



Universidad de Valladolid

Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos
E.T.S. Ingenierías Agrarias
Campus de Palencia
Universidad de Valladolid

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Efecto de la inulina en las características
reológicas de los geles enzimáticos de leche de
oveja**

Alumna: Elida María Solano Aguilar

Tutor: Ana Rita Pérez Marqués

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION	3
2. MATERIALES Y METODOS	7
3. RESULTADOS Y DISCUSION.....	9
4. CONCLUSIONES	29
5. BIBLIOGRAFIA	30

EFFECTO DE LA INULINA EN LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DE LOS GELES ENZIMÁTICOS DE LECHE DE OVEJA

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la adición de inulina en las características reológicas de los geles enzimáticos de leche de oveja entera y desnatada. La inulina se adicionó en concentraciones de un 2% y 5%. Se monitorizó la formación de los geles enzimáticos estudiando los parámetros G' , G'' , tan delta, y la velocidad máxima de endurecimiento del gel, Además se realizaron barridos de temperatura, de frecuencia y de deformación para estudiar la rotura de los mismos. También se estudiaron la fracturabilidad, la firmeza máxima y la adhesividad. La dosis de inulina no afectó de forma significativa a la mayoría de los parámetros reológicos estudiados, sin embargo se encontraron importantes diferencias entre las cuajadas de leche entera y desnatada. Los atributos tecnológicos de la inulina como sustituto de la materia grasa se vieron reflejados en una dosis de inulina del 5%.

1. INTRODUCCIÓN

La cuajada es considerada como un postre lácteo, tecnológicamente se trata de un gel enzimático, de mucha aceptación en el mercado, también contemplado como un producto artesanal característico en la Comunidad Autónoma de Castilla y León. En este caso obtenida de la leche de oveja, la cual posee un sabor muy marcado, diferenciándose de los geles elaborados con otro tipo de leche, ya que con la leche de oveja el producto presenta mayor consistencia, persistencia en boca y cremosidad.

Se entiende que una cuajada es un gel enzimático, y es un producto que tiene un gran valor nutricional, donde su composición dependerá de la leche de procedencia. Se pueden notar cambios en el sabor y la textura determinados por el tipo de leche y de las fases del periodo de estación. El punto tecnológico de interés en la fabricación de la cuajada es el poder coagulante del cuajo. Éste mayoritariamente procede de la quimosina de los terneros, encontrándose en el comercio en forma líquida, en polvo y en pastillas.

También podemos disponer de cuajos de origen vegetal y microbiológico, aunque estos son de uso minoritario.

La gran importancia en la fabricación de estos geles o cuajadas radica en que sirven de base para la elaboración de los distintos tipos de quesos, los cuales son un alimento de gran escala comercial en el mundo. (Pérez, 2008)

Para su elaboración se puede usar cualquier tipo de leche, pero teniendo en cuenta que algunas leches coagulan lentamente, dando lugar a geles blandos con alto nivel de humedad, otras, por el contrario, coagulan rápidamente, formando un gel más duro, con una textura y humedad adecuada, permitiendo obtener un producto de calidad. (Mocquot y col., 1954). En vista de esto, y en comparación con la extendidísima leche de vaca, la de oveja ofrece algunas ventajas en cuanto al contenido de materia grasa y proteínas (Brule y Schneid, 1990), las cuales nos darán un mayor rendimiento. Es por ello que resulta conveniente producir una cuajada de leche de oveja.

La cuajada se obtiene agregándole cuajo o enzimas coagulantes a la leche, a una temperatura entre 29°C y 37°C aproximadamente. (Lucey y Singh, 1997; Sbodio et al., 1997; Zoon et al., 1988). Se han realizado algunos estudios sobre los parámetros que afectan de manera directa la formación de los geles y para ello se estima que el pH, la concentración de proteínas, la materia grasa, la fuerza iónica, y el tratamiento térmico ejercen una significativa influencia en la producción de todos los productos lácteos (Célina, et al., 2000). Los criterios de control habitualmente utilizados para definir las características de la cuajada son: el tiempo y velocidad de coagulación, la textura y la elasticidad del cuajo (Frentz y Dreuilhe, 1965). Dichas características nos permiten conocer que el comportamiento reológico de la cuajada es de tipo viscoelástico (Frau, et al., 2006).

En los productos lácteos el sabor y la apariencia juegan un papel muy importante, y sobre todo su excelente calidad nutricional que por naturaleza les caracteriza; destacándose en este tipo de productos el yogur, el cual ha sido objeto de estudio incorporándole inulina para mejorar su textura y sabor (U, Isik et al, 2011). En cuanto a la cuajada, contiene el mismo valor nutritivo que la matriz láctea de donde proceda. Por ello resulta ser un producto de alto consumo sobre todo para aquellas personas con problemas digestivos puesto que la cuajada se digiere mejor que la leche.

La industria láctea se interesa por la innovación y la calidad de sus productos, incorporando ingredientes que aporten mejoras tecnológicas y funcionales entre otras. La adición de transglutaminasas en el yogur bajo en grasa o sin grasa se ha explotado con éxito para mejorar la textura. Además estas enzimas han revelado una acción de mejora en las propiedades fisicoquímicas de los geles de cuajo. (Barbaros Özera, et al., 2011).

Los hidrocoloides como la pectina de bajo metoxilo presentan una acción de interés en la coagulación de la leche, reduciendo el tiempo de coagulación y logrando un aumento en la formación de la cuajada y mayor firmeza en la misma, a diferencia de la goma xantana que redujo la tasa de formación de la cuajada y la disminución de la firmeza del gel (Barbaros Özera, et al., 2011).

Se han hecho estudios comparando las gomas de pectina y goma acacia, junto con la inulina, observando la influencia ejercida en la cinética de la coagulación de la leche, se concluyó que los efectos dependen de la concentración y del tipo de fibra usada, la inulina obtuvo los niveles más altos en la reducción del tiempo de coagulación de la leche. También se determinó que la cadena corta de inulina tiene una capacidad reducida para complementar la estructura del gel, siendo más beneficioso el uso de la cadena larga de inulina (Fagan et al., 2006).

Por otro lado se ha investigado el efecto de la adición de β -glucano, en la leche en relación con las propiedades de la coagulación, dando como resultados mejoras en la textura y disminuyendo el tiempo de coagulación y aumentando su rendimiento, además el β -glucano puede ser utilizado como sustituto de grasas en sistemas lácteos bajos en grasa, creando estructuras que se asemejan a los productos grasos complejos, proporcionando atributos de calidad a nivel sensorial (Tudorica, et al., 2002).

En el área industrial se ha optimizado la incorporación de inulina en fórmulas de productos alimentarios, como aderezos, postres congelados, productos horneados y productos lácteos sobre todo en el yogur (Narinder Kaur, et al., 2002).

La inulina es un molécula de oligofruktosa que se obtiene de varias fuentes vegetales como por ejemplo de la raíz de la achicoria (*Cichorium intybus*), la cual es una planta herbácea perenne, de la familia de las *Asteráceas*, que mide entre 80 y 90 cm de alto (Madrigal et al., 2007). Dependiendo de la procedencia, del momento de la cosecha y el proceso de producción se pueden encontrar variantes en el grado de polimerización de las inulinas, lo cual tendrá influencia en sus atributos funcionales, siendo evidente que una cadena larga de inulina ofrece mejores resultados que una de tamaño medio o corto (Kim, Y, et al., 2001). La inulina tiene una solubilidad de 60g/l a 90°C y son estables a temperaturas de hasta 140°C (Deis, 2001). La inulina tiene un dulzor de apenas el 30% de la sacarosa pero con menor contenido calórico que esta, mostrando sinergia con otros edulcorantes. (Tungland y Meyer, 2002).

En la industria alimentaria, la inulina tiene un amplio uso como ingrediente funcional y tecnológico, siendo utilizado como sustituto de la grasa (Tungland y Meyer, 2002), en productos untables como; margarinas, mantequillas, salsas, aderezos, y productos lácteos como el yogurt, mejorando en este su aceptabilidad sobre todo cuando se han elaborado con leche descremada, ya que da una mejor textura y causa una sensación de cremosidad en boca con sólo un 3% (LorenaMadrigal, et al., 2007). Sus propiedades como sustituto de grasa se atribuyen a su capacidad para formar microcristales que interaccionan entre sí formando pequeños agregados que ocluyen gran cantidad de agua, originando una textura cremosa y fina que proporciona una sensación bucal similar a la de la grasa (Frank, 2002; Kaur y Gupta, 2002; Bot et al., 2004).

Las propiedades técnicas que se le atribuyen a la inulina son: sustitución de grasa, fácil procesabilidad, mejora del sabor y textura (Orafti, 2002). También actúa como agente espesante, ya que retiene agua y estabiliza geles (Kip,P et al., 2005), mostrando sinergia

con otros agentes gelantes como la gelatina, alginatos o carragenatos, gomas y maltodextrinas (Marcel B. Roberfroid, 2007). Siendo de importancia también mencionar la interacción de la inulina con el almidón, pues compiten por el agua.

La capacidad de formación de gel de la inulina se puede ver afectada por la concentración, la temperatura de calentamiento, disolvente y pH (Kim et al., 2001).

Por los atributos anteriormente mencionados sobre la inulina, es que resulta beneficiosa su integración en una variedad de alimentos sobre todo aquellos en los que se pretende disminuir su carga calórica, siendo de especial importancia en los quesos procesados y cremosos, yogures, para mejorar su aspecto sensorial, dándoles cuerpo y palatabilidad (Franck, A 2002).

En paneles de cata se observó que el queso crema más suave fue el que contenía inulina en comparación con un queso control y se comprobó que aparte de proporcionar atributos de calidad al producto, éste no cambiaba su buen paladar característico (Ramos et al 2005).

Se ha visto que la inulina tiene un efecto gratificante sobre las propiedades reológicas de los geles lácteos, pudiendo resaltar que gracias a su capacidad de retener agua y por su interacción con las proteínas (Lucey et al 1998), con lo cual se obtiene un producto de calidad, pues el exudado de los geles es algo que no gusta a los consumidores (j.A. Ruiz Rivera et al., 2009).

En postres lácteos con niveles reducidos en grasa, la inulina provee una textura cremosa semejante al producto regular, además le brinda propiedades fundentes así como estabilidad durante el proceso de congelación-descongelado (Franck, 2002).

Además de las propiedades tecnológicas de la inulina, este tipo de fructosanos proporciona más de un beneficio a la salud, entre los cuales se encuentra la capacidad de mejorar la absorción de calcio y magnesio, esto está fundamentado científicamente (Marcel B. Roberfroid. (2007).

La inulina se comporta como fibra dietética, mejorando la actividad y funcionalidad en la microflora del colon y la mucosa intestinal, ya que las enzimas del hombre no pueden hidrolizarla llegando intacta al intestino grueso (colon) donde las bacterias intestinales (bifidobacterias), la degradan. De esta manera se disminuye el crecimiento de las bacterias de las clases fusobacteria y clostridios (Kaur y Gupta, 2002) dando a conocer su carácter prebiótico, el cual resulta ser el beneficio más buscado como ingrediente funcional (Roberfroid et al., 1998; Slavin, 2000). Estudios in vivo muestran que solo 4g de inulina o de sus compuestos relacionados diarios son efectivas para incrementar el número de bacterias beneficiosas en el colon (Rao A, 1999).

La ingestión de inulina puede aportar, no sólo los beneficios inherentes a su condición de fibra dietética, si no también en la reducción de los niveles de lípidos y de colesterol en la sangre (Flamm et al., 2001).

Por todo lo expuesto anteriormente, se ha considerado útil la adición de inulina a la cuajada elaborada con leche de oveja entera y desnatada.

El objetivo de este trabajo fue conocer cómo afecta la inulina a las características reológicas de los geles enzimáticos obtenidos a partir de leche de oveja entera y desnatada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Preparación de la leche de oveja

Se utilizó leche fresca de oveja de la Escuela de Capacitación Agraria de Viñalta (Junta de Castilla y León, Palencia) procedente del ordeño de la misma mañana y de la tarde anterior. Parte de la leche se desnató con una desnatadora manual (Elecrem) y se congeló a -50 °C, el resto de la leche entera, se congeló también a -50 °C, hasta su utilización

Se utilizó Frutafit® TEX! de Sensus. Siendo una inulina de cadena media con un grado de polimerización entre 2 y 60 unidades, obtenida de la achicoria. Se trata de un polisacárido natural en polvo de alta pureza. Y con un valor de aporte calórico de 1,0 Kcal/g.

2.2 Análisis físico-químico de las leches de oveja

Los dos tipos de leches fueron analizadas por los métodos oficiales correspondientes para cada tipo de muestra en los cuales se determinaron el contenido de materia grasa y extracto seco por gravimetría, proteínas y caseínas por el método de Kjeldahl, lactosa por HPLC, y el valor del pH por potenciometría.

2.3 Estudio de las características reológicas de los geles enzimáticos de leche de oveja

2.3.1 Tratamiento de las muestras.

Las leches (entera, desnatada), se dejaron descongelando por un día antes. Una vez descongelada se atemperó (30°C durante 30min), luego se pasteurizó a una temperatura de 80°C por 5 minutos e inmediatamente se adicionó inulina. Las dosis de inulina adicionadas fueron un 2% o un 5%, dependiendo de la muestra que se esté trabajando. Luego se bajó la temperatura para volver a atemperar (30°C, 30min). Al finalizar ese tiempo se agregó CaCl₂ (10 µL), nuevamente se atemperó (30°C,20min) y justo antes del ensayo en el reómetro se agregaron 37,6 µL de cuajo de ternero (Extracto de cuajo de ternero fuerza 1:15000, Laboratorios Arroyo) el cual debe permanecer en refrigeración. La muestra fue agitada con suavidad por unos pocos segundos e inmediatamente se puso en el reómetro. En cada muestra se trabajó con 50ml de leche.

Tabla.1 Diseño del experimento

Muestras	Inulina _{2%}	Inulina _{5%}	Control	Leche entera	Leche desnatada
1			X	X	
2	X			X	
3	X				X
4		X		X	
5		X			X
6			X		X

*Cada muestra se hará por triplicado, dando un código distintivo para cada una, siendo un total de 18 muestras. *La inulina utilizada es de cadena media. * Cada muestra contiene 50ml de leche.

2.3.2 Mediciones en el reómetro

Las parámetros reológicos del proceso de coagulación fueron determinadas en un reómetro Paar Physica MCR 301, tomando las mediciones de interés correspondientes a los módulos de almacenamiento G' y de pérdida G'' . La velocidad máxima de endurecimiento de la cuajada se calculó como la pendiente de G' . La monitorización de formación del gel enzimático se realizó en condiciones de oscilación con una frecuencia de 1Hz y una deformación de 0,5%.

El reómetro se programó en cuatro etapas distribuidas de la siguiente manera: la primera es la de coagulación, con una temperatura de 30°C, reportando datos a cada minuto, durante 30 minutos. La segunda etapa consistió en un descenso de temperatura desde 30°C a 8°C. En este momento el gel ya está formado, y es donde se estima el punto máximo de la firmeza del gel. La tercera etapa es de acondicionamiento del gel manteniéndose a la misma temperatura (8°C) por 20 minutos. Luego sigue un barrido de frecuencia (desde 0,01 a 10 Hz) donde se monitorizaron las componentes G' y G'' . Y por último un barrido de deformaciones (entre 0 y 100) donde se registró la rotura del gel e información sobre la resistencia que opone la cuajada a la deformación con lo que se determina el comportamiento reológico del producto.

El ensayo se realizó por triplicado.

2.4 Elaboración de cuajada con leche de oveja (para ensayo de textura).

Para la elaboración de estas cuajadas se siguió el mismo proceso antes mencionado, en este caso con una cantidad de 125ml, estimando el cambio de las cantidades correspondientes de los aditivos (inulina, CaCl_2 y cuajo), para el ensayo de textura.

2.5 Determinación de la textura

Se realizó un análisis de perfil de textura con un texturómetro TA-XT2 (Texture Analyser Stable Micro Systems) mediante un ensayo de compresión simple, provisto de una sonda cilíndrica de aluminio de 20mm de diámetro y 25mm de alto. Se realizó en las muestras de cuajada con un contenido de 125ml. El ensayo se realizó por triplicado.

Parámetros de ensayo

- Velocidad de pre-ensayo 2mm/s
- Velocidad de ensayo.....2mm/s
- Velocidad post- ensayo.....3mm/s
- Distancia.....15mm

2.5 Determinación de extracto seco del producto acabado (geles de leche de oveja)

El extracto seco comprende el contenido de materia grasa, lactosa, minerales y proteínas. Para su determinación se aplicó un método de gravimetría en donde la muestra se pesa y se somete a un secado a 102°C hasta peso constante para determinar la masa del residuo, y calcular el porcentaje de extracto seco. La toma de la primera pesada fue a las 4 horas, luego dos pesadas más a un intervalo de media hora, y así por diferencia de pesadas se obtuvo el resultado.

2.6 Análisis estadístico

Se trabajó con el programa estadístico SPS, para dilucidar las posibles diferencias significativas o no entre las distintas muestras con sus respectivas variables, siendo estas el tipo de leche (entera, desnatada) y la concentración de inulina (0%, 2%, 5%).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la ejecución de este estudio se desarrollaron pruebas preliminares con el objetivo de establecer el momento óptimo de la adición de inulina, lo cual podría ser antes o después de la pasteurización de la leche, para ello se determinó que lo mejor era incorporarla justo después de su pasteurización ya que mejoraba la disolución y su efecto, comprobándose a través de los datos reológicos observados.

3.1 Análisis de las leches.

La composición físico-química de la leche de oveja entera y desnatada utilizadas en el estudio se muestran en las Tablas 2 y 3.

a) Leche entera de oveja.

Tabla 2. Resultados del análisis de leche entera de oveja.

Componente	Resultado
Caseína	4,11 g/100g de muestra
Proteína	5,26%
Extracto seco	12,74%
Grasa	6,78%
pH	6,60
Lactosa	4,81%

b) Leche desnatada

Tabla.3 resultado del análisis de leche desnatada de oveja.

componente	resultado
Caseína	4,40g/100g de muestra
Proteína	5,64%
Extracto seco	11,72%
Grasa	0,17%
pH	6,61
Lactosa	5,17%

3.2 Características reológicas de los geles enzimáticos de leche de oveja.

En la tabla 4 se indican los códigos establecidos para las muestras estudiadas de leche entera y desnatada con diferentes concentraciones de inulina.

Tabla 4. Codificación de las muestras.

Código	tipo de muestra
E-C -----	Cuajada entera control
E-2 -----	Cuajada entera con 2% de inulina
E-5 -----	Cuajada entera con 5% de inulina
D-C -----	Cuajada desnatada control
D-2 -----	Cuajada desnatada con 2% de inulina
D-5 -----	Cuajada desnatada con 5% de inulina

Los resultados se encuentran distribuidos por las etapas comprendidas en el proceso de la coagulación:

1. Coagulación
2. Enfriamiento
3. Mantenimiento
4. Barrido de frecuencia
5. Rotura

1) Etapa de coagulación.

Las mediciones del reómetro fueron tomadas durante el proceso de coagulación por 30 minutos. En ese tiempo se monitorizaron los valores del módulo de almacenamiento G' y módulo de pérdida G'' en función del tiempo a temperatura constante (30 °C).

En la tablas 5 y 6 se muestran los valores medios de los parámetros reológicos durante la etapa de coagulación encontrados en las muestras analizadas y los resultados del análisis de varianza. Los tiempos de gelificación de la leche de oveja no mostraron diferencias significativas con diferentes concentraciones de inulina. Tampoco se encontraron diferencias en este parámetro en función del contenido en materia grasa de la leche (Tabla 6).

La concentración de inulina no presentó diferencias significativas en G' , en G'' , en la tangente (δ), el tiempo ni en la velocidad máxima de endurecimiento de la cuajada,

indicando su limitada influencia por las dosis empleadas en la formación de los geles enzimáticos de leche de oveja durante la etapa de coagulación.

Los valores de G' en las cuajadas de leche desnatada fueron mayores en comparación con las de leche entera, esto da a entender que el gel más firme corresponde a las cuajadas de leche desnatada. Lo mismo ocurrió con la G'' .

En cuanto al valor de la tangente se dice que es un indicador de la capacidad de reestructuración de los geles (Phadungath, 2005), este valor permaneció constante en todas las muestras.

Tabla 5. Valores medios de los parámetros reológicos (tiempo de gelificación, módulo de almacenamiento (G'), módulo de pérdida (G''), tangente (δ), tiempo máximo de endurecimiento, pendiente) estudiados durante la coagulación de la leche de oveja.

Muestra	T,G	G'	G''	Tan δ	Tiempo máximo de endurecimiento	Velocidad endurecimiento (pendiente)
E-C	1863,00	438,83	119,55	0,272	303,00	29,88
E-2	1872,33	467,13	127,16	0,272	332,33	29,75
E-5	1886,00	483,23	131,87	0,272	325,00	29,57
D-C	1874,33	520,44	142,06	0,273	394,33	30,24
D-2	1885,66	515,23	140,26	0,272	405,66	29,34
D-5	1864,00	504,79	137,22	0,272	4444,00	28,91

T, G: tiempo de gelificación, G' : módulo de almacenamiento, G'' : módulo de pérdida, Tan δ : tangente.

Tabla 6. Valores del estadístico F del ANOVA de los factores (tipo de leche, concentración de inulina, repetición) con interacción, en la etapa de coagulación de la leche de oveja.

Parámetros	Tipo de leche	inulina	Repet.	T.I./inulina	T.I./repet.	Inulina/repet.
T.G	0,008 ^{NS}	0,344 ^{NS}	2,633 ^{NS}	1,246 ^{NS}	0,018 ^{NS}	0,241 ^{NS}
G´	23,805 [*]	0,724 ^{NS}	1,231 ^{NS}	1.358,45 ^{NS}	256,865 ^{NS}	461,445 ^{NS}
G´´	21,124 [*]	0,584 ^{NS}	1,291 ^{NS}	2,790 ^{NS}	0,599 ^{NS}	1,045 ^{NS}
Tan δ	0,000 ^{NS}	0,800 ^{NS}	1,400 ^{NS}	0,800 ^{NS}	1,400 ^{NS}	2,200 ^{NS}
Tiempo máx. endurecimiento	80,930 [*]	3,898 ^{NS}	20,028 [*]	1,597 ^{NS}	0,221 ^{NS}	11,698 [*]
Velocidad máx. endurecimiento (pendiente)	0,116 ^{NS}	0,485 ^{NS}	2,549 ^{NS}	0,199 ^{NS}	0,752 ^{NS}	1,459 ^{NS}

T.I : tipo de leche, T.G: tiempo de coagulación, G´: módulo de almacenamiento, G´´: módulo de pérdida, ^{NS} NO significativo (P≥0,05); *P< 0,05; **P<0,01; ***P < 0,001.

Según los valores de la tabla 6 las mayores diferencias significativas se encontraron en los módulos de almacenamiento (G´), y de pérdida (G´´), dado en los tipos de leche. Con lo cual la inulina no mostró influencia sobre los parámetros reológicos característicos de los geles.

El tiempo de endurecimiento también se vió afectado significativamente por el tipo de leche, indicando que los geles de leche desnatada muestran un tiempo de endurecimiento más tardío.

En las primeras etapas de la coagulación el agente coagulante actúa hidrolizando la kappa caseína y la leche permanece líquida presentando el G´ valores próximos a cero, los cuales van aumentando rápidamente y luego lo hacen de manera lenta hasta alcanzar su valor máximo de endurecimiento.

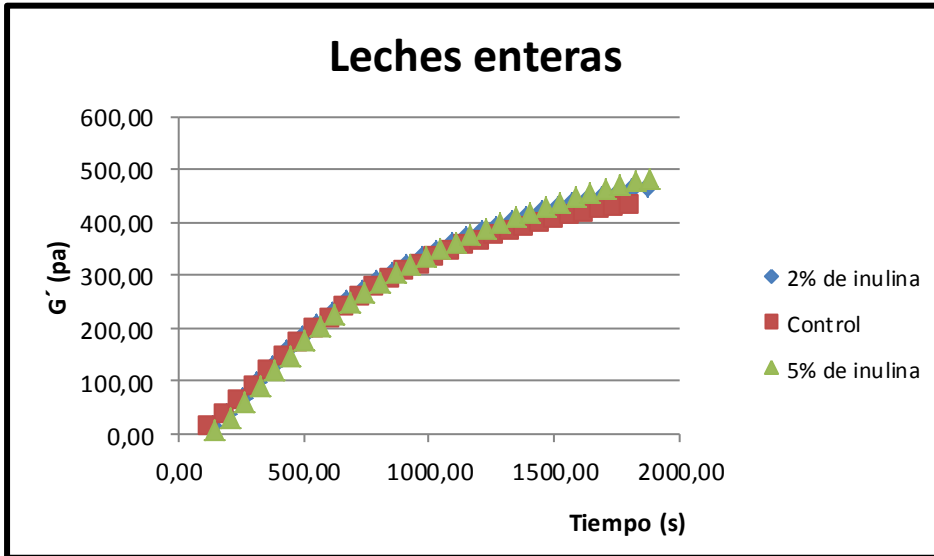


Figura 1. Evolución de la G' frente al tiempo en la coagulación de las leches enteras siendo estas el control, 2% y 5% de inulina. Símbolos: leche con 2% de inulina \blacklozenge , leche control \blacksquare , leche con 5% de inulina \blacktriangle

En la figura 1 se puede ver que no existen mayores diferencias en los perfiles de los geles de leche entera. Sin embargo, se observa una tendencia (no significativa) en el aumento en los valores de G' y en los tiempos de gelificación con el empleo de inulina (Tabla 6). Ello indica que la inulina podría retrasar el tiempo de gelificación y dar geles más firmes por su interacción con las proteínas lácteas (Lucey et al 1998). Lo cual se podría observar a concentraciones de inulina superiores a las utilizadas en este estudio.

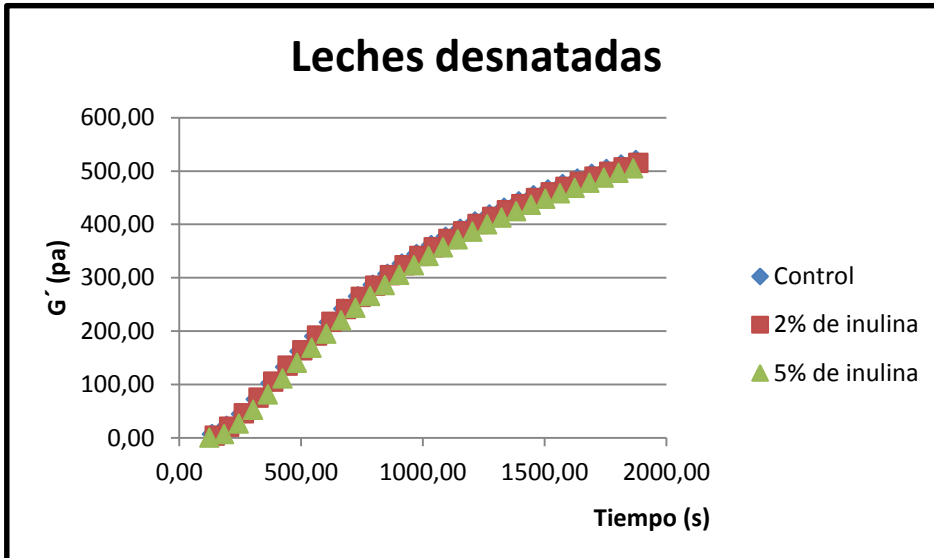


Fig.2 Evolución de la G' frente al tiempo en la coagulación de las leches enteras siendo estas el control, 2% y 5% Símbolos: leche con 2% de inulina ■, leche control ◆, leche con 5% de inulina ▲

En la figura 2 se puede ver claramente que no existen mayores diferencias entre las tres tipos de cuajadas desnatadas. En el gráfico se sobreponen los valores de la G' , por lo cual la inulina no presenta una diferencia marcada. Aunque podría decirse que la cuajada que contiene el 5% de inulina tiene una tendencia a ser menor que los valores de las otras dos muestras, caso contrario con la gráfica anterior.

En la formación del gel ocurre una interacción en las caseínas, la cual se ve afectada por la inclusión de los glóbulos de grasa, ocasionando debilidad en las fuerzas de unión de las proteínas lo que se refleja en un gel de menor firmeza. (Célina, et al., 2000). Como consecuencia se ve que las cuajadas de leche entera son de menor valor en el G' que en las leches desnatadas. Esto está representado en la figura 3

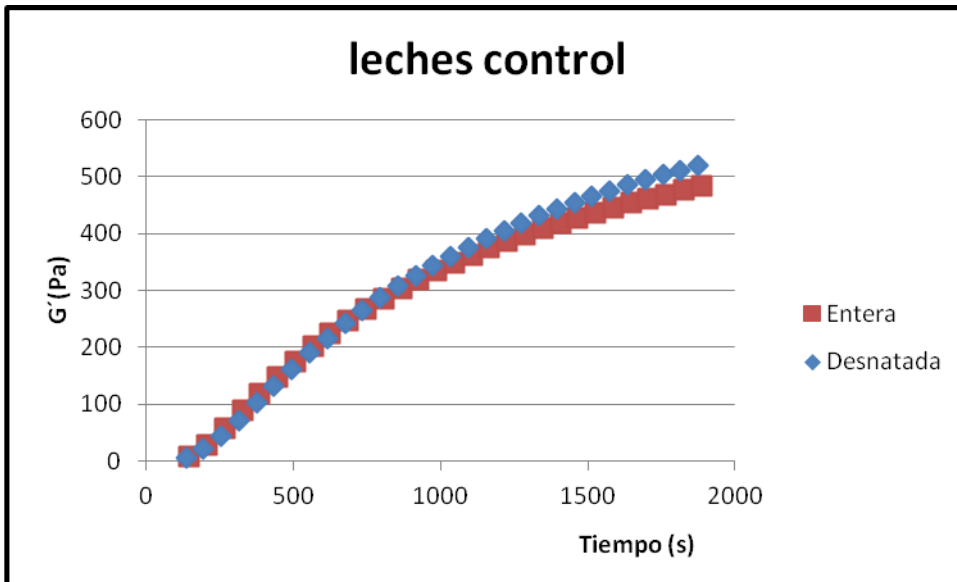


Figura 3 comparando los controles leche entera y desnatada. Símbolos: leche entera ◆ , leche desnatada ■

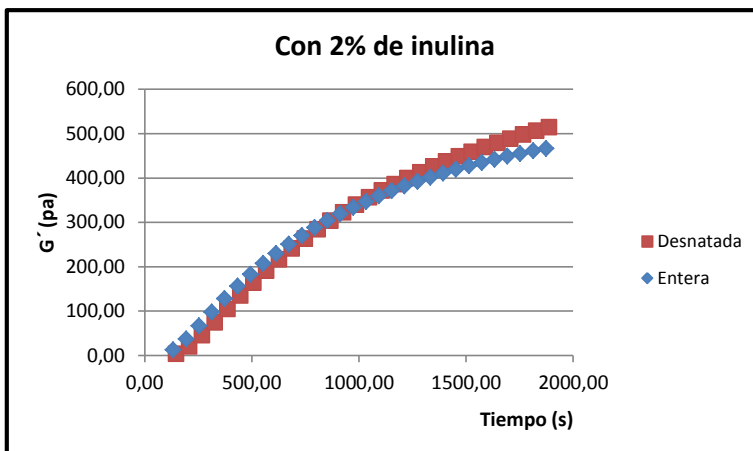


Figura 4. Evolución de la G' frente al tiempo en la coagulación de las leches con 2% de inulina, siendo estas entera ◆ , leche desnatada ■

En esta figura 4 podemos ver una diferencia de poca magnitud, pero aun así nos permite decir que la cuajada de leche desnatada tiene una G' de valores más altos que la de leche entera, con lo que suponemos que se trata de un gel de mayor firmeza.

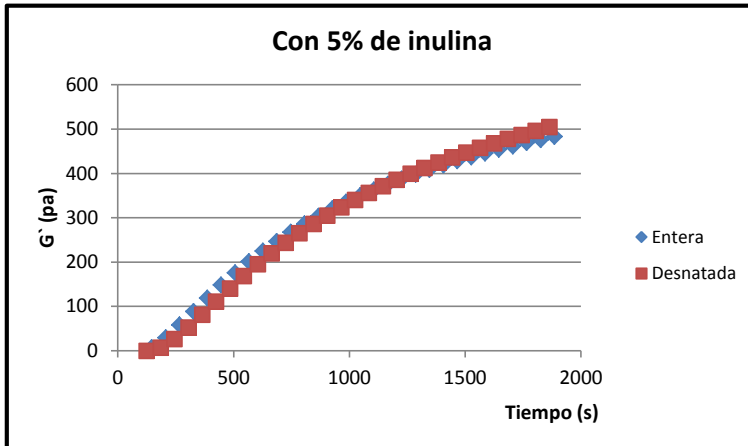


Figura 5. Evolución de la G' frente al tiempo en la coagulación de las leches con 5% de inulina, siendo estas entera y desnatada. Símbolos: leche entera \blacklozenge leche desnatada \blacksquare

En esta figura 5 podemos ver que la trayectoria de las G' de ambas leches son muy similares, existiendo una tendencia de alcanzar mayores valores la cuajada de leche desnatada. En comparación con la figura 4 se observa que la adición de inulina en un 2% parece tener mayor influencia en el comportamiento de la G' , indistintamente del tipo de leche.

Las mayores diferencias observadas con respecto al tipo de leche además de ser visibles esas diferencias son significativas (Tabla 6). En las figuras 4 y 5 se puede notar la influencia de la inulina en cuanto a su concentración, ya que en ambas figuras se da una ligera tendencia de alcanzar mayores valores la G' de las leches desnatadas, debido a inulina por su atributo de sustitución de la grasa. Siendo más evidente en las concentraciones del 5% de inulina. Pues a mayores concentraciones el efecto de la inulina es más pronunciado. (Tungland y Meyer, 2002).

2) Etapa de enfriamiento.

Con una duración de 30 minutos en los cuales ocurre un descenso de la temperatura hasta alcanzar los a 8°C , registrando los valores del módulo de almacenamiento (G'), y pérdida (G'') en función de la temperatura que va en descenso de los 30°C a los a 8°C . Se obtuvo que el punto máximo de la G' final se da en el gel de leche desnatada con el 2% de inulina, y el valor mínimo es el que corresponde al gel de la leche entera control. Lo mismo ocurre con la G'' . El tipo de leche tuvo efecto significativo en los parámetros $G'_{\text{máxima}}$, G'_{final} y G''_{final} , obteniéndose los mayores valores en los geles de leche desnatada.

Por otro lado, la adición de inulina tuvo efecto significativo en la G'' final que aumentó con la dosis de inulina tanto en las cuajadas de leche entera como desnatada de oveja.

Tabla 7. Valores medios de los parámetros reológicos durante la etapa de enfriamiento.

muestra	G' máxima	G'' máxima	Tan δ	G' final	G'' final	Tan (δ) final
E-C	568,51	145,77	0,272	520,42	120,28	0,231
E-2	620,46	158,32	0,272	558,30	130,26	0,233
E-5	680,33	173,59	0,273	634,58	146,74	0,233
D-C	710,39	182,02	0,273	613,68	142,37	0,232
D-2	720,93	184,56	0,272	639,39	149,36	0,233
D-5	717,25	184,37	0,272	646,59	152,36	0,236

Tabla 8. Valores del estadístico F del ANOVA de los factores (tipo de leche, concentración de inulina, repetición) con interacción en la etapa de enfriamiento para geles de leche de oveja.

Parámetros	Tipo de leche	inulina	Repet.	T.I./inulina	T.I./repet.	Inulina/repet.
G' máxima	15,391 *	2,087 ^{NS}	0,066 ^{NS}	1,654 ^{NS}	0,344 ^{NS}	0,585 ^{NS}
G'' máxima	0,322 ^{NS}	1,039 ^{NS}	1,190 ^{NS}	0,999 ^{NS}	1,113 ^{NS}	1,028 ^{NS}
Tan δ	0,000 ^{NS}	0,125 ^{NS}	0,875 ^{NS}	0,875 ^{NS}	0,875 ^{NS}	1,375 ^{NS}
G' final	10,559 *	4,962 ^{NS}	1,592 ^{NS}	1,751 ^{NS}	0,413 ^{NS}	0,518 ^{NS}
G'' final	17,690 *	8,059 *	1,782 ^{NS}	1,867 ^{NS}	0,362 ^{NS}	0,498 ^{NS}
Tan final	1,370 ^{NS}	0,573 ^{NS}	0,915 ^{NS}	0,773 ^{NS}	0,829 ^{NS}	0,630 ^{NS}

^{NS} NO significativo ($P \geq 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

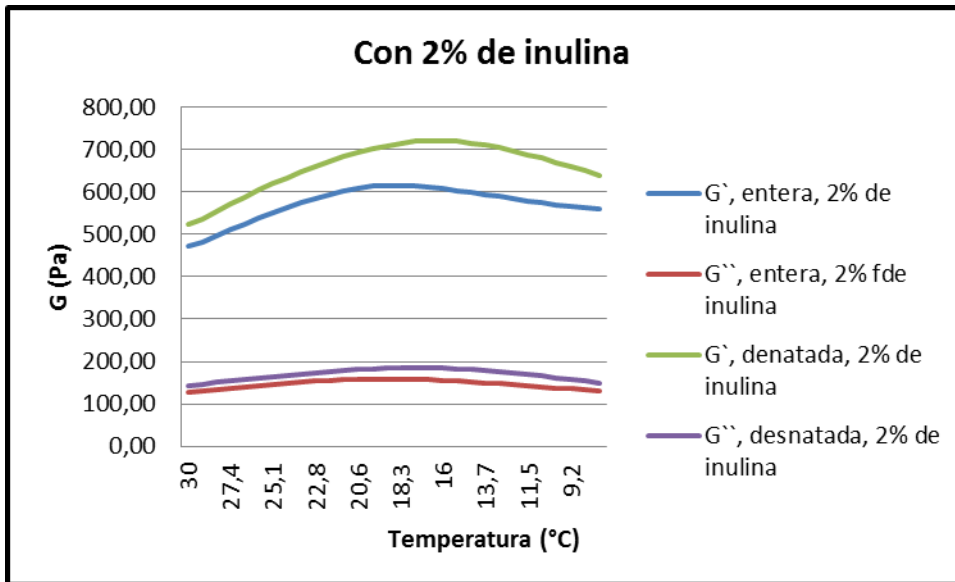


Figura 6. Evolución de la G' y G'' , de los geles con 2% de inulina para los dos tipos de leche (entera, desnatada), frente al descenso de temperatura, simulando así el enfriamiento del producto antes de ser almacenado.

Durante el descenso de la temperatura en la figura 6, los módulos de almacenamiento (G'), y pérdida (G''), presentan el mismo comportamiento sin importar las variantes; leche entera, leche desnatada. En un inicio mientras la temperatura baja los módulos (G' , G'') experimentan un aumento llegando a un punto máximo en torno a los 20-15°C, después tienden a descender hasta lograr estabilidad. Ello se puede deber a que un tipo de interacción entre las moléculas de caseínas es de tipo hidrofóbico, la cual depende de la temperatura. El cambio en las interacciones se ve reflejado también en el valor de la tangente δ que pasa de valores de 0,273 a 0,233 indicando una mayor importancia del parámetro G . En ese momento el valor alcanzado corresponde a la firmeza total del gel para ambos parámetros (G' , G''), la cual se estima que permanezca durante el periodo de almacenamiento.

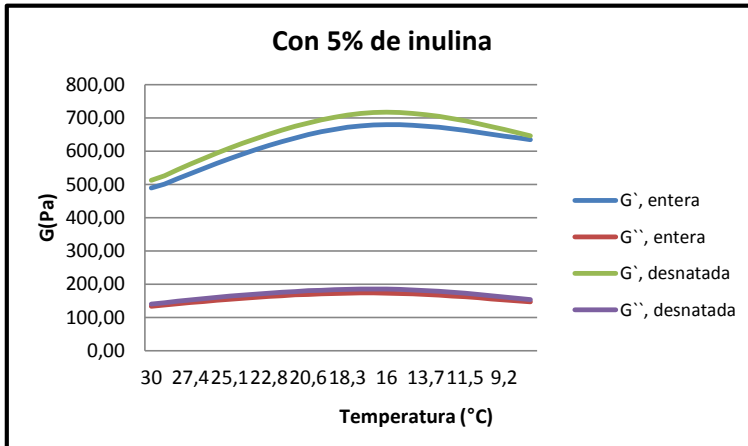


Figura 7. Evolución de la G' y G'' , de los geles con 5% de inulina para los dos tipos de leche (entera, desnatada), frente al descenso de temperatura, simulando así el enfriamiento del producto antes de ser almacenado.

En la figura 6 ocurre algo similar a la figura 5, con la diferencia que en este caso (figura 6) los módulos de almacenamiento (G') y pérdida (G''), parecen estar en mayor similitud, durante el enfriamiento, por lo que se indica que la estabilidad de los geles con un 2% de inulina para ambos tipos de leche muestran diferencias entre sí que los geles con el 5% de inulina. En todos los casos se observa que los valores de los parámetros reológicos son mayores en los geles de leche desnatada.

3) Etapa de Mantenimiento.

En este periodo se evaluó el comportamiento de los parámetros reológicos en función de la temperatura de a 8°C , los cuales se estima que permanezcan durante la vida de almacenamiento del producto. Durante este período la temperatura se mantuvo constante a 8°C , por 20 minutos. En ese tiempo se observa el comportamiento de gel, lo que nos indica su estabilidad durante el tiempo de almacenamiento. Destacándose que los valores de las leches desnatadas son superiores a las enteras. En el mantenimiento los geles mostraron una diferencia significativa en relación a los parámetros de G' y G'' final en el tipo de leche. Para los demás parámetros no existen tales diferencias. (Tabla 10).

Tabla 9. Valores medios de los parámetros reológicos durante la etapa de mantenimiento.

Muestra	G'final	G''final	Tan final
E-C	519,25	11,44	0,214
E-2	557,17	120,92	0,217
E-5	629,09	136,24	0,216
D-C	617,81	131,95	0,213
D-2	643,16	138,83	0,216
D-5	650,49	141,79	0,218

Tabla 10. Valores del estadístico F del ANOVA de los factores (tipo de leche, concentración de inulina, repetición) con interacción en la etapa de mantenimiento a 8°C.

Parámetros	Tipo de leche	Inulina	Repet.	T.l./inulina	T.l./repet	Inulina/repet
G'final	15,644 *	5,642 ^{NS}	1,773 ^{NS}	1,896 ^{NS}	0,467 ^{NS}	0,570 ^{NS}
G'' final	19,956 **	9,295 *	1,959 ^{NS}	1,977 ^{NS}	0,413 ^{NS}	0,544 ^{NS}
Tan δ	0,120 ^{NS}	0,013 ^{NS}	0,493 ^{NS}	0,760 ^{NS}	1,080 ^{NS}	0,773 ^{NS}

^{NS} NO significativo (P≥0,05); *P< 0,05; **P<0,01; ***P < 0,001.

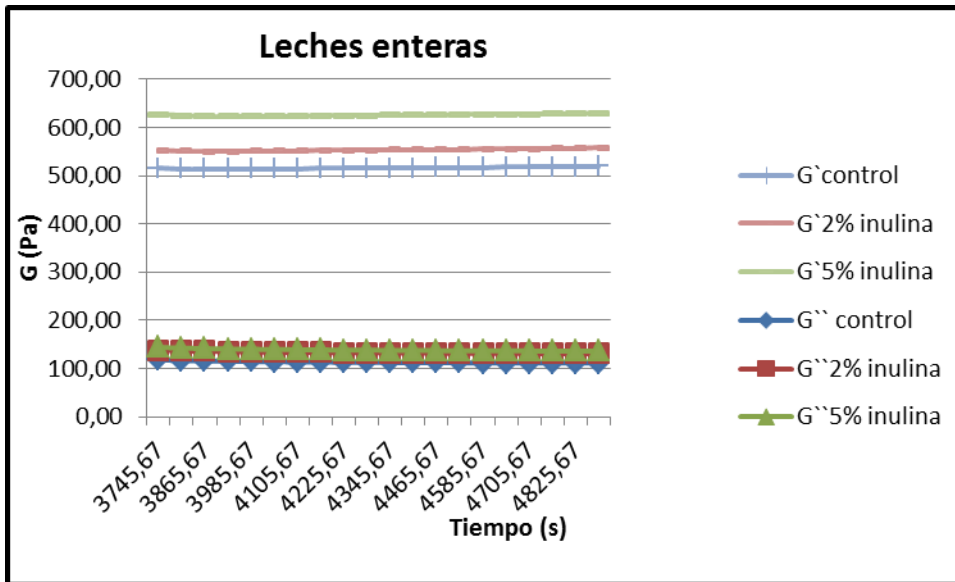


Figura 8. Evaluación de las G' y G'' , de los geles de leches enteras en función del tiempo, el cual permanece constante a 8°C durante 20 minutos.

La figura 8 muestra una estabilización de los parámetros reológicos (G' , G'') frente a la temperatura, lo que indica que los geles están manteniendo inalterable su estructura a bajas temperaturas.

Además, se observa que la leche entera control presentó una menor firmeza que las correspondientes con inulina, siendo la del 5% de inulina la que presentó un G' más alto.

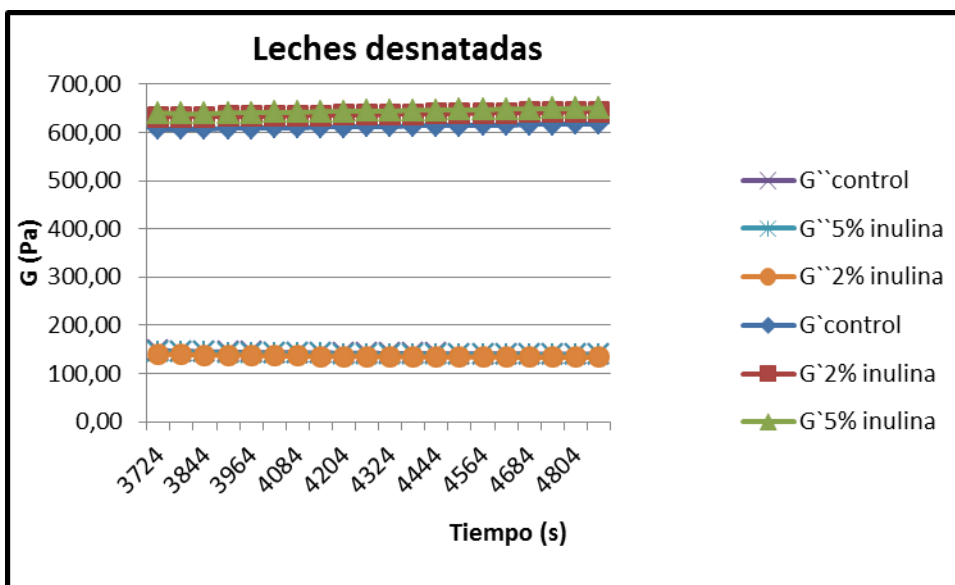


Figura 9. Evaluación de las G' y G'' , de los geles de leches desnatadas en función del tiempo, el cual permanece constante a 8°C durante 20 minutos

Es muy visible en la figura 9 la estabilidad que presentan los geles, donde sin importar el tipo de leche ni la concentración de inulina tanto para G' , como para G'' la situación de mantenimiento es igual. Sin embargo, entre las cuajadas de leche desnatada se observaron menores diferencias en los valores de G' y G'' .

4) Barrido de frecuencias

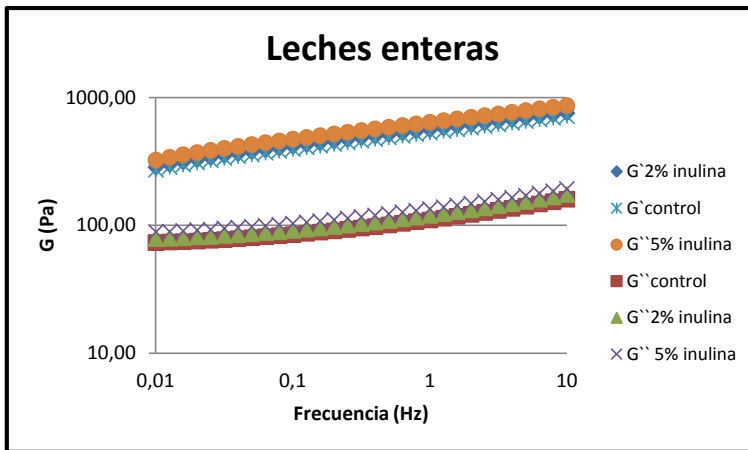


Figura 10. Relación de G' y G'' frente a la frecuencia (Hz) de los geles de leches enteras.

En el ensayo de barrido de frecuencias de la figura 9, se observa un ligero aumento constante en la G' , y G'' frente a la frecuencia la que va desde 0,01 a 10 Hz, para las leches enteras. A medida que aumenta la frecuencia también lo hace el G' y G'' indicando que se sigue una tendencia que corresponda a que en los geles viscoelásticos como es en este caso, mantienen una relación donde $G' > G''$.

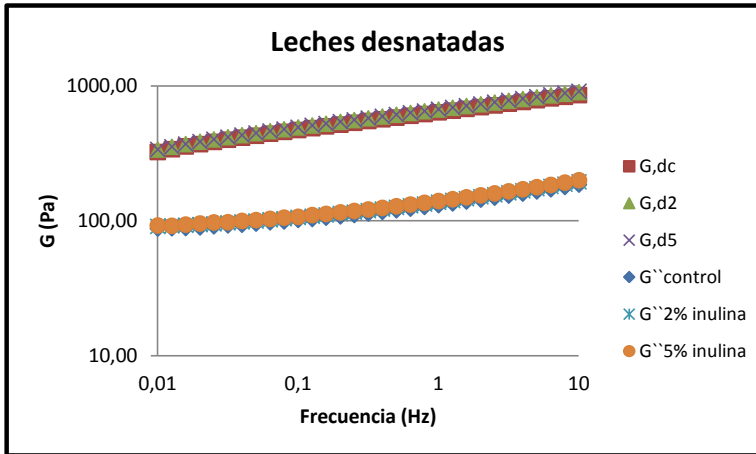


Figura 11. Relación de G' y G'' frente a la frecuencia (Hz) de los geles de leches desnatadas.

En esta figura ocurre lo mismo que en el anterior (figura 10) salvo que en este caso las series parecen optar por valores más similares.

También se observa, tanto en los geles de leches enteras como desnatadas, una dependencia de los valores de G' y G'' respecto a la frecuencia.

5) Etapa de Rotura.

Después del barrido de frecuencias se estima el ensayo de rotura en el que el gel es sometido a una deformación.

La concentración de inulina no afectó significativamente a los parámetros de rotura estudiados (Tabla 12). Mientras que el tipo de leche afectó al G^* y a la fuerza máxima soportada por el gel antes de romperse. Ambos fueron mayores en los geles de leche desnatada de oveja. Las mayores diferencias se observan en los geles de leches enteras, siendo estas menores que las desnatadas tanto en el % de deformación como en la fuerza máxima, con lo que señala que los geles obtenidos por leches desnatadas soportan mayor tensión antes de la rotura, por lo cual su deformación también es menor y por consecuencia decimos que su gel es menos firme que el de leches desnatadas sin tener influencia la inulina. Las diferencias significativas encontradas corresponden al G^* complex y la fuerza máxima en el tipo de leche, sin tener influencia la inulina. (Tabla 12)

Tabla 11. Valores medios de los parámetros reológicos durante la rotura.

Muestra	% deformación	G*complex	Fuerza máxima
E-C	37,60	442,50	176,16
E-2	41,90	497,23	213,00
E-5	51,30	544,48	279,00
D-C	54,70	593,17	329,66
D-2	54,70	580,02	319,33
D-5	54,70	587,37	321,00

Tabla 12. Valores del estadístico F del ANOVA de los factores (tipo de leche, concentración de inulina, repetición) con interacción en el ensayo de rotura.

Parámetros	Tipo de leche	inulina	repetición	T.I./inulina	T.I./repeti	Inulina/repe
% deformación	3,535 ^{NS}	0,469 ^{NS}	2,648 ^{NS}	0,469 ^{NS}	0,530 ^{NS}	0,421 ^{NS}
G*complex	11,389 [*]	1,041 ^{NS}	1,796 ^{NS}	1,328 ^{NS}	0,025 ^{NS}	0,682 ^{NS}
Fuerza máxima	7,327 [*]	0,569 ^{NS}	3,265 ^{NS}	0,756 ^{NS}	0,197 ^{NS}	0,582 ^{NS}

^{NS} NO significativo (P≥0,05); *P< 0,05; **P<0,01; ***P < 0,001.

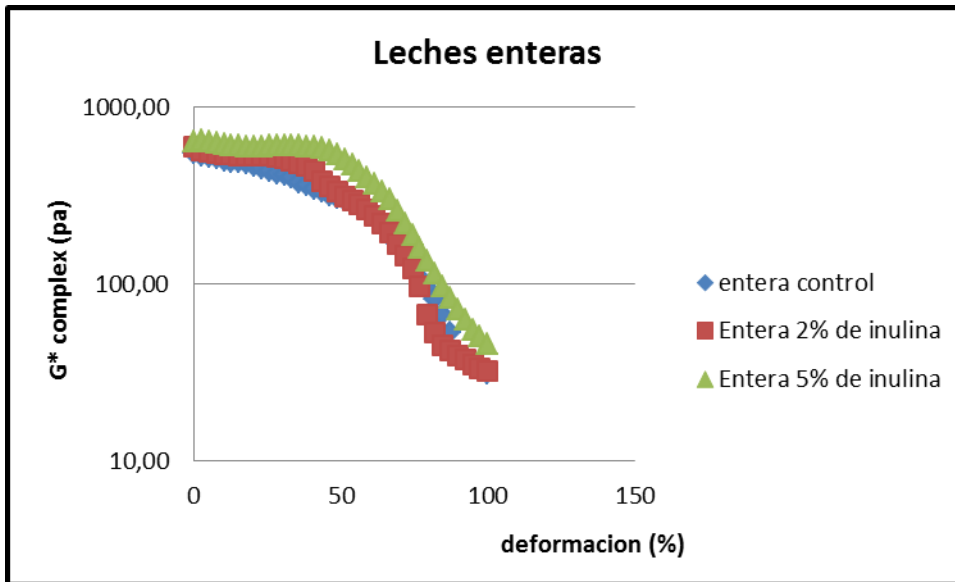


Figura 12. Ensayo de rotura de los geles de leches enteras en el que se relaciona el G^* frente a la deformación (%).

Se observó que a deformaciones bajas los geles mostraron un comportamiento elástico. A deformaciones más elevadas el gel se rompió produciéndose un descenso del valor de G^* (módulo complejo).

En esta figura 12 se puede ver que el gel de leche entera control soportó menores deformaciones indicando que se trata de un gel de menor elasticidad. Mientras que los geles de leche entera con 5% de inulina fueron los más elásticos, aunque no de forma significativa (Tabla 12).

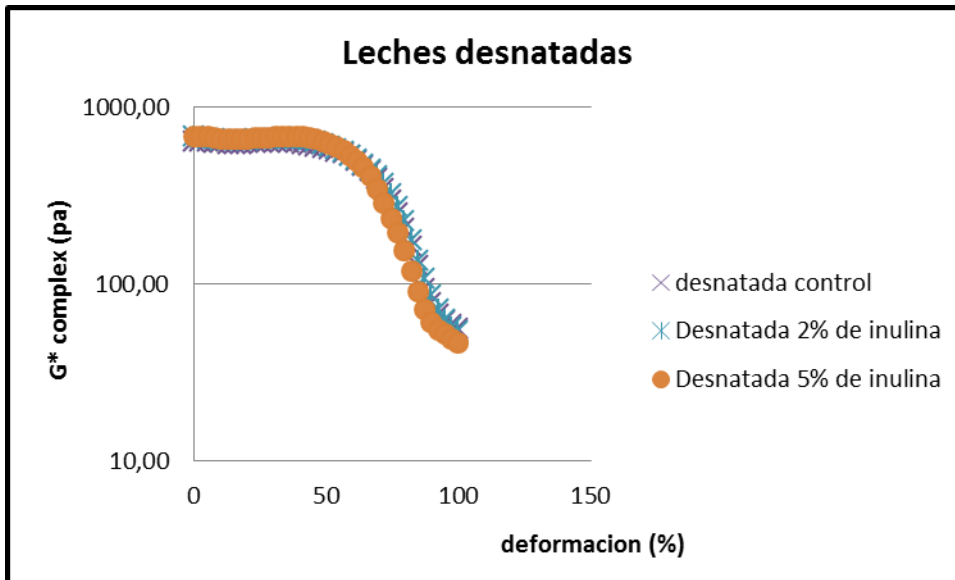


Figura 13. Ensayo de rotura de los geles de leches desnatadas en el que se relaciona el G^* frente a la deformación (%).

Esta figura 13, muestra valores muy similares entre los geles de leches desnatadas.

3.3 El análisis de textura

Ensayo de textura comprende los parámetros de fracturabilidad, firmeza y adhesividad. La fracturabilidad se vio afectada por el tipo de leche, mayor en los geles de leche desnatada. El mayor valor correspondió a los geles de leche desnatada con el 5% de inulina y el de menor valor se observó en los geles de leche entera control. Los datos alcanzados en la firmeza fueron muy parecidos entre las muestras, no observándose diferencias significativas. Lo mismo ocurrió con la adhesividad.

En la tabla 13 se muestran los valores medios de los parámetros fracturabilidad, firmeza y adhesividad obtenidos con el texturómetro en los geles enzimáticos estudiados. Y en la tabla 14 los resultados del análisis de varianza afirmando de nuevo que la dosis de inulina empleada en el presente estudio no tuvo efecto significativo en los parámetros de textura estudiados. Las mayores diferencias significativas las revela la fracturabilidad en el tipo de leche.

Tabla 13. Determinación de la textura.

Muestra	Fracturabilidad (g)	Firmeza (g)	Adhesividad
E-C	68,00	129,00	-34,75
E-2	74,20	121,96	-35,62
E-5	79,23	123,56	-33,77
D-C	100,80	128,70	-37,12
D-2	107,96	121,40	-38,32
D-5	109,63	116,76	-27,67

Tabla 14. Valores del estadístico F del ANOVA de los factores (tipo de leche, concentración de inulina, repetición) con interacción en el ensayo de textura.

Parámetros	Tipo de leche	inulina	repetic	T.I /inulina	T.I/repetición	Inulina / repetición
fracturabilidad	58,347 **	1,943 ^{NS}	1,975 ^{NS}	0,056 ^{NS}	0,224 ^{NS}	0,648 ^{NS}
Firmeza	1,128 ^{NS}	4,953 ^{NS}	0,582 ^{NS}	0,779 ^{NS}	5,706 ^{NS}	2,102 ^{NS}
adhesividad	0,005 ^{NS}	0,603 ^{NS}	1,020 ^{NS}	0,335 ^{NS}	0,073 ^{NS}	0,596 ^{NS}

^{NS} NO significativo ($P \geq 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

3.4. Composición nutricional del producto acabado (cuajadas de leche de oveja)

Tabla 15. Composición nutricional del producto acabado de Cuajada de leche entera con 2% de inulina (E-2), en una porción de 100g

Elementos	Gramos	Kcal
Proteínas	5,06	20,24
Materia grasa	6,52	26,08
Lactosa	4,63	18,52
Cenizas	0,87	-----
Fibra (inulina)	2,00	2,00
Total	----	66,84

Tabla 16. Composición nutricional del producto acabado de Cuajada de leche entera con 5% de inulina (E-5) en una porción de 100g

Elementos	Gramos	Kcal
Proteínas	4,54	18,16
Materia grasa	5,85	23,4
Lactosa	4,15	16,6
Cenizas	0,78	-----
Fibra (inulina)	5,00	5,00
Total	-----	63,16

Tabla 17. Composición nutricional del producto acabado de Cuajada de leche desnatada con 2% de inulina (D-2), en una porción de 100g

Elementos	Gramos	Kcal
Proteínas	5,28	21,12
Materia grasa	0,16	0,64
Lactosa	4,84	19,36
Cenizas	0,84	-----
Fibra (inulina)	2,00	2,00
Total	-----	43,12

Tabla 18. Composición nutricional del producto acabado de Cuajada de leche desnatada con 5% de inulina (D-5), en una porción de 100g

Elementos	Gramos	Kcal
Proteínas	4,29	17,16
Materia grasa	0,13	0,52
Lactosa	3,93	15,72
cenizas	0,68	-----
Fibra	5,00	5,00
Total	-----	38,4

4. CONCLUSIONES

Mediante los estudios reológicos realizados se determinó que la dosis de inulina del 5% ofrece mejores resultados en la formación del gel obteniendo una cuajada de mayor firmeza en comparación con la adición de un 2% de inulina. En cuanto al tipo de leche utilizada se encontró que las cuajadas elaboradas con leche desnatada son más firmes que las de leche entera debido a la interacción de los glóbulos de grasa con las caseínas. Se pudo comprobar que la adición de la inulina resulta ser beneficiosa no solo por las mejoras en el gel si no por su carácter prebiótico, y además de generar un ligero dulzor reduce el aporte calórico en el producto.

5. BIBLIOGRAFÍA

Barbaros Özera, Christopher Guyotb, Ulrich Kulozikb. (2011). Simultaneous use of transglutaminase and rennet in milk coagulation: Effect of initial milk pH and renneting temperature. *International dairy journal*.

C.C Fagan, C.P O. Donnell, P.J Cullen, C.S. Brennan. (2006). The effect of dietary fibre inclusion on milk coagulation kinetics. *Journal of Food Engineering*, Volume 77, Issue 2, November 2006, Pages 261-268.

DAVIAU Céline, FAMELART* Marie-Hélène, PIERRE, Henri GOUDÈDRANCHE, Jean-Louis MAUBOIS, (2000). Rennet coagulation of skim Alice milk and drainage: Effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment. *Laboratoire de Recherches de Technologie Laitière, INRA, 65 rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex, France*.

Deis, R. (2001). Dietary fiber: a new beginning. Disponible en: <http://www.Foodproductdesing.com/2001/12ap.h>

Franck, A. (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. *British J Nutrition* 87: 287-291.

Frau, S. 1; Pece, N. 1, Font. (2006). Determinacion de parametros reologicos de quesos untables comerciales de cabra en la provincia de Santiago del estero, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICyTA). Facultad de Agronomía y Agroindustrias.

Hansen C.L., Rinnan Å., Engelsen, S.B., Janhøj, T., Micklander, E., Andersen, U., Van Den Berg, F.(2010). Effect of gel firmness at cutting time, ph and temperature on rennet coagulation and syneresis. *Journal of agricultural and chemistry*.

Kim Y, Faqih M, Wang S. (2001). Factor affecting gel formation of inulin. *Carb Polym*; 46: 135-145.

Kip P, Meyer D, Jellema R. (2005). Inulin improve sensoric and textural properties of low fat yogurts. *International Dairy Journal*,16:1098-1103.

Madrigal L. y Sangronis E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. Universidad Simón Bolívar, Departamento de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Caracas, Venezuela.

Marcel B. Roberfroid. (2007). Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients *Universite Catholique de Louvain, B-1348, Louvain-La-Neuve, Belgium. The Journal of Nutrition*.

María Ángeles Lluch Rodríguez, I. Hernando, Isabel Pérez-Munuera. (1999). Desarrollo de productos lácteos frescos obtenidos por coagulación enzimática de la leche (y II) influencia de la adición de pectina a la cuajada y de su batido. *Alimentación, equipos y tecnología*, ISSN 0212-1689, Año nº 18, Nº 9, págs. 59-63.

Martínez CERIDE, INTEC-UNL, Guemes 3450, 3000 Santa Fe, Argentina. (1997). Simultaneous interaction of pH, CaCl₂ addition, temperature and enzyme concentration on milk coagulation properties. Food Science and Technology International August, 3: 291-298.

Meyer D., Batarri S., Tárrega A., Costell E. (2011). Inulin as texture modifier in dairy products. Food Hydrocolloids, 1-10.

Narinder Kaur and anil k Gupta. (2002). Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. Department of Biochemistry and Chemistry, Punjab Agricultural University, Ludhiana 141 004, India.

O.A Sbodio, E.J. Tercero, V.R. Coutaz y G.R. Revelli. (2005). Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería Química, Instituto de Tecnología de Alimentos .Properties of Whole Milk Gels formed by a Combination of Rennet and Glucono-d Lactone.

Pawel Glibowski. (2009). Rheological properties and structure of inulin-whey protein gels. International Dairy Journal.19,443-449.

Pérez Marqués AR. 2008 tesis doctoral: estudio de la coagulación y proteólisis en la elaboración de quesos de oveja de corta maduración utilizando coagulantes de origen animal y vegetal.

Phadungath C. 2005. The mechanism and properties of acid-coagulated milk gels. Songklanakarin J.Sci.Technol. 27(2):233-448.

Ramos, L. ; Gallardo, Y. ; Ortega, O. ; Del Real, E. y Paz, T. (2005). Elaboración de Queso Crema Probiótico (*L. casei*), Bajo en Grasa, Adicionado con Inulina y Saborizado. Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México.

Ruiz Rivera J.A. y Ramírez Matheus A.O. (2009). Elaboración de yogurt con probióticos (*Bifidobacterium* spp. y *Lactobacillus acidophilus*) e inulina. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 26: 223-242.

Rao A. (1999). Dose response effects of inulin and oligofructose on intestinal bifidogenesis effects. Journal of nutrition 129: 1442-1445.

S. Bayarri, I. Chuliá, E. Costell. (2010). Comparing λ -carrageenan and inulin blend as fat replacers in carboxymethyl cellulose dairy desserts. Rheological and sensory aspects. Food Hydrocolloids, doi:10.1016/j.foodhyd.2010.02.004

Sendra E., Kuri V., Fernández-López J., Sayas-Barberá E., Navarro C., Pérez-Alvarez J.A.. (2010). Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as function of fiber dose, size and thermal treatment. Food science and technology, 43, 708-714.

Tatdau Paseephol, Darryl M. Small and Frank Sherkat. (2008). Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. *Journal of texture studies*, 39, 617-634.

Tudorica, C.M.ab, Jones, T.E.R.c, Kuri, V.a, Brennan, C.S. (2004). The effects of refined barley β -glucan on the physico-structural properties of low-fat dairy products: Curd yield, microstructure, texture and rheology *Journal of science of food and agriculture*.

U.Isik, D. Boyacioglu, E.Capanoglu, and D. Nilufer Erdil (2011). Frozen yogurt with added inulin and isomalt. *American Dairy Science Association*.

Villegas García J. A. (2008). Efecto de la ingesta de un preparado lácteo con fibra dietética sobre el estreñimiento crónico primario idiopático. *Nutrición hospitalaria: Organó oficial de la Sociedad española de nutrición parenteral y enteral*, ISSN 0212-1611, Vol. 23, Nº. 1, págs. 12-19.

Villegas Pascual D. Beatriz irigida por: Dra. Elvira Costell Ibáñez. (Valencia, abril, 2008). Efecto de la adición de inulina en las características físicas y sensoriales de batidos lácteos. *Instituto de agroquímica y tecnología de alimentos. (Tesis doctoral)*.