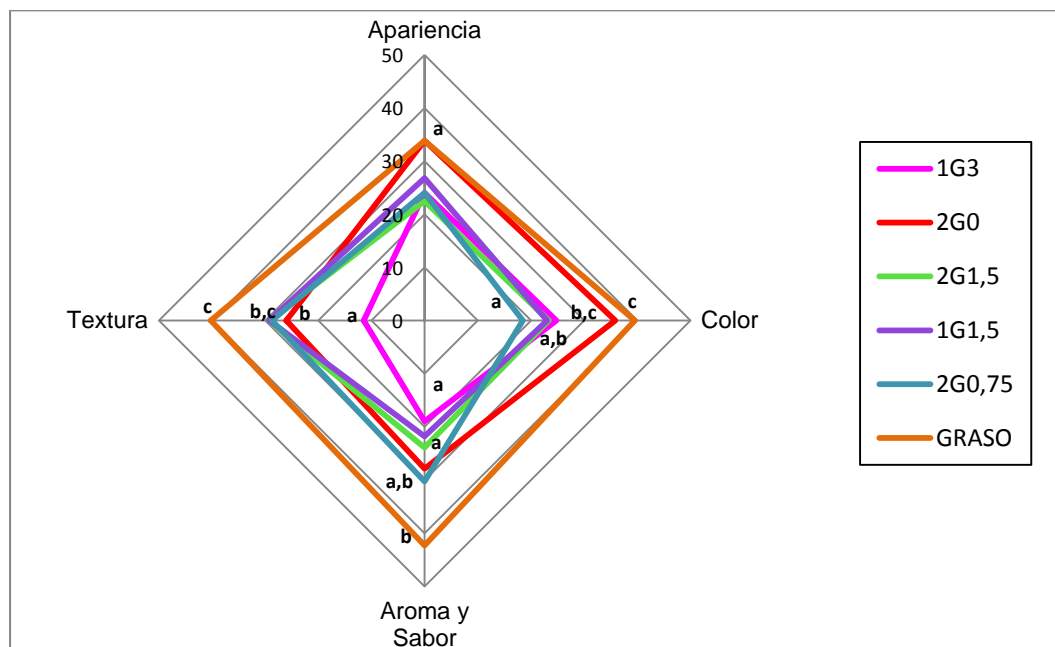
El entrenamiento realizado, evidenció que los panelistas presentaban uniformidad en la definición de las características y defectos del queso de pasta hilada. Los panelistas

diferenciaron todas las muestras evaluadas durante el entrenamiento y no presentaron diferencia significativa entre sí (Anexo J).

Para la evaluación sensorial, se seleccionaron muestras de queso elaboradas con 2,00% de grasa en leche y 0,75% y 1,50% de adición de dextrano; y 1,00% de grasa y 1,50% y 3,00% de dextrano, las cuales presentaron un comportamiento reológico similar al del queso graso. La formulación de 2,00% grasa y 0,75% de biopolímero se incluyó en el estudio a pesar no presentar similitud con el queso graso, con el fin de incluir la mínima concentración de dextrano adicionada en el análisis sensorial. Ninguno de los tratamientos con 4,50% de biopolímero fue incluido en el análisis, debido a que las variaciones de contenido de humedad y reología, fueron significativamente superiores a los demás tratamientos.

El atributo de apariencia obtuvo calificaciones dentro de los rangos correspondientes a los valores para queso tradicional y no presentó diferencia significativa entre las muestras evaluadas (Gráfica 4-14).

Gráfica 4-14. Análisis sensorial descriptivo de muestras de queso de pasta hilada semigraso adicionadas con dextrano.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

En cuanto a la evaluación de color, las muestras control (sin adición de dextrano) y el queso graso obtuvieron los mayores puntajes; mientras que los tratamientos adicionados

con dextrano recibieron la menor calificación (Gráfica 4-14). Algunas investigaciones han reportado variaciones en color y menores calificaciones sensoriales para este atributo. En queso blanco en salmuera, bajo en grasa adicionado con β -glucano como sustituto de grasa, se ha encontrado una menor calificación para color, atribuida esencialmente al color levemente grisáceo de la fibra adicionada (4). En queso *Kashar*, la disminución de grasa se ha visto relacionada con una superficie más translúcida y una tonalidad verdosa (78).

La adición de concentraciones mayores a 0,75% de dextrano, afectó el sabor y aroma de los quesos de pasta hilada, los cuales presentaron diferencia significativa frente a los demás tratamientos. Los quesos sin adición de dextrano y con 0,75% de adición, no presentaron diferencias significativas con el queso graso (Gráfica 4-14). Vale la pena destacar, que en ninguno de los tratamientos evaluados fueron detectados *off-flavors*. Otros estudios, han reportado la presencia de sabores herbáceos, harinosos y cocido (4), ácido y amiláceo, así como la disminución de sabor cremoso y la intensidad de salado, en quesos con adición de 0,7% y 1,4% de β -glucano (3).

La evaluación sensorial de textura, reveló que el queso con mayor adición de dextrano (3,00%), presentó la menor calificación por parte de los panelistas (con los descriptores de grumoso y cauchoso), seguido por el queso semigraso sin adición de biopolímero. Los quesos adicionados con 0,75% y 1,50% no presentaron diferencia significativa en comparación con el queso graso tradicional, resaltando los descriptores de suave y cremoso (Gráfica 4-14).

Resultados comparables han sido obtenidos en queso *Cheddar* con adición de β -glucano (1 y 2%) como sustituto de grasa, donde a pesar de no encontrar diferencia significativa entre las dos concentraciones, se observó una textura pastosa, con una mejor masticabilidad y cremosidad (3).

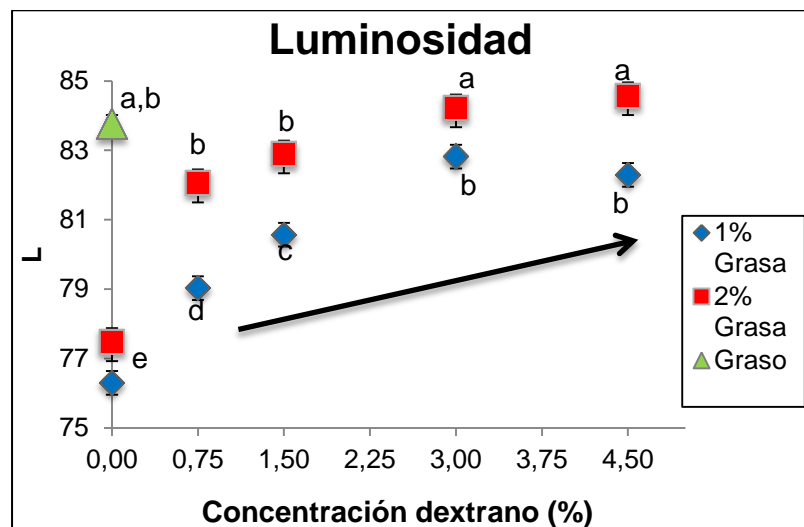
El análisis sensorial realizado, indica que la adición de biopolímero en una concentración de 3,00% disminuye significativamente la calidad sensorial del queso de pasta hilada semigraso. La inclusión de 0,75% de dextrano presentó el mejor perfil sensorial, comparable con el queso graso en todos los atributos excepto color. Aunque la adición de 1,50% de biopolímero no afecta la textura sensorial de los quesos, el sabor si se

puede ver modificado, por lo que sería útil realizar un panel de consumidores con el fin de evaluar la aceptabilidad de este producto.

4.6 Color Instrumental

La luminosidad o brillo de los quesos incrementó a mayor concentración de dextrano, incluso a valores cercanos al queso graso tradicional (Gráfica 4-15). Este fenómeno, está relacionado con el incremento del contenido de humedad y la interrupción de la matriz de fosfoparacaseinato de calcio en los quesos con dextrano, haciendo que la red proteica sea menos densa, dando una mayor claridad a la estructura (65).

Gráfica 4-15. Luminosidad de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

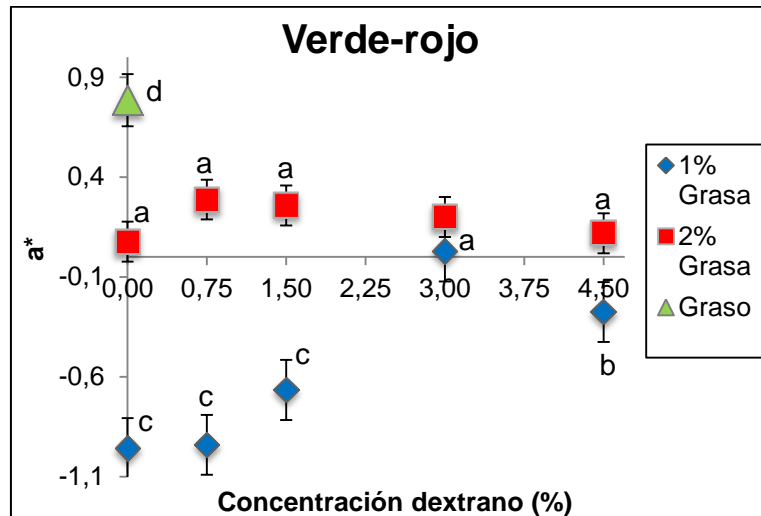
La determinación de las coordenadas de color a^* (que van de verde a rojo), indican que los quesos con menor contenido de grasa presentan una tonalidad verdosa (Gráfica 4-16), mientras que el queso graso tradicional presenta una tendencia hacia una tonalidad rojiza. Resultados similares se han observado en algunos derivados lácteos bajos en grasa y se debe probablemente a la prevalencia de la red de caseínas, la cual otorgaría una tonalidad verdosa a este tipo de productos (92).

La adición de dextrano no presentó efecto significativo sobre las coordenadas a^* de los quesos elaborados con 2% de grasa en leche, mientras que la adición de 3,00 y 4,50%,

incrementó los valores de los quesos elaborados con 1% de grasa, hacia el eje positivo (rojo) (Gráfica 4-16).

Las coordenadas b^* (azul-amarillo), mostraron una disminución estadísticamente significativa de la intensidad de color amarillo con la adición de dextrano (Gráfica 4-17). Estos resultados concuerdan con lo obtenido en la evaluación sensorial de color, donde los panelistas detectaron alteraciones de color (especialmente en intensidad) en todos los quesos adicionados con dextrano.

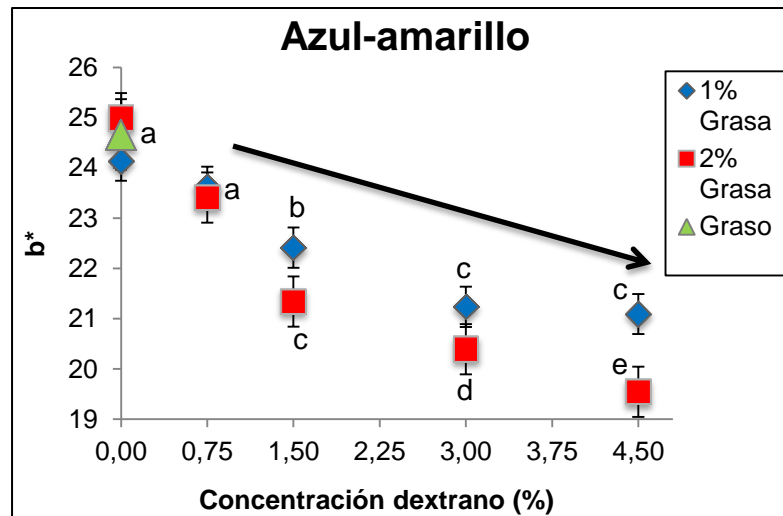
Gráfica 4-16. Coordenadas de color a^* de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

El aspecto translúcido de los quesos bajos en grasa, se ha relacionado con la falta de centros de dispersión de luz como efecto de la disminución de grasa (93). Estudios realizados sobre la percepción sensorial del color por consumidores, ha demostrado, que este es un factor importante en quesos bajos en grasa, que incluso puede afectar la percepción de sabor. Quesos *Cheddar* bajos en grasa, con un color más translucido fueron considerados poco atractivos por los consumidores e igualmente recibieron las menores calificaciones en sabor (93).

Gráfica 4-17. Coordenadas de color b^* de quesos de pasta hilada semigrasos con diferentes concentraciones de dextrano adicionado.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

A pesar de la disminución en la intensidad de color determinada para los quesos con adición de dextrano, es necesario comprobar las preferencias de los consumidores hacia las tonalidades de color amarillo en el queso de pasta hilada tipo doble crema, ya que algunos consumidores asocian una coloración amarilla intensa con un mayor contenido de grasa, por lo que la disminución de color en los quesos con dextrano, podría incrementar la aceptabilidad de los quesos semigrasos, al ser relacionados con un producto más saludable.

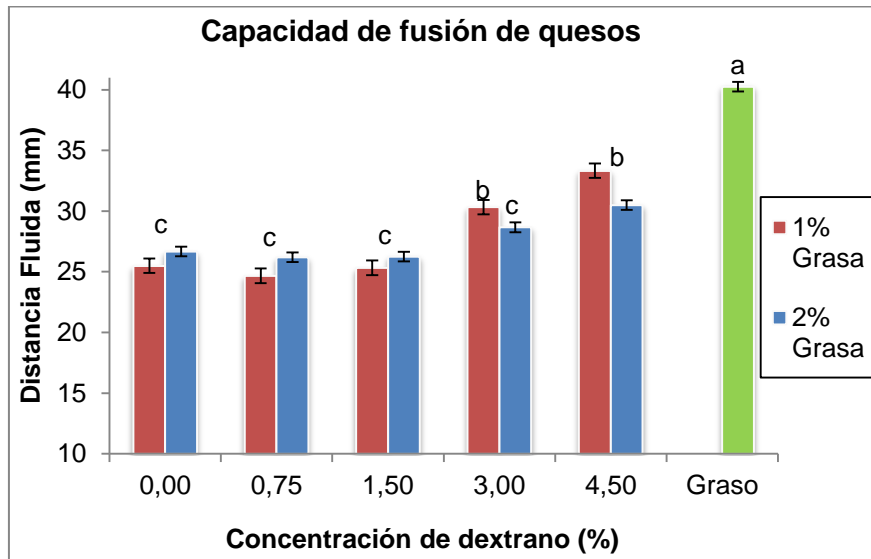
4.7 Funcionalidad del queso como ingrediente

4.7.1 Capacidad de fusión

La capacidad de fusión fue evaluada por dos métodos: el test del tubo (Gráfica 4-18) y el test de Schreiber (Gráfica 4-19). Los dos métodos mostraron que la disminución de grasa afecta ampliamente la capacidad de fusión del queso de pasta hilada. La adición de 1,50, 3,00 y 4,50% de dextrano, incrementó significativamente la distancia fluida y el porcentaje de incremento en diámetro, de los quesos en comparación con los quesos semigrasos sin adición de dextrano, incluso a valores cercanos al queso graso tradicional (Gráfica 4-18, Gráfica 4-19).

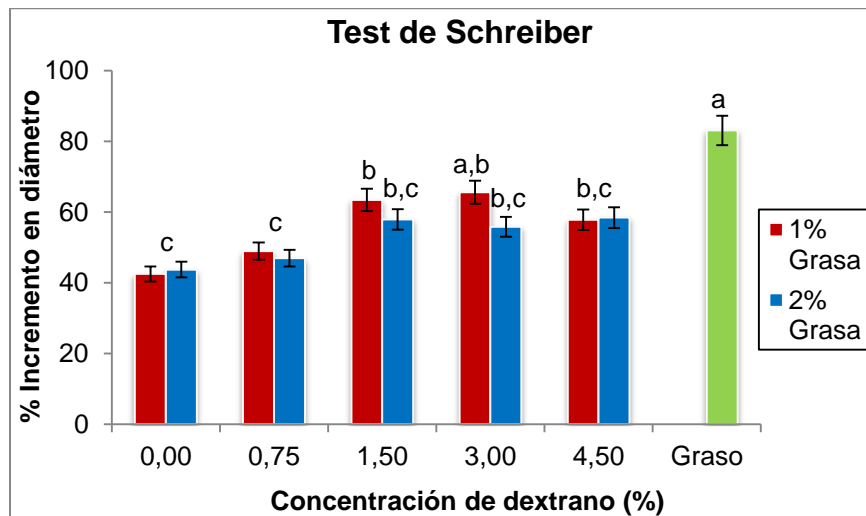
Mediante el test de tubo, se observó un efecto positivo para las concentraciones de 3,00 y 4,50% de biopolímero (Gráfica 4-18). Mientras que en el test de Schreiber, el efecto fue evidente a concentraciones superiores a 0,75% en quesos elaborados con 2% de grasa en leche (Gráfica 4-19).

Gráfica 4-18. Distancia fluida de quesos de pasta hilada semigrasos con inclusión de dextrano, evaluados mediante el test del tubo.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

Gráfica 4-19. Porcentaje de incremento en diámetro de quesos de pasta hilada semigrasos con inclusión de dextrano, evaluados mediante el test de Schreiber.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

La capacidad de fusión de los quesos, está relacionada con la disrupción de la matriz proteica tras el calentamiento como efecto de la fusión de la grasa atrapada y el debilitamiento de las interacciones proteína-proteína, que permiten el movimiento de la matriz de caseínas y el flujo del queso (94). Diversos estudios han demostrado que la reducción del contenido de grasa, lleva a una disminución en la capacidad de fusión de los quesos, debido principalmente a un alto contenido de proteína y la baja relación humedad:proteína (3, 65).

Numerosas investigaciones en donde se han empleado métodos empíricos como los utilizados en esta investigación, han reportado un incremento en la capacidad de fusión y la disminución del tiempo de fusión y la viscosidad aparente, como efecto de un mayor tiempo y grado de proteólisis, altos contenidos de grasa y humedad (91).

Los efectos positivos encontrados para concentraciones de dextrano de 1,50, 3,00 y 4,50%, concuerdan con lo atribuido a algunos sustitutos de grasa tipo carbohidrato y proteína, los cuales pueden incrementar el contenido de humedad (y por tanto la relación humedad:proteína), expandir la matriz de caseína, lubricando la estructura del queso y facilitando su fusión y flujo (65).

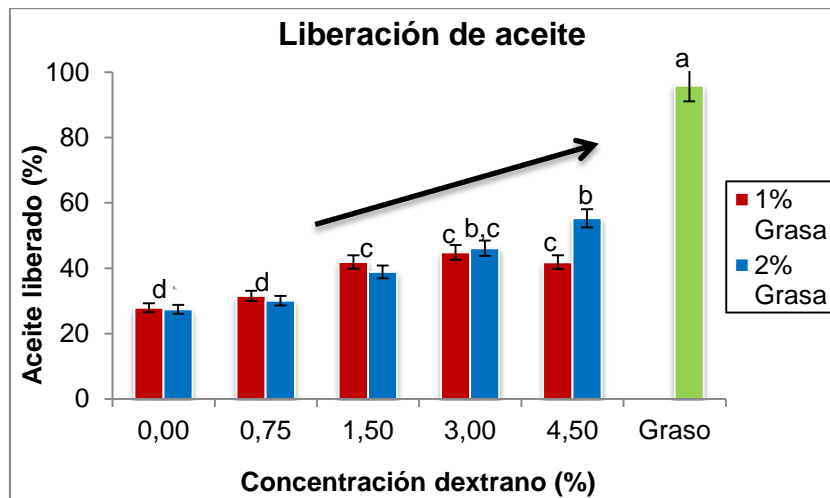
4.7.2 Liberación de aceite

La liberación de aceite de los quesos semigrasos, disminuye notablemente en comparación con el queso graso tradicional. La adición de 1,50, 3,00 y 4,50% de dextrano mejora levemente esta propiedad. Sin embargo, este valor es significativamente superior en el queso graso (Gráfica 4-20).

La liberación de aceite es una propiedad deseable en algunos productos horneados tales como pizza o lasaña. Una liberación moderada otorga un brillo atractivo a estos alimentos. Sin embargo, un exceso de aceite sobre la superficie de los productos, genera un aspecto grasoso, poco saludable y un sabor considerado como indeseable (91). Esta propiedad está relacionada con la capacidad de fusión y de flujo de los quesos. La capa de aceite formada, evita la evaporación de agua del queso, impidiendo una agregación extensiva de la matriz proteica y por tanto permitiendo un mayor flujo (65). Estos

resultados sugieren que las concentraciones de 1,50; 3,00 y 4,50% mejorarían levemente la capacidad de liberación de aceite.

Gráfica 4-20. Aceite liberado (%) después del calentamiento de quesos de pasta hilada semigrasos adicionados con dextrano.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

4.7.3 Pardeamiento

Las pizzas de queso horneadas, presentaron el mismo comportamiento en los parámetros de color, que los quesos frescos. El brillo aumentó a mayor concentración de biopolímero, incluso a valores cercanos al queso graso. Las coordenadas de a^* correspondieron a una tonalidad verdosa y las coordenadas b^* , disminuyeron la intensidad de amarillo a mayores concentraciones de dextrano (Tabla 4-6).

Las diferencias de color observadas para el queso graso, pueden ser atribuidas a la capa de aceite liberado más que a un efecto del pardeamiento de los quesos. Los microorganismos empleados para la acidificación de la leche, son de tipo galactosa +; esto hace que en este tipo de quesos la reacción de *Maillard* sea controlada y no se produzca un pardeamiento excesivo de los productos horneados.

Aunque en algunos estudios donde se ha evaluado el pardeamiento de quesos como el mozzarella y *cheddar*, se emplea el factor de pardeamiento ($FP = Lt/L0$) y el ΔE (50), en

este estudio no se empleó ninguno de estos parámetros para calcular las diferencias en pardeamiento, debido a que el patrón de comparación para las muestras fue un queso graso cuyo color inicial antes de ser sometido a horneado, difería significativamente de las demás muestras evaluadas y a que la luminosidad fue una de las principales características afectadas con la disminución de grasa y la adición de dextrano (Anexo N). Actualmente, se emplea la técnica de análisis de imagen para la evaluación de esta propiedad funcional (95), la cual sería de gran utilidad, teniendo en cuenta las particularidades de las muestras evaluadas.

Tabla 4-6. Determinación de pardeamiento de muestras de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano horneadas sobre pizzas de 9cm.

Grasa en leche	Concentración Dextrano (%)	L	a*	b*
1	0,00	70,99±0,20 ^c	1,03±0,08 ^a	29,33±0,19
	0,75	73,60±0,48 ^a	0,79±0,20 ^b	27,68±0,48 ^d
	1,50	74,41±0,37 ^a	0,68±0,13 ^b	26,52±0,63 ^c
	3,00	73,74±0,80 ^a	0,78±0,41 ^b	25,83±0,25 ^b
	4,50	74,10±0,44 ^a	0,56±0,10 ^c	25,27±0,37 ^b
2	0,00	71,04±0,42 ^c	0,82±0,20 ^a	27,82±0,30 ^d
	0,75	72,53±0,59 ^b	0,93±0,38 ^a	26,59±0,56 ^c
	1,50	73,41±0,19 ^{a,b}	0,59±0,25 ^c	24,52±0,20 ^a
	3,00	73,52±0,17 ^{a,b}	0,38±0,03 ^d	24,22±0,20 ^a
	4,50	74,67±0,60 ^a	0,61±0,18 ^c	24,05±0,29 ^a
Graso	0,00	74,71±0,49 ^a	1,18±0,17 ^e	29,91±0,47

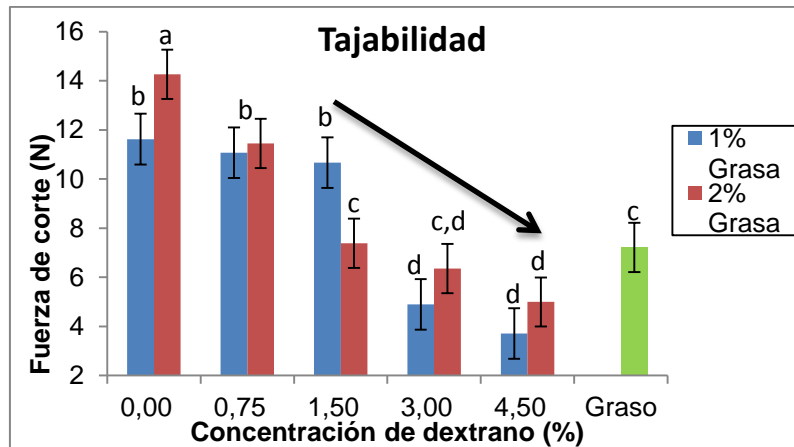
Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

4.7.4 Tajabilidad

La tajabilidad se determinó como fuerza de corte y trabajo de corte. Los dos parámetros fueron mayores para los quesos semigrasos sin adición de dextrano y disminuyeron significativamente con la inclusión de concentraciones de dextrano superiores a 1,50%, incluso a valores comparables con el queso graso (Gráfica 4-21, Gráfica 4-22). Los quesos elaborados con 2,00% de grasa en leche y 1,50% de dextrano adicionado, mostraron fuerza y trabajo de corte similar al del queso graso, por lo que representa el mejor comportamiento de tajabilidad de las muestras evaluadas.

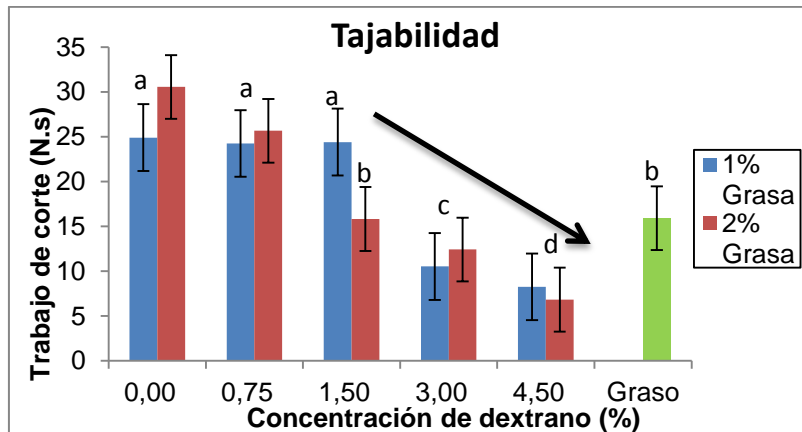
La disminución de grasa incrementó la dureza, disminuyendo la flexión durante el corte y aumentando la rotura y desmenuzados (51). El uso de dextrano, mejoró la flexibilidad, permitiendo un corte limpio, sin fracturas en los bordes.

Gráfica 4-21. Fuerza de corte obtenido durante ensayos de tajabilidad de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

Gráfica 4-22. Trabajo de corte obtenido durante ensayos de tajabilidad de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

Se ha asociado un alto contenido de grasa y humedad con una mayor adhesividad de los quesos a las cuchillas de corte, debido a una disminución en el módulo elástico (96). Sin embargo, en este estudio, no se determinó la adhesividad, ni fracturabilidad durante el corte de los quesos elaborados.

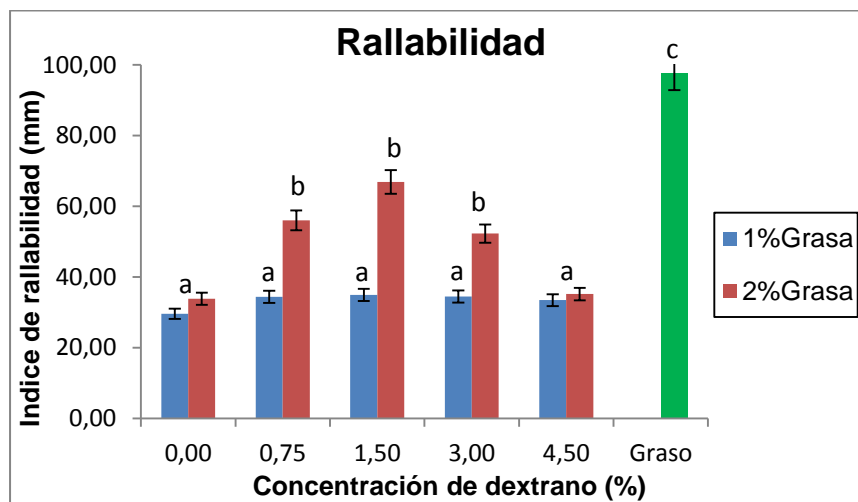
La tajabilidad es una de los métodos de reducción de tamaño empleados en el procesamiento de quesos. En la industria de comidas rápidas y alimentos pre-cocidos, cobra gran importancia, debido a que se buscan láminas de queso delgadas, resistentes a la fractura y lo suficientemente flexibles, para ser fácilmente manipuladas (50, 97).

La adición de 1,50, 3,00 y 4,50% de dextrano, disminuyó la fuerza y trabajo de corte en los quesos semigrasos, de tal manera, que este tipo de queso podría ser empleado de manera similar a un queso graso en la elaboración de productos como sándwiches, lasañas, hamburguesas, etc. Representando una opción innovadora para el sector de los lácteos y una alternativa saludable para los consumidores.

4.7.5 Rallabilidad

La disminución del contenido de grasa en quesos de pasta hilada, disminuyó significativamente el índice de rallabilidad de los quesos. La adición de dextrano en concentraciones de 0,75, 1,50% y 3,00% incrementó esta propiedad, aunque solo en quesos elaborados con 2% de grasa en leche. En quesos con 2% de grasa y 4,50% de dextrano, la rallabilidad no presentó diferencia significativa frente a los quesos sin biopolímero (Gráfica 4-23). El índice de rallabilidad de los quesos grasos es significativamente superior a todas las muestras analizadas.

Gráfica 4-23. Índice de rallabilidad de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

Diversos factores regulan la producción de tiras de queso de buena calidad. Dentro de estos, la composición y microestructura son factores determinantes en la rallabilidad de los quesos (90, 96). Así, los quesos con alta humedad, grasa y suaves, pueden dar origen a tiras de queso de geometría deforme, bordes rasgados o que se adhieren entre sí y a la máquina de rallado; mientras que los quesos muy firmes y secos, se fracturan excesivamente dando lugar a tiras finas y quebradizas (91).

Los quesos semigrasos elaborados con 1% de grasa, presentaron menores índices de rallabilidad (Gráfica 4-23), debido a que en su mayoría se obtuvieron tiras de queso finas, fracturables y de menor tamaño. Estos quesos, presentaron menores contenidos de humedad y mayores valores de firmeza, relacionados con una red de caseína más compacta y elástica. Resultados similares han sido encontrados en queso *Mozzarella* joven, con el cual se obtuvieron tiras de queso finas, debido principalmente a su estructura proteica fibrosa, rígida y deshidratada (90).

Los mejores índices de rallabilidad fueron obtenidos en los quesos con 2% de grasa y 0,75%, 1,50% y 3,00% de dextrano (Gráfica 4-23). Estos quesos presentaron un mayor contenido de humedad y textura menos firme, que permitiría un mejor rallado. Bajo el suficiente esfuerzo, se espera que una matriz proteica medianamente rígida se fracture limpiamente (90), dando lugar a tiras completas, flexibles y de gran tamaño, fáciles de manipular, almacenar y aplicar (91).

Por otro lado, se ha relacionado una buena rallabilidad con un módulo elástico (G') con valores entre 5×10^4 y 1×10^5 (96). Las muestras con 2% de grasa y 0,75%, 1,50% y 3,00% de dextrano y el queso graso evaluado, presentaron un comportamiento reológico dentro de estos valores.

El mejoramiento de la rallabilidad con la adición de dextrano, permitiría encontrar una estrategia para solucionar problemas relacionados con el cuerpo, textura y estructura de los quesos a los que se les disminuye el contenido de grasa, siendo la rallabilidad una de las principales propiedades funcionales de los quesos antes de ser sometidos a calentamiento, lo que garantizaría su desempeño en diferentes alimentos elaborados (91).

Aunque los quesos con 4,50% de dextrano también presentaron texturas más suaves y menos elásticas; la humedad excesiva y un comportamiento más viscoso en los quesos, ha sido relacionado con un rallado menos eficiente debido a la mayor adherencia y obtención de tiras deformes (96).

Pocos estudios han cuantificado directamente la rallabilidad por métodos empíricos o imitativos. Se ha usado análisis de imagen para calcular el índice de rallabilidad como función del tamaño, la forma y número de tiras de queso obtenidas, encontrando una correlación positiva con un panel sensorial visual de tiras de queso, basado en la longitud, número y adhesividad de los fragmentos (98).

4.8 Microscopía Electrónica de Barrido

Las micrografías de algunas muestras de queso fueron realizadas, con el fin de relacionar la microestructura de los quesos de pasta hilada semigrasos con adición de dextrano con sus propiedades físicas (reología y textura) y funcionales.

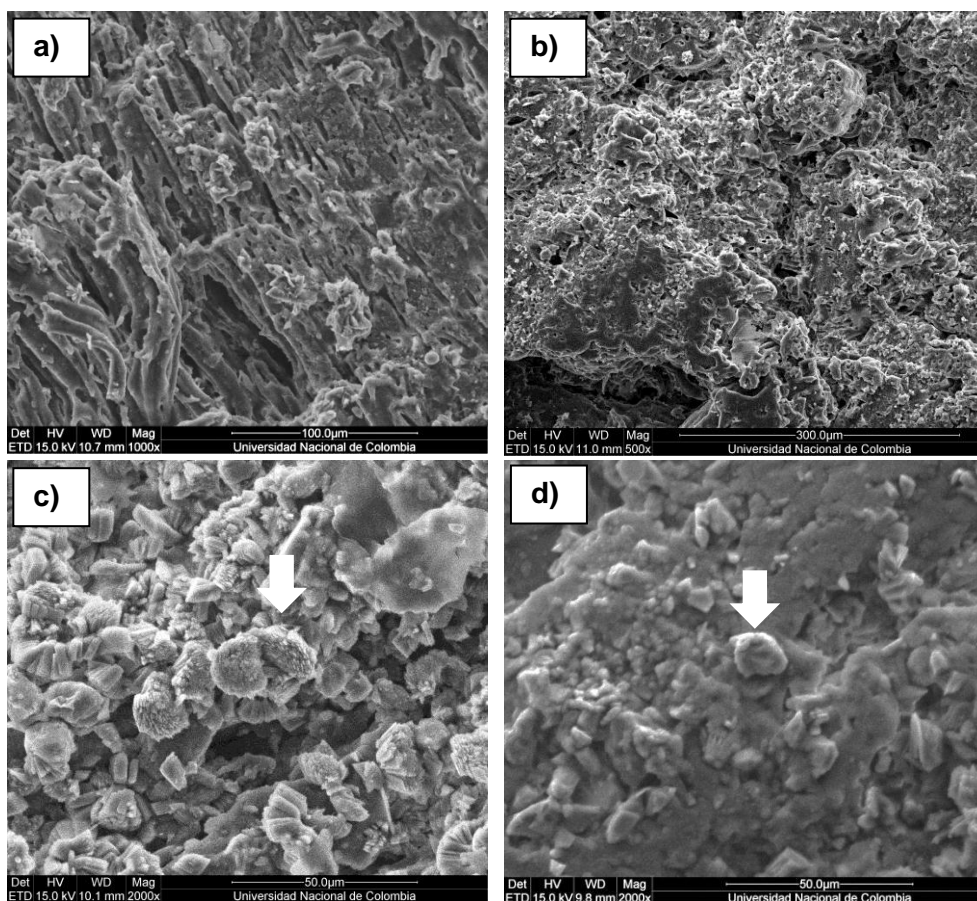
En general, en las micrografías se observa que la reducción de grasa en los quesos y la adición de un sustituto de grasa resultan en diferencias microestructurales notables. La microestructura del queso de pasta hilada consiste en una matriz proteica porosa y abierta de forma laminar, en la que los glóbulos grasos de tamaño variable estaban distribuidos (observada por los espacios vacíos), dando lugar a una estructura en forma de panal de abejas (Figura 4-3a).

Esta estructura en forma de panal de abejas, con una red proteica de superficie rugosa, ha sido observada en otros quesos frescos con alto contenido de humedad, como el queso mexicano tipo panela (80), en queso mozzarella fresco (91), y el queso tipo análogo con humedad mayor al 50% (74).

La matriz de poros abiertos fue más evidente a mayor contenido de dextrano adicionado y mayor contenido de grasa. En quesos sin adición de dextrano, se observó una red más compacta y densa, con predominio de proteína y aspecto liso (Figura 4-3b). La estructura más abierta observada en quesos con dextrano y mayor contenido de grasa, ha sido reportada en queso fresco elaborado con inulina como sustituto de grasa (99), probablemente debido a la distribución de la grasa y grupos de agua eliminada de la muestra, dando lugar a una estructura más porosa (62, 74).

Algunas partículas de biopolímero se observaron intactas en la estructura del queso con una forma ovalada algo irregular, rodeados de cristales de sal (Figura 4-3c,d).

Figura 4-3. Micrografías de quesos de pasta hilada semigrasos con adición de dextrano, elaborados con 2% grasa. a) Queso con 1,5% de dextrano; b) queso sin adición de dextrano; c) queso con 1,5% de dextrano; d) queso con 0,75% de dextrano (Las flechas señalan el biopolímero).



4.9 Correlaciones entre atributos físicos, químicos y sensoriales

La humedad se correlacionó de manera positiva con el rendimiento, textura instrumental, capacidad de fusión, temperatura de corte y modulo elástico, de los quesos de pasta hilada semigrasos (Tabla 4-7). Estos resultados confirman que la capacidad de retención de agua del biopolímero, ejerce un efecto positivo sobre las características evaluadas.

No se encontró una correlación entre los parámetros de textura instrumental y sensorial (Tabla 4-7). Algunos estudios han reportado correlaciones negativas para queso blanco en salmuera (75) y queso fresco *Kashar* (78), elaborados con sustitutos de grasa comerciales. La relación exacta entre estos parámetros, varía dependiendo del tipo y entrenamiento del panel sensorial y de las pruebas instrumentales específicas, seleccionadas para determinar el perfil de los quesos (94).

En este caso, la evaluación sensorial de los quesos de pasta hilada semigrasos, no podría ser sustituida por pruebas instrumentales, debido a que durante la evaluación sensorial están involucrados factores complejos como la masticación, diferencias individuales en la percepción de textura, efectos del día de evaluación sobre la percepción y otros elementos, que no son tenidos en cuenta durante la evaluación instrumental (49).

Tabla 4-7. Coeficientes de correlación de Pearson, entre las diferentes propiedades evaluadas a los quesos de pasta hilada semigrasos con adición de dextrano.

	Humedad	Rendimiento	Textura inst.	Textura sens.	C. de fusión	T° de transición
Humedad						
Rendimiento	0,852*					
Textura instrumental	-0,657*	-0,591				
Textura sensorial	0,140	-0,591	-0,617			
Capacidad de fusión	0,740*	0,473	-0,473	0,223		
T° de Transición	-0,890*	-0,907*	0,403	0,086	-0,655*	
G'	-0,820*	-0,612	0,429	-0,353	-0,794*	0,759

* Indica un valor $r^2 < 0,05$ y por tanto una correlación significativa entre parámetros.

La capacidad de fusión no se correlacionó con los parámetros de textura instrumental, ni sensorial. Esta propiedad funcional en los quesos de pasta hilada semigrasos, está relacionada con el incremento del contenido de humedad en los quesos (Tabla 4-7), que ejerce un efecto extensor de la matriz proteica, facilitando la fusión. Resultados similares han sido reportados en queso *Cheddar* con adición de β -glucano, donde se observó una correlación entre humedad/proteína y la capacidad de fusión (3). En queso fresco

Kashar, se encontró que tampoco existía una correlación entre la capacidad de fusión y la textura determinada instrumentalmente (78).

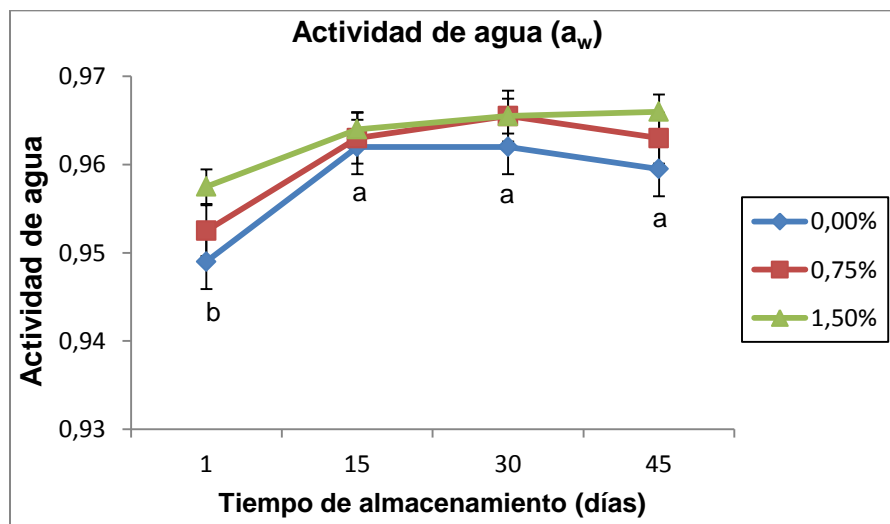
Los módulos elástico y viscoso, y la temperatura de transición determinados mediante reología presentaron una correlación positiva con la capacidad de fusión de los quesos evaluados (Tabla 4-7). Esta correlación permite evidenciar que tanto la temperatura de transición como la capacidad de fusión evaluada mediante el test de Schreiber, se pueden emplear como indicadores de esta propiedad funcional, que corresponde a una de las características más determinantes del uso culinario de los quesos de pasta hilada.

4.10 Vida útil

4.10.1 Actividad de agua

Los tratamientos evaluados no presentaron diferencias en actividad de agua a partir del día 15 de almacenamiento. El día 1 de análisis se observó un valor significativamente menor a los demás días de almacenamiento (Gráfica 4-24). Las diferencias evidenciadas entre el día 1-15, se pueden deber a un incremento en la pérdida de suero durante la etapa inicial de almacenamiento (69).

Gráfica 4-24. Actividad de agua (a_w) de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano durante almacenamiento a 4°C.



Letras diferentes indican diferencia significativa entre días de almacenamiento. $p < 0,05$.

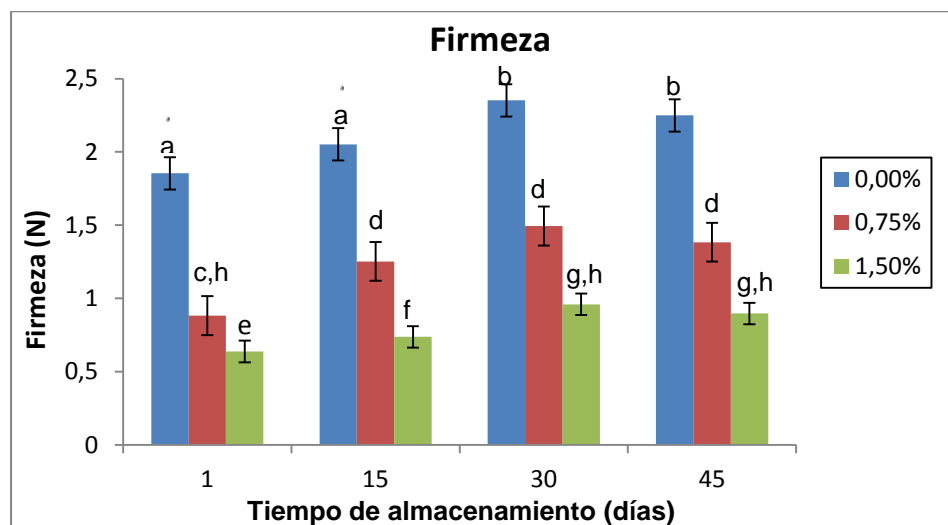
A pesar de las diferencias encontradas hasta el día 15, los valores de actividad de agua, se encuentran dentro de los valores establecidos para un queso fresco (100). La adición de 0,75% y 1,50% de dextrano no afecta la actividad de agua del queso de pasta hilada almacenado durante 45 días a 4°C.

Al igual que en la mayoría de los quesos, el queso de pasta hilada semigraso presentó valores de actividad de agua superiores a 0,9. Aunque estos valores no son lo suficientemente bajos para evitar el crecimiento de mohos y levaduras, y la mayoría de bacterias; una combinación de bajo pH (5,4-5,6) y temperatura de 4°C, es bastante efectivo para controlar el crecimiento de algunos microorganismos (100).

4.10.2 Firmeza

La firmeza de los quesos evaluados incrementó durante el almacenamiento a 4°C hasta el día 15. A partir de este día, no se evidenció diferencia significativa en el parámetro de firmeza en los diferentes tratamientos (Gráfica 4-25).

Gráfica 4-25. Firmeza instrumental de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, durante almacenamiento a 4°C.



Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

El queso sin adición de dextrano presentó una mayor firmeza en el día inicial de almacenamiento y este valor disminuye significativamente con la adición de dextrano (Gráfica 4-25). Las diferencias encontradas entre tratamientos el día inicial, concuerdan

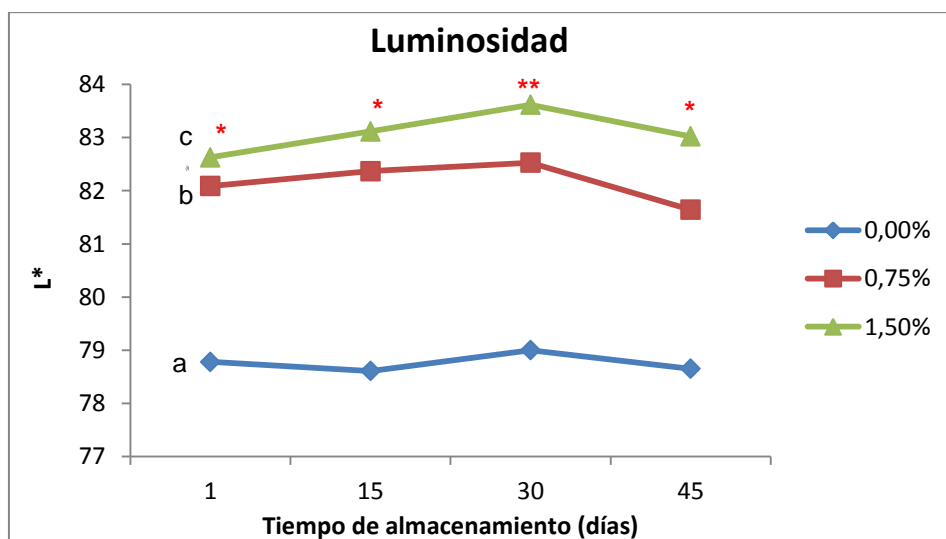
con los resultados encontrados mediante análisis de textura instrumental, para los quesos con diferentes concentraciones de dextrano adicionadas.

Algunos estudios han reportado un incremento de la firmeza a lo largo del almacenamiento, como efecto de la liberación de agua de la matriz proteica, dando origen a una estructura más compacta (69). Estos resultados podrían estar relacionados con el incremento de la actividad de agua, que indicaría un incremento de agua libre, es decir, que no se encuentra interactuando con la matriz de caseínas y por lo tanto originaría una estructura más firme.

4.10.3 Color instrumental

Los quesos adicionados con dextrano presentaron un mayor brillo que los quesos sin biopolímero, durante todo el periodo de almacenamiento a 4°C. Solo se observó un incremento significativo de brillo en el día 30 de almacenamiento (Gráfica 4-26).

Gráfica 4-26. Luminosidad de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, durante almacenamiento a 4°C.



Letras diferentes indican diferencia significativa entre concentraciones de dextrano.

* Indica diferencia significativa entre días de almacenamiento. $p < 0,05$.

Pocos estudios han evaluado instrumentalmente los cambios de color en quesos bajos en grasa durante su almacenamiento. En queso fresco elaborado con altas presiones, no

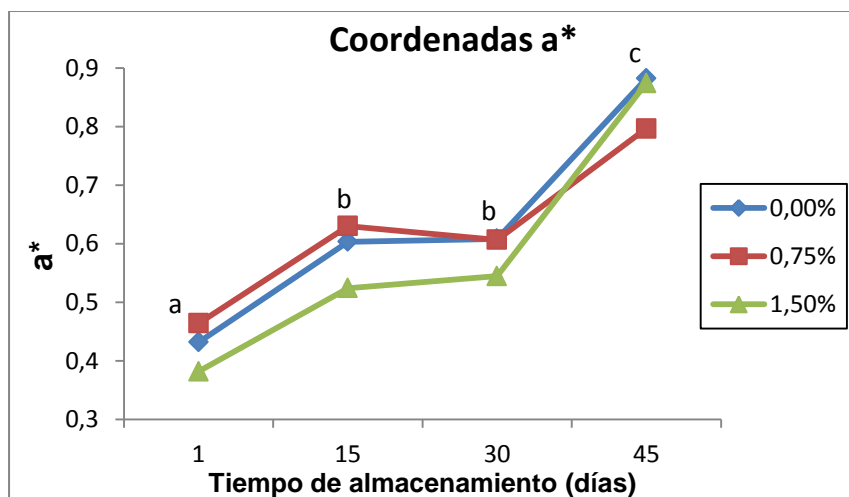
se encontraron diferencias significativas en los parámetros de color, durante el almacenamiento por 21 días a 4 y 8°C (69).

Las coordenadas a^* (verde a rojo) incrementaron significativamente en los tres tratamientos evaluados, y este incremento fue más pronunciado hacia el día 45 de almacenamiento (Gráfica 4-27). Las coordenadas b^* (de azul a amarillo), presentaron diferencias significativas entre tratamientos desde el día inicial (similares a las observadas en el análisis de los tratamientos aplicados).

Las tres formulaciones evaluadas, presentaron un incremento significativo en la intensidad de la tonalidad amarillo durante los días 30 y 45 de almacenamiento a 4°C (Gráfica 4-28).

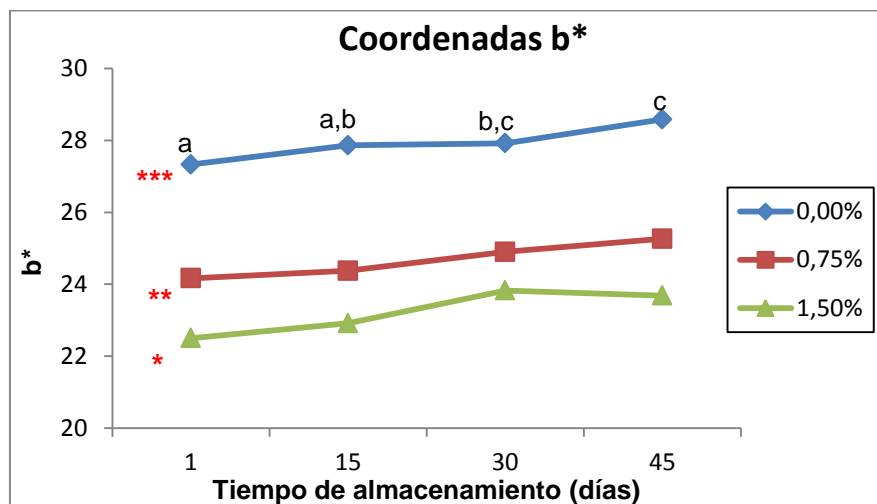
Aunque hasta el momento se cuenta con pocas investigaciones sobre vida útil de quesos bajos en grasa y con adición de sustitutos de grasa, estudios realizados en quesos frescos recubiertos con películas comestibles de galactomananos, han encontrado resultados similares, observando un incremento de la tonalidad rojiza y amarilla de las muestras evaluadas. Estos resultados han sido asociados con la oxidación de la grasa de los quesos, producida durante el almacenamiento a 4, 12 y 20°C por 21 días (101).

Gráfica 4-27. Coordenadas de color a^* de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, durante almacenamiento a 4°C.



Letras diferentes indican diferencia significativa entre días de almacenamiento. $p < 0,05$.

Gráfica 4-28. Coordenadas de color b^* de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, durante almacenamiento a 4°C.



Letras diferentes indican diferencia significativa entre días de almacenamiento.

* Indica diferencia significativa entre concentraciones de dextrano. $p < 0,05$.

4.10.4 Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos realizados a los quesos sin dextrano y con adición de 0,75 y 1,50%, mostraron que los valores tanto de coliformes totales como de coliformes fecales se encontraban por debajo de los límites establecidos según la resolución 1804 de 1989 (40), durante los 45 días de almacenamiento (Tabla 4-8). Estos resultados, permiten descartar la posibilidad de daños sensoriales e incluso fisicoquímicos por parte de este tipo de bacterias y afirmar la higiene y buenas prácticas implementadas durante la investigación.

Los recuentos de mohos y levaduras de los diferentes quesos evaluados, presentaron valores dentro de los rangos permitidos para quesos hasta el día 30 de almacenamiento (Tabla 4-8). A partir del día 45 se presentó un incremento de estos valores sobre los rangos críticos, en todos los tratamientos, por lo que para los análisis sensoriales se estableció un máximo de 30 días de almacenamiento, con el fin de garantizar la inocuidad de las muestras proporcionadas a los panelistas. Los resultados observados, indican que los quesos de pasta hilada semigrasos con y sin adición de dextrano, presentaron un comportamiento similar en cuanto al crecimiento microbiano durante los 45 días de almacenamiento.

Tabla 4-8. Análisis microbiológico de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, durante almacenamiento a 4°C.

	Días de almacenamiento	NMP Coliformes totales/g	NMP Coliformes fecales/g	Mohos y levaduras (UFC/g)
0,00	1	<3	<3	<10
	15	<3	<3	<10
	30	<3	<3	90
	45	<3	<3	2900
0,75	1	<3	<3	20
	15	<3	<3	10
	30	<3	<3	100
	45	<3	<3	1535
1,50	1	<3	<3	<10
	15	<3	<3	10
	30	<3	<3	110
	45	<3	<3	650
Valor de referencia*		-	100	100-500

*Según la resolución 1804 de 1989 (58).

Resultados similares se han observado en queso doble crema tanto para NMP de coliformes, como para mohos y levaduras, donde se encontraron valores mayores a 500 UFC/g, hacía el día 40 de almacenamiento (102). En queso doble crema con diferentes niveles de grasa, se presentó un incremento en el recuento de mohos y levaduras entre los días 33 y 40 de almacenamiento a 4°C (73). En queso fresco campesino, también se ha evidenciado un incremento en los recuentos de mohos y levaduras a partir de la sexta semana de almacenamiento en quesos a 4°C y a partir de la cuarta semana en quesos almacenados a 10°C (103).

El aumento en el recuento de mohos y levaduras en quesos frescos como el de pasta hilada, está directamente relacionada con su bajo pH y mediana a_w . Los resultados encontrados durante esta investigación concuerdan con el tiempo de vida útil comercial de queso doble crema, el cual se encuentra alrededor de 35 días (102).

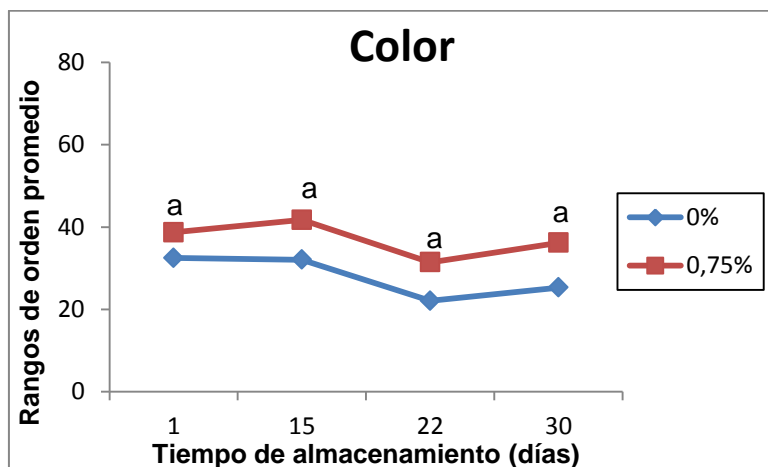
4.10.5 Análisis sensorial

- Evaluación con panel entrenado

Debido a que mediante los análisis microbiológicos realizados para el día 45 de almacenamiento, se obtuvieron recuentos de mohos y levaduras mayores a los establecidos en la resolución 1804 de 1989 (40), la evaluación sensorial de las muestras de queso se realizó hasta el día 30 de almacenamiento y se incluyó el día 22 de análisis, con el fin de encontrar un posible punto de deterioro sensorial cercano al día 30. Este análisis se llevó a cabo en solo dos tratamientos (con y sin dextrano), para evitar un exceso de muestras presentadas al panel y por tanto la saturación de los panelistas.

Los panelistas no encontraron diferencias significativas en el color de las muestras de queso con y sin dextrano durante los 30 días de almacenamiento a 4°C (Gráfica 4-29). A diferencia de lo encontrado mediante la determinación de color instrumental, donde se observaron diferencias en brillo e intensidad de tonalidad amarilla desde el día 15 de almacenamiento. Resultados similares se han encontrado en queso doble crema con diferentes niveles de grasa, almacenado a 4°C (73) y queso Ricota almacenado a 6, 17 y 25°C (104), donde no se observaron diferencias de color determinado sensorialmente.

Gráfica 4-29. Evaluación sensorial de color de muestras de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, almacenadas a 4°C por 30 días.

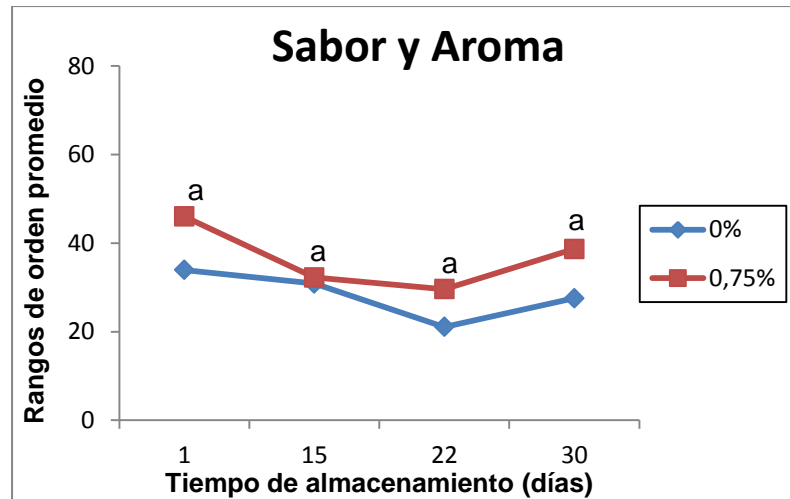


Letras iguales indican que no hay diferencia significativa entre días de almacenamiento.

En el análisis sensorial de sabor y aroma, los panelistas no detectaron diferencia significativa; aunque se observa una tendencia hacia la disminución de la calificación

(Gráfica 4-30). Estos resultados indican que ninguno de los tratamientos (con y sin dextrano), manifestó sabores o aromas extraños, ni desagradables durante este periodo de almacenamiento. Resultados similares se han reportado en queso fresco almacenado por 21 días a 4 y 8°C (73).

Gráfica 4-30. Evaluación sensorial de sabor y aroma de muestras de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, almacenadas a 4°C por 30 días.



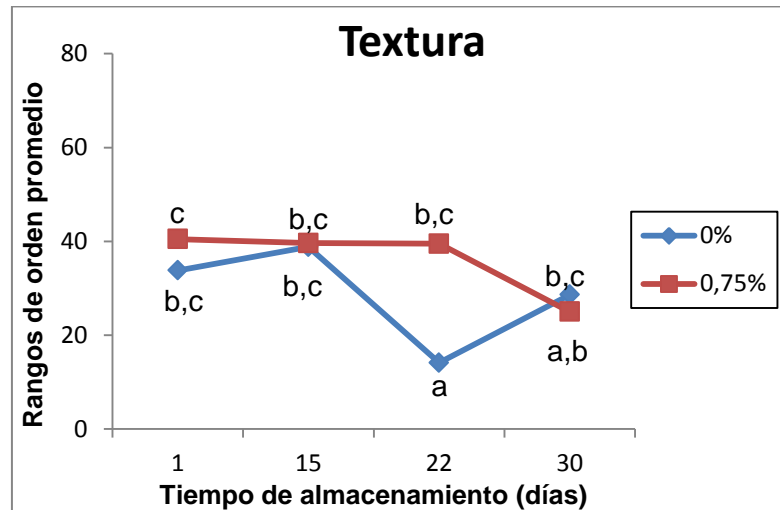
Letras iguales indican que no hay diferencia significativa entre días de almacenamiento.

En queso doble crema se ha evaluado el efecto de la disminución de grasa sobre la vida útil sensorial, encontrando mediante un panel entrenado, que no se presentaron diferencias significativas entre los quesos semigraso y graso, en los atributos de color y sabor (73).

Estos resultados al igual que los encontrados en esta investigación, indicarían que los parámetros de color y sabor no son descriptores críticos para evaluar la vida útil sensorial de este tipo de queso.

En la evaluación sensorial de textura, se encontró diferencia significativa para la muestra sin dextrano el día 22 de almacenamiento, mientras que para la muestra con dextrano esta diferencia fue notable hasta el día 30 (Gráfica 4-31). Estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos mediante la determinación instrumental de textura, ya que se encontraron diferencias significativas en la firmeza después del día 15 de almacenamiento en las muestras sin adición de dextrano.

Gráfica 4-31. Evaluación sensorial de textura de muestras de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, almacenadas a 4°C por 30 días.



Letras diferentes indican diferencia significativa entre días de almacenamiento.

Resultados similares se han reportado para quesos frescos almacenados a 4 y 8°C, donde se encontró un incremento en la firmeza determinada instrumental y sensorialmente. En queso doble crema con diferentes niveles de grasa, almacenados a 4°C, se encontraron diferencias en la textura evaluada sensorialmente a partir del día 48 de almacenamiento (73).

Estos resultados indican que la textura sería el mejor descriptor crítico, que puede ser empleado en la evaluación sensorial de la vida útil y determinación de punto de corte de los quesos frescos.

- Determinación de punto de corte

En la determinación de punto de corte, empleando los parámetros de color y sabor, se obtuvo una baja correlación entre la prueba de aceptabilidad (de consumidores) y el panel entrenado (*scores*), para las muestras de queso con y sin adición de dextrano, almacenadas a 4°C por 30 días (Anexo K). Por esta razón, los resultados presentados, corresponden a la determinación de punto de corte empleando el parámetro de textura, que fue seleccionado en este estudio como el descriptor crítico.

La regresión lineal realizada a los datos de aceptabilidad obtenidos de los consumidores y los *scores* de los panelistas entrenados para el atributo de textura (Gráfica 4-32), permitieron obtener el punto de corte (C) a partir del valor S calculado (Tabla 4-9).

Gráfica 4-32. Aceptabilidad de consumidores versus scores de panel entrenado para el atributo de textura, en muestras de queso de pasta hilada semigraso con y sin adición de dextrano, almacenado a 4°C.

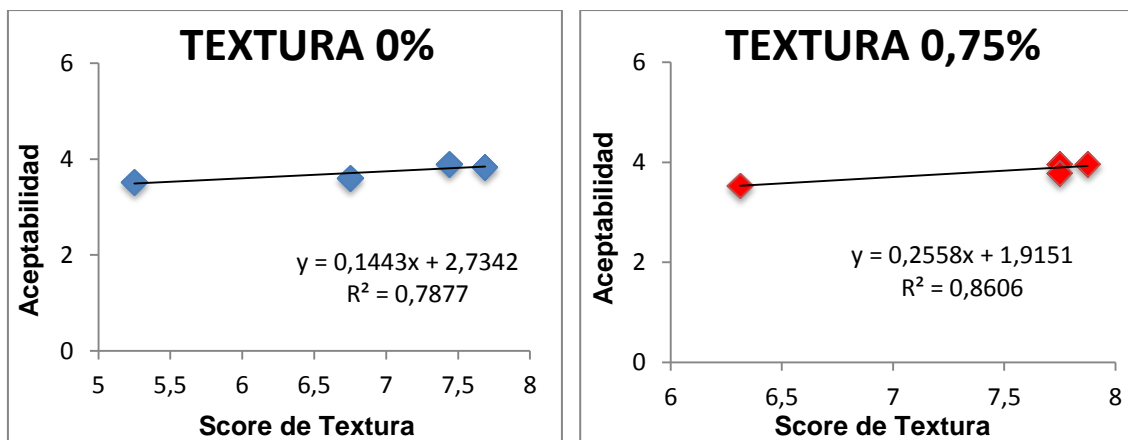


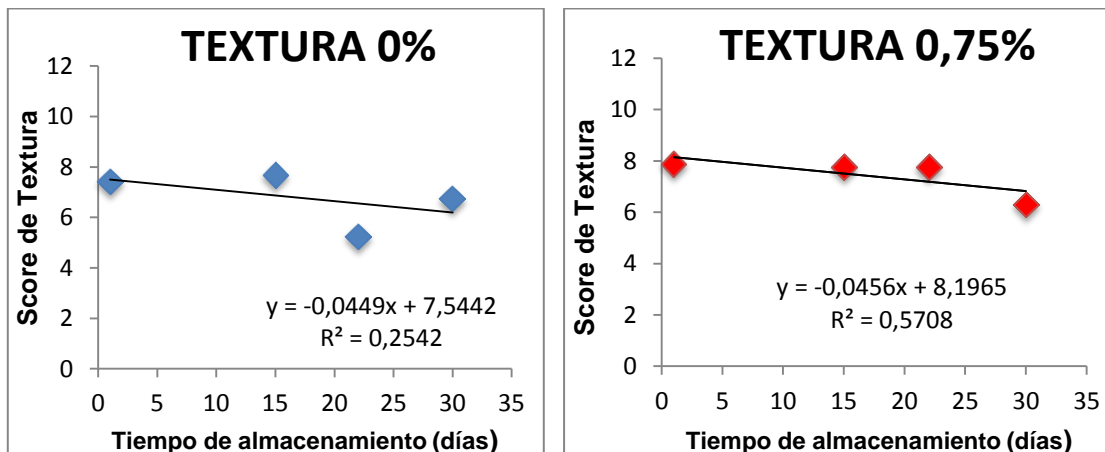
Tabla 4-9. Valores empleados para la determinación de punto de corte de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano, almacenado a 4°C por 30 días, empleando la textura como descriptor crítico.

	Muestra 0% dextrano	Muestra 0,75% dextrano
CME	1,86	2,50
Z	1,64	1,65
F	3,89	3,97
n	60	60
S	3,48	3,49
Punto de corte (C)	5,18	6,17
R²	0,79	0,86

Las regresiones lineales del punto de corte (C) del descriptor crítico versus el tiempo de almacenamiento, fueron empleadas para determinar el tiempo de vida útil sensorial de los quesos de pasta hilada semigrasos con y sin adición de dextrano almacenados a 4°C (Gráfica 4-33). De esta forma, los quesos semigrasos sin adición de dextrano, tendrían un tiempo de vida útil promedio de 53 días, con un límite inferior de 42 y un límite

superior de 66 días; mientras que los quesos con 0,75% de inclusión de biopolímero, tendrían un tiempo de vida útil promedio de 45 días con un límite inferior de 42 y un límite superior de 56 días. Tiempo en la cual se produciría el deterioro sensorial del producto.

Gráfica 4-33. Scores de textura de panel entrenado versus días de almacenamiento para la determinación de la vida útil sensorial de muestras de queso de pasta hilada semigraso con y sin adición de dextrano, almacenado a 4°C.



El punto de corte sensorial, corresponde al momento en el que los consumidores detectan el primer cambio en las características sensoriales del producto con respecto a la muestra fresca y el punto en el que la intensidad de un atributo crítico alcanza ciertos valores predeterminados (105).

Esta prueba es muy útil para la determinación de la vida útil sensorial de un alimento, debido a que emplea tanto los límites de aceptabilidad de los consumidores como las calificaciones (puntajes) de intensidad de atributos de panelistas entrenados (106). La metodología de punto de corte ha sido empleada en diversos tipos de alimentos, incluyendo pan (72), leche en polvo (106) y dulce de leche (71), arrojando resultados reproducibles.

Los resultados obtenidos con textura como el parámetro crítico para los quesos de pasta hilada semigraso (53 y 45 días de vida útil promedio), nos ofrecen valores comparables con lo encontrado en otros estudios, donde se determinó que la vida útil sensorial de queso doble crema con diferentes niveles de grasa era de 48 días (73) y con los tiempos de vida útil de quesos doble crema comerciales que está alrededor de 46 ± 14 días.

Sin embargo, los valores obtenidos están por fuera de los tiempos analizados, debido a que de acuerdo a los análisis microbiológicos, las muestras de queso para el día 45 presentaban valores de mohos y levaduras por encima del límite máximo permitido según la resolución 1804 de 1989 (40) y no eran seguras para presentar a los panelistas. Estos resultados sugieren que para los quesos de pasta hilada semigrasos, se presenta primero un deterioro microbiológico (por el incremento de mohos y levaduras) que no puede ser detectado sensorialmente.

4.11 Consideraciones finales

La disminución de grasa en el queso de pasta hilada tipo doble crema afectó la microestructura de este tipo de queso, dando origen a quesos con poros cerrados, estructura más compactas, con un predominio de la red proteica. Esta estructura predominantemente proteica, generó texturas más firmes, rígidas, menos adhesivas, más elásticas, con una mayor temperatura de fusión y disminución de algunas propiedades funcionales, tanto antes como después del calentamiento y disminuyendo las características sensoriales. Este efecto fue más marcado en quesos elaborados con 1% de grasa en leche, en comparación con los quesos elaborados con 2% de grasa, por lo que para obtener quesos de pasta hilada doble crema semigrasos, no es recomendable disminuir el contenido de grasa a más del 25% en extracto seco.

El dextrano en la concentración de 1,50%, actuó como sustituto de grasa, incrementando el contenido de humedad de los quesos, como efecto de su capacidad de retención de agua, ejerciendo un efecto extensor de la matriz de caseínas, similar al de los glóbulos grasos; generando una microestructura de “panal de abejas” más abierta, texturas menos firmes, mejorando algunas propiedades sensoriales y funcionales como la capacidad de fusión y la rallabilidad, las cuales están directamente relacionadas con la estructura y comportamiento viscoso de los quesos. Finalmente, el agua retenida por la matriz proteína-biopolímero, se comportó de manera estable a lo largo del almacenamiento, de tal forma que no afectó la vida útil de los productos evaluados.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Los quesos semigrasos con 1,50% de adición de dextrano, presentan una contribución significativa al mejoramiento de las características químicas, físicas, funcionales y sensoriales, incluso comparables con un queso graso tradicional. Estas propiedades hacen que el queso de pasta hilada semigraso tipo doble crema con adición de dextrano, sea apto tanto para el consumo directo como para su uso culinario en diferentes preparaciones; conservando sus características sensoriales y con un tiempo de vida útil similar a un queso comercial.
- La adición de una dispersión de dextrano a la cuajada, durante el hilado, no afecta las características externas, ni la textura de los quesos; los cuales son elásticos, cerrados y sin presencia de grumos.
- La adición de 4,5% de dextrano en la cuajada, es la máxima concentración que se puede incluir en este tipo de quesos, sin afectar la aceptabilidad sensorial.
- La disminución del contenido de grasa en el queso de pasta hilada tipo doble crema, afecta el rendimiento, disminuyéndolo hasta un 8,5%; la textura determinada instrumentalmente y reología, incrementando la firmeza y los módulos elástico y viscoso, así como las propiedades funcionales y sensoriales, reduciendo la capacidad de fusión, la liberación de aceite, tajabilidad y rallabilidad. .
- La adición de dextrano en concentraciones de 1,50, 3,00 y 4,50%, mejora algunas características de los quesos semigrasos. Estas concentraciones incrementan el contenido de humedad y rendimiento, hasta un 59% y 9,7%, respectivamente. Además,

disminuyen la firmeza, los valores del módulo elástico y la temperatura de corte (de fusión), a valores similares a los de un queso graso comercial.

- La adición de dextrano afecta el color de los quesos. Aunque el brillo presenta un incremento significativo, la intensidad de color amarillo disminuye notablemente en comparación con los quesos sin adición de biopolímero y los quesos grasos.
- Las propiedades funcionales antes y después del calentamiento (tajabilidad, rallabilidad, capacidad de fusión y liberación de aceite) de los quesos de pasta hilada semigrasos mejoraron con la adición de concentraciones de dextrano de 1,50, 3,00 y 4,50%.
- La microestructura de los quesos de pasta hilada tipo doble crema, consiste en una matriz proteica porosa, abierta, laminar, en forma de “panal de abejas”, la cual tiende a ser más compacta, densa y con aspecto liso, como efecto de la disminución del contenido de grasa. La adición de dextrano recupera la microestructura de los quesos semigrasos, siendo similar a los quesos grasos.
- La adición de dextrano en concentraciones de 0,75 y 1,50% no afecta el tiempo de vida útil de los quesos de pasta hilada tipo doble crema. Los principales indicios de deterioro, encontrados mediante los parámetros de color instrumental y los análisis microbiológicos, fueron detectados en el día 30 de almacenamiento.
- La determinación de vida útil por el método sensorial de punto de corte, empleando como descriptor crítico el atributo de textura, permitió establecer que en este tipo de queso, se evidencia primero un deterioro microbiológico que sensorial.
- Los niveles de dextrano incluidos en la investigación, no contribuyen a un aporte importante de fibra dietaria en la alimentación diaria. No obstante, la obtención de quesos semigrasos con características similares a los quesos grasos tradicionales, representa una opción innovadora tanto para la aplicación industrial, como para los consumidores, en busca de productos más saludables.

5.2 Recomendaciones

- Comparar el efecto de la adición del dextrano en queso de pasta hilada tipo doble crema semigraso, con otro tipo de sustitutos de grasa, ya sea de tipo carbohidrato o proteína.
- Evaluar la capacidad de fusión, liberación de aceite y pardeamiento de este tipo de quesos, mediante análisis más robustos como análisis de imagen, que permitan obtener medidas más precisas y reproducibles.
- Realizar una evaluación sensorial hedónica de los diferentes tratamientos seleccionados y estudios de mercado, con el fin de definir las preferencias de los consumidores y la intención de compra.
- Determinar la vida útil sensorial por la metodología de supervivencia, para tratar de establecer la vida útil sensorial de este tipo de queso de una forma más precisa y aplicable a un producto comercial.
- Evaluar la utilización del biopolímero como sustituto de grasa a nivel industrial, con el fin de lograr convertir el queso de pasta hilada semigraso con inclusión de dextrano, en un producto comercial.
- Estudiar el uso del queso de pasta hilada con adición de 6,25% de dextrano, exclusivamente como materia prima, para la elaboración de otro tipo de alimentos (por ejemplo, comidas rápidas o pre-cocidas), buscando mejorar el contenido nutricional de los mismos, al adicionar un producto “buena fuente de fibra dietaria” y semigraso.
- Evaluar el efecto de la adición de este dextrano en otro tipo de derivados lácteos bajos en grasa, tales como queso campesino y otros quesos frescos y madurados, helados, leche UHT, leches saborizadas, etc.; comparándolo con otras fuentes de fibra dietaria empleadas como sustituto de grasa.

A. Anexo: Ficha técnica de cultivo termófilo.

PRODUCT DESCRIPTION - PD 206721-4EN

CHOOZIT™ TM 81 LYO 50 DCU

CHOOZIT™ Cheese Cultures

Description

Freeze-dried concentrated lactic starter for the direct vat inoculation of milk and milk bases.

Usage levels

Product	Dose
Mozzarella	2.5 - 5 DCU / 100 l of vat milk
Pizza cheese	2.5 - 5 DCU / 100 l of vat milk
String cheese	2.5 - 5 DCU / 100 l of vat milk

The quantities of inoculation indicated should be considered as guidelines. Supplement cultures may be required depending on technology, fat content and product properties desired.

We do not accept any liability in case of undue application.

Directions for use

Store at temperature < 4 °C in dry atmosphere. When stored at negative temperature, keep the sachet at room temperature for 30 to 60 minutes before opening. If not, the performance of the culture is affected. Prolonged exposure at room temperature will reduce performances. Check before use that the culture is in powder form. Add directly to the manufacturing milk as soon as the agitation blades of the vat are covered with milk. Avoid foam and air introduction in the milk.

Important recommendations:

If the product has formed a solid mass, it should be discarded. To keep bacteriophage contamination under control, ensure plant and equipments are cleaned and disinfected with appropriate products at regular intervals to limit bacteriophage concentration level. Avoid any system that brings back part of end products to the beginning of the processing line in order to limit phage propagation.

We do not accept any liability in case of undue application.

Composition

Streptococcus thermophilus
Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus*

Properties

- CHOOZIT™ TM 81 LYO 50 DCU is a highly concentrated blend of single strain acidifying thermophilic lactic cultures, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.
- Rapid acidification for cheese with high dry matter (> 50 %).

A phage alternative is available on request.

Physical/chemical specifications

Quantitative/Activity standard

Test medium:

Sterilised reconstituted milk (10% solids)

Heated 20 min at 110 °C. Standardised to pH 6.60

Temperature: 42 °C

Inoculation rate: 6.25 DCU / 100 l

Delta pH: 1.1

Time to reach the delta pH: <= 3.0 hours

Microbiological specifications

Microbiological quality control - standard values and methods

Coliforms	< 10 / g [1]
Enterococci	< 20 / g [2]
Yeasts	< 10 / g [3]
Moulds	< 10 / g [3]
Staphylococci coagulase positive	< 10 / g [4]
<i>Listeria monocytogenes</i>	neg. / 25 g [5]
<i>Salmonella</i>	neg. / 25 g [6]

[1] NF V08-015, IDF 73A-1985

[2] Gelose bile esculine sodium azide / 48 h at 37 °C

[3] NF V08-022, IDF 94B-1991

[4] NF V08-057, IDF 145A-1997

[5] NF V08-055, IDF 143A-1990

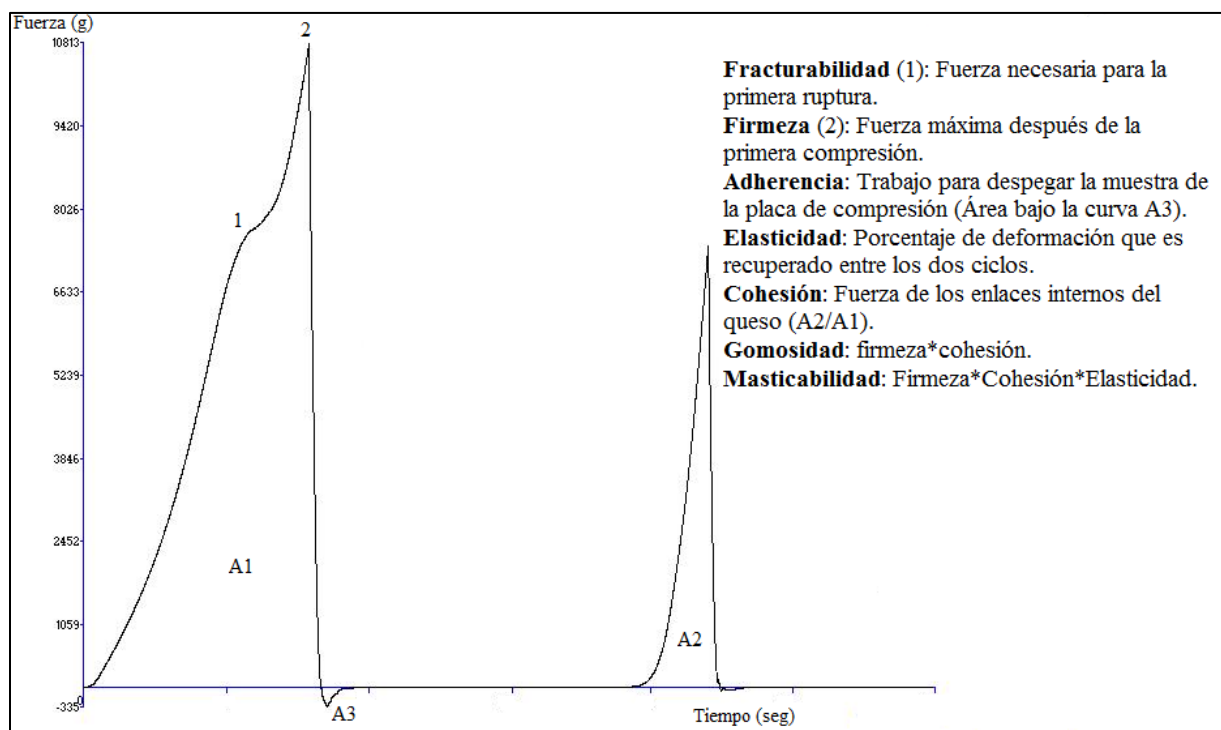
[6] NF V08-052, IDF 93B-1995

Storage

18 months from date of production at <= 4 °C

The information contained in this publication is based on our own research and development work and is to the best of our knowledge reliable. Users should, however, conduct their own tests to determine the suitability of our products for their own specific purposes and the legal status for their intended use of the product. Statements contained herein should not be considered as a warranty of any kind, expressed or implied, and no liability is accepted for the infringement of any

B. Anexo: Curva obtenida de un perfil de textura (TPA) de un queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano.



C. Anexo: Formato para evaluación descriptiva de puntajes

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL DE QUESO DOBLE CREMA SEMIGRASO

Nombre: _____ Fecha: _____

Apariencia y color

- 4 Color blanco crema, ligeramente amarillento, uniforme. Superficie brillante, seca, sin corteza.
- 2 Con manchas claras u oscuras, presencia de sinéresis (suero), sombra blanca en el centro del queso.
- 1 Decolorado, blanco (tiza), opaco.

Aroma y sabor

- 9 Característico, moderadamente ácido, cremoso.
- 5 Insípido, frutal, muy ácido, salado.
- 1 Pútrido, amargo, rancio, metálico, a producto químico, quemado.

Textura y aspecto interior

- 9 Textura uniforme, suave, semiblanda, plástica, cremosa, cerrada, flexible, forma hilos.
- 5 Seca, dura, cauchosa, granulosa, pastosa, pegajosa (muy húmeda), muy blanda, áspera.
- 1 Textura muy dura, seca, rejuda, no compacta, con muchos huecos húmedos, partes blandas que exudan agua, grumosa, se deshace fácilmente al frotar con los dedos.

Código de muestra						
Apariencia y color						
Aroma y sabor						
Textura						

OBSERVACIONES:

Muchas gracias por su colaboración.

D. Anexo: Formato para evaluación hedónica

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL DE QUESO DOBLE CREMA SEMIGRASO**

Nombre: _____

Fecha: _____

Muestra N° _____

	Me disgusta mucho	Me disgusta poco	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta mucho
Color					
Sabor					
Textura					
Calidad global					

Observaciones:

Muestra N° _____

	Me disgusta mucho	Me disgusta poco	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta mucho
Color					
Sabor					
Textura					
Calidad global					

Observaciones:

Muestra N° _____

	Me disgusta mucho	Me disgusta poco	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta mucho
Color					
Sabor					
Textura					
Calidad global					

E. ANEXO: Análisis estadístico de los datos obtenidos.

Humedad

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	1	3.2835387	3.2835387	2.86	0.1191
dextrano	4	106.2999302	26.5749826	23.12	<.0001
grasa*dextrano	4	3.3714486	0.8428621	0.73	0.5881

Rendimiento

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	1	0.04901306	0.04901306	0.53	0.4768
dextrano	4	4.09723303	1.02430826	11.04	0.0001
grasa*dextrano	4	0.11505543	0.02876386	0.31	0.8676

Firmeza Instrumental

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	1	6227.618164	6227.618164	1065.12	<.0001
dextrano	4	7787.238596	1946.809649	332.96	<.0001
grasa*dextrano	4	1371.980029	342.995007	58.66	<.0001

Adhesividad

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	1	3.80024700	3.80024700	32.51	<.0001
dextrano	4	1.15687744	0.28921936	2.47	0.0634

grasa*dextrano	4	0.12764397	0.03191099	0.27	0.8933
----------------	---	------------	------------	------	--------

Elasticidad

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	2	0.27004483	0.13502241	98.42	<.0001
dextrano	4	0.05511426	0.01377856	10.04	<.0001
grasa*dextrano	4	0.04227847	0.01056962	7.70	<.0001

Cohesión

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	1	0.95653864	0.95653864	196.01	<.0001
dextrano	4	0.03733563	0.00933391	1.91	0.1200
grasa*dextrano	4	0.03657661	0.00914415	1.87	0.1268

Gomosidad

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	1	29.223822	29.223822	12.08	0.0020
dextrano	4	1522.803426	380.700857	157.35	<.0001
grasa*dextrano	4	142.955658	35.738914	14.77	<.0001

Modulo elástico (G')

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	2	1182199381	591099691	60.32	<.0001
dextran	4	3663508957	915877239	93.47	<.0001
grasa*dextran	4	820188987	205047247	20.93	<.0001

Temperatura de corte

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	2	68.09665575	34.04832787	278.22	<.0001
dextrano	4	61.93209524	15.48302381	126.51	<.0001
grasa*dextrano	4	4.03438095	1.00859524	8.24	0.0012

Capacidad de fusión (test de tubo)

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	2	399.5270248	199.7635124	253.59	<.0001
dextrano	4	97.9393176	24.4848294	31.08	<.0001
grasa*dextrano	4	35.7363940	8.9340985	11.34	<.0001

Capacidad de fusión (test de Schreiber)

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	2	133.0142038	66.5071019	27.72	<.0001
dextrano	4	39.3994096	9.8498524	4.11	0.0093
grasa*dextrano	4	7.7234303	1.9308576	0.80	0.5322

Liberación de aceite

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	2	399.5270248	199.7635124	253.59	<.0001
dextrano	4	97.9393176	24.4848294	31.08	<.0001
grasa*dextrano	4	35.7363940	8.9340985	11.34	<.0001

Tajabilidad

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	2	164.9139046	82.4569523	86.84	<.0001
dextran	4	734.2058953	183.5514738	193.30	<.0001
grasa*dextran	4	80.1902863	20.0475716	21.11	<.0001

Pardeamiento L

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	2	79.3137168	39.6568584	92.72	<.0001
dextran	4	121.2670102	30.3167526	70.88	<.0001
grasa*dextran	4	8.7531161	2.1882790	5.12	0.0009

Pardeamiento a*

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
--------	----	-------------	----------------------	---------	--------

grasa	2	0.63226694	0.31613347	3.22	0.0445
dextran	4	1.97572745	0.49393186	5.02	0.0010
grasa*dextran	4	0.70256761	0.17564190	1.79	0.1379

Pardeamiento b*

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
grasa	2	54.9645197	27.4822599	91.83	<.0001
dextran	4	190.3542622	47.5885656	159.01	<.0001
grasa*dextran	4	1.7564544	0.4391136	1.47	0.2186

Vida útil – Actividad de agua (a_w)

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
dia	3	0.00062850	0.00020950	119.71	<.0001
dextran	2	0.00011558	0.00005779	33.02	<.0001
dia*dextran	6	0.00003875	0.00000646	3.69	0.0259

Vida útil – Firmeza

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
dia	3	0.43737526	0.14579175	112.72	<.0001
dextran	2	3.15154832	1.57577416	1218.36	<.0001
dia*dextran	6	0.05670420	0.00945070	7.31	<.0001

Vida útil - Color a*

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
dia	3	1.61861960	0.53953987	73.97	<.0001
dextran	2	0.03656247	0.01828124	2.51	0.0899
dia*dextran	6	0.06539563	0.01089927	1.49	0.1953

Vida útil - Color b*

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
dia	3	15.8301042	5.2767014	14.66	<.0001
dextran	2	295.7910806	147.8955403	410.75	<.0001
dia*dextran	6	1.9155881	0.3192647	0.89	0.5098

Vida útil - Color L

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
dia	3	4.9837780	1.6612593	1.40	0.2497
dextran	2	257.3293047	128.6646524	108.55	<.0001
dia*dextran	6	2.2836985	0.3806164	0.32	0.9238

F. Anexo: Validación de supuestos en el análisis estadístico.

Rendimiento

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	W 0.955621	Pr < W 0.2733
Kolmogorov-Smirnov	D 0.136637	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.078805	Pr > W-Sq 0.2135
Anderson-Darling	A-Sq 0.486088	Pr > A-Sq 0.2165

Firmeza Instrumental

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	W 0.97223	Pr < W 0.3086
Kolmogorov-Smirnov	D 0.1228	Pr > D 0.0700
Cramer-von Mises	W-Sq 0.069245	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.482129	Pr > A-Sq 0.2279

Elasticidad

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	W 0.965875	Pr < W 0.2511
Kolmogorov-Smirnov	D 0.110266	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.108548	Pr > W-Sq 0.0867
Anderson-Darling	A-Sq 0.607264	Pr > A-Sq 0.1084

Gomosidad

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	W 0.928728	Pr < W 0.0183
Kolmogorov-Smirnov	D 0.123661	Pr > D 0.1465
Cramer-von Mises	W-Sq 0.105048	Pr > W-Sq 0.0945
Anderson-Darling	A-Sq 0.797454	Pr > A-Sq 0.0371

Temperatura de corte

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	W 0.958642	Pr < W 0.4365
Kolmogorov-Smirnov	D 0.120709	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.067793	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.389595	Pr > A-Sq >0.2500

Modulo elástico (G')

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	W 0.955768	Pr < W 0.3834
Kolmogorov-Smirnov	D 0.098747	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.034923	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.268506	Pr > A-Sq >0.2500

Capacidad de fusión

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	W 0.977922	Pr < W 0.5526
Kolmogorov-Smirnov	D 0.085544	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.043455	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.293617	Pr > A-Sq >0.2500

Liberación de aceite

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----
------	----------------	-------------------

Shapiro-Wilk	W	0.977922	Pr < W	0.5526
Kolmogorov-Smirnov	D	0.085544	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.043455	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq	0.293617	Pr > A-Sq	>0.2500

Tajabilidad

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	W	0.990186	Pr < W	0.7823
Kolmogorov-Smirnov	D	0.065139	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.059342	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq	0.339056	Pr > A-Sq	>0.2500

Pardeamiento L

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	W	0.984479	Pr < W	0.2723
Kolmogorov-Smirnov	D	0.077626	Pr > D	0.1289
Cramer-von Mises	W-Sq	0.078868	Pr > W-Sq	0.2191
Anderson-Darling	A-Sq	0.465987	Pr > A-Sq	>0.2500

Pardeamiento b*

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	W	0.981133	Pr < W	0.1492
Kolmogorov-Smirnov	D	0.07956	Pr > D	0.1065
Cramer-von Mises	W-Sq	0.14189	Pr > W-Sq	0.0312
Anderson-Darling	A-Sq	0.799274	Pr > A-Sq	0.0390

Vida útil – Actividad de agua (a_w)

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	W	0.979181	Pr < W	0.8803
Kolmogorov-Smirnov	D	0.116273	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.055356	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq	0.300576	Pr > A-Sq	>0.2500

Vida útil – Firmeza

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	W 0.98777	Pr < W 0.4553
Kolmogorov-Smirnov	D 0.053724	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.060856	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.383765	Pr > A-Sq >0.2500

Vida útil - Color a*

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	W 0.984514	Pr < W 0.5120
Kolmogorov-Smirnov	D 0.071814	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.06054	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.377383	Pr > A-Sq >0.2500

Vida útil - Color b*

Tests para normalidad

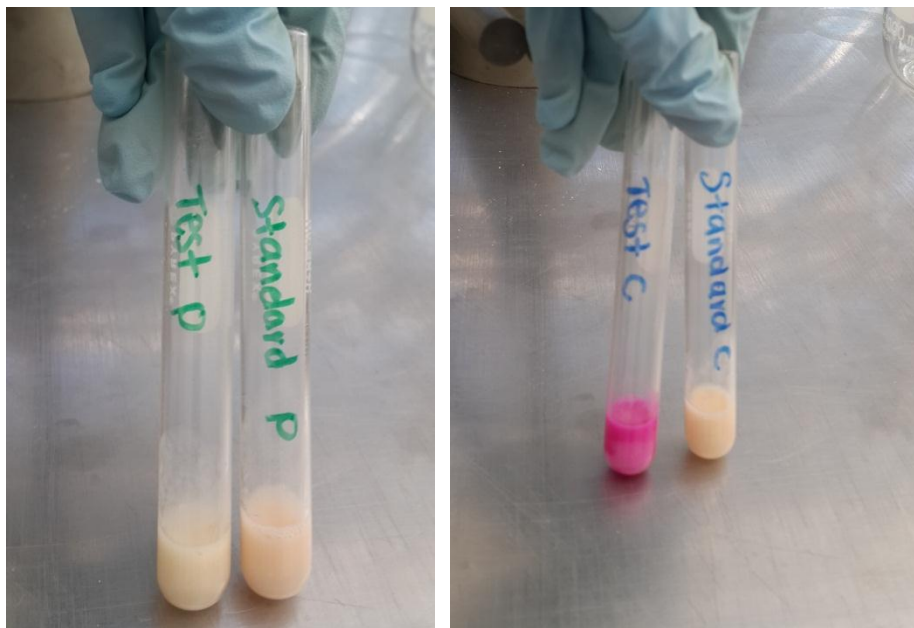
Test	-Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	W 0.984164	Pr < W 0.4455
Kolmogorov-Smirnov	D 0.079194	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.070277	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.46873	Pr > A-Sq 0.2463

Vida útil - Color L

Tests para normalidad

Test	-Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	W 0.9724	Pr < W 0.0773
Kolmogorov-Smirnov	D 0.076402	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.078107	Pr > W-Sq 0.2230
Anderson-Darling	A-Sq 0.573839	Pr > A-Sq 0.1369

G. Anexo: Prueba de coagulasa en leche pasteurizada.



Izq. Prueba negativa en leche pasteurizada. **Der.** Prueba positiva en leche cruda.

H. Anexo: Análisis fisicoquímicos de quesos

Grasa en leche	Concentración Dextrano (%)	Humedad (%)	Grasa (%)	pH	Rendimiento (%)
1%	0,0	50,74±0,16	8,75±0,25	5,40±0,02	8,52±0,16
	0,75	50,78±0,58	9,0±0,5	5,36±0,05	8,70±0,28
	1,5	51,32±0,18	8,75±0,25	5,42±0,04	9,11±0,28
	3,0	53,15±0,59	9,0±0,5	5,38±0,03	9,29±0,27
	4,5	55,59±0,48	8,0±0,25	5,39±0,02	9,72±0,35
2%	0,0	50,86±0,29	13,5±0,37	5,36±0,03	8,56±0,14
	0,75	50,92±0,08	12,25±0,25	5,44±0,04	8,73±0,17
	1,5	51,91±0,58	12,25±0,25	5,36±0,03	8,81±0,18
	3,0	53,92±0,35	12,25±0,25	5,42±0,04	9,25±0,05
	4,5	59,1±0,20	11,75±0,25	5,37±0,04	9,56±0,11

I. Anexo: Comportamiento de $\text{Tan } \delta$ (G''/G') para los barridos de frecuencia realizados a los quesos.

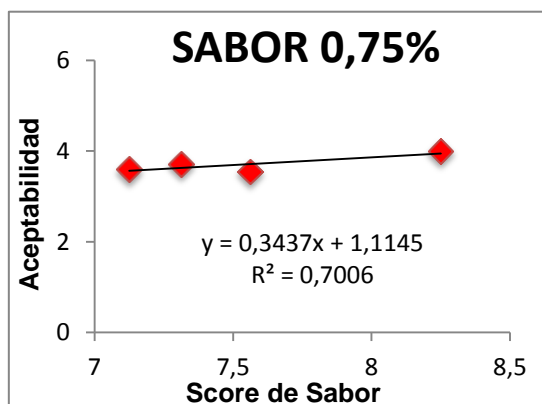
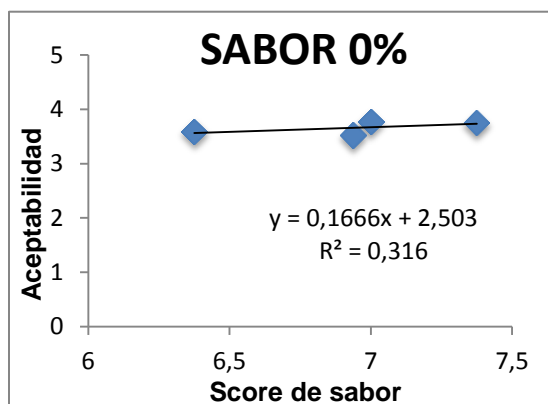
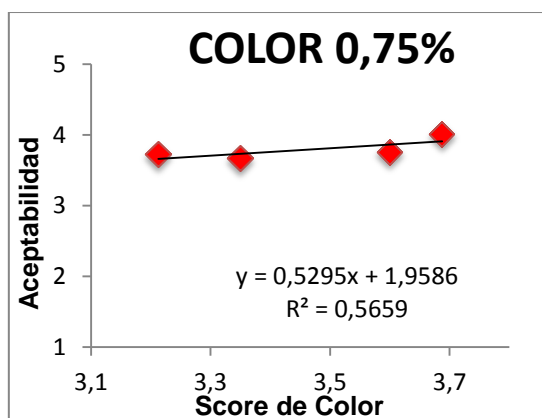
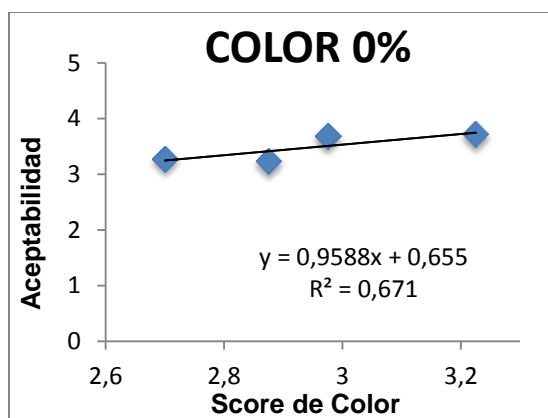
Grasa en leche (%)	Concentración de dextrano (%)	$\text{Tan } \delta \pm \text{DS}$
1	0,00	$0,338 \pm 0,005$
1	0,75	$0,408 \pm 0,022$
1	1,50	$0,417 \pm 0,050$
1	3,00	$0,395 \pm 0,009$
1	4,50	$0,411 \pm 0,032$
2	0,00	$0,318 \pm 0,003$
2	0,75	$0,342 \pm 0,001$
2	1,50	$0,399 \pm 0,019$
2	3,00	$0,387 \pm 0,015$
2	4,50	$0,361 \pm 0,006$
Graso (3,5)	Graso	$0,284 \pm 0,008$

J. Anexo: Resultados del Análisis estadístico por Kruskal-Wallis para los datos obtenidos durante el entrenamiento del panel sensorial

Atributo	Comparación entre muestras		Comparación entre panelistas	
	T calculado	P value	T calculado	P value
Apariencia	23,49	2,92E-08	4,77	0,85
Color	34,24	2,13E-06	5,74	0,77
Aroma y sabor	11,15	0,048	7,28	0,607
Textura	19,36	1,54E-13	15,49	0,078

P value <0,05 denota diferencias significativas; >0,05 no existen diferencias significativas.

K. Anexo: Determinación de punto de corte con los atributos de color y sabor.



	Color		Sabor	
	Muestra 0% dextrano	Muestra 0,75% dextrano	Muestra 0% dextrano	Muestra 0,75% dextrano
CME	3,88	1,435	0,886	2,459
S	3,123	3,657	3,467	3,529
Punto corte (C)	2,574	3,207	5,788	7,025
R²	0,671	0,567	0,316	0,700

L. Anexo: Parámetros de textura instrumental determinados mediante TPA.

Grasa en leche	Concentración Dextrano (%)	Elasticidad	Cohesión	Masticabilidad (N)	Gomosidad (N)
1%	0,00	0,49±0,02 ^a	0,36±0,12 ^a	13,23±0,70 ^a	27,53±0,90 ^a
	0,75	0,48±0,03 ^{a,b}	0,38±0,02 ^a	10,35±1,05 ^a	22,36±0,96 ^{a,b}
	1,50	0,54±0,02 ^a	0,39±0,02 ^a	11,11±0,59 ^a	20,04±0,67 ^b
	3,00	0,52±0,04 ^a	0,38±0,06 ^a	5,05±0,53 ^{d,e}	8,95±0,57 ^{c,d}
	4,50	0,59±0,08	0,38±0,04 ^a	6,52±0,76 ^{c,d,e}	9,52±0,81 ^{c,d}
2%	0,00	0,41±0,01 ^c	0,62±0,06 ^b	10,70±1,32 ^a	25,38±2,79 ^a
	0,75	0,43±0,01 ^{b,c}	0,67±0,04 ^b	9,85±0,41 ^{a,b}	23,31±0,89 ^{a,b}
	1,50	0,43±0,02 ^{b,c}	0,64±0,05 ^b	4,20±0,34 ^e	11,15±1,15 ^{c,d}
	3,00	0,43±0,01 ^{b,c}	0,70±0,03 ^b	5,11±0,20 ^{d,e}	11,92±0,28 ^c
	4,50	0,43±0,04 ^{b,c}	0,55±0,04 ^b	3,13±0,27 ^e	7,10±0,48 ^d
Graso	0,00	0,38±0,03 ^c	0,52±0,04 ^c	7,70±0,44 ^{b,c}	10,08±1,02 ^{c,d}

Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

M. Anexo: Determinación de color en muestras de queso fresco de pasta hilada semigraso con adición de dextrano

Grasa en leche	Concentración Dextrano (%)	L	a	b	ΔE	C*	h
1%	0,00	76,29±0,38	-0,96±0,27 ^c	24,15±0,84 ^a	9,61±0,24	-2,81±0,85 ^{a,b}	5,21±0,66 ^a
	0,75	79,03±0,56	-0,94±0,38 ^c	23,63±0,56 ^{a,b}	7,35±0,48 ^{a,c}	-3,33±0,56 ^{b,c}	5,22±0,89 ^a
	1,50	80,57±0,34	-0,67±0,15 ^c	22,42±0,19 ^{b,c,d}	6,74±0,23 ^{b,c,d}	-4,55±0,19 ^{c,d,e}	4,65±0,39 ^a
	3,00	82,82±0,27 ^{b,c}	0,03±0,32 ^{a,b}	21,24±0,42 ^{d,f}	6,31±0,41 ^{c,g}	-5,73±0,42 ^{e,g}	2,87±0,87 ^b
	4,50	82,29±0,34 ^{c,d}	-0,28±0,08 ^b	21,09±0,77 ^{e,f}	6,74±0,55 ^{b,c,e}	-5,88±0,77 ^{f,g}	3,68±0,20 ^c
2%	0,00	77,49±0,55	0,08±0,08 ^a	24,99±0,68 ^a	8,01±0,50 ^a	-1,98±0,68 ^{a,b}	2,77±0,18 ^b
	0,75	82,07±0,45 ^{c,e}	0,29±0,11 ^a	23,41±0,46 ^{a,c}	4,83±0,39	-3,57±0,47 ^{b,d}	2,25±0,25 ^b
	1,50	82,90±0,71 ^{b,e}	0,26±0,05 ^a	21,34±0,05 ^{d,e}	6,17±0,30 ^{d,e,f,g}	-5,63±0,04 ^{e,f}	2,25±0,13 ^b
	3,00	84,23±0,39 ^a	0,20±0,04 ^a	20,39±0,51 ^{e,f,g}	6,73±0,47 ^{b,c,f}	-6,58±0,51 ^{f,g,h}	2,38±0,12 ^b
	4,50	84,58±0,22 ^{a,d}	0,12±0,03 ^a	19,54±0,50 ^g	7,53±0,47 ^{a,b}	-7,43±0,50 ^h	2,59±0,08 ^b
Graso	0,00	83,77±0,25 ^{a,b,c}	0,79±0,13 ^d	24,67±0,75 ^a	2,78±0,70	-2,29±0,75 ^{a,b}	1,12±0,25 ^d

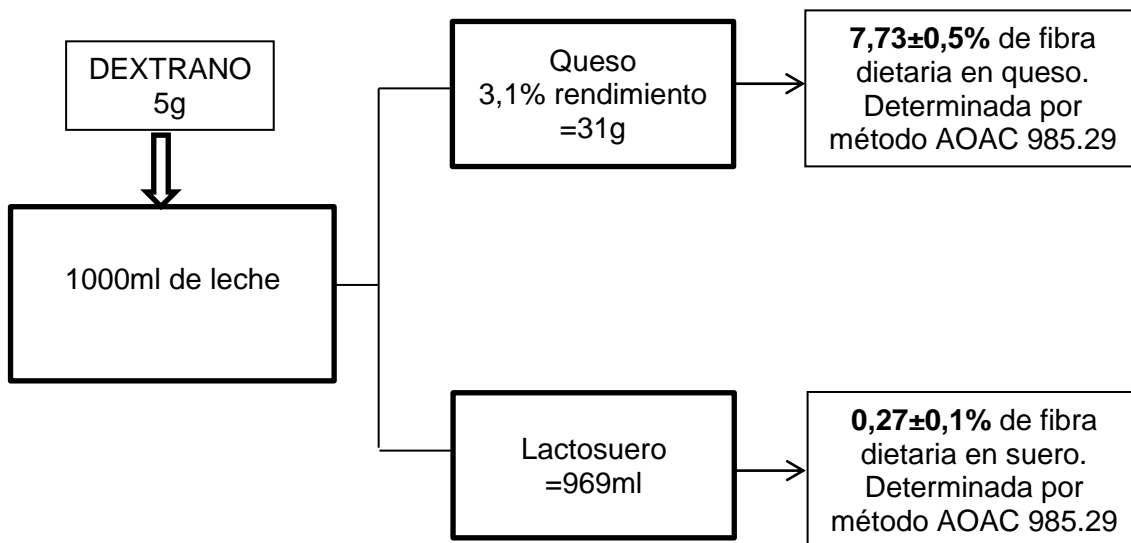
Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

N. Anexo: Determinación de pardeamiento en muestras de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano horneadas sobre pizzas de 9cm.

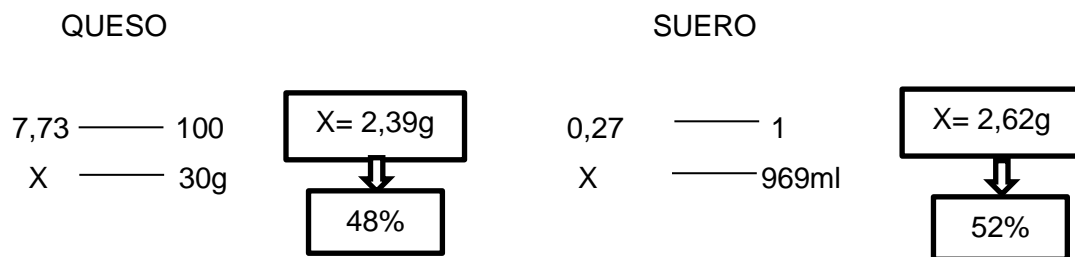
Grasa en leche	Concentración Dextrano (%)	ΔE	C*	h	FP = Lt/L0
1%	0,00	5,49±0,20 ^a	0,24±0,19	-0,46±0,12 ^{b,c,d}	1,08±0,01 ^a
	0,75	3,24±0,47 ^c	-1,41±0,48 ^c	-0,03±0,23 ^{a,b}	1,07±0,01 ^a
	1,50	3,33±0,61 ^{b,c}	-2,57±0,63 ^d	0,04±0,16 ^{a,b}	1,08±0,01 ^a
	3,00	4,35±0,58 ^b	-3,26±0,26 ^a	0,26±0,22 ^a	1,10±0,02 ^a
	4,50	4,52±0,50	-3,83±0,37 ^a	0,28±0,14 ^a	1,10±0,02 ^a
2%	0,00	5,58±0,45 ^a	-1,27±0,30 ^c	-0,15±0,36 ^{a,c}	1,09±0,01 ^a
	0,75	4,78±0,29 ^{a,b}	-2,50±0,57 ^d	-0,03±0,25 ^{a,b}	1,10±0,01 ^a
	1,50	5,58±0,16 ^a	-4,58±0,20 ^b	0,43±0,29 ^a	1,09±0,02 ^a
	3,00	5,71±0,17 ^a	-4,88±0,20 ^b	0,56±0,08 ^a	1,11±0,02 ^a
	4,50	5,40±0,36 ^a	-5,04±0,29	-0,33±0,10 ^d	1,11±0,02 ^a
Graso	0,00	2,06±0,55	0,83±0,48	-0,79±0,21 ^d	1,11±0,01 ^a

Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

O. Anexo: Contenido de fibra dietaria en queso y suero, después de adicionar el dextrano a la leche



De acuerdo a los rendimientos obtenidos, los porcentajes de fibra para cada componente serían:



Bibliografía

1. Robledo R, Escobar F. Las enfermedades crónicas no transmitibles en Colombia
www.revista.unal.edu.co/index.php/bos/article/download/17968/188572010 [cited 2013 Junio 2].
2. Moran J. Tendencias en el diseño de nuevos alimentos funcionales. In: associates Fca, editor. Tendencias en el diseño de nuevos alimentos funcionales; Bogotá: Cámara de Comercio; 2010.
3. Konuklar G, Ingletta GE, Warnerb K, Carriere CJ. Use of a b-glucan hydrocolloidal suspension in the manufacture of low-fat Cheddar cheeses: textural properties by instrumental methods and sensory panels. *Food Hydrocolloids*. 2004;18:535-45.
4. Volikakis P, Biliaderis CG, Vamvakas C, Zerfiridis GK. Effects of a commercial oat- β -glucan concentrate on the chemical, physico-chemical and sensory attributes of a low-fat white-brined cheese product. *Food Research International*. 2004;37(1):83-94.
5. Noronha N, O'Riordan ED, O'Sullivan M. Replacement of fat with functional fibre in imitation cheese. *International Dairy Journal*. 2007;17(9):1073-82.
6. Noronha N, Duggan E, Ziegler GR, O'Riordan ED, O'Sullivan M. Inclusion of starch in imitation cheese: Its influence on water mobility and cheese functionality. *Food Hydrocolloids*. 2008;22(8):1612-21.
7. Ruiz Bermúdez KV. Desarrollo de queso tipo Petit Suisse con adición de fibra. Bogotá-Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2009.
8. Gutiérrez A. Efecto de la adición de fibra de avena en un queso tipo panela. México: Instituto Politecnico Nacional; 2011.
9. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia, 2005. Bogotá D.C.: ICBF.; 2006. p. 252.
10. Suarez M. Estudio de IC (inteligencia competitiva) de la cadena láctea colombiana en dos productos específicos: queso fresco y arequipe para el mercado norteamericano. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2010.
11. Wildman R. Handbook of Nutraceuticals and Funtional Foods. Second Edition ed. 0-8493-6409-4 I, editor. United States of America: Taylor and Francis Group; 2007. 541 p.
12. Dairy Council Digest. Lácteos Funcionales: Haciendo más Fácil una Sana Alimentación http://www.lactodata.com/lactodata/docs/lib/dairycouncildigest_usa_julio-agosto2008_lacteosfuncionales.pdf2009 [cited 2013 Junio 1].
13. Vo T-S, Kim S-K. Fucoidans as a natural bioactive ingredient for functional foods. *Journal of Functional Foods*. 2013;5(1):16-27.

14. Jiménez-Colmenero F. Potential applications of multiple emulsions in the development of healthy and functional foods. *Food Research International*. 2013;52(1):64-74.
15. Ashwell M. Conceptos sobre los alimentos funcionales. 1-57881-157-0 I, editor. Bélgica: International Life Sciences Institute; 2002. 48 p.
16. Institute of medicine of the National Academies. Dietary reference intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. . Washington D.C: Institute of medicine of the National Academies, 2005.
17. García P, Velasco C. Evolución en el conocimiento de la fibra. *Nutrición hospitalaria*. 2007;22(Nutrición):20-5.
18. Pincheira P, Ritter E. Fibra dietética y sus diversos beneficios para la salud. In: professional N, editor. *Nutri Pro2008*. p. 1-12.
19. Urango LA. Elaboración de un queso fresco semigraso, adicionado con fructooligosacáricos (FOS). Medellín: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín; 2012.
20. Soler A, Buitrago G. Evaluación de la transferencia de Oxígeno en un sistema de fermentación con aireación externa. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 2010.
21. Escobar N. Desarrollo de la formulación base para productos horneados con adición de un biopolímero. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2010.
22. De la Plaza M, Llanos P, Pelayo MS, Zugasti B, Zuleta Á. Revisión actualizada de los Hidratos de Carbono. Su implicancia en el tratamiento nutricional de la Diabetes. . *Actualización en nutrición*. 2013;14:88-107.
23. Vermont CN. Carbohydrates and Dietary Fiber pdf http://naturopathicvermont.com/Carbohydrates_and_Dietary_Fiber.pdf2010 [cited 2013 Mayo 18].
24. Kristensen M, Jensen MG. Dietary fibres in the regulation of appetite and food intake. Importance of viscosity. *Appetite*. 2011;56(1):65-70.
25. Kendall CWC, Esfahani A, Jenkins DJA. The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*. 2010;24(1):42-8.
26. Slavin JL. Dietary fiber and body weight. *Nutrition*. 2005;21(Nutrición):411-8.
27. Theuwissen E, Mensink RP. Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiology & Behavior*. 2008;94:285-92.
28. Tang L, Xu F, Zhang T, Lei J, Binns CW, Lee AH. Dietary fibre intake associated with reduced risk of oesophageal cancer in Xinjiang, China. *Cancer Epidemiology*. 2013;37(6):893-6.
29. Pierart C, Rozowsky J. Papel de la nutrición en la prevención del cáncer gastrointestinal. *Revista Chilena de Nutrición*. 2006;33(Nutrición):8-13.
30. Zhang Z, Xu G, Ma M, Yang J, Liu X. Dietary Fiber Intake Reduces Risk for Gastric Cancer: a Meta-Analysis. *Gastroenterology*. 2013;13(Article in press).
31. Moyano S. Propiedades funcionales de la fibra de acacia http://www.alimentacion.org.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=1

- [260:propiedades-funcionales-de-la-fibra-de-acacia&catid=38:publicaciones-especializadas&Itemid=56](#): Alimentación.org.ar; 2007 [cited 2013 mayo 19].
32. Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C, Attia H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*. 2011;124(2):411-21.
33. De Moraes Crizel T, Jablonski A, de Oliveira Rios A, Rech R, Flôres SH. Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. *LWT - Food Science and Technology*. 2013;53(1):9-14.
34. Matos-Chamorro A, Chambilla-Mamani E. Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria. *Revista de investigación en ciencia tecnología de alimentos*. 2010;1:14.
35. ICBF. GUÍAS ALIMENTARIAS para la población colombiana mayor de dos años In: salud Md, editor. http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/Bienestar/Beneficiarios/Nutricion-SeguridadAlimentaria/EducacionAlimentaria/DocumentosGuias/BASESTECNICA_SGUIAALIMENTARIAPOBLACIONMAYORDE2A%C3%91OS.pdf1999. p. 56.
36. Santa-María M. Resolución 333 de 2011. In: Social MdIP, editor. Bogotá-Colombia2011. p. 56.
37. CODEX ALIMENTARIUS. Norma general del codex para el queso. CODEX STAN 283-1978 http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/175/CXS_283s.pdf1999 [cited 2013 Mayo 20].
38. ICONTEC. Norma técnica colombiana 750. Productos Lácteos. Queso. Bogotá-Colombia. 2009.
39. Fajardo L. Utilización de polidextrosa como sustituto de grasa en la elaboración de queso semimagro tipo campesino. Bogotá-Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2006.
40. Ministerio de Salud. Resolución Número 1804 de 1989. Bogotá D.C.1989. p. 9.
41. FAO, FINUT. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. España: 2012.
42. Roller S, Jones S. Sustitutos de grasa http://alimentacionynutricion.org/es/index.php?mod=content_detail&id=103&fil_id_category=2005 [cited 2013 Junio 1].
43. Yañez E, Biolley E. Sustitutos de grasa en alimentación humana. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 1999;49:101-5.
44. Valenzuela A, Sanhueza J. Estructuración de lípidos y sustitutos de grasas, ¿Lípidos del futuro? . *Rev Chil Nutr*. 2008;35:1-12.
45. OMS, FAO. Leche y productos lácteos. Primera edición ed. Roma: Codex alimentarius; 2007. p. 209.
46. Hernández E. Quesería Artesanal. <http://artelacteos.blog.terra.com/2011/03/02/quesos-de-pasta-hilada/> [cited 2013 Mayo 22].

47. Novoa C, Rodríguez A. Guía para elaborar quesos colombianos. In: Ganadero B, editor. Bogotá1995.
48. Gunasekaran S. 19 - Quality Evaluation of Cheese. In: Da-Wen S, editor. Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation. Amsterdam: Academic Press; 2008. p. 447-79.
49. O'Callaghan DJ, Guinee TP. Rheology and Texture of Cheese. In: Patrick F. Fox PLHMTMCA TPG, editor. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 1: Academic Press; 2004. p. 511-40.
50. Ramírez Navas JS. Propiedades funcionales de los quesos. Tecnología Láctea Latinoamericana. 2010;64:40-6.
51. Ramírez Navas JS. Propiedades Funcionales de los Quesos: Énfasis en quesos de pasta hilada. CiTeLa R, editor. Cali-Colombia2010. 25 p.
52. Bourne MC. Chapter 7 - Sensory Methods of Texture and Viscosity Measurement. Food Texture and Viscosity (Second Edition). London: Academic Press; 2002. p. 257-91.
53. Everett DW, Auty MAE. Cheese structure and current methods of analysis. International Dairy Journal. 2008;18(7):759-73.
54. Novoa C. Cálculos en quesería. In: Colombia. UNd, editor.; Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos.2010.
55. Baquero Ramirez LL, Cubillos Nieto L. Elaboración de un queso fresco tipo campesino con disminución del contenido de grasa e incorporación de fibra soluble. Bogotá: Universidad nacional de Colombia; 2000.
56. AOAC-International. Official Methods of Analysis. Maryland-USA1998. p. 38-52.
57. Hollmann J, Themeier H, Neese U, Lindhauer MG. Dietary fibre fractions in cereal foods measured by a new integrated AOAC method. Food Chemistry. 2013;140(3):586-9.
58. Avendaño CJ. Evaluación de los efectos fisiológicos y bioquímicos de una dextrana en roedores de laboratorio. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia; 2010.
59. Cardarelli HR, Buriti FCA, Castro IA, Saad SMI. Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially synbiotic petit-suisse cheese. LWT - Food Science and Technology. 2008;41(6):1037-46.
60. Montesinos-Herrero C, Cottell DC, Dolores O'Riordan E, O'Sullivan M. Partial replacement of fat by functional fibre in imitation cheese: Effects on rheology and microstructure. International Dairy Journal. 2006;16(8):910-9.
61. Kavas G, Oysun G, Kinik O, Uysal H. Effect of some fat replacers on chemical, physical and sensory attributes of low-fat white pickled. cheese Food Chemistry. 2004;88:381-8.
62. Liu H, Ming Xu X, Dong Guo S. Comparison of full-fat and low-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis International. Journal of Food Science and Technology. 2008;43:1581-92.

63. Dufossé L, Galaup P, Carlet E, Flamin C, Valla A. Spectrocolorimetry in the CIE L*a*b* color space as useful tool for monitoring the ripening process and the quality of PDO red-smear soft cheeses. *Food Research International*. 2005;38(8–9):919-24.
64. Buffa MnN, Trujillo AJ, Pavia M, Guamis B. Changes in textural, microstructural, and colour characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goats' milk. *International Dairy Journal*. 2001;11(11–12):927-34.
65. Cooke DR, Khosrowshahi A, McSweeney PLH. Effect of gum tragacanth on the rheological and functional properties of full-fat and half-fat Cheddar cheese. *Dairy Sci & Technol*. 2013;93:45-62.
66. Olson DW, Van Hekken DL, Tunick MH, Soryal KA, Zeng SS. Effects of aging on functional properties of caprine milk made into Cheddar- and Colby-like cheeses. *Small Ruminant Research*. 2007;70(2–3):218-27.
67. Morales-Celaya MF, Lobato-Calleros C, Alvarez-Ramirez J, Vernon-Carter EJ. Effect of milk pasteurization and acidification method on the chemical composition and microstructure of a Mexican pasta filata cheese. *LWT - Food Science and Technology*. 2012;45(2):132-41.
68. Duggan E, Noronha N, O'Riordan ED, O'Sullivan M. Effect of resistant starch on the water binding properties of imitation cheese. *Journal of Food Engineering*. 2008;84:108-15.
69. Evert K, Hernández MM, Juan B, Guamis B, Trujillo AJ. Effect of high pressure on fresh cheese shelf-life. *Journal of Food Engineering*. 2012;110:248-53.
70. Curia A, Garitta L, Restrepo P, López C. Metodología de punto de corte. In: G. H, editor. *Estimación de la vida útil sensorial de alimentos*. 1. Madrid, España: Martín Impresores; 2005. p. 71-81.
71. Garitta L, Hough G, Sánchez R. Sensory shelf life of dulce de leche. *Journal of dairy science*. 2004;87:1601-7.
72. Giménez A, Varela P, Salvador A, Ares G, Fiszman S, Garitta L. Shelf life estimation of brown pan bread: A consumer approach. *Food Quality and Preference*. 2007;18:196-204.
73. Lopez NC, Novoa CF. Efecto de dos niveles de grasa sobre la vida útil sensorial del queso campesino. *Rev Med Vet Zoot* 2009;56:32-40.
74. Hennelly PJ, Dunne PG, O'Sullivan M, O'Riordan ED. Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. *Journal of Food Engineering*. 2006;75(3):388-95.
75. Romeih EA, Michaelidou A, Biliaderis CG, Zerfiridis GK. Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes. *International Dairy Journal*. 2002;12(6):525-40.
76. Børsting MW, Qvist KB, Rasmussen M, Vindeløv J, Vogensen FK, Ardö Y. Impact of selected coagulants and starters on primary proteolysis and amino acid release related to bitterness and structure of reduced-fat Cheddar. cheese *Dairy Science & Technology*. 2012;92:593–612.

77. Carrillo E, Suarez-Solis V, Duquesne F. Queso pasta hilada con bajo contenido de grasa. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2009;15:69-74.
78. Koca N, Metin M. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International Dairy Journal*. 2004;14(4):365-73.
79. Osorio Tobón JF, Ciro Velásquez HJ, Mejía LG. Caracterización reológica y textural del queso Edam. *Dyna*. 2005;72:33-45.
80. Lobato-Calleros C, Lozano-Castañeda I, Vernon-Carter J. Textura y microestructura de quesos tipo panela bajos en grasa y en colesterol : diferentes metodologías. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*. 2009;1(1):39-48.
81. Karaman AD, Akalin AS. Improving quality characteristics of reduced and low fat Turkish white cheeses using homogenized cream. *LWT - Food Science and Technology*. 2013;50(2):503-10.
82. Madadlou A, Mousavi ME, Khosrowshahi asl A, Emam-Djome Z, Zargaran M. Effect of cream homogenization on textural characteristics of low-fat Iranian White cheese. *International Dairy Journal*. 2007;17(5):547-54.
83. Lobato-Calleros C, Reyes-Hernández J, Beristain CI, Hornelas-Urbe Y, Sánchez-García JE, Vernon-Carter EJ. Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat. *Food Research International*. 2007;40:529–37.
84. Roudot A-C. Reología y análisis de la textura de los alimentos. 84-200-1038-3, editor. España: Editorial Acirbia S.A; 2004. 210 p.
85. Sołowiej B, Cheung IWY, Li-Chan ECY. Texture, rheology and meltability of processed cheese analogues prepared using rennet or acid casein with or without added whey proteins. *International Dairy Journal*. (0).
86. Tunick MH, Van Hekken DL. Rheology and texture of commercial queso fresco cheeses made from raw and pasteurized milk. *Journal of Food Quality*. 2010;33:204–15.
87. Kahyaoglu T, Kaya S. Effects of heat treatment and fat reduction on the rheological and functional properties of Gaziantep cheese. *International Dairy Journal*. 2003;13(11):867-75.
88. Tunick MH, Mackey KL, Shieh JJ, Smith PW, Cooke P, Malin EL. Rheology and Microstructure of Low-Fat Mozzarella Cheese. *Int Dairy Journal*. 1993;3:649-62.
89. Ye A, Hewitt S, Taylor S. Characteristics of rennet–casein-based model processed cheese containing maize starch: Rheological properties, meltabilities and microstructures. *Food Hydrocolloids*. 2009;23(4):1220-7.
90. Banville V, Morin P, Pouliot Y, Britten M. Physical properties of pizza Mozzarella cheese manufactured under different cheese-making conditions. *J Dairy Sci*. 2013;96:4804–15.
91. Kindstedt P, Carić M, Milanović S. Pasta-filata cheeses. In: Patrick F. Fox, editor. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Volume 2: Academic Press; 2004. p. 251-77.

92. Cunha CRd, Viotto WH, Viotto LA. Use of low concentration factor ultrafiltration retentates in reduced fat “Minas Frescal” cheese manufacture: Effect on composition, proteolysis, viscoelastic properties and sensory acceptance. *International Dairy Journal*. 2006;16(3):215-24.
93. Wadhvani R, McMahon DJ. Color of low-fat cheese influences flavor perception and consumer liking. *Journal of Dairy Science*. 2012;95(5):2336-46.
94. Van Hekken DL, Tunick MH, Malin EL, Holsinger VH. Rheology and melt characterization of low-fat and full fat Mozzarella cheese made from microfluidized milk. *LWT - Food Science and Technology*. 2007;40(1):89-98.
95. Wang H-H, Da-Wen S. Assessment of cheese browning affected by baking conditions using computer vision. *Journal of Food Engineering*. 2003;56:339-45.
96. Childs JL, Daubert CR, Stefanski L, Foegeding EA. Factors Regulating Cheese Shreddability. *J Dairy Sci*. 2007;90:2163–74.
97. Guinee TP, Kilcawley KN. Cheese as an ingredient. In: Patrick F. Fox PLHMTMCA TPG, editor. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Volume 2: Academic Press; 2004. p. 395-428.
98. Apostolopoulos C, Marshall R. A quantitative method for the determination of shreddability of cheese. *Journal of Food Quality*. 1994;17:115-28.
99. Salvatore E, Pes M, Mazzarello V, Pirisi A. Replacement of fat with long-chain inulin in a fresh cheese made from caprine milk. *International Dairy Journal*. 2014;34:1-5.
100. Guinee TP. Salt in Cheese: Physical, Chemical and Biological Aspects. In: Fox PF, editor. *Cheese: General aspects*. 1. London: Elsevier Academic Press; 1993. p. 257-302.
101. Cerqueira MA, Sousa-Gallagher MJ, Macedo I, Rodriguez-Aguilera R, Souza BWS, Teixeira JA, et al. Use of galactomannan edible coating application and storage temperature for prolonging shelf-life of “Regional” cheese. *Journal of Food Engineering*. 2010;97:87-94.
102. González Beltrán SJ. *Influencia de los microorganismos psicrotróficos de la leche en la vida útil sensorial del queso doble crema*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2005.
103. Alvarez Avendaño CM. *Determinación de la vida útil del queso campesino por medio de nariz electrónica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2009.
104. Hough G, Puglieso ML, Sanchez R, Mendes da Silva O. Sensory and Microbiological Shelf-Life of a Commercial Ricotta Cheese. *J Dairy Sci*. 1999;82:454–9.
105. Giménez A, Ares F, Ares G. Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International*. 2012;49:311–25.
106. Hough G, Sánchez RH, Garbarini de Pablo G, Sánchez RG, Calderón Villaplana S, Giménez AM, et al. Consumer Acceptability Versus Trained Sensory Panel Scores of Powdered Milk Shelf-Life Defects. *Journal of Dairy Science*. 2002;85:1-6.