



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

FACULTAD DE QUIMICA

LECHE ULTRAPASTEURIZADA: EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS  
PRODUCTOS COMERCIALIZADOS EN EL MERCADO NACIONAL.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUIMICO DE ALIMENTOS

P R E S E N T A:

**HERNANDEZ CELIS LUIS FERNANDO**



MEXICO, D. F.

2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado:

Presidente	Prof. Amelia María De Guadalupe Farrés González Saravia
Vocal	Prof. Ruth Villaseñor Gutiérrez
Secretario	Prof. Bertha Julieta Sandoval Guillén
1er Suplente	Prof. Rafael Carlos Marfil Rivera
2°. Suplente	Prof. María Teresa Plata Jiménez

Sitio en donde se desarrolló el tema

Laboratorio Nacional de Protección al Consumidor

---

Bertha Julieta Sandoval Guillén  
ASESOR

---

Hernández Celis Luis Fernando  
SUSTENTANTE

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres; Ángeles Celis y Julio Chavez quienes fueron el mayor apoyo a lo largo de mi vida al igual que mis hermanos; Pedro e Ivan quienes han vivido momentos alegres y difíciles junto a mí. Y a cada uno de mis familiares, amigos y personas que he conocido a lo largo de este tiempo y han sido parte de mi ser.

Doy gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México porque en cada estudiante que al igual que yo llegamos a formar parte de ella, nos brinda un universo ilimitado de oportunidades y conocimientos.

Agradezco a Julieta Sandoval quien con su forma de ser es una mujer admirable, que más allá de ser una portadora de conocimiento te brinda su sincera amistad. Gracias por ayudarme y tener paciencia en el desarrollo de este trabajo

## INDICE

Introducción	1
1 Antecedentes	2
1.1 Reseña histórica	2
1.2 Panorama nacional de la producción lechera	4
1.3 Leche	7
1.3.1 Definición de leche	7
1.4 Clasificación	8
1.5 Composición	9
1.5.1 Proteínas	10
1.5.2 Carbohidratos	14
1.5.3 Lípidos	16
1.5.4 Minerales	17
1.5.5 Vitaminas	18
1.5.6 Enzimas	19
1.6 Propiedades físicas y químicas	20
1.7 Leche UHT	23
1.7.1 Manejo de la leche antes y después del tratamiento térmico	25
1.7.2 Etapas de proceso	30
1.7.3 Tratamiento indirecto	30
1.7.4 Tratamiento directo	31
1.7.5 Envasado aséptico	32
1.7.6 Envases	32
1.7.7 Envasadoras	33
1.8 Microorganismos en la leche UHT	35
1.9 Calidad de la leche	37
1.10 Normatividad	39
1.10.1 Normatividad internacional	39
1.10.2 Normatividad nacional	41
Objetivo	47

2. Metodología	48
2.1 Selección de la muestra	48
2.2 Parámetros fisicoquímicos	50
2.2.1 Densidad	50
2.2.2 Determinación de sólidos no grasos	50
2.2.3 Determinación de lactosa	50
2.2.4 Proteínas	51
2.2.5 Caseínas	51
2.2.6 Grasa butírica	52
2.2.7 Perfil de ácidos grasos	52
2.3 Análisis estadístico	52
3. Resultados y Análisis de resultados	53
3.1 Evaluación de la densidad	53
3.2 Determinación de sólidos no grasos	58
3.3 Determinación de lactosa	61
3.4 Determinación de proteínas	65
3.5 Determinación de caseínas	70
3.6 Determinación de grasas butírica	76
Conclusiones	88
Anexo	89
Bibliografía	104

---

## INTRODUCCIÓN

La leche es un alimento completo que se compone principalmente de agua, grasa butírica y sólidos no grasos, los cuales están conformados por proteínas (caseínas y proteínas del suero), lactosa, minerales y vitaminas.

El mercado de los lácteos en México se compone principalmente por productos derivados de la leche obtenidos a través de su industrialización como es el caso de la leche ultrapasteurizada.

La leche se somete a procesos industriales, con los cuales se espera que se reduzca la carga microbiana y no ocurran cambios químicos indeseables, para garantizar su inocuidad y prolongar su almacenamiento y permitir su consumo durante periodos más largos. La diversidad en cada lote de leche que entra a las plantas hace que la producción deba acatar una normatividad que permita homogenizar el producto final y se puedan declarar propiedades y contenidos que no incurran en fraudes al consumidor por lo que, para regular esta situación, en 2004 entró en vigor la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003.

El control de calidad en el mercado nacional debe realizarse estrictamente para garantizar una competencia leal entre productores, así como la oferta de productos de mayor calidad para el consumidor. Por lo que en esta investigación se evaluaron parámetros fisicoquímicos en la leche: densidad, sólidos no grasos, lactosa, proteína, caseína y grasa, con el fin de verificar si diversos tipos de leche ultrapasteurizada como los son entera, parcialmente descremada, descremada y deslactosada, cumplen con las especificaciones señaladas por la NOM-155-SCFI-2003. Cabe mencionar que los resultados obtenidos dan una visión de la calidad de los diferentes tipos de leche comercializados pero no es representativo de la producción realizada en el país.

## **1 ANTECEDENTES**

### **1.1 Reseña histórica**

La producción láctea en México data de la conquista española. Se desarrolló durante los siglos XVI al XIX, asociada a los asentamientos de españoles y a la disponibilidad de forrajes de pastizales naturales.

El principal problema para la producción de leche hasta los inicios del siglo XX fue la distribución. La leche es un producto altamente perecedero que no puede almacenarse más de cuatro días sin refrigeración o menos según las condiciones climáticas. De ahí que el desarrollo de la industria de lácteos esté asociado con el crecimiento urbano. Los establos se desarrollaron cerca de las ciudades con el fin de proveerlas de la leche necesaria. Durante los años veinte y treinta el consumidor mexicano obtenía ese alimento directamente del productor, con pobres condiciones sanitarias.

No fue sino hasta que el desarrollo industrial avanzó en México y que se dio una integración de su economía en el sistema mundial que la industria láctea mexicana adquirió algunas de sus características actuales, con la creación de áreas de concentración de producción láctea conocidas como cuencas lecheras así como el control sanitario en los establos y producción. Esta leche marca la aparición de intermediarios entre el productor y el consumidor. También hizo posible que los establos se llevaran fuera de las ciudades. El desarrollo de nuevas tecnologías para la preservación y el transporte de leche permitieron llevarla a grandes distancias sin detrimento de su calidad.

Esto coincide con la puesta en marcha del "modelo de desarrollo estabilizador", el cual supuso una activa promoción gubernamental del desarrollo industrial en los cincuenta, con lo que las áreas urbanas, fundamentalmente la ciudad de México, incrementaron significativamente la demanda de leche fluida. En una segunda fase, ese modelo trajo como consecuencia la diferenciación de los sistemas de producción lechera, el intensivo, el semi-intensivo y el extensivo, que se relacionan con la tecnología adoptada.

El desarrollo de este segundo momento requiere la consideración de diferentes factores, como el apoyo gubernamental, la educación y el establecimiento de las transnacionales.

Se puede considerar por lo tanto el desarrollo de la lechería mexicana en dos fases. La primera corresponde a la introducción del ganado y su uso rudimentario. La segunda comienza con el desarrollo urbano-industrial que genera una creciente demanda de leche debido al incremento en la población. Esto estimuló tanto el crecimiento de la industria láctea, como el uso de una tecnología traída de fuera, creando una situación en la que, a pesar de que el país tiene apreciables demandas de leche, su producción es insuficiente. Esto marca un segundo nivel de la relación o conexión con el mercado mundial de leche, mediante las importaciones de la misma (García *et al*, 1997).

Los avances alcanzados en la tecnificación de la producción lechera, la aplicación de técnicas en el manejo de ganado con mejores características productivas y en el equipamiento de las explotaciones, permitió el crecimiento de la producción de leche de bovino. Al igual que se enfrentó un mercado más estable, con una mayor demanda de leche de producción nacional ante el encarecimiento de las importaciones de leche y sus derivados, especialmente hacia el segundo semestre del 2004. Otro factor que permitió el crecimiento de la producción fue la consolidación y expansión de empresas lecheras y de organizaciones de productores integrados, que han incrementado su participación en el mercado de productos terminados (Villamar *et al*, 2005).

Actualmente se ha producido una gran diversificación en los tipos de leches y productos lácteos líquidos que se encuentran disponibles en el mercado. Las leches descremadas y semidescremadas, que están legalmente definidas por su contenido graso, pueden considerarse como leches «más sanas» debido a que actualmente el estereotipo que se da de la figura humana, el incremento en enfermedades crónico degenerativas como diabetes, hipertensión, colesterol son una buena opción para llevar dietas adecuadas y el desarrollo de productos como las leches enriquecidas en vitaminas, favorece una imagen muy positiva de los productos lácteos. Por lo que para la prevención de las enfermedades

cardiovasculares debe basarse en el cambio de hábitos de vida y secundariamente en la utilización de medios farmacológicos. Al igual que la dieta, independiente de sus efectos en los lípidos, es importante para disminuir el riesgo de enfermedad aterosclerótica. Con lo que la restricción del consumo de ácidos grasos hidrogenados y grasa saturada se asocia a reducciones importantes en el riesgo cardiovascular (Escobar, 2007).

## **1. 2 Panorama nacional de la producción lechera**

La leche contiene aproximadamente 87.3 % agua, 4.2 % de grasa, 4.6 % de lactosa, 3.25 % de proteína, y 0.65 % de sustancias minerales. Porque tiene un alto valor nutricional la leche es un excelente medio de crecimiento microbiano, por consecuencia la leche fresca necesita un tratamiento térmico que garantice la seguridad y estabilidad del producto, el cual generalmente causa pérdidas significativas en la calidad organoléptica y nutricional. Dependiendo de la intensidad del proceso diferentes cambios toman lugar como son; el descenso de pH, precipitación del fosfato de calcio, desnaturalización de proteínas, destrucción de vitaminas, reacciones de Maillard (Wendie *et al*, 2002).

Desde el punto de vista nutricional la leche es uno de los alimentos más completos. Contiene casi todos los nutrientes necesarios para sostener la vida. Una de sus características más relevantes es que puede deteriorarse muy fácilmente, ya sea por contaminación microbiológica o por reacciones químicas durante el procesamiento y también durante el período de almacenamiento considerándose a nivel mundial como un alimento ideal para la alimentación humana, ya sea consumida en forma fluida o a través de derivados lácteos (Simpson *et al*, 2000).

En México la ganadería bovina productora de leche es considerada como prioritaria dentro de los programas de fomento y constituyen un punto fundamental en la orientación de las políticas públicas que tienen por objeto incentivar su producción, para transformarla en una actividad altamente competitiva y productiva. Diferentes factores han interrumpido la evolución de este sector, el cual si bien ha venido creciendo a una tasa anual superior a la

propia expansión demográfica, continua presentando un alto nivel de dependencia de la importación de leche en polvo para abastecer a la industria (Villamar *et al*, 2004).

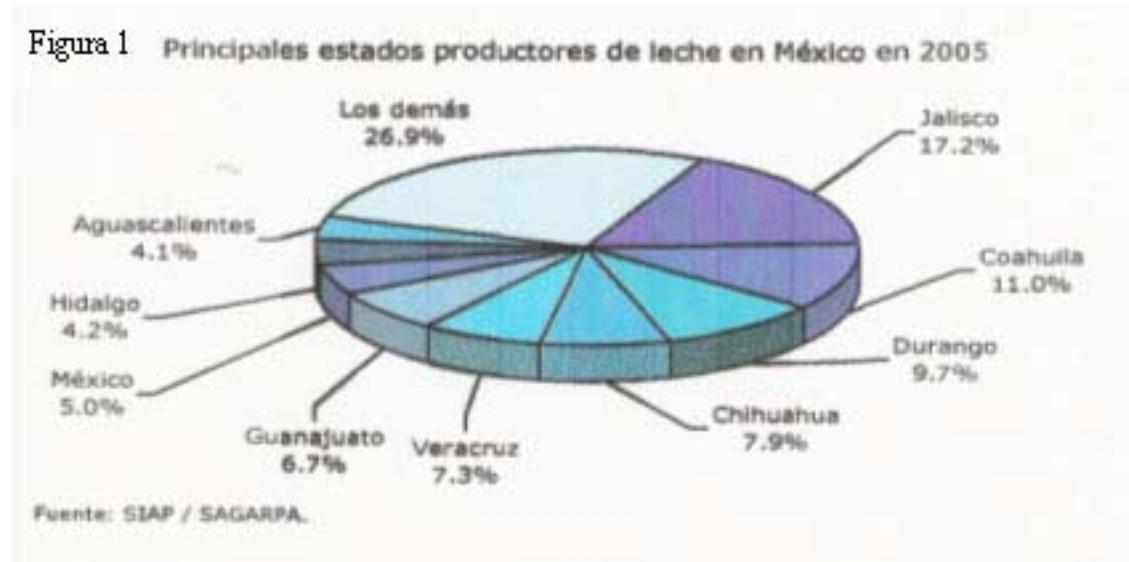
En la producción lechera, los cambios mundiales se pueden establecer en dos ámbitos. El primero está referido a la cotización de la leche en polvo y los derivados lácteos, principalmente por el incremento de la demanda generada en China, que implicó la reducción de los inventarios y en la oferta mundial, y el segundo a los problemas generados por la detección de la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB) lo cual impuso no sólo restricciones a las importaciones de carne de esa especie, sino a los animales, resultando en una menor disponibilidad de reemplazarlos para los establos lecheros.

Sin embargo los avances alcanzados en los equipos para la producción lechera, la aplicación de técnicas en el manejo de ganado con características productivas y en el equipamiento de las explotaciones permitió el crecimiento de la producción de leche de bovino. Otro factor que posibilitó el crecimiento de la producción fue la consolidación y expansión de empresas lecheras y de organizaciones de productores integrados, que han incrementado su participación en el mercado de productos terminados, lo que representa mejores ingresos para sus asociados, al ser participes del valor agregado en el proceso de transformación.

La heterogeneidad de los sistemas de producción trajo como consecuencia que una parte del sector productivo primario continuara enfrentando problemas de comercialización y rentabilidad, que les orilló a la reducción de sus hatos e inclusive a su retiro de la producción. Dentro de este grupo de productores se ubican ganaderos en transición situados en el Altiplano de México, cuya oferta aún no reúne las condiciones de calidad exigidas por la industria y que normalmente no obtienen una productividad adecuada en sus establos, incurriendo en elevados costos de producción.

En cuanto a la producción nacional de leche de vaca en el 2004 fue de 9873.8 millones de litros. Con base en este dato la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) en los últimos 10 años es de 3.0 %. Mientras una parte del sector mostró crecimiento como resultado de su consolidación y aprovechamiento de un mejor mercado para la leche cruda, otro no lo pudo hacer en la medida de su pérdida de competitividad como efecto de cambios en años anteriores o por el propio rezago tecnológico y productivo.

En el 2005 no se determinaron cambios de relevancia en la producción lechera manteniéndose una alta concentración de ésta en 9 entidades federativas que aportan en conjunto el 73 % de la producción nacional (figura 1) donde destacan Jalisco y Coahuila con la mayor producción.



Villamar y Olivera, 2005

El análisis del consumo de leche reviste un sinnúmero de dificultades en virtud de los variados alimentos que se obtienen con base en ella, que van desde la propia leche fluida, hasta productos fermentados y quesos, mismos que en los últimos años han presentado un desarrollo relevante. Otro factor que dificulta el análisis es la creciente presencia de productos similares a los lácteos, elaborados con materias primas diferentes a la leche, que son vendidos al consumidor bajo los denominativos de productos originales.

Considerando que el aumento de los precios al consumidor ha evolucionado en mayor dimensión a los precios pagados al productor, implica que también a nivel de comercialización se ha acrecentado el valor agregado. En cuanto a las leches pasteurizadas, llama la atención el incremento debido a que dentro de este grupo se maneja productos con un bajo nivel de transformación, el cual se circunscribe a la propia pasteurización y ultrapasteurización, el descremado, la adición de saborizantes y sustancias para la mejor digestión de la lactosa. Una posible justificación para el incremento de los precios es un avance en el acondicionamiento del mercado a reglas de libre comercio, ya que hasta la primera mitad de la década de los 90, se aplicaban precios oficiales y posteriormente precios concertados (Villamar y Olivera, 2005).

### **1.3 LECHE**

#### **1.3.1 Definición de leche**

La leche de vaca se ha definido como la secreción, excluyendo el calostro, que se obtiene mediante los métodos de ordeña normales de las glándulas mamarias de vacas saludables y normalmente alimentadas en la etapa de lactancia (Kirk *et al*, 2002).

Para efectos de la NOM-155-SCFI-2003, leche es el producto obtenido de la secreción de las glándulas mamarias de las vacas, sin calostro que al ser sometido a tratamientos térmicos u otros procesos garanticen inocuidad. Además, puede someterse a otras operaciones tales como clarificación, homogeneización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen al producto y cumpla con las especificaciones de su denominación.

En México para efectos de la normatividad se establece como leche ultrapasteurizada, aquella que ha sido sometida al proceso de ultrapasteurización (incluye el tratamiento térmico al que se somete la leche, formula láctea o producto lácteo combinado, consistente en una relación de temperatura tiempo que garantice la esterilidad comercial y envasado aséptico), estandarizada o no, cumpliendo con las especificaciones de la norma.

La normatividad mexicana se refiere a calostro como la secreción de la glándula mamaria obtenida en el período comprendido de 5 días antes a 5 días después del parto, que difiere de la leche principalmente por su alto contenido de inmunoglobulinas (anticuerpos), células somáticas, cloruros y la presencia de eritrocitos. El calostro gelifica cuando se calienta, por ejemplo a 80 ° C, porque todas las proteínas del suero se insolubilizan, tiene además una gran cantidad de células somáticas, Cu y Fe.

En general, el nombre de leche se refiere al producto procedente de la vaca; la leche derivada de otras especies va siempre seguida con la designación de la hembra productora: "leche de cabra", "leche de oveja", "leche de burra", etcétera.

Como la leche cruda es un producto interesante bajo el punto de vista de la nutrición, y como no ha sufrido ningún tratamiento de sanitización que le permita asegurar una mejor conservación, su producción y comercialización deben ser severamente controladas para evitar los riesgos que pudiesen ocasionar en la salud.

Para ello debe:

- ❖ Provenir de animales exentos de brucelosis y tuberculosis
- ❖ De explotaciones bien establecidas
- ❖ Manipularse (ordeño, envasado, almacenamiento) en condiciones higiénicas satisfactorias
- ❖ Cumplir con criterios microbiológicos determinados (testigos de la contaminación) hasta la fecha límite de consumo (Loquet, 1993).

## 1.4 CLASIFICACIÓN

Dependiendo de la cantidad de grasa butírica y tipo de grasa del producto en la NOM-155-SCFI-2003 se definen los siguientes tipos de leche:

**Entera:** producto sometido o no al proceso de estandarización, a fin de ajustar el contenido propio de la leche, al menos a 30 gramos de grasa butírica por litro.

**Parcialmente descremada:** productos sometidos a un proceso de estandarización a fin de ajustar el contenido de grasa, entre 6 a 28 gramos de grasa butírica por litro.

**Descremada:** productos sometidos a un proceso de estandarización a fin de ajustar el contenido de grasa, a un máximo de 5 gramos de grasa butírica por litro.

**Deslactosadas:** la que ha sido sometida a un proceso de transformación parcial de la lactosa, por medios enzimáticos, en glucosa y galactosa.

## 1.5 COMPOSICIÓN

La composición de la leche es una mezcla de lípidos, proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales. Se considera que la leche tiene tres componentes fundamentales: agua, grasa y sólidos no grasos. La materia orgánica de la porción no grasa consiste, en su mayoría, en caseína y proteína del suero, junto con lactosa y los ácidos láctico y cítrico. La composición media de la leche en lo que respecta a las principales clases mayoritarias de componentes y el intervalo de valores medio del ganado vacuno en Occidente se indica en la tabla 1.

**Tabla 1. Composición de la leche vacuna en las razas occidentales**

Porcentaje	Componente medio	Intervalo para las razas occidentales <sup>a</sup> (porcentajes medios)
Agua	86.6	85.4 - 87.7
Grasa	4.1	3.4 - 5.1
Proteína	3.6	3.3 - 3.9
Lactosa	5.0	4.9 - 5.0
Ceniza	0.7	0.68 - 0.74

<sup>a</sup> las razas occidentales incluyen Guernsey, Jersey, Ashire, Parda suiza, Shorthorn y Holstein

Los principales factores que influyen sobre la composición y propiedades de la leche son:

- ❖ La especie, la raza y el individuo (factores genéticos)
- ❖ La fase de lactación (que tiene un importante efecto; el calostro es muy diferente a la leche normal), la edad de la vaca, el número de lactaciones y la gestación (factores fisiológicos)
- ❖ Los estados patológicos, en especial la mastitis.
- ❖ La alimentación, el clima, el sistema de ordeño, es decir factores ambientales y de manejo.

Además pueden llegar a la leche compuestos extraños, bien desde la propia vaca o después del ordeño, que producen un importante aumento en la variabilidad. Por ejemplo pesticidas, antibióticos, etc. (Walstra *et al*, 2001).

### 1.5.1 PROTEÍNAS

La leche contiene 30 – 36 g / L de proteína total y alcanza calidades nutritivas de valor muy alto. En la glándula mamaria se encuentran seis productos genéticos mayoritarios  $\alpha_1$ -caseína,  $\alpha_2$ -caseína,  $\beta$ -caseína,  $\kappa$ -caseína,  $\beta$ -lactoglobulinas y  $\alpha$ -lactoalbúminas. Las proteínas de la leche se clasifican como caseínas o proteínas del suero (Fennema, 2000).

Normalmente se distingue entre la caseína, que precipita a pH 4.6 y las otras proteínas que se denominan proteínas del suero y que no precipitan como las caseínas al menos que hayan sido desnaturalizadas por el calor u otros tratamientos (Amiot, 1991).

Se considera normalmente como proteína láctea a la suma de todas las moléculas nitrogenadas que se determinan como tales mediante el método de Kjeldahl (Schlimme y Buchheim, 2002). Frecuentemente se hace la clasificación de las proteínas de la leche con base en los componentes obtenidos por el método de separación fraccionada. Este método distingue entre caseína, albúmina y globulina (Spreer, 1991).

Las proteínas lácteas están constituidas por los grupos de caseínas, proteínas del suero, proteasas-peptonas, proteínas de la membrana del glóbulo graso que se pueden diferenciar

en función de su perceptibilidad y solubilidad. La función primaria de las proteínas con función nutricional es el aporte suficiente de aminoácidos esenciales y de nitrógeno orgánico (Schlimme y Buchheim, 2002).

### **Caseínas**

El principal grupo de proteínas lácteas lo constituyen las caseínas, que se sintetizan en la glándula mamaria. La fracción de caseína está formada por los siguientes componentes con el contenido medio (porcentaje en peso del total de caseínas),  $\alpha_1$ -caseína (38%),  $\alpha_2$ -caseína (10%),  $\beta$ -caseína (36 %) y  $\kappa$ -caseína (13%) A estas se les une además, no como proteína láctea original, la  $\gamma$ -caseína (3%) que se libera a partir de la  $\beta$ -caseína por acción de la enzima lácteo plasmina. También pertenece a las caseínas la fracción proteasa-peptona que está constituida mayoritariamente por fragmentos N-terminales de  $\beta$ -caseína liberados por plasmina. Esta enzima es resistente al calor y sobrevive a tratamientos UHT, pero tiene un papel importante en la gelación de leches tratadas por UHT (Bastian y Brown, 1996).

Las caseínas son fosfoproteínas ya que poseen grupos fosfatos fuertemente ligados y, además establece enlaces con calcio. Por esta razón se habla de fosfocaseinato de calcio. (Spreer, 1991).

Las caseínas se encuentran en la leche fresca no refrigerada dispersas en forma coloidal en un 95 %, tienen diámetros que oscilan entre 0.02 y 0.4  $\mu\text{m}$  y contienen entre 20 y 300.000 moléculas de caseína. La formación de micela de caseína se produce en el interior de las vesículas de Golgi en las células de la glándula mamaria, de las cuales son liberadas al lumen de la glándula junto con otros componentes del plasma lácteo (proteínas del suero, lactosa, minerales, enzimas, vitaminas) mediante exocitosis (Schlimme y Buchheim, 2002).

### Caseína $\alpha_1$

La  $\alpha$  caseína es la más abundante de las caseínas y constituye del 38 al 42 % de las caseínas micelares, los péptidos resultantes de su hidrólisis contribuyen al sabor en productos lácteos. Está compuesta por dos fracciones  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$

La Caseína  $\alpha_1$  es la caseína mayoritaria de la micela en la leche bovina. El subíndice “S” significa sensible a las sales de calcio. Se conocen cinco variantes genéticas (A, B, C, D, E ordenadas de mayor a menor movilidad electroforética) que se denominan  $\alpha_1$ -A,  $\alpha_1$ -B, etc. La secuencia de la caseína  $\alpha_1$  (de vaca, *Bos taurus*) esta compuesta por 199 aminoácidos con una masa molecular de 23.619 g/mol.

### Caseína $\alpha_2$

Es la más hidrofílica de todas las caseínas debido a que contiene en mayor número residuos catiónicos por lo que es precipitable con iones calcio, se conocen actualmente cuatro variantes genéticas (A, B, C y D) Otras caseínas que se denominaron  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$ ,  $\alpha_5$  y  $\alpha_6$  pertenecen a la familia de las caseínas  $\alpha_2$ . Estas tienen la misma estructura primaria y se diferencian únicamente en el grado de fosforilación. La cadena peptídica de la caseína  $\alpha_2$  contiene 207 aminoácidos y tiene una masa molecular de 25.230 g/mol. Se caracteriza por su bajo contenido de prolina y al igual que la  $\kappa$ -caseína, contiene dos residuos de cisteína por molécula (Fox y McSweeney, 1998).

### $\beta$ -caseína

La  $\beta$ -caseína se encuentra en las micelas casi en las mismas proporciones que la caseína- $\alpha_1$  y es la caseína más hidrófoba. La  $\beta$ -caseína se rompe en péptidos de sabor amargo y constituye del 34 al 36 % de las proteínas micelares Se conocen actualmente 7 variantes genéticas ( $A^1$ ,  $A^2$ ,  $A^3$  B, C, D y E) que se denominan  $\beta$ -caseína  $A^1$ ,  $\beta$ -caseína  $A^2$ , etc. La  $\beta$ -caseína esta formada por 209 residuos de aminoácidos, en donde arginina se encuentra en el extremo N-terminal y valina en el C-terminal. Estudios posteriores han demostrado la existencia de la  $\gamma$ -caseína, resultado del rompimiento de la  $\beta$ -caseína en el enlace Lys<sub>28</sub>-Lys<sub>29</sub>. La  $\gamma$ -caseína tiene un punto isoeléctrico de 5.8 y un peso molecular de 11 kDa (Ilardham, 1999).

#### $\kappa$ -caseína

La  $\kappa$ -caseína se encuentra en la micela de caseína en una proporción de alrededor del 13% y está considerada como un componente esencial para la estabilidad de la micela. Se conocen actualmente dos variantes genéticas (A y B) que se denominan  $\kappa$ -caseína A y  $\kappa$ -caseína B.

La cadena peptídica de la  $\kappa$ -caseína (vaca, *Bos taurus*) está constituida por 169 aminoácidos y tiene una masa molecular de 19.007 g/mol. La  $\kappa$ -caseína tiene propiedades fisicoquímicas que tienen consecuencias en el estado físico de la leche como son: se mantiene soluble cuando las demás proteínas precipitan, tiene la capacidad de estabilizar a otras caseínas contra la precipitación en presencia de calcio por la formación de micelas coloidales, es la única proteína que contiene cadenas laterales de carbohidratos, al igual que contiene residuos de cisteína (Olvera, 2002).

Las caseínas  $\alpha$  y  $\beta$  son sensibles al ion calcio, mientras que las caseínas  $\kappa$  tienen un papel estabilizante de las micela de caseína frente al ion calcio. Las caseínas  $\alpha$  son las mas ricas en fósforo, también son ricas en grupos ácido libres.

#### **Proteínas del suero**

Las proteínas del suero (20 %) son junto a las caseínas (80%) las proteínas mayoritarias de la leche. Permanecen disueltas en el suero tras la precipitación ácida de las caseínas a un pH de 4,6 y 20° C o tras la coagulación enzimática de las caseínas. Los componentes principales de las proteínas globulares del suero, que en la leche se encuentran sobre todo disueltas, son (contenido medio en porcentaje de la fracción de proteínas del suero):  $\beta$ -lactoglobulina (56%),  $\alpha$ -lactoalbúmina (21 %), seroalbúmina (7%), inmunoglobulinas (14%) y lactoferrina (2%). Las proteínas del suero ( $\beta$ -lactoglobulina,  $\alpha$ -lactoalbúmina y seroalbúmina) se denominan conjuntamente fracción de albúmina y la lactoferrina y las inmunoglobulinas, fracción de globulinas (Schlimme y Buchheim, 2002).

Son proteínas termosensibles y se desnaturalizan por el calor a temperaturas superiores a los tratamientos de pasteurización. Cuantitativamente representan el 20 % de las proteínas totales. En la leche normal, el 80 % de ellas son lactoalbúminas, pero en el calostro, las lactoglobulinas son las mayoritarias. En el aspecto nutritivo estas proteínas son más ricas que las caseínas en aminoácidos esenciales a menudo deficitarios: lisina, metionina y triptófano (Amiot, 1991).

En su composición intervienen la mayor parte de los aminoácidos, lo que favorece la estabilidad de las mismas en medios ácidos, en comparación con las propias caseínas, por lo que su valor nutritivo es mejor (Keating y Gaona, 1999)

### **Sustancias nitrogenadas no proteicas**

Constituyen una pequeña proporción de la leche con una gran cantidad de sustancias de peso molecular aproximado a 5 KDa; son dializables y permanecen solubles a pH 4.5 – 4.6 (Olvera, 2002).

## **1.5.2 CARBOHIDRATOS**

Representan el mayor aporte de energía. En la leche la lactosa es el principal carbohidrato y se encuentra en dispersión molecular. Es un disacárido formado por glucosa y galactosa con un enlace  $\beta$ -O-glicosídico. El enlace se produce entre el C1 de la galactosa y el C4 de la glucosa mediante una unión por medio del oxígeno, se trata por lo tanto de la 4-O- $\beta$ -D-galactopiranoil-D-glucopiranososa (Schlimme y Buchheim, 2002).

Existen dos formas químicas de la lactosa: Alfa lactosa (37%) y beta lactosa (63%), con una relación de equilibrio  $\beta/\alpha = 1.68$  a 20 ° C. La forma  $\beta$  es mucho más soluble que la forma  $\alpha$ . En la leche la lactosa oscila del 47 al 52 g / L y es el componente menos variable, por lo que es útil para determinar aguados de la leche u otras alteraciones de ésta (Keating y Gaona, 1999).

El calor afecta a la lactosa a temperaturas superiores a 110° C. A esta temperatura la lactosa hidratada ( $\alpha$  lactosa) pierde su agua y se transforma en lactosa anhidra. A temperaturas superiores a los 130 ° C se produce su caramelización, pero tiende igualmente a combinarse con los compuestos nitrogenados de la leche, conociéndose este fenómeno como "reacción de Maillard". Esta reacción produce un pardeamiento de la leche y puede observarse en leches esterilizadas. La reacción del grupo aldehído de la lactosa con el grupo  $\epsilon$ -amino de la lisina, ocurre incluso bajo tratamientos más suaves y la reacción continua lentamente durante el almacenamiento (AlKanhhal *et al*, 2001).

La lactosa juega un importante papel tecnológico en todos los procesos de acidificación de la leche ya que representa el sustrato nutritivo para las bacterias lácticas (Spreer, 1991).

En países tales como México la intolerancia a la lactosa suele ser uno de los problemas comunes por los cuales no se complementa la alimentación con leche ya que la carencia de la enzima llamada lactasa ( $\beta$ -galactosidasa) la cual se encarga de descomponer la lactosa en una forma que pueda ser absorbida a través del torrente sanguíneo, es la causa principal de este trastorno. Un porcentaje elevado de las poblaciones africanas y asiáticas y americanas producen menos  $\beta$ -galactosidasa intestinal que los europeos. En consecuencia, la indigestión de la lactosa se encuentra frecuentemente en esas poblaciones. Los síntomas de indigestión de la lactosa son diarrea, producción de gases y calambres abdominales. Mediante la hidrólisis enzimática exógena de la lactosa se modifican su solubilidad, su dulzor, su poder reductor y su fermentabilidad y se consigue sobre todo hacerla comestible a los consumidores intolerantes a la lactosa (Fennema, 2000).

Otra cuestión importante durante el tratamiento térmico de la leche es la presencia de lactulosa, que se forma en los productos lácteos calentados y que es más dulce que la lactosa y considerablemente más soluble (Belitz y Groch, 1997). En consecuencia la determinación de lactulosa permite el control de la intensidad del tratamiento de la leche de consumo, así es un indicador químico adecuado del calentamiento sobre todo para diferenciar la leche UHT de la leche esterilizada. Investigaciones sobre la formación de lactulosa durante el almacenamiento han revelado que aunque el contenido de esta aumenta

con la duración y la temperatura de almacenamiento, este aumento es independiente del contenido inicial de lactulosa en la leche al comienzo del almacenamiento.

En la isomerización de lactosa se forma en la porción de glucosa de la sacarosa un 1,2-enodiol a partir del anillo abierto de la estructura del aldehído; en la subsiguiente reformación del anillo del hemiacetal se vuelve a formar otra vez lactosa o epilactosa (4-O- $\beta$ -D-galactopiranosil-D-manosa) así como lactulosa (4-O- $\beta$ -D-galactopiranosil-D-fructosa) (Schlimme y Buchheim, 2002).

La lactulosa produce galactosa y fructosa cuando se somete a hidrólisis ácida o enzimática, se determina por métodos enzimáticos, por cromatografía en columna con otros azúcares o por HPLC, empleando una columna de intercambio iónico con ácido sulfónico y la detección en el infrarrojo (Kirk *et al*, 2000).

### 1.5.3 LÍPIDOS

La grasa de la leche, también llamada grasa butírica, está compuesta principalmente por acilgliceroles (98-99%), los más abundantes son los triglicéridos, sin embargo también se pueden encontrar fosfolípidos, colesterol, acilcolesterol y ácido grasos libres (Jiménez, 2005).

Los ácidos grasos de la grasa láctea cuantitativamente más importantes son los que tienen un número par de carbonos, no son ramificados, están saturados y tienen una longitud de cadena entre C<sub>4</sub> y C<sub>18</sub> así como los C<sub>18</sub> insaturados sencillos, dobles o triples (Schlimme y Buchheim, 2002).

La grasa se encuentra en forma de glóbulos grasos: en cierto modo, la leche es una emulsión de grasa en agua. La zona superficial o la membrana del glóbulo graso no es una capa de adsorción compuesta por una única sustancia, sino que está compuesta por muchos componentes y su estructura es muy compleja. El peso que representa la membrana es aproximadamente el 2 % de la grasa. Una pequeña parte de los lípidos de la leche se

encuentra fuera de los glóbulos grasos. No toda la materia grasa en el interior de los glóbulos está en forma líquida, ya que una fracción puede estar cristalizada. Todas las reacciones entre el resto de los componentes de la leche y la materia grasa tienen lugar a través de la membrana del glóbulo graso. Los glóbulos grasos pueden concentrarse por descremado o por centrifugación y en este proceso se obtienen la leche descremada y crema (Walstra *et al*, 2001).

En la leche de vaca el contenido de grasa varía debido a una serie de factores como lo son: la raza, la edad, la alimentación y la salud del animal. Sin embargo, los valores más comunes se encuentran entre 32 y 42 g de grasa por litro (Keating y Gaona, 1999).

#### **1.5.4 Minerales**

El contenido en sales de la leche supone un 1 % y comprende a las sustancias minerales, a los elementos traza y al citrato y se determina analíticamente como el contenido de cenizas. Algunos componentes salinos de la leche se encuentran en diferentes estados de solubilización y de unión a otros componentes estando en un equilibrio dinámico con otros componentes de la leche que están dispersos (glóbulos grasos emulsionados), en estado coloidal (micelas de caseína) o disueltos (entre otros, las proteínas del suero). Se puede diferenciar entre componentes salinos ionizados, complejados en fase coloidal o en dispersión, esto quiere decir que se establece un equilibrio entre componentes salinos disociados y no disociados. Este estado denominado el equilibrio salino de la leche, depende de la temperatura y se desplaza al enfriar o calentar la leche. Al enfriar la leche se produce un leve aumento, reversible, del pH. Al calentar la leche tanto el grado de descenso del pH como el tiempo y el nivel de recuperación de valores normales dependen del tiempo y la temperatura (Schlimme y Buchheim, 2002).

En la composición salina de la leche se producen variaciones importantes que contribuyen a explicar las diferencias estacionarias y regionales en el comportamiento de la leche. En general la composición de la leche de las vacas enfermas tiende a parecerse a la de la sangre. Por esta razón, las leches mastíticas son más saladas (cloro, sodio) y más pobres en

calcio, magnesio, fósforo y potasio que las leches normales. Las leches del principio y final de la lactación contienen menor cantidad de ácido cítrico y potasio pero más cloro, sodio, calcio y magnesio que las leches en plena lactación. La composición de las sales se modifica también por la alimentación del animal.

Una parte de los minerales se encuentra en forma coloidal asociada con las caseínas; este es el caso de los fosfatos y citratos de calcio y magnesio. Todo el azufre, una parte del fósforo y muchos de los oligoelementos se encuentran en combinaciones orgánicas (Amiot, 1991).

En lo que respecta a su comportamiento frente los tratamientos térmicos, las sales de la leche son de dos tipos: las que no sufren ninguna modificación como el sodio, potasio, cloro y azufre y las que resultan afectadas por el calentamiento como el calcio, magnesio, citrato y fosfato. El tratamiento modifica los equilibrios de las sales de calcio produciendo una disminución en el calcio soluble y la precipitación del fosfato cálcico.

### **1.5.5 Vitaminas**

Las vitaminas son compuestos naturales indispensables y pertenecen por lo tanto desde el punto de vista fisiológico-nutritivo al grupo más importante de componentes minoritarios.

La leche contiene todas las vitaminas necesarias para la vida, pero en cantidades diferentes que no en todos los casos son suficientes. El contenido de vitaminas de la leche cruda depende fundamentalmente de la alimentación y del estado de salud de los animales al igual que los tratamientos y transformaciones a los que se somete la leche pueden rebajar el contenido vitamínico (Spreer, 1991).

Este grupo de sustancias minoritarias, que pertenece a diferentes clases de sustancias químicas y que se encuentran en la leche en el intervalo de microgramos por mililitros, pueden ser solubles en agua, en cuyo caso se encuentran en el suero, o solubles en grasas, apareciendo junto a la grasa láctea, durante el procesado las vitaminas liposolubles se separan con la crema y las hidrosolubles permanecen en la leche descremada o el suero. Las vitaminas liposolubles A (retinol), D (colecalfiferol), E (tocoferol), y K (poliquinona,

menaquinona) aparecen en la fase grasa, y por el contrario los productos pobres en grasa como la leche descremada presentan mayor cantidad de vitaminas hidrosolubles: B (tiamina), B2 (riboflavina), ácido nicotanamídico (niacinamida), ácido nicotínico (niacina), ácido fólico, ácido pantoténico (piridoxal), B12 (cianocobalamina), C (ácido ascórbico) y H (biotina). Las vitaminas de la leche proceden directamente de los alimentos y del metabolismo de la flora intestinal y estómago del propio mamífero. Los contenidos de vitaminas no son constantes sino que están sometidos a variaciones dependientes de la alimentación, de la flora intestinal, del estadio de lactación y el estado sanitario del animal (Schlimme y Buchheim, 2002).

Las leches pasteurizadas y UHT tienen un espectro muy similar en las pérdidas vitamínicas, aunque son mayores en la leche UHT. Las vitaminas liposolubles A, D, E y las vitaminas hidrosolubles biotina, ácido nicotínico, ácido pantoténico y riboflavina, son relativamente estables al calor y no se producen pérdidas detectables de las mismas durante la pasteurización ni en la mayor parte de los tratamientos UHT. Durante la pasteurización se pierde menos del 10 % de ácido fólico, tiamina, vitamina B6 y vitamina B12; las pérdidas de vitaminas B6 son ligeramente mayores en el tratamiento UHT. Las pérdidas más importantes se producen en la vitamina C, cuyo contenido total (ácido ascórbico y ácido dehidroascórbico) se reduce el 10 - 25 % durante la pasteurización y el 25 % o más durante el tratamiento UHT. Las pérdidas en el contenido total de vitamina C se deben casi por completo a la inestabilidad al calor de la forma oxidada, el ácido dehidroascórbico y por lo tanto pueden reducirse limitando la cantidad de oxígeno disuelto que contiene la leche.

### **1.5.6 Enzimas**

La leche contiene una gran cantidad de enzimas que tienen importancia analítica para determinar si ha habido calentamiento. La diferente sensibilidad térmica (inactivación) de las diversas enzimas lácteas permite predecir el tipo y magnitud del tratamiento térmico.

Aunque presentes en pequeñas cantidades, las enzimas tienen gran influencia sobre la estabilidad de los productos lácteos. Sus efectos son más importantes a medida que la industria adopta el procesado a alta temperatura o temperatura ultra alta y largos periodos

de almacenamiento a veces a temperatura ambiente. Estas condiciones favorecen la supervivencia de la actividad enzimática o reactivación y el más largo período de almacenamiento permite que con el tiempo ocurran reacciones catalizadas enzimáticamente (Fennema, 2000).

Se han encontrado hidrolasas, entre otras: amilasas, lipasas, esterases, proteinasas y fosfatasas. También están presentes inhibidores de las proteinasas. Así como oxirreductasas importantes: aldehidodehidrogenasa (xantinoxidasa) lactoperoxidasa y catalasa (Belitz y Groch, 1997).

### **1.6 Propiedades Físicas y químicas.**

#### Aspecto

La coloración de una leche fresca es blanca; cuando es muy rica en grasa presenta una coloración ligeramente crema, debida en parte al caroteno contenido en la grasa de la leche: de vaca (Keating y Gaona, 1999).

El color de la leche tiene una cierta importancia en la industria lechera porque a menudo se considera como indicativo de su riqueza en grasa. La reflexión de la luz sobre las partículas opacas en suspensión (micelas de caseína, glóbulos grasos, fosfatos y citratos de calcio) da a la leche su color blanco. El color azulado de la leche descremada se debe a que contiene pocas partículas de gran tamaño en suspensión (Amiot, 1991).

#### Olor

La leche fresca casi no tiene un olor característico, pero debido a la presencia de la grasa, la leche conserva con mucha facilidad los olores del ambiente o de los recipientes en los que se le guarda.

#### Sabor

La leche fresca y limpia tiene un sabor medio dulce y neutro por la lactosa que contiene, y adquiere, por contacto, fácilmente sabores a ensilaje, hierba, etcétera.

### Densidad

La densidad de la leche es igual al peso en kilogramos de un litro de leche a una temperatura de 15 ° C. La densidad generalmente se expresa en grados de densidad, fluctuando estos valores de 1.028 a 1.034, con un promedio de 1.031/32. Cuando se determina la densidad de la leche, el valor observado en el lactodensímetro debe corregirse con base en una temperatura de 15 ° C, agregándose o sustrayéndose un factor 0.0002 por cada grado centígrado registrado arriba o abajo de la temperatura mencionada (de preferencia, debe hacerse entre los límites de 10 ° C y 36 ° C.).

La densidad de la leche depende de la combinación de densidades entre sus diferentes componentes (Keating y Gaona, 1999).

La adulteración de la leche por descremado o por dilución con leche descremada aumenta la densidad, mientras que el aguado la disminuye.

### pH

Las variaciones del pH dependen del estado sanitario de la glándula mamaria; de la cantidad de CO<sub>2</sub> disuelto en la leche, del desarrollo de los microorganismos que al desdoblar la lactosa, promueven la producción de ácido láctico, del desarrollo de algunos microorganismos alcalinos, etc. El pH de una leche normal varía entre 6.2 y 6.8, pero la mayoría de las leches tiene un pH comprendido entre 6.4 y 6.6. El calostro es más ácido que la leche normal, mientras que la leche del final de lactación y de las vacas enfermas tiene generalmente un pH más elevado, próximo al de la sangre (Amiot, 1991).

### Acidez

La acidez presentada por la leche cruda a la titulación empleada es la resultante de cuatro reacciones, de las cuales las tres primeras representan la acidez natural.

#### a) Acidez natural

1. Acidez de la caseína anfotérica cerca de 2/5 de la acidez natural.
2. Acidez de las sustancias minerales, CO<sub>2</sub> y ácidos orgánicos originales, cerca de 2/5 de la acidez natural.
3. Reacciones secundarias de los fosfatos, cerca de 1/5 de la acidez natural.

b) Acidez desarrollada

Debido a la formación de ácido láctico a partir de lactosa por intervención de bacterias contaminantes

Generalmente una leche fresca posee una acidez de 0.15 a 0.16 %; los valores menores de 0.15 pueden ser debidos a leches mastíticas, aguadas, o bien alteradas con algún producto químico alcalinizante. Los porcentajes mayores de 0.16 son indicadores de contaminantes bacterianos (Keating y Gaona, 1999).

Los cambios de acidez que se producen en el curso de los tratamientos, pueden influir sobre la estabilidad de los componentes de la leche. El calentamiento origina pérdidas de gas carbónico. A temperaturas elevadas, el fosfato tricálcico puede precipitar y produce un aumento de acidez debido a la disociación de radicales fosfato. El calor puede también descomponer la lactosa en diversos ácidos orgánicos o neutralizar los grupos aminos de las proteínas.

Punto de congelación.

Una de las características más constantes de la leche es el punto de congelación que, en general, es de  $-0.539^{\circ}\text{C}$  como valores promedio, teniendo un intervalo que va de  $-0.513^{\circ}\text{C}$  a  $-0.565^{\circ}\text{C}$ . Las sales y la lactosa son los componentes de la leche que, por encontrarse en solución viscosa, influyen en el punto de congelación. El resto de los componentes no influyen sobre esta propiedad. La acidez induce a una baja del punto de congelación.

Punto de ebullición.

La temperatura de ebullición de la leche se inicia a los  $100.17^{\circ}\text{C}$  al nivel del mar; sin embargo, puede inducirse este fenómeno a menor temperatura con sólo disminuir la presión del líquido, práctica que se aplica en la elaboración de leches concentradas al evaporar, mediante vacío, parte del agua de la leche a una temperatura de  $50$  a  $70^{\circ}\text{C}$ . Por lo tanto, este proceso tiene la ventaja de no afectar los componentes de la leche.

Índice de refracción.

El índice de refracción es el valor que expresa el ángulo de desviación de la luz al pasar del aire a la leche. Este valor fluctúa entre 1.3440 y 1.3485 y es el resultante de la combinación de los índices de refracción de todos los componentes de la fase discontinua (solutos) y continua (agua) de la leche.

Agua y sólidos de la leche.

La leche está formada de aproximadamente 87.5% de agua y 12.5% de sólidos o materia seca total. Materia seca de la leche. La materia seca está formada por los compuestos sólidos de la leche. Estos sólidos, que en la leche de vaca constituye un promedio de 12.5%, pueden ser determinados directamente por la aplicación de calor para evaporar la fase acuosa de la leche. Los sólidos lácteos, son los componentes propios de la leche como; proteínas, caseínas, lactoalbúminas, lactosa, grasa, sales minerales entre otros.

Agua. La leche suministra gran cantidad de agua, puesto que contiene aproximadamente 90 %, por lo que es susceptible a adulteraciones por adición de la misma. El volumen de agua es regulado por la lactosa que posteriormente es transportada y distribuida al torrente sanguíneo (Amiot, 1991).

## **1.7 LECHE UHT**

La leche cruda es un producto que tiene una vida útil extremadamente corta si no es expuesta a tratamientos térmicos adecuados, ya que es un fluido biológico de características bioquímicas complejas susceptible de experimentar pérdidas en su calidad, pues está formada por glóbulos de grasa suspendidos en una solución que contiene el azúcar de la leche (lactosa), proteínas (fundamentalmente caseína) y sales de calcio, fósforo, cloro, sodio, potasio y azufre. No obstante lo anterior, puede igualmente sufrir cambios deteriorativos, aún después de ser procesada térmicamente debido a recontaminación o por el efecto de la actividad enzimática residual (Simpson *et al*, 2000).

Al ser una materia prima fácilmente perecedera, las bacterias que la contaminan pueden multiplicarse rápidamente y hacerla no apta para la elaboración ni para el consumo humano. El desarrollo de las bacterias puede retrasarse mediante la refrigeración. En ciertas condiciones, puede ser imposible aplicar la refrigeración por razones económicas y/o técnicas. Las dificultades para aplicar la refrigeración constituyen un problema especial en ciertas zonas de países en los cuales la producción lechera es incipiente o se halla en expansión. En tales situaciones, es conveniente tener la posibilidad de recurrir a un método diferente de la refrigeración para retrasar el desarrollo de las bacterias en la leche cruda durante la recogida y el transporte de la leche a las plantas de elaboración.

El consumo de leche cruda implica un riesgo alto de infecciones por patógenos transmitidos por leche, debido a que es un buen medio de crecimiento para los microorganismos por el gran contenido de agua, pH neutro y su gran variedad de nutrientes disponibles. A pesar de esto no es un medio ideal de crecimiento ya que muchos microorganismos no pueden utilizar la lactosa y por ello dependen de la proteólisis y lipólisis para conseguir carbono y energía. Además, la leche recién ordeñada contiene diversos inhibidores de crecimiento (lactoferrina y lactoperoxidasa) cuya eficiencia disminuye con el transcurso del tiempo. Las bacterias psicrótrofas que alteran la leche cruda y la pasteurizada y UHT son principalmente bacilos aerobios gram-negativo de la familia *Pseudomonadaceae* con algún representante de *Neisseriaceae* y de los géneros *Flavobacterium* y *Alcaligenes*. Típicamente el 65-70% de los aislamientos de la leche cruda pertenecen al género *Pseudomonas* Aunque en la leche cruda puede haber representantes de otros géneros, como *Bacillus*, *Micrococcus*, *Aerococcus* y *Staphylococcus* y de la familia *Enterobacteriaceae*, cuando la leche se conserva entre 3 y 7 ° C, corrientemente son sobrepasados en crecimiento por los aerobios obligados gram-negativos (especies de *Pseudomonas*). La microflora psicrótrofa de la leche generalmente es proteolítica y muchos de los aislamientos producen lipasas extracelulares fosfolipasas y otras enzimas hidrolíticas pero son incapaces de aprovechar la lactosa. (Doyle *et al*, 2000)

La leche comenzó a ser tratada con métodos térmicos como lo son la pasteurización y la ultrapasteurización (UHT, ultra-heat-treated), donde la leche UHT se comenzó a fabricar para cubrir la demanda de una leche que permaneciera estable durante un largo periodo de tiempo almacenado a temperatura ambiente y que además no presentara el desagradable gusto de la leche esterilizada (Varnam, 1995).

### **1.7.1 Manejo de la leche antes y después del tratamiento térmico**

Se debe resaltar la importancia de tomar las precauciones adecuadas en cada una de las diferentes etapas de la producción para obtener una leche UHT de buena calidad.

*La leche cruda.* Si no se puede suministrar a la leche cruda un tratamiento de termización, es conveniente tratarla en cuanto llega a la fábrica, para reducir al mínimo la producción de enzimas por las bacterias psicrótrofas.

Debido a que la leche se distribuye a granel a las centrales lecheras y se almacena antes del tratamiento en grandes silos refrigerados de acuerdo con las prácticas locales, la leche puede almacenarse en los silos durante cuatro días y en algunos casos, durante periodos más largos para permitir la utilización más eficiente de la planta. Durante este almacenamiento en refrigeración pueden crecer los microorganismos psicrótrofos y producir enzimas proteolíticas y lipolíticas termorresistentes, que pueden alterar la leche tratada (Varnam, 1995).

#### Clarificación

La clarificación consiste en aplicar sobre la leche una fuerza centrífuga para eliminar las partículas más densas, como restos celulares, leucocitos y sustancias extrañas, Sin este tratamiento, las partículas formarían un sedimento en la leche homogenizada.

La clarificación se realiza en una de las siguientes etapas:

- ❖ en el momento de la recepción de la leche cruda, antes de su almacenamiento en los tanques
- ❖ entre el almacenamiento y la estandarización
- ❖ entre la estandarización y la entrada al pasteurizador
- ❖ entre la sección de recuperación y la de calentamiento del pasteurizador de placas.

### Estandarización

Las firmas comerciales ofrecen al consumidor diversos tipos de leche con distinto contenido en materia grasa, que deben cumplir las normas composicionales establecida por la legislación. En la práctica esto implica un control preciso del porcentaje de materia grasa durante la estandarización del producto, no solo para atenerse a la reglamentación, sino también para conseguir un buen rendimiento económico.

De acuerdo a la NOM-155-SCFI-2003 la estandarización es el proceso por el cual se ajusta el contenido de grasa y/o sólidos propios de la leche, formula láctea y producto lácteo combinado, al nivel correspondiente de acuerdo a su denominación.

La homogeneización de la leche de consumo es una práctica generalizada porque presenta la ventaja de estabilizar la emulsión grasa y mantenerla uniformemente dispersa en el líquido. Por otra parte, este tratamiento confiere a la leche un sabor más dulce y una textura más suave y untuosa para el mismo contenido en materia grasa. Una consecuencia físico-química de la homogeneización es la modificación de la estabilidad de las proteínas, y la leche homogeneizada coagula más fácilmente por el calor que la misma leche no homogeneizada. Además el coágulo que se forma es más blando, más poroso y más permeable. La eficacia de la homogeneización depende principalmente de tres factores: la temperatura, la presión y el tipo de válvula utilizado. Las características mecánicas del homogeneizador, la incorporación de aire, en el circuito y la naturaleza de los productos tratados (Amiot, 1991).

El tratamiento. La relación tiempo/temperatura de tratamiento debe seleccionarse no sólo en función de su valor letal, sino también en función del valor de inactivación de las enzimas termoestables.

Los microorganismos requieren una determinada temperatura para su crecimiento. Cuando se sobrepasa esa temperatura, inicialmente la velocidad de desarrollo se reduce y eventualmente, se detiene. Los microorganismos y las esporas son destruidos por el calor cuando se someten a una temperatura alta durante cierto tiempo. La temperatura y tiempo necesarios para destruir un microorganismo concreto o esporas depende de su termorresistencia (Early, 2000).

La prueba de fosfatasa se prescribe para valorar la eficiencia de la pasteurización y la prueba de la turbidez se aplica a la leche esterilizada. La leche UHT y la leche esterilizada que se calienta por el método de flujo continuo deben de cumplir con la prueba de conteo de colonias; la leche UHT tratada por inyección de vapor debe contener los mismos porcentajes de grasa de leche y valor medio de sólidos no grasos, antes y después del tratamiento (Kirk *et al*, 2002).

El almacenamiento; como las enzimas no se inactivan al 100 %, el tiempo de conservación de la leche UHT, dependerá de la temperatura de almacenamiento. A una temperatura baja (10° C-15° C) se producirán más lentamente las reacciones enzimáticas, físicas (separación de la grasa) y químicas responsables de las alteraciones en el producto terminado (Amiot, 1991).

Los reglamentos prescriben que se aplique la prueba de azul de metileno a la leche no tratada y pasteurizada. Industrialmente se aplica con frecuencia la prueba de resazurina, para el trabajo de control rutinario la cual no es oficial (Kirk *et al*, 2002).

El tratamiento de la leche a ultra-alta-temperatura (UHT) se conoce desde hace más de un siglo: ya en 1893 se construyeron equipos que podían tratar la leche a 125 ° C durante 6 minutos. En 1909, se fabricó un sistema, tubular de funcionamiento continuo, capaz de calentar la leche 130°- 140 ° C. Sin embargo, hasta 1951 no fue posible el envasado aséptico por el procedimiento Martin Canning y diez años más tarde (1961) la compañía sueca Tetra-Pack comercializó la primera envasadora aséptica (Amiot, 1991).

El proceso UHT es usado en industrias lecheras para la esterilización de la leche. Implica calentar la leche a altas temperaturas (135-150 ° C) por 5 seg. El producto es enfriado y envasado asépticamente (Efigênia *et al*, 1997).

Así, la búsqueda de un producto que no sólo posea calidad, sino también estabilidad durante su comercialización, se convierte en un problema tecnológico complejo y se han diseñado procesos térmicos como pasteurización, de alta temperatura por corto tiempo (HTST) y de esterilización de ultra alta temperatura (UHT), entre otros, cuya denominación va a depender de la relación existente entre la temperatura y tiempo aplicada sobre el producto. Esto permite extender la vida útil del producto hasta en seis meses, sin embargo, de acuerdo con resultados reportados por Driessen después de un proceso UHT quedaría una actividad lipásica y proteásica residual, la que debe ser reducida si se pretende mantener el producto almacenado por largos períodos de tiempo a temperatura ambiente. Por ello, la optimización del proceso térmico UHT es de mucho interés económico para el sector. Sin embargo, estudios de optimización dinámica aplicados al proceso UHT son escasos (Simpson *et al*, 2000).

Los tratamientos térmicos aplicados a los productos lácteos persiguen muchos objetivos entre ellos:

- ❖ Destrucción de microorganismos para mejorar la calidad higiénica y prolongar la fecha límite de consumo de los productos.
- ❖ Inactivar algunas enzimas para mejorar la estabilidad de los productos durante su almacenamiento.

- ❖ Modificar la estructura de ciertas moléculas tales como las proteínas para influir en la textura del producto acabado, e incluso en el rendimiento.
- ❖ Generar productos de la reacción de Maillard para ciertas aplicaciones

De manera general, todo tratamiento térmico deberá tener en cuenta la conservación de las cualidades organolépticas y nutricionales del producto. Por ejemplo, se limitará la desnaturalización de las proteínas y la reacción de Maillard para evitar el pardeamiento, el gusto a cocido y la pérdida de lisina en el caso de estabilización de las leches de consumo (Jeantet *et al*, 2005).

Pueden ser usados indicadores químicos y biológicos para evaluar cambios inducidos durante el procesado y almacenamiento de la leche UHT. La intensidad del tratamiento térmico que recibe la leche puede ser estimado mediante la evacuación de lactulosa, furosina, 5-hidroximetilfurfural principalmente como se describe en la tabla 2 (Elliot *et al*, 2005).

**Tabla 2. Intervalos de concentración medios de lactulosa formada por el calor en la leche de consumo**

Leche tratada con calor	mg/kg
Leche pasteurizada <sup>a</sup>	< 50
Leche UHT	100 - 500
Leche esterilizada	600 – 1,400

<sup>a</sup> leche calentada a tiempo corto y temperatura alta

Schlimme y Buchheim 2002

Según Andrews, la leche pasteurizada que se somete a un ultratratamiento con calor (UHT) y se esteriliza, pueden diferenciarse por su contenido de lactulosa, donde los niveles mayores de 40 mg / 100 mL en leche UHT sugieren la incorporación de leche UHT reciclada. Al igual que encontró que los niveles de lactulosa en el intervalo en leches UHT comercial inicialmente incrementa y disminuye durante seis meses de almacenamiento (Elliot *et al*, 2005).

Los tratamientos térmicos que se aplican para destruir los microorganismos desencadenan reacciones químicas o fisicoquímicas que generalmente son indeseables. Al aumentar la temperatura de tratamiento, estas reacciones se aceleran, pero el coeficiente de destrucción bacteriana es considerablemente más elevado que la velocidad de las reacciones químicas.

El tratamiento térmico UHT mínimo necesario para destruir las bacterias produce la desnaturalización de la  $\beta$ -lactoglobulina, lo que implica una liberación de grupos sulfhidrilos (SH-), que tienen un efecto determinante sobre el sabor del producto. Estos grupos son los responsables del pronunciado sabor a cocido de la leche recién tratada. Las propiedades reductoras de estos grupos retrasan las reacciones de oxidación de la leche durante el almacenamiento (Amiot, 1991).

### **1.7.2 Etapas del proceso UHT**

La elaboración de la leche ultrapasteurizada comprende dos etapas: la esterilización y el envasado aséptico.

#### **Esterilización**

El tratamiento térmico se aplica de dos maneras: el tratamiento térmico directo, que consiste en la inyección de vapor en la leche o la dispersión de la leche en una cámara de vapor. Y el tratamiento indirecto que se suministra en un sistema de placas, un sistema tubular o la combinación de ambos.

### **1.7.3 Tratamiento indirecto**

Es un sistema donde el producto no entra en contacto con el medio de calentamiento, hay una transferencia de calor mediante placas (Maraña, 1992).

El calentamiento indirecto se suministra a la leche en intercambiadores de calor tubulares o de placas, muy parecidos a los utilizados para la pasteurización. Es necesario trabajar a mayores presiones para evitar que la leche ebulle a las altas temperaturas que se aplican. Como medio calefactor se utiliza agua caliente a presión o vapor y se tiende al empleo de

equipos de alta recuperación energética (del 85-90 %). Las plantas de alta eficacia tienen generalmente grandes sistemas de intercambio de calor y por lo tanto tiempos de permanencia más largos. Es decir, que aunque se mejore la eficacia en el funcionamiento, se producen cambios químicos de mayor importancia (Varnam, 1995).

El sistema de calentamiento indirecto presenta la ventaja de la elevada recuperación de calor y presenta la desventaja de dañar más el producto. Este hecho se suele despreciar en la práctica, pese a ello es el sistema de calentamiento más usado (Spreer, 1991).

#### **1.7.4 Tratamiento directo**

La producción de leche UHT por sistemas de calentamiento directo consiste en la mezcla directa de vapor sobrecalentado con la leche, que en consecuencia se calienta de forma prácticamente instantánea hasta la temperatura de esterilización necesaria (Varnam, 1995).

Las temperaturas de calentamiento oscilan entre los 140 ° C y los 150 ° C, siendo el tiempo de mantenimiento casi nulo. El agua que toma la leche se elimina posteriormente por expansión en la cámara de vacío, recobrándose de nuevo la composición inicial de la leche. Este sistema se caracteriza porque el vapor que es el medio de contacto de calentamiento y entra en contacto directo con el producto pudiendo ser por: inyección o por infusión (Maraña, 1992).

La leche que llega se calienta en la sección de regeneración del intercambiador de calor hasta 70-80 ° C antes de pasar al mezclador. Han sido muchos los esfuerzos realizados en el diseño de sistemas para mezclar la leche y el vapor; tanto desde el punto de vista de la calidad del producto como de la eficacia de la operación, ya que es deseable que el aumento de la temperatura sea muy rápido y que toda la leche se caliente con la misma intensidad. Básicamente se emplean dos sistemas de esterilización UHT; el sistema de inyección (vapor en leche) y el de infusión (leche en vapor) (Varnam, 1995).

Entre los problemas que suelen ocurrir es que los sedimentos sólidos de la leche ensucian las superficies de transferencia de calor, particularmente en los intercambiadores de calor siendo el mayor problema industrial (Sangeeta *et al*, 2005).

La ventaja que ofrece radica en la brevedad de los tiempos de calentamiento (0.5 – 1 s), lo que supone un tratamiento moderado del producto. Presenta las desventajas de necesitar un vapor de muy alta calidad y de obtenerse una recuperación térmica de tan solo 40 a 50 % (Spreer, 1991).

### **1.7.5 Envasado aséptico**

Una vez esterilizada, la leche debe mantenerse en un estado de asepsia total: el sistema de tratamiento puede conectarse directamente a una o más envasadoras o bien a un tanque de almacenamiento aséptico. La envasadora aséptica tiene que asegurar la esterilización del envase y disponer de una zona estéril para el llenado. Generalmente el envase se esteriliza con peróxido de hidrógeno a una concentración del 30-35 %, que seguidamente se evapora a una temperatura superior a 100 ° C, necesaria para esterilizar el papel.

### **1.7.6 ENVASES**

El envasado aséptico de la leche consiste en una serie de operaciones dirigidas a evitar la recontaminación del producto que ya ha sido esterilizado. De forma reducida las fases del proceso son:

- ❖ Preesterilización del material de envasado
- ❖ Formación del envase
- ❖ Llenado del envase
- ❖ Cierre hermético del envase

Durante el envasado los aspectos considerados incluyen; preferencias del consumidor por empaquetados prácticos, mercadotecnia y requerimientos de empaquetado, problemas asociados con envasados (efectos fotoquímicos, efectos de ionización) (Bonometti, 2005).

Actualmente uno de los formatos más utilizados para el envasado de la leche UHT es el paralelepípedo de cartón Tetra Brik. El material es laminado y está formado por las siguientes capas:

- ❖ Una lámina externa de polietileno de baja densidad que protege el cartón de la humedad ambiental y evita que se borren las impresiones.
- ❖ Una capa de papel cartón que confiere al envase resistencia y rigidez, en la que están impresos los textos, etc.
- ❖ Una capa de LDPE (polietileno de baja densidad) que sirve de unión entre el cartón y la lámina de aluminio
- ❖ Una lámina de aluminio que actúa de barrera para los gases e impide el paso de la luz al interior del envase, evitando la inducción de reacciones de auto-oxidación de la materia grasa y prolongando el tiempo de conservación del producto
- ❖ Una capa interna de LDPE que impide el contacto directo de la leche con la lamina de aluminio y con la que se hacen los cierres termosellados que dan su forma al envase (Early, 2000).

El envase está destinado a contener los productos lácteos en las redes de producción y distribución y debe reunir unas determinadas características: ser atractivo por su forma y presentación; proteger eficazmente al producto frente a las agresiones físicas, la luz y el calor; ser fácil de abrir; preservar el contenido de olores o sabores extraños; manipularse fácilmente; ser económico y adaptarse a las necesidades de la producción moderna.

En los sistemas más sencillos, el material de envasado se compone de polietileno, aluminio y papel laminado. Este tipo de material protege adecuadamente al producto frente a la luz y el aire (Amiot, 1991).

### **1.7.7 Envasadoras**

Para llevar a cabo operaciones que resulten eficientes los equipos utilizados para el envasado de los productos lácteos fluidos son diferentes según el tipo de envase empleado y la velocidad de la operación. Esencialmente son de dos tipos, los que funcionan por

gravedad y los llamados volumétricos; ambos tienen que cumplir las normas higiénicas de fabricación. Generalmente, las partes que están en contacto con el producto son de acero inoxidable y el equipo tiene un sistema de limpieza por recirculación (Amiot, 1991).

Uno de los puntos de control para prevenir la falta de calidad del producto es la limpieza del sistema la cual se lleva a cabo automáticamente por soluciones químicas, las camisas del tanque abastecedor de agua está dividida verticalmente en dos compartimentos independientes, uno para la solución alcalina y otro para la solución ácida. En los momentos previamente fijados pasan los detergentes al tanque de agua forzados por presión neumática y se someten posteriormente al enjuague con agua.

- ❖ Los procedimientos para una limpieza satisfactoria dependen de:
- ❖ La esterilización de los productos químicos adecuados
- ❖ La aplicación de los productos en la concentración correcta
- ❖ El contacto de las superficies del equipo con los productos químicos por periodos de tiempo establecidos
- ❖ El control de la velocidad del flujo de las soluciones de limpieza
- ❖ La temperatura correcta de los productos en solución
- ❖ En la esterilización del sistema todo el procedimiento es automático, de acuerdo a un programa de tiempo – temperatura, y se lleva a cabo con agua, con lo que se logran las condiciones asépticas de la maquinaria (Maraña, 1992).

El tratamiento UHT se considera como la revolución más importante en tecnología lechera desde la pasteurización H.T.S.T (High Temperature Short Time). Este procedimiento ofrece la doble ventaja de una larga conservación de la leche de consumo sin necesidad de refrigeración. De esta forma, la distribución resulta más económica porque se puede llevar a cabo, por ejemplo, semanalmente y sin límite de recorrido. Debido a su larga conservación, las devoluciones son muy escasas y se producen principalmente por la incorrecta manipulación del producto.

La elaboración de leche UHT permite una gran automatización. En este sentido, es importante que el equipo utilizado en este proceso disponga de un sistema automático de limpieza y desinfección (CIP, Clearing In Place) (Amiot, 1991).

A pesar de que la leche UHT es microbiológicamente estable a temperatura ambiente, las reacciones químicas que causan la alteración son dependientes de la temperatura y el almacenamiento no refrigerado reduce la vida útil de la leche.

En todos los casos el calentamiento es el punto clave en el procesado de la leche líquida, pero además intervienen otras operaciones que tienen cada una un propósito tecnológico distinto (Varnam, 1995).

### **1.8 Microorganismos en la leche UHT**

La leche constituye un excelente medio de cultivo para determinados organismos, sobre todo para las bacterias mesófilas y, dentro de éstas, las patógenas, cuya multiplicación depende principalmente de la temperatura y de la presencia de otros microorganismos competitivos o de sus metabolitos.

Evitar la contaminación y posterior proliferación de los microorganismos en la leche es un constante problema para quienes tienen a su cargo la producción y elaboración de este producto. Debido a esto, se han creado métodos para lograr bajar los niveles de contaminación, mediante un manejo más higiénico, lo que ha posibilitado un mejoramiento de la calidad higiénica. No obstante, las probabilidades de contaminación de la leche siguen existiendo, debido fundamentalmente a una incorrecta aplicación de los métodos recomendados (Magariños, 2000).

El proceso UHT en leches destruye aparentemente todos los microorganismos presentes las formas vegetativas, esporas y algunos organismos resistentes son incapaces de crecer en este producto bajo condiciones normales de almacenamiento, esto garantiza que la leche UHT tenga una larga vida de anaquel sin refrigeración (Elliot *et al*, 2005).

Como la leche UHT es un alimento poco ácido envasado asépticamente en recipientes herméticos, en principio podría pensarse que la preocupación fundamental respecto a la efectividad del tratamiento UHT es la destrucción de esporas de *Clostridium botulinum*. Sin embargo *C. botulinum* no supone ningún riesgo en estos productos ya que las esporas se destruyen con un calentamiento a 80 ° C durante 10 minutos. Aunque la efectividad de la esterilización de los productos enlatados se refiere a la destrucción de las esporas de *C. botulinum* y para ello son necesarias reducciones de 12D, no todos los alimentos se esterilizan envasados y por lo tanto se necesitan diferentes tratamientos esterilizantes. En la leche líquida se aplican temperaturas ultra altas y se obtienen productos UHT. Para establecer la efectividad de la esterilización, se utilizan *Bacillus stearothermophilus* y *Bacillus subtilis* y en general un efecto de reducción de 9D se considera suficiente para garantizar la seguridad del producto y para que tenga la capacidad de conservación necesaria

Aunque la alteración de la leche UHT por acción directa de las bacterias no se considera importante, se ha comprobado que la principal causa del final de la vida útil en las leches UHT es la proteólisis. Hay dos tipos importantes de enzimas termoestables: la plasmina y las proteasas secretadas por las bacterias psicrótrofas en la leche cruda (Early, 2000).

Aunque los microorganismos productores de lipasas pueden ser finalmente destruidos, no sucede lo mismo con sus enzimas, pudiendo actuar con posterioridad a los tratamientos térmicos. Esto provoca grandes problemas a la industria láctea, especialmente aquellas dedicadas a la "esterilización comercial" de leche y productos lácteos mediante proceso UHT, ya que las enzimas resistentes al tratamiento disponen de largos períodos para actuar.

## 1.9 Calidad de la leche

La calidad puede definirse desde distintos aspectos. Una definición clásica es “Calidad es la adecuación para el uso”. Un producto es adecuado para su uso cuando reúne las expectativas del usuario, sin embargo resulta difícil establecer cuáles son esas expectativas porque depende de los consumidores. Por lo cual se deben definir los criterios de calidad y el desarrollo de métodos para determinar cuando y en qué extensión se cumple un criterio (Walstra, *et al*, 2001).

Para la Secretaria de Salud en México los requerimientos de calidad corresponden a un grupo de especificaciones establecidas en reglamentos, NOM (normas oficiales), NMX (normas mexicanas) y relacionados con las propiedades de cada producto.

Al tener una política de mejoramiento de la calidad de los productos, se ha implementado un esquema de marcas oficiales que es de aplicación voluntaria y tiene como objetivo desarrollar nuevos productos de más alto valor, con base en la diferenciación de productos de alta calidad, a través de un signo distintivo (marca oficial), respaldado por certificaciones imparciales e independientes, que asegura al consumidor que el producto que está adquiriendo es de calidad superior. Aplicable para los productos lácteos donde se describen las especificaciones que deben cumplir la leche para poder ostentar la marca oficial que la identifique como producto de calidad superior.

Un producto de calidad superior es aquél cuyo consumo no representa un riesgo potencial para la salud humana y que cuenta con un valor agregado, dado por el origen y características de las materias primas, el control en los procesos desde la obtención hasta su comercialización, así como el envase, etiquetado y calidad de los productos (SAGARPA, 2005).

La calidad de la leche cruda destinada a la obtención de leches y cremas de consumo, además de otros productos lácteos, depende de numerosos factores relacionados con la producción de la granja. Algunos de estos aspectos deben controlarse mediante una buena

práctica ganadera y el cuidado de la salud y estado de los animales, buenas prácticas de ordeño y sistemas de limpieza y desinfección eficientes (Early, 2000).

Las citadas cualidades redundarán en beneficio de todos:

- Al productor, ya que recibirá mayores ingresos económicos por una mayor producción de leche, evitando pérdidas de todo orden y en los casos en que exista un pago de leche con base a la calidad, mayores ingresos por este concepto,
- para la industria lechera, debido a que la calidad de la leche resultará de un nivel tal que no será necesario el desvío de suministros insatisfactorios a otros usos, mayor valor de utilización y mejor calidad de los productos terminados,
- para el consumidor porque recibirá un producto de alto valor nutricional y sin riesgo para la salud.

Lo anterior establece claramente un incentivo importante para que no tan sólo la industria lechera, sino que también organismos de salud y los propios gobiernos, se inclinen hacia la implantación del pago de leche con base a la calidad como una medida integradora a nivel nacional, que permita alcanzar los beneficios anteriormente señalados (Magariños, 2000).

En el desarrollo de los procesos para la fabricación de los productos lácteos, es necesario tener en cuenta varias limitaciones, como la disponibilidad de personal entrenado, materias primas, equipamiento y conocimientos específicos, así como los aspectos legales.

El aseguramiento de la calidad tiene una importancia fundamental en cualquier elaboración y manipulación de alimentos. Conlleva un sistema coherente de actividades que asegure que el producto elaborado cumple unas determinadas normas de calidad.

En la conservación de la calidad de los alimentos influyen factores como la formulación y composición, las condiciones sanitarias durante el procesado y empaçado, el tipo de empaque y la temperatura de almacenamiento (Jiménez, 2005).

## 1.10 NORMATIVIDAD

Para evaluar la calidad de los productos que se presentan en el mercado se puede hacer referencia a una serie de documentos nacionales o internacionales en los cuales se hacen las especificaciones pertinentes que llevan a tomar la decisión de si cumple con los requerimientos o tiene un carácter de conformidad el producto.

Actualmente existe el “código del Codex Alimentarius” y Normas Internacionales, Métodos estándares de muestreo y análisis para los productos lácteos de la comisión alimentaria del Codex al igual que las normas de la Unión Europea (Kirk *et al*, 2002).

Por lo cual para realizar un análisis fisicoquímico en la leche, las medidas prácticas a tomar serán muy distintas según las condiciones locales, los problemas y las normativas, pero en cualquier caso la leche debe muestrearse y analizarse de forma regular (Walstra *et al*, 2001).

### 1.10.1 Normatividad Internacional

Dentro de la normativa más representativa Internacionalmente se encuentra el Codex Alimentarius donde se puede encontrar la Norma General del Codex para el uso de términos lecheros *CODEX STAN 206-1999 1* cuyo ámbito de aplicación es el uso de términos lecheros relacionados con los alimentos que se destinan al consumo o a la elaboración ulterior. Este documento señala la definición de leche y modificaciones que se le pueden aplicar al contenido de grasa y/o de proteínas siempre y cuando:

- ❖ Se venda solamente en los países de venta al por menor en que tal ajuste esté permitido
- ❖ Los límites mínimos y máximo del contenido de grasa y/o de proteínas (según sea el caso) de la leche ajustada se especifiquen en la legislación del país de venta al por menor. En este caso el contenido de proteínas deberá mantenerse dentro de los límites de variación natural en el país en cuestión
- ❖ El ajuste se haya realizado conforme a los métodos permitidos por la legislación del país de venta al por menor, y sólo mediante la adición y/o extracción de

constituyentes de la leche, sin alterar la relación de proteínas de suero respecto de la caseína

- ❖ se declare el ajuste de conformidad con la sección correspondiente de dicha Norma (Codex Alimentarius).

Las normas de la Comunidad Europea contenidas en el reglamento 1411/71/EEC enmendados por los reglamentos 1556/74/EEC y 566/76/EEC fueron implantados por los reglamentos para la leche para el consumo humano (Drink Milk Regulations) donde estos reglamentos restringen los contenidos de grasa, tratamientos térmicos, etiquetado entre otros aspectos. Según la normatividad de la Unión Europea, la leche UHT debe cumplir las siguientes exigencias:

- Haberse obtenido mediante calentamiento en flujo continuo de la leche cruda a una temperatura elevada durante un corto lapso de tiempo (como mínimo 135 ° C durante, por lo menos un segundo), con el fin de destruir todos los microorganismos residuales de descomposición y sus esporas. Después se debe proceder a su envasado aséptico en un recipiente opaco, o que el embalaje convierte en opaco, de modo que se reduzca a un mínimo de transformaciones químicas, físicas y organolépticas.
- Tener una conservabilidad tal que, en caso de controles aleatorios, no sea perceptible alteración alguna al cabo de 15 días, mantenida en un envase cerrado a una temperatura de 30 ° C. Siempre que resulte necesario podrá preverse también una permanencia de siete días en un envase cerrado a una temperatura de 55 ° C.
- En caso de que el procedimiento de tratamiento UHT de la leche se aplique por contacto directo de la leche y el vapor de agua, este será obtenido a partir de agua potable y no podrá dejar posos de sustancias extrañas en la leche ni afectarla negativamente. Además, la aplicación de este procedimiento no modificara el contenido de agua de la leche tratada.
- No contendrá sustancias farmacológicamente activas en cantidades superiores a los límites fijados por las autoridades
- En incubación a 30° C la leche cumplirá las siguientes exigencias:

- Contenido de microorganismos a 30 ° C (por 0.1 mL)  $\leq 10$
- Control organoléptico normal
- Sustancias farmacológicamente activas no deberán superar los límites fijados por las autoridades (Madrid, 1996)

El Reglamento establece condiciones de higiene generales para la leche de consumo tratada térmicamente y para otros productos lácteos. Estas condiciones afectan en particular a la preparación de la leche pasteurizada, la leche de tipo UHT y la leche esterilizada. En caso necesario, la autoridad competente puede autorizar condiciones especiales con el fin de tener en cuenta los métodos de producción tradicionales.  
<http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/f84002.htm>

### **1.10.2 Normatividad Nacional**

Existe la ley General de Salud y a su vez esta descansa en el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Productos de Bienes y Servicios y a su vez el reglamento se remite a las Normas Oficiales Mexicanas por lo que actualmente existen documentos que refieren a las especificaciones y requerimientos de carácter obligatorio como los son la NOM-184-SSA1-2002 y NOM-155-SCFI-2003. Quedando en segundo plano el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, donde las especificaciones son generales pues deben comprender parámetros aplicables a la mayoría de alimentos.

La NOM-184-SSA1-2002, Productos y servicios. Leche, Fórmula Láctea y Producto Lácteo Combinado. Se refiere a una clasificación de la leche como especificaciones sanitarias es un documento en el cual se señalan microorganismos que deben estar ausentes y establece el nivel máximo permitido de metales pesados, al igual de mencionar el control que se debe de llevar durante el proceso de fabricación, describe clasificaciones, especificaciones sanitarias y nutrimentales, muestreo, métodos de prueba, etiquetado, envase y embalaje. Esta Norma Oficial Mexicana no es equivalente con ninguna norma

internacional pero equivale parcialmente a la siguiente Norma Mexicana NMX-F-368-1983 Alimentos- leche fluida- fosfatasa residual métodos de prueba.

Por adulteración en los alimentos se entiende al conjunto de actividades que tienen la finalidad de encubrir o disimular la naturaleza de un producto, su composición o características comerciales o sanitarias, o fenómenos alterativos y defectos de proceso del mismo. Con base en la legislación sanitaria mexicana se considera adulterada la leche cuando: 1) Se expendan o suministre con una clasificación sanitaria diferente a la autorizada; 2) Su naturaleza, composición o características sanitarias no correspondan a las especificaciones del Reglamento y demás disposiciones aplicables; 3) Haya sufrido tratamiento que disimule su alteración o encubra defectos en el proceso; 4) Se haya sustraído alguno o varios de sus componentes normales, con excepción de su contenido graso propio de la leche que podrá estandarizarse al límite permitido según la norma; 5) Se haya agregado cualquier otra sustancia, aunque sea componente normal, a excepción de las vitaminas A y D en la leche semidescremada.(Seminario Alpura, 2001)

De acuerdo al tratamiento empleado, los productos objeto de este ordenamiento deben cumplir con las siguientes especificaciones ver tabla 3 y 4.

Tabla 3. FISICOQUÍMICAS E INHIBIDORES

Producto	Físicas y químicas			Derivados clorados	Inhibidores			
	Pruebas de fosfatasa residual UF/mL	Materia extraña	% humedad		Sales cuaternarias de amonio	Oxidantes	Formaldehido	Pruebas microbiológicas
Pasteurizados	4	A	N.A.	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Ultrapas- teurizados	N.A.	A	N.A.	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Esteriliza-dos	N.A.	A	N.A.	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Deshidratados	N.A.	A	4	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

**A = Ausencia**

**N.A. = No Aplica**

**(-) = Negativo**

Tabla 4. MICROBIOLOGICAS. Productos sometidos a ultrapasteurización

<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO</b>
MESOFILOS AEROBIOS	NEGATIVO
MESOFILOS ANAEROBIOS	NEGATIVO
TERMOFILOS AEROBIOS	NEGATIVO
TERMOFILOS ANAEROBIOS	NEGATIVO

Dentro de los requerimientos para la leche ultrapasteurizada descritos en esta norma están:

Los productos que se sometan a ultrapasteurización deben cumplir con lo siguiente:

Aplicar una temperatura de 135°-149 ° C por 2 a 8 segundos.

El equipo para el sistema de tratamiento térmico debe contar con dispositivos de control y registro de temperatura de operación durante el tiempo de producción, que permita comprobar que los productos han sido sometidos al tratamiento térmico establecido.

El envase debe someterse a un tratamiento de esterilización.

Los agentes esterilizantes deben cumplir con las siguientes características:

- Tener actividad esporicida.
- No debe degradar el material del envase.
- Se debe evaporar fácilmente de la superficie del envase.
- No debe reaccionar con el producto.
- En caso de utilizar peróxido de hidrógeno, éste debe cumplir con lo siguiente:
- Sólo se permite su empleo para efectos de desinfección de los envases.
- Emplearse en una concentración de 30 al 50%.
- El producto debe ser envasado asépticamente en envases que cuenten con barreras para proteger el producto del oxígeno y la luz, llenarse en ausencia de aire. El cierre de los envases debe ser hermético y llevar a cabo las pruebas para su control y los registros correspondientes.
- Los establecimientos deben destinar un área de incubación para la prueba de esterilidad comercial para efectos del control interno de una muestra representativa de la producción, de la cual se debe tomar una submuestra para someterse a análisis microbiológicos.

- Los productos sometidos a relaciones de tiempo y temperatura superiores a las establecidas en y con envasado no aséptico deben cumplir, por lo menos, con las disposiciones y especificaciones sanitarias establecidas para los productos que se sometan a pasteurización.

Siendo actualmente la norma más completa a la cual referirse para el cumplimiento de especificaciones fisicoquímicas en la leche, la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003, Leche, Formula Láctea y Producto Lácteo Combinado, Denominaciones, Especificaciones Fisicoquímicas, Información Comercial y Métodos de Prueba. La presente norma es aplicable a los diferentes tipos de leche, formula láctea y producto lácteo combinado, que se comercializan dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos.

Las leches ultrapasteurizadas deben cumplir con las especificaciones contempladas en la tabla 5.

<b>Tabla 5.- Especificaciones de leche ultrapasteurizada</b>			
	<b>Límite</b>		
<b>Especificaciones</b>	<b>Entera</b>	<b>Parcialmente descremada</b>	<b>Descremada</b>
<b>Densidad a 15°C, g / mL</b>	1,029mín.	1,029 mín.	1,031 mín.
<b>Grasa butírica g / L</b>	30 mín.	28 máx. 6 mín.	5 máx.
<b>Acidez (expresada como ácido láctico) g / L</b>	1,3 mín. 1,7 máx.	1,3 mín. 1,7 máx.	1,3 mín. 1,7 máx.
<b>Sólidos no grasos de la leche, g/L</b>	83 mín.	83 mín.	83 mín.
<b>Punto crioscópico ° C (° H)</b>	Entre -0,510 (-0,530) y -0,536 (-0,560)	Entre -0,510 (-0,530) y -0,536 (-0,560)	Entre -0,510 (-0,530) y -0,536 (-0,560)
<b>Lactosa g / L</b>	43 mín. 50 máx.	43 mín. 50 máx.	43 mín. 50 máx.
<b>Proteínas propias de la leche g / L</b>	30 mín.	30 mín.	30 mín.
<b>Caseína g / L</b>	21 mín.	21 mín.	21 mín.

**Nota:** En leche, la relación caseína proteína debe ser al menos de 70% (m/m).

**Nota:** La leche ultrapasteurizada y microfiltrada ultra debe tener un punto crioscópico de entre - 0,499° C (- 0,520° H) y - 0,529° C (- 0,550° H).

En la leche UHT con grasa vegetal se deben cumplir las siguientes especificaciones, ver tabla 6.

<b>Tabla 6 .- Especificaciones para leche con grasa vegetal ultrapasteurizada, y deslactosada</b>	
<b>Especificaciones</b>	<b>Con grasa vegetal</b>
<b>Proteínas propias de la leche, g / L</b>	30 mín.
<b>Caseína, g / L</b>	21 mín.
<b>Grasa, g / L</b>	Lo declarado en la etiqueta
<b>Densidad, g / L</b>	1,029 mín.
<b>Acidez, g / L</b>	0,9-1,5
<b>Sólidos no grasos, g / L</b>	83 mín.
<b>Lactosa, g / L</b>	43-50
<b>Nota:</b> Para el caso de leche deslactosada, no aplica la acidez y el contenido de lactosa es de 10 g/L máximo y glucosa 16 g/L mínimo.	

En la tabla 7 se aprecian las especificaciones para la leche deslactosada

<b>Tabla 7.- Especificaciones para leche deslactosada</b>			
<b>Especificaciones</b>	<b>Entera</b>	<b>Parcialmente descremada</b>	<b>Descremada</b>
<b>Leche deslactosada</b>			
<b>Densidad a 15 ° C g / mL</b>	1,029 mín.	1,029 mín.	1,031 mín.
<b>Grasa g / L</b>	30 mín.	6 mín. 28 máx.	5 máx.
<b>Acidez (Expresada como ácido láctico) g / L</b>	1,3 mín. 1,7 máx.	1,3 mín. 1,7 máx.	1,3 mín. 1,7 máx.
<b>Sólidos no grasos de la leche g / L</b>	83 mín.	83 mín.	83 mín.
<b>Lactosa g / L</b>	10 máx.	10 máx.	10 máx.
<b>Glucosa g / L</b>	16 mín.	16 mín.	16 mín.
<b>Proteínas propias de la leche g / L</b>	30 mín.	30 mín.	30 mín.
<b>Caseína g / L</b>	21 mín.	21 mín.	21 mín.

Esta norma no tiene equivalencia con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

## OBJETIVO

Revisar que en diferentes marcas y tipos de leche ultrapasteurizada se cumpla con los parámetros fisicoquímicos (grasa, densidad, proteína, sólidos no grasos, contenido de caseína, lactosa) señalados en la NOM-155-SCFI-2003.

## 2 MÉTODOLÓGÍA

### 2.1 Selección de las muestras

Entre las diferentes marcas de leche UHT que se venden en las tiendas de autoservicio como Wal Mart, Superama, Gigante, Comercial Mexicana, Aurrerá, Tienda UNAM, ISSSTE, y establecimientos de la Central de Abastos se encuentran alrededor de 80 tipos de leche ultrapasteurizada de diversas marcas en las presentaciones de entera, parcialmente descremada, semidescremada, descremada y con grasa vegetal, al igual que existe un número importante de fórmulas lácteas.

Entre las marcas más destacadas de estos productos se encuentran:

<b>Leche entera ultrapasteurizada</b>	<b>Leche parcialmente descremada y semidescremada;</b>	<b>Leche descremada;</b>	<b>Leche deslactosada;</b>
Al día	Alpura 2000 clásica	Al día	Alpura 2000 light parcialmente descremada
Biorganic	Alpura 2000 semi	Great Value	Alpura 2000 parcialmente descremada
Boreal	Alpura 2000 light	Lala Silhouette plus	Desly entera, Desly descremada, Desly semidescremada,
Del Rancho Orgánica	Alpura 2000 light extra	D' Calidad Chedraui light	Lala vive light descremada, Lala vive semidescremada
Great Value	Biorganic light	Del Rancho Orgánica	Parmalat entera, Parmalat light, Parmalat Semidescremada
Leche Monarca	D' Calidad Chedraui,	San Marcos light	San marcos parcialmente descremada
Parmalat	Prado verde	Nestlé Svelty	Alpura 40 y tantos leche con grasa vegetal

San Marcos	Araceli	Parmalat light	Nestlé Omega Plus con grasa vegetal
Santa Clara	San Marcos y Sello Rojo	Sello Rojo light	
Sello Rojo	Parmalat semi	Araceli light	
Lac Del	Great Value		
León	Nestlé Svelty		
Prado verde			
Real de Tizayuca	Parmalat light		
Araceli	Sello Rojo light		
CM	Araceli light		
Lyncott	Lala Siluette plus		
Aguascalientes	Prado Verde		
	D' Calidad Chedraui light		
	Aguascalientes		
	Del Rancho Orgánica		
	San Marcos light		

Para tal efecto se llevó a cabo el muestreo de las marcas disponibles de leche Entera, descremada, semidescremada y deslactosada (UHT) que se comercializan en el mercado. Durante el muestreo se recopiló una muestra de cada marca de leche adquiridas en supermercados y Central de Abastos que a pesar de no parecer representativas se pueden obtener datos relevantes sobre la producción elaborada para miles de litros que salen al mercado, esta medida fue llevada a cabo por el laboratorio para evitar el desperdicio y almacenamiento de muestras, pues en estudios anteriores realizados en la PROFECO estos han sido contratiempos del análisis, de igual forma los resultados que se obtienen del estudio son altamente confiables.

De estas muestras de leche UHT se seleccionaron 17 muestras para leche entera, 17 de leche parcialmente descremada, 16 de leche descremada y 15 de leche deslactosada en sus diferentes presentaciones (leches ultrapasteurizadas enteras, parcialmente descremadas, descremadas).

## **2.2 Parámetros fisicoquímicos**

Se realizaron análisis fisicoquímicos que permitieran calificar al producto, y obtener los elementos suficientes para hacer el dictamen con respecto a las especificaciones de la normatividad vigente.

### **2.2.1 Densidad**

Dentro de la NOM-155-SCFI-2003 hace referencia a la concordancia para evaluar la densidad, cumplir con la NMX-F-424-S-1982. Los resultados deben expresarse en gramos por mililitro.

Método: Densidad de leche

Referencia: NOM-155-SCFI-2003

### **2.2.2 Determinación de sólidos no grasos**

Una vez determinado el contenido de sólidos totales de la leche y el contenido de grasa, se determina el contenido de sólido no grasos por cálculo, ya que los sólidos no grasos están formados por lactosa, proteínas y sales minerales.

Método: Determinación de sólidos no grasos

Referencia: NOM-155-SCFI-2003,

Equipo: Balanza Analítica Ohaus, Estufa

### **2.2.3 Determinación de Lactosa**

Se recurrió al método propuesto en la norma NOM-155-SCFI-2003. Determinación de lactosa, fructosa, glucosa, maltosa, sacarosa (Método de cromatografía líquida) en el cual se determina la concentración de cada azúcar en la muestra por cromatografía líquida, comparando contra el área del estándar correspondiente haciendo únicamente referencia a la lactosa.

Método: Determinación de Lactosa, fructosa, glucosa, maltosa, sacarosa. Método de cromatografía líquida.

Referencia: NOM-155-SCFI-2003

Equipo: Cromatógrafo de líquidos Waters, Balanza analítica Ohaus

Cromatógrafo marca Waters, Detector IR Columna de Carbohidratos (Phenomenex Luna-NH<sub>2</sub> 25 x 4.6 mm), Fase: Acetonitrilo-Agua (75:25), Flujo 1 mL/min, volumen de inyección 20 µL, tiempo de corrida 20 min.

#### **2.2.4 Proteínas**

El método empleado fue el de Kjeldahl donde la materia orgánica es oxidada por el ácido sulfúrico y el nitrógeno orgánico de las proteínas se fija con sulfato de amonio; esta sal se hace reaccionar con una base fuerte para desprender amoníaco que se destila y se recibe en un ácido débil, en el cual se puede titular el amoníaco con un ácido fuerte. En este método de Kjeldahl-Gunning se usa el sulfato de cobre como catalizador y el sulfato de sodio para aumentar la temperatura de la mezcla y acelerar la digestión.

Método: Proteína por Kjeldahl

Referencia: NOM-155-SCFI-2003

Equipo: Digestor y destilador Büchi, Balanza analítica Ohaus

#### **2.2.5 Caseína**

La caseína se precipita con ácido acético en su punto isoelectrico a pH 4.6 y posteriormente se cuantifica por el método de Kjeldahl-Gunning. La caseína y demás materias orgánicas son oxidadas por el ácido sulfúrico y el nitrógeno orgánico de las proteínas se fija con sulfato de amonio; esta sal se hace reaccionar con una base fuerte para desprender amoníaco que se destila y se recibe en un ácido débil, en el cual se puede titular el amoníaco con un ácido fuerte. En este método de Kjeldahl-Gunning se usa el sulfato de cobre como catalizador y el sulfato de sodio para aumentar la temperatura de la mezcla y acelerar la digestión.

Método: Precipitación con ácido acético y cuantificación con Kjeldahl

Referencia NOM-155-SCFI-2003

Equipo: Digestor y destilador Büchi, Balanza analítica Ohaus

### **2.2.6 Grasa butírica**

La grasa existe en la leche en forma de emulsión que se estabiliza por medio de los fosfolípidos y las proteínas. El método Gerber se basa en la ruptura de la emulsión por la adición del ácido sulfúrico concentrado. La grasa libre puede separarse por centrifugación por la adición de una pequeña cantidad de alcohol isoamílico, el cual actúa como un agente tensoactivo que permite la separación nítida de las capas de grasa y la capa ácido acuosa.

Método: Método de Gerber

Referencia: NOM-155-SCFI-2003

### **2.2.7 Perfil de ácidos grasos**

Mediante el análisis del material lipídico se puede confirmar el origen animal del producto, al igual que detectar adulteraciones con aceites o grasas vegetales. Se recurrió a la cromatografía de gases como lo cita la norma NOM-155-SCFI-2003 por ser la técnica analítica que ofrece mayor sensibilidad para la caracterización del perfil de ácidos grasos; la grasa de la muestra se saponifica con una solución de KOH y acidificada con  $H_3PO_4$  para liberar los ácidos grasos, insolubles y solubles en agua. Los ácidos grasos se separan por filtración. El ácido butírico se determina como ácido libre, por cromatografía de gases, usando estándar interno.

Método: Caracterización del perfil de ácidos grasos  $C_4$  a  $C_{22}$  por cromatografía de gases

Referencia: NOM-155-SCFI-2003

Cromatógrafo de gases Perkin Elmer Clarus 500, Detector FID (32 ° C), Columna DB-23,

Límites de temperatura de 40 ° C a 250 ° C (260 ° C), Inlet: split (250 ° C)

flujo 38.7cm/sec, Temperature program Isothermal at 120 ° C

## **2.3 Análisis estadístico**

Después de cada determinación al valor obtenido (producto de tres repeticiones) se obtuvo un promedio y un coeficiente de variación. Se realizó un análisis estadístico por medio de ANOVA a un nivel de significancia del 95 % empleando el programa estadístico SPSS 8.0 for Windows.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1 Evaluación de la densidad

Aunque la leche cualitativamente tiene una composición y propiedades constantes, presenta variaciones cuantitativas considerables. La composición química, el contenido y la estabilidad de los componentes estructurales y las propiedades físicas difieren de unos lotes de leche a otros. Por ello la interpretación de muestras de diferentes leches presentes en el mercado nacional nos puede dar un bosquejo de cómo se podrían comportar estas leches con respecto a los parámetros composicionales que son rápidos y fáciles de cuantificar en un laboratorio y comparar con las especificaciones indicadas en la normatividad nacional.

La NOM-155-SCFI-2003 indica que las leches UHT deben tener una densidad a 15 ° C en g / L de 1.029 para las leches enteras y parcialmente descremadas, y 1.031 para leches descremadas.

Uno de los parámetros más variables en la leche es la densidad la cual es resultado de la combinación de densidades de los diferentes componentes de la leche entre ellos: agua (1.000), grasa (0.931), proteína (1.346), lactosa (1.666), minerales (5.500) y sólidos no grasos (1.616), dan como resultado que la leche entera tenga un promedio aproximado de 1.032 g / L. Así la densidad de la leche puede ser muy variable si la materia grasa está completamente líquida o durante la refrigeración la grasa solidifica (generalmente de forma lenta) y la densidad de la leche aumenta. Por lo que se tiene que la densidad de la leche se eleva cuando incrementa el contenido en sólidos no grasos, pero disminuye conforme aumenta el contenido en materia grasa (Walstra, *et al*, 2001).

Ya que la densidad de la grasa es menor que la de otros componentes de la leche y al ser eliminada se da un incremento de ésta debido a que se concentran los otros componentes

por lo cual en la norma nacional se tiene un valor mas elevado de aceptación para leches descremadas.

Por tal motivo es un parámetro con el cual se obtienen datos sobre la calidad de la leche. En la tabla 8 se reporta el valor de la densidad de las muestras de leches evaluadas al igual que la diferencia que existe entre muestras obtenidas por medio del análisis estadístico.

Cabe señalar que los resultados obtenidos se muestran con cinco cifras significativas debido a la metodología empleada, mientras que en la norma se reporta con cuatro cifras por lo que si se redondearan los valores todas las muestras cumplirían con el valor establecido pero para tener un valor preciso sobre el contenido de densidad y observar la variación, utilizamos las cinco cifras significativas obtenidas experimentalmente.

**Tabla 8. DENSIDAD EN LECHEs UHT (g/L)**

Muestra	Leche entera <sup>1</sup>	Leche parcialmente descremada <sup>1</sup>	Leche descremada <sup>2</sup>
1	1.0301 <sup>bcde</sup>	1.0320 <sup>def</sup>	1.0324 <sup>ab</sup>
2	1.0296 <sup>abc</sup>	1.0305 <sup>b</sup>	1.0364 <sup>e</sup>
3	1.0310 <sup>ef</sup>	1.0296 <sup>a</sup>	1.0322 <sup>ab</sup>
4	1.0298 <sup>abc</sup>	1.0312 <sup>bcde</sup>	1.0368 <sup>e</sup>
5	1.0298 <sup>abc</sup>	1.0308 <sup>bc</sup>	1.0335 <sup>c</sup>
6	1.0289 <sup>a</sup>	1.0315 <sup>cde</sup>	1.0334 <sup>c</sup>
7	1.0298 <sup>abc</sup>	1.0347 <sup>h</sup>	1.0322 <sup>ab</sup>
8	1.0289 <sup>a</sup>	1.0312 <sup>bcde</sup>	1.0334 <sup>c</sup>
9	1.0303 <sup>cde</sup>	1.0312 <sup>bcde</sup>	1.0320 <sup>a</sup>
10	1.0297 <sup>abc</sup>	1.0326 <sup>fg</sup>	1.0330 <sup>bc</sup>
11	1.0308 <sup>def</sup>	1.0313 <sup>bcde</sup>	1.0331 <sup>bc</sup>
12	1.0294 <sup>abc</sup>	1.0354 <sup>h</sup>	1.0338 <sup>cd</sup>
13	1.0303 <sup>cde</sup>	1.0317 <sup>cdef</sup>	1.0335 <sup>c</sup>
14	1.0302 <sup>cde</sup>	1.0331 <sup>g</sup>	1.0346 <sup>d</sup>
15	1.0292 <sup>ab</sup>	1.0311 <sup>bcd</sup>	1.0338 <sup>cd</sup>
16	1.0300 <sup>bcd</sup>	1.0317 <sup>cdef</sup>	1.0320 <sup>a</sup>
17	1.0316 <sup>f</sup>	1.0321 <sup>ef</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n=3$

1 criterio de aceptación 1.029

2 criterio de aceptación 1.031

Para las muestras analizadas de leche entera se observa que: 15 muestras de leche entera UHT cumplen con la especificación y dos muestras no cumplieron (6 y 8) ya que quedan abajo del valor permitido. Por lo que se encontró que existe diferencia significativa entre los datos para los productos analizados, además que de acuerdo a la prueba de Duncan se observa que los valores agrupan y se dividen en seis grupos (a, b, c, d, e, f) donde las muestras que no están dentro de la especificación pertenecen al grupo a.

En la leche parcialmente descremada todas las muestras cumplen con la especificación pero por el descremado al que fueron sometidas se presentan valores mayores con respecto a la leche entera en su mayoría, al igual que se encontró que existe diferencia entre los datos del producto analizado. La muestra 3 tiene el valor más bajo de densidad resultando diferente a los otros grupos en donde existe igualdad para muestras en el mismo grupo. La densidad de la leche disminuye al aumentar el contenido de grasa y aumenta al hacerlo el contenido de proteína, lactosa y sales ya que la densidad total de una mezcla de componentes como lo es la leche, esta en función de su composición. Los valores corresponden a las densidades aparentes en disolución acuosa, no a las densidades de los componentes en estado seco (excepto para la grasa) porque la disolución, especialmente en el caso de los componentes de menor peso molecular, origina una contracción que es dependiente de la concentración. Por tal motivo los valores obtenidos en este tipo de leche tienen un valor más alto para el cumplimiento de la especificación

En cuanto a las leches descremadas todas cumplen con la especificación. El valor de densidades es mayor comparándolas con las densidades de las leches de tipo entera, deslactosadas y la mayoría de leches parcialmente descremadas debido a la ausencia de grasa. Mediante el análisis estadístico se encontró que existe diferencia significativa entre muestras 1, 3, 7 (grupos a, b) 10, 11 (grupos b, c) 12, 15 (grupos c, d) y las demás son iguales dentro del mismo grupo por lo que se empleo la prueba de Duncan para encontrar

que al agrupar los valores, en su mayoría son similares dentro de cada grupo y ciertas muestras de cada grupo son iguales con otras de grupos diferentes

En la tabla 9 se reporta el valor de la densidad de las muestras de leches deslactosadas evaluadas.

**Tabla 9. DENSIDAD EN LECHEDES DESLACTOSADAS UHT (g/L)**

Muestra	Leche entera <sup>1</sup>	Leche parcialmente descremada <sup>1</sup>	Leche descremada <sup>2</sup>
1	1.0305 <sup>b</sup>	1.0310 <sup>bc</sup>	1.0319 <sup>cde</sup>
2	1.0294 <sup>a</sup>	1.0319 <sup>cde</sup>	1.0317 <sup>cde</sup>
3		1.0335 <sup>f</sup>	1.0326 <sup>e</sup>
4		1.0303 <sup>b</sup>	
5		1.0335 <sup>f</sup>	
6		1.0303 <sup>b</sup>	
7		1.0317 <sup>cde</sup>	
8		1.0316 <sup>cd</sup>	
9		1.0325 <sup>de</sup>	
10		1.0311 <sup>bc</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n=3$

1 criterio de aceptación 1.029

2 criterio de aceptación 1.031

Al analizar las muestras de leche deslactosada todas las leches cumplen con la especificación, la muestra 2 de leches enteras, que es la que presenta el menor contenido de densidad resulta diferente a todos los grupos, mientras las demás presentan igualdad ya sea con diferentes tipos de leche, y las muestras con mayor contenido de densidad pertenecientes a las leches parcialmente descremadas son iguales entre ellas pero difieren con respecto a otros grupos. Al analizar las muestras de leche deslactosada todas cumplen con la especificación y los valores que se obtienen en cada tipo de leche son más bajos que los obtenidos en leches sin deslactosar por lo que se podría pensar que al quitar otro

componente como lo es la lactosa conlleva a la disminución de la densidad en estos productos.

De las muestras analizadas sólo dos no cumplen con la especificación por un mínimo, con lo que si se obtuviese un valor muy por debajo de la norma se podría pensar que se da ocasionalmente el aguado en la leche por consecuencia de un accidente, o de las prácticas incorrectas en la granja o en la industria, como por ejemplo, no secar el tanque después de limpiarlo o la cisterna del camión tras su vaciado y limpieza, aunque también se da el caso de la adición de agua como operación fraudulenta para aumentar su volumen; pero no es el caso de la leche UHT analizada (Early, 2000).

La adulteración de la leche con agua es una práctica vieja y ha estado vinculada al incremento de las ganancias a partir de un mismo volumen de líquido. El productor puede recibir ingresos iguales diluyendo con agua la leche, en tanto la industria no lo verifique, los cual presenta dos defectos: uno es la disminución en la composición de la leche en su valor nutritivo, y el deterioro de la calidad higiénico sanitaria por incremento en el número de microorganismos. El aguado de la leche se determina por la técnica de crioscopia, mediante la cual se determina el punto de congelación de la leche con un equipo automatizado como es el crioscopio. Este método es considerado como oficial por la Federación Internacional de Lechería y puede aplicarse en leche entera, parcialmente descremada y descremada, ya sea cruda o pasteurizada, leche UHT y esterilizada para lo cual debe tenerse en cuenta que los tratamientos de calor al vacío pueden modificar el punto de congelación de la leche.

### 3.2 Determinación de sólidos no grasos (SNG)

En el contenido de sólidos no grasos (SNG) de la leche, la materia seca está formada por los compuestos sólidos de la leche, los cuales pueden ser determinados directamente por la aplicación de calor para evaporar la fase acuosa de la leche. Un método indirecto para calcular la materia seca se efectúa mediante la relación entre la densidad de la leche y su contenido de grasa (Kirk *et al*, 2002).

Estos valores se indican en la tabla 10 al igual que la diferencia que existe entre los grupos de las muestras obtenido por medio del análisis estadístico con un nivel de significancia del 95 %.

**Tabla 10. SÓLIDOS NO GRASOS EN LECHEs UHT (g/L)**

Muestra	Leche entera	Leche parcialmente descremada	Leche descremada descremada
1	88.00 <sup>abc</sup>	92.60 <sup>cde</sup>	94.00 <sup>cdef</sup>
2	89.50 <sup>cd</sup>	87.60 <sup>a</sup>	101.90 <sup>h</sup>
3	86.20 <sup>a</sup>	89.60 <sup>b</sup>	90.70 <sup>a</sup>
4	92.20 <sup>fgh</sup>	91.30 <sup>bcd</sup>	105.20 <sup>i</sup>
5	87.90 <sup>abc</sup>	90.90 <sup>bc</sup>	93.10 <sup>bcd</sup>
6	88.30 <sup>bc</sup>	90.50 <sup>b</sup>	94.60 <sup>cdef</sup>
7	87.50 <sup>ab</sup>	98.40 <sup>h</sup>	94.90 <sup>de</sup>
8	86.70 <sup>ab</sup>	95.60 <sup>fg</sup>	93.40 <sup>bcd</sup>
9	92.40 <sup>gh</sup>	98.50 <sup>h</sup>	97.90 <sup>g</sup>
10	92.30 <sup>gh</sup>	94.20 <sup>ef</sup>	95.60 <sup>f</sup>
11	90.50 <sup>df</sup>	101.80 <sup>i</sup>	95.20 <sup>ef</sup>
12	90.20 <sup>d</sup>	108.10 <sup>j</sup>	93.90 <sup>cdef</sup>
13	93.20 <sup>hi</sup>	96.90 <sup>gh</sup>	92.00 <sup>ab</sup>
14	89.40 <sup>cd</sup>	93.90 <sup>ef</sup>	99.50 <sup>g</sup>
15	95.00 <sup>j</sup>	92.60 <sup>cde</sup>	95.60 <sup>f</sup>
16	90.90 <sup>dfg</sup>	92.90 <sup>de</sup>	92.80 <sup>bc</sup>
17	94.30 <sup>ij</sup>	96.00 <sup>g</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n=3$   
 Criterio mínimo de aceptación 83 g / L

Dentro de la NOM-155-SCFI-2003 se indica que el contenido mínimo de sólidos debe ser de 83 g / L sólidos no grasos de la leche, por lo que todas las muestras de los diferentes tipos de leche cumplen y están por arriba del requerimiento mínimo.

En las leches enteras todas cumplen con la especificación, superando el requerimiento propuesto por la norma donde quizá pudiese haber un límite máximo de SNG para evitar la adición de componentes que modifiquen la evaluación de este parámetro. Ya que un elevado contenido de sólidos podría aumentar la densidad en la leche, lo cual se refleja en algunas densidades de las leches y así controlar ese factor con respecto al cumplimiento de la especificación tanto en SNG como densidades.

En los valores de las muestras de leche entera al agruparse por medio de la prueba de Duncan , se encontró que existía diferencia con respecto a otros grupos únicamente en la muestra 3 y 15, ya que la diferencia que existe entre el valor mínimo y el máximo es de 8.8 unidades.

En lo que respecta a las leches parcialmente descremadas todas cumplieron con la especificación indicada quedando muestras como la 11 (18 g / L) y 12 (25 g / L) arriba del valor propuesto lo que indica que al eliminar la grasa trae como consecuencia un aumento en el contenido de SNG.

Para las leches descremadas todas cumplen con la especificación y de igual forma que las leches parcialmente descremadas tienen valores por arriba del requerimiento donde todos estos superan los 90 g / L .

En la tabla 11 se presentan los SNG de las muestras de leches deslactosadas enteras, descremadas y parcialmente descremadas.

**Tabla 11. SÓLIDOS NO GRASOS EN LECHEDES DESLACTOSADAS UHT (g/L)**

Muestra	Leche entera	Leche parcialmente descremada	Leche descremada
1	89.60 <sup>bc</sup>	91.20 <sup>cd</sup>	90.70 <sup>cd</sup>
2	85.80 <sup>a</sup>	92.30 <sup>de</sup>	85.80 <sup>a</sup>
3		88.50 <sup>b</sup>	96.00 <sup>g</sup>
4		88.30 <sup>b</sup>	
5		97.80 <sup>h</sup>	
6		88.20 <sup>b</sup>	
7		94.40 <sup>fg</sup>	
8		88.50 <sup>b</sup>	
9		93.50 <sup>ef</sup>	
10		90.00 <sup>bc</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n = 3$   
Criterio mínimo de aceptación 83 g / L

Las leches deslactosadas cumplen con la especificación. Se encontró diferencias entre ellas y se agruparon por medio de la prueba de Duncan. Los valores que se reportan dentro de leches deslactosadas son en su mayoría de leches parcialmente descremadas los cuales son más bajos a los encontrados previamente en leches sin deslactosar, esto se debe a la eliminación de lactosa de estas leches lo que modifica la densidad de las leches y por consecuencia el contenido de sólidos ya que está permite conocer con mayor exactitud la cantidad de sólidos no grasos. Al igual que los valores son menores en todos los tipos de leches con respecto a las que no han sido deslactosadas.

Como la leche está formada de aproximadamente 87.5 % de agua y 12.5 % de sólidos o materia seca total. La determinación de sólidos no grasos es una prueba que permite identificar si ha habido adulteración por adición de agua o sólidos ya que la sal o el azúcar se utilizan para enmascarar la adición de agua porque elevan el contenido de sólidos y hacen descender el punto crioscópico lo cual sería un indicativo para reafirmar datos de SNG y densidad (Kirk *et al*, 2002).

### 3.3 Determinación de Lactosa

En la literatura se reporta que la lactosa se encuentra alrededor de 46 g / L, que es el carbohidrato principal de la leche de vaca, pero el contenido de lactosa varía mucho entre especies. Se han encontrado, como carbohidratos minoritarios, glucosa y galactosa así como una serie de oligosacáridos y derivados de azúcares, éstos pueden estar unidos a las proteínas en las glicoproteínas de la leche.

Por lo que se reporta que los niveles de lactosa aumentan durante la fase calostrál y permanecen en la leche a un nivel constante de 46 g / L, el intervalo natural máximo de variación en la vaca se sitúa entre el 43 a 52 g / L bajo las influencias de la alimentación y de los intervalos de lactación (Keating y Gaona, 1999).

Los resultados obtenidos del análisis realizado a diferentes muestras de leche para evaluar lactosa se reportan en la tabla 12 mostrándose el contenido de lactosa de leches enteras, parcialmente descremadas, descremadas.

Para la determinación de la lactosa se pueden utilizar, además de métodos químicos, métodos enzimáticos y cromatográficos. Se considera que antes del análisis es necesaria la preparación de la muestra para liberar la molécula a analizar tanto de componentes perturbadores de la leche como de la matriz del producto lácteo. En muchos casos es suficiente con la clarificación (eliminación de proteínas, eliminación de grasa) de la disolución de la muestra. En el caso de la determinación por HPLC Se logra la determinación de la concentración de lactosa por la comparación de áreas con el estándar correspondiente (ver figura 2).

A pesar de que la mayoría de las muestras analizadas están dentro del límite establecido por la norma mexicana (NOM-155-SCFI-2003) se encontró diferencia significativa al 95 % entre las leches en este parámetro fisicoquímico. Por tal motivo las muestras se agruparon en conjuntos de acuerdo a la prueba de Duncan.

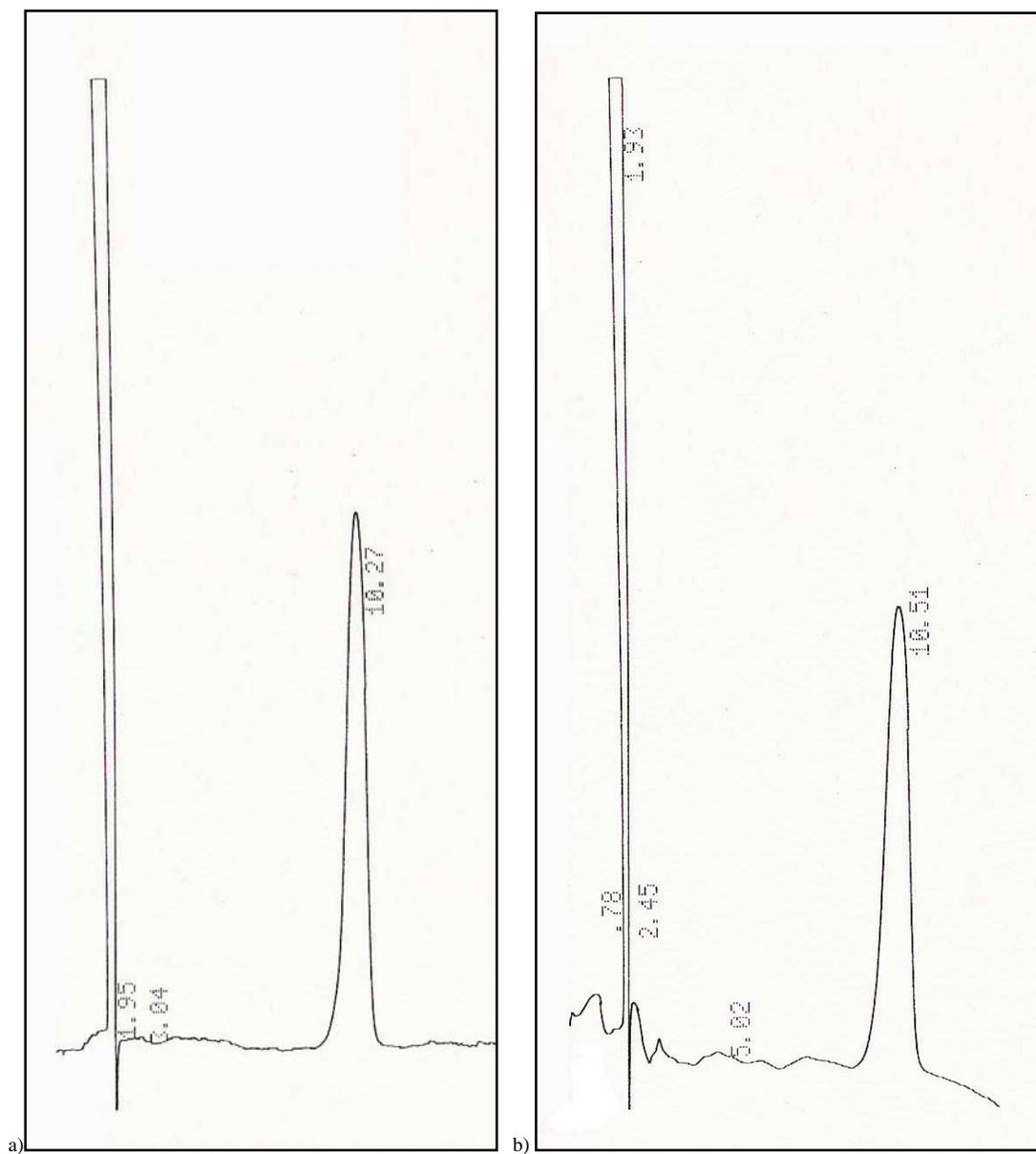


Figura 2. Cromatogramas típicos de lactosa obtenidos por HPLC a) Estándar de lactosa 10 mg/mL b) Muestra de leche entera ultrapasteurizada

Cromatógrafo marca Waters, Detector IR Columna de Carbohidratos (Phenomenex Luna-NH<sub>2</sub> 25 x 4.6 mm), Fase: Acetonitrilo-Agua (75:25), Flujo 1 mL/min, volumen de inyección 20 µL, tiempo de corrida 20 min.

**Tabla 12. LACTOSA EN LECHES UHT (g/L)**

Muestra	Leche entera <sup>1</sup>	Leche parcialmente descremada <sup>1</sup>	Leche descremada <sup>1</sup>
1	50.00 <sup>e</sup>	50.00 <sup>b</sup>	50.00 <sup>cd</sup>
2	48.00 <sup>cd</sup>	50.00 <sup>b</sup>	50.00 <sup>cd</sup>
3	47.00 <sup>bc</sup>	48.00 <sup>a</sup>	48.00 <sup>ab</sup>
4	49.00 <sup>de</sup>	48.00 <sup>a</sup>	49.00 <sup>bc</sup>
5	44.00 <sup>a</sup>	48.00 <sup>a</sup>	47.00 <sup>a</sup>
6	46.00 <sup>b</sup>	52.00 <sup>c</sup>	50.00 <sup>cd</sup>
7	49.00 <sup>de</sup>	48.00 <sup>a</sup>	50.00 <sup>cd</sup>
8	47.00 <sup>bc</sup>	54.00 <sup>d</sup>	51.00 <sup>de</sup>
9	48.00 <sup>cd</sup>	50.00 <sup>b</sup>	48.00 <sup>ab</sup>
10	49.00 <sup>de</sup>	49.00 <sup>ab</sup>	50.00 <sup>cd</sup>
11	49.00 <sup>de</sup>	49.00 <sup>ab</sup>	50.00 <sup>cd</sup>
12	50.00 <sup>e</sup>	50.00 <sup>b</sup>	50.00 <sup>cd</sup>
13	50.00 <sup>e</sup>	49.00 <sup>ab</sup>	50.00 <sup>cd</sup>
14	49.00 <sup>de</sup>	50.00 <sup>b</sup>	56.00 <sup>f</sup>
15	48.00 <sup>cd</sup>	50.00 <sup>b</sup>	52.00 <sup>e</sup>
16	47.00 <sup>bc</sup>	50.00 <sup>b</sup>	48.00 <sup>ab</sup>
17	50.00 <sup>e</sup>	52.00 <sup>c</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n=3$

<sup>1</sup> Criterio de aceptación 43-50 g / L

<sup>2</sup> máximo contenido 10 g / L

La cantidad de lactosa para la mayoría de las muestras es aceptable en el intervalo requerido de acuerdo a la NOM-155-SCFI-2003. Ésta reporta para leches enteras, parcialmente descremadas y descremadas un intervalo de 43-50 g / L

En las leches enteras analizadas se observa que todas cumplieron con el intervalo indicado en la norma donde la muestra 5, la más cercana al límite inferior no presenta igualdad con ninguna otra muestra de los diferentes grupos ya que en éstos los valores son muy próximos entre cada muestra.

Para las leches parcialmente descremadas se encontró que 14 de las 17 muestras cumplieron con la especificación, muestras como la 6, 8, 17 se encuentran arriba del valor máximo permitido. Debido al proceso realizado de descremado a la leche, este parámetro no se vería afectado por lo que puede existir una posible adición de lactosa sobre todo en las muestras número 6, 8, 17.

En las muestras analizadas de leches descremada de las 16 muestras 3 no cumplieron la especificación 8, 14, 15 donde la muestra 8 sobrepasa el valor en un 2 % seguida de la 14 en un 12 % y la 15 en un 4 %.

En la tabla 13 se presentan las muestras de leches deslactosadas y la diferencia que existe entre los grupos obtenidos por medio del análisis estadístico con un nivel de significancia del 95 %.

**Tabla 13. LACTOSA EN LECHEDES DESLACTOSADAS UHT (g/L)**

Muestra	Leche entera <sup>1</sup>	Leche parcialmente descremada <sup>1</sup>	Leche descremada <sup>1</sup>
1	NC <sup>a</sup>	9.00 <sup>d</sup>	NC <sup>a</sup>
2	NC <sup>a</sup>	NC <sup>a</sup>	NC <sup>a</sup>
3		NC <sup>a</sup>	NC <sup>a</sup>
4		NC <sup>a</sup>	
5		NC <sup>a</sup>	
6		NC <sup>a</sup>	
7		NC <sup>a</sup>	
8		9.00 <sup>d</sup>	
9		2.00 <sup>b</sup>	
10		3.00 <sup>c</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n = 3$

<sup>1</sup> máximo contenido 10 g / L

NC No Cuantificado

En las leches deslactosadas analizadas en la mayoría de las muestras no se logró cuantificar lactosa y en las que se haya no sobrepasan el valor máximo requerido cumpliendo con la especificación, las leches deslactosadas enteras y descremadas no presentan lactosa, mientras que en las leches deslactosadas parcialmente descremadas se logró cuantificar lactosa pero no se rebasa el límite permitido en la norma. Por lo que para las muestras como la 1 y 8 el tratamiento resultó ineficiente ya que el valor es próximo al establecido en la norma.

### **3.4 Determinación de proteínas**

El tratamiento UHT de leches no resulta inmediatamente en efectos adversos de la calidad de las proteínas. Algunos de estos cambios en la calidad nutricional de la proteína en las leches UHT son debidas a las reacciones de Maillard, que ocurren durante el calentamiento y continúan durante el almacenamiento.

La reacción de Maillard causa degradación en la calidad de la proteína, en las primeras etapas de la reacción el resultado es la destrucción de aminoácidos y la pérdida de biodisponibilidad de la lisina. Esto también reduce en general la digestibilidad de la proteína (AlKanhal, 2001).

La norma oficial establece para la leche fluida un porcentaje mínimo de proteína de 30 g / L considerándose que un alto contenido de proteína es indicador de la calidad de la leche para consumo humano. Y se ha reportado que la pasteurización y el tratamiento UHT tienen muy poco efecto sobre el contenido de este componente sin embargo en el caso de la leche UHT, el «aroma a cocido» es un importante defecto de calidad, generalmente se considera que los responsables de este aroma son los grupos sulfhidrilo, especialmente libres o activados, que se encuentran en las proteínas del suero y que quedan expuestos durante su desnaturalización térmica.

Durante el tratamiento UHT, el número de grupos sulfhidrilo activos aumenta, probablemente a expensas de los grupos disulfuro, siguiendo cinéticas de reacción de primer orden. Al mismo tiempo, la cantidad total de sulfhidrilo disminuye como consecuencia de la volatilización y a temperaturas más altas también se limita la cantidad total de sulfhidrilos activos presentes. Los «aromas a cocido» son más perceptibles inmediatamente después del tratamiento térmico pero disminuyen con el tiempo hasta que el aroma es normal. Este aroma aceptable es posteriormente sustituido por aromas desagradables a oxidado y a rancio. Pero esto no se vería reflejado con los valores obtenidos siendo necesario que dentro de la norma se refirieran otras pruebas para la corroboración de estos defectos en la leche (Varnam, 2000).

Anteriormente el precio de la leche se fijaba con respecto al contenido graso, pero actualmente se puede fijar en cuanto al contenido proteico por lo que resulta indispensable dentro de un análisis lácteo la determinación de este parámetro como punto de control de calidad de la leche, ya sea antes o después de su procesado.

En la tabla 14 se representa el contenido de proteína de las muestras de leche al igual que la diferencia estadística que existe entre los grupos.

**Tabla 14. PROTEÍNA EN LECHEs UHT (g/L)**

Muestra	Leche entera <sup>1</sup>	Leche parcialmente descremada <sup>1</sup>	Leche descremada <sup>1</sup>
1	30.48 <sup>d</sup>	31.64 <sup>e</sup>	30.98 <sup>a</sup>
2	31.94 <sup>i</sup>	32.35 <sup>h</sup>	32.62 <sup>f</sup>
3	30.09 <sup>c</sup>	31.53 <sup>d</sup>	31.53 <sup>b</sup>
4	31.49 <sup>f</sup>	31.66 <sup>e</sup>	32.84 <sup>g</sup>
5	29.15 <sup>a</sup>	30.75 <sup>b</sup>	36.45 <sup>n</sup>
6	30.52 <sup>d</sup>	32.13 <sup>g</sup>	32.20 <sup>e</sup>
7	31.56 <sup>g</sup>	38.36 <sup>n</sup>	32.60 <sup>f</sup>
8	29.33 <sup>b</sup>	31.27 <sup>c</sup>	33.01 <sup>h</sup>
9	35.50 <sup>m</sup>	31.94 <sup>f</sup>	31.60 <sup>c</sup>
10	35.10 <sup>l</sup>	36.65 <sup>m</sup>	33.92 <sup>m</sup>
11	31.55 <sup>g</sup>	32.10 <sup>g</sup>	33.25 <sup>j</sup>
12	31.94 <sup>i</sup>	34.67 <sup>k</sup>	33.00 <sup>h</sup>
13	35.66 <sup>n</sup>	32.86 <sup>i</sup>	33.54 <sup>k</sup>
14	31.72 <sup>h</sup>	35.00 <sup>l</sup>	31.90 <sup>d</sup>
15	31.27 <sup>e</sup>	33.26 <sup>j</sup>	33.80 <sup>l</sup>
16	32.77 <sup>j</sup>	32.84 <sup>i</sup>	33.20 <sup>i</sup>
17	32.87 <sup>k</sup>	30.60 <sup>a</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n=3$

<sup>1</sup> criterio de aceptación mínimo 30 g / L

El contenido de proteína propias de la leche que indica la NOM-155-SCFI-2003 es de 30 g / L mínimo para cada tipo de leche.

Por lo que en las leches enteras analizadas existen 2 muestras de las 17 que no cumplen con la especificación ya que están por debajo del requerimiento, muestra 5 (2.83 % abajo) y la 8 (2.23 % abajo). Se encontró diferencia significativa por lo cual mediante la prueba de Duncan, no se obtuvo igualdad entre los diferentes grupos. Debido a que es un valor muy próximo a lo reportado en la norma podría decirse que influyen factores que provocan la

variabilidad del contenido de proteína, como la edad del animal, raza, lugar de procedencia, pastoreo, etc. Y debido a que mediante la cuantificación de proteínas por el método de Kjeldahl con este se reporta la proteína total por el contenido total de nitrógeno de la muestra sin importar la procedencia de esta ya sea de caseína o suero u otra sustancia nitrogenada.

En las leches parcialmente descremadas analizadas todas cumplen con la especificación de la norma. Muestras como la 7 tiene un alto contenido de proteína, quizá la norma debería de asignar un contenido máximo de proteína para evitar posibles adulteraciones al incorporar caseinatos o proteínas del suero de la leche para incrementar el contenido proteico de leches de baja calidad nutricional. Actualmente existen técnicas de monitoreo de calidad mediante las cuales se puede determinar la calidad de la leche y sus subproductos ya sea mediante la comparación de resultados obtenidos con respecto a valores preestablecidos a partir de normas nacionales o internacionales dependiendo del país de origen, o bien utilizando métodos que abarcan diversas prácticas que permiten concluir acerca de la calidad y origen de la leche como lo son; la electroforesis capilar (determina la concentración de la proteína en la leche, mediante la degradación de la  $\kappa$ -caseína), espectroscopia de masas, UV, infrarrojo cercano, HPLC por citar algunos métodos, con lo cual se podría verificar específicamente caseína o el suero, como prueba de autenticidad (Olvera, 2002).

En las leches descremadas todas las muestras cumplen con la especificación de la norma. Se encontró diferencia estadística por lo que se agruparon por medio de la prueba de Duncan con la cual se observa que existió variabilidad entre grupos y solamente las muestras del grupo f y h son iguales entre sí.

En la tabla 15 se representa el contenido de proteína de las muestras de leche deslactosadas al igual que la diferencia estadística que existe entre los grupos.

**Tabla 15. PROTEÍNA EN LECHEDES DESLACTOSADAS UHT (g/L)**

Muestra	Leche entera	Leche parcialmente descremada	Leche descremada
1	31.90 <sup>d</sup>	32.50 <sup>g</sup>	32.30 <sup>f</sup>
2	30.95 <sup>b</sup>	32.68 <sup>h</sup>	32.34 <sup>f</sup>
3		35.53 <sup>m</sup>	33.25 <sup>k</sup>
4		30.84 <sup>a</sup>	
5		33.65 <sup>l</sup>	
6		32.09 <sup>e</sup>	
7		32.86 <sup>i</sup>	
8		31.35 <sup>c</sup>	
9		33.20 <sup>k</sup>	
10		32.95 <sup>j</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n=3$   
 l criterio de aceptación mínimo 30 g / L

Para la leche deslactosada analizada todas cumplen con la especificación indicada en la norma. Se encontró diferencia significativa por lo que se agruparon las muestras con la prueba de Duncan únicamente las muestras de leche descremada y una de leche parcialmente descremada son iguales entre sí, a pesar de ello existe uniformidad en los valores.

La proteína es un componente variable entre muestras de leche ya sea por la alimentación del animal, genética, raza. A pesar de que no existe similitud entre los datos de las muestras de los diferentes tipos de leche, los valores que se reportan son aceptables de acuerdo con la especificación de la norma. Con el Método de Kjeldahl se puede detectar la cantidad de proteína y no la calidad de la proteína presente.

### 3.5 Determinación de caseína

Como se revisó en los antecedentes, dentro de las proteínas representativas de la leche se encuentran las caseínas. Los valores obtenidos se reportan en la tabla 16 donde se tiene el contenido de caseína de las leches analizadas al igual que la diferencia estadística que existe entre los grupos de las muestras.

**Tabla 16. CONTENIDO MÍNIMO DE CASEÍNA EN LECHEs UHT (g/L)**

Muestra	Leche entera <sup>1</sup>	Leche parcialmente descremada <sup>1</sup>	Leche descremada <sup>1</sup>
1	26.88 <sup>e</sup>	27.83 <sup>i</sup>	26.90 <sup>d</sup>
2	27.45 <sup>h</sup>	27.36 <sup>d</sup>	26.95 <sup>e</sup>
3	25.29 <sup>c</sup>	27.76 <sup>h</sup>	26.63 <sup>c</sup>
4	27.06 <sup>f</sup>	26.97 <sup>c</sup>	24.94 <sup>a</sup>
5	23.76 <sup>a</sup>	26.06 <sup>b</sup>	31.78 <sup>ñ</sup>
6	25.86 <sup>d</sup>	27.71 <sup>gh</sup>	28.50 <sup>j</sup>
7	27.53 <sup>i</sup>	32.11 <sup>n</sup>	27.13 <sup>f</sup>
8	24.03 <sup>b</sup>	25.70 <sup>a</sup>	29.40 <sup>l</sup>
9	31.20 <sup>m</sup>	27.36 <sup>d</sup>	26.10 <sup>b</sup>
10	31.00 <sup>l</sup>	32.55 <sup>ñ</sup>	30.10 <sup>n</sup>
11	27.39 <sup>g</sup>	27.60 <sup>f</sup>	28.72 <sup>k</sup>
12	27.36 <sup>g</sup>	29.76 <sup>l</sup>	28.10 <sup>i</sup>
13	32.50 <sup>n</sup>	27.75 <sup>gh</sup>	27.40 <sup>g</sup>
14	28.00 <sup>k</sup>	30.35 <sup>m</sup>	28.10 <sup>i</sup>
15	27.46 <sup>h</sup>	29.60 <sup>k</sup>	29.90 <sup>m</sup>
16	28.00 <sup>k</sup>	28.02 <sup>j</sup>	27.70 <sup>h</sup>
17	27.70 <sup>j</sup>	27.70 <sup>g</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n=3$

<sup>1</sup> contenido mínimo de 21 g / L

Dentro de las muestras analizadas de leche entera todas las muestras cumplen con el contenido mínimo de caseína indicado en la norma. Se encontró diferencia estadística entre muestras y se agruparon por medio de la prueba de Duncan, existiendo igualdad únicamente entre muestras dentro de los grupos g (11, 12) h (2, 15) y k (14, 16).

En las leches parcialmente descremadas analizadas todas cumplen con la especificación indicada en la norma. Se encontró diferencia estadística entre muestras por lo que se agruparon por medio de la prueba de Duncan, donde se sobrepasa en un alto contenido de caseína el valor mínimo establecido, las muestras 2, 9 (d), 6, 13, 17 (g), 3, 6, 13 (h) reflejan igualdad entre sí destacando las muestras 6 y 13 que tienen igualdad entre grupos, así las muestras restantes son diferentes y se sobrepasa el contenido de 21 g / L establecido ya que la muestra 10 con el valor máximo tiene un 32.55 g / L de caseína.

Para la leche descremada: todas las muestras cumplen con la especificación. Se encontró diferencia estadística y por lo cual al agruparse las muestras por medio de la prueba de Duncan no se obtuvo igualdad entre grupos y únicamente en el grupo i, las muestras son iguales entre sí (12, 14). De igual forma los valores encontrados sobrepasan al indicado en la norma.

En la tabla 17 se indica el contenido de proteína de las muestras de leche deslactosadas al igual que la diferencia estadística que existe entre los grupos.

**Tabla 17. CONTENIDO MÍNIMO DE CASEÍNA EN LECHEDES  
DESLACTOSADAS UHT (g/L)**

Muestra	Leche entera <sup>1</sup>	Leche parcialmente descremada <sup>1</sup>	Leche descremada <sup>1</sup>
1	28.53 <sup>k</sup>	27.59 <sup>e</sup>	26.80 <sup>b</sup>
2	26.18 <sup>a</sup>	27.53 <sup>d</sup>	28.23 <sup>h</sup>
3		31.06 <sup>n</sup>	28.30 <sup>i</sup>
4		26.99 <sup>c</sup>	
5		29.26 <sup>m</sup>	
6		27.95 <sup>g</sup>	
7		28.40 <sup>j</sup>	
8		27.00 <sup>c</sup>	
9		28.90 <sup>l</sup>	
10		27.80 <sup>f</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n=3$   
<sup>1</sup> contenido mínimo de 21 g / L

En las leches deslactosadas analizadas todas cumplen con la especificación de la norma. Se encontró diferencia estadística por lo que se agruparon las muestras por medio de la prueba de Duncan, encontrándose que no existe igualdad entre muestras de diferentes grupos pues los valores quedan alejados de valor indicado en la norma y únicamente se presentó igualdad entre sí para las muestras del grupo c que son leches parcialmente descremadas.

Esto confirma la diferencia que se había presentado en el análisis del contenido de proteína. La variación en el contenido de proteína puede deberse a factores referentes al animal como lo son la alimentación, raza, período de lactación entre otros pero estos cambios únicamente se ven reflejados en la variación de los datos pero no afectan para que las muestras queden fuera del límite permitido por la norma o bien es un posible error que es ocasionado por el método de prueba por lo que habría que considerar modificaciones en este que a pesar de ser un método rápido no cuantifica correctamente la caseína.

Debido a que dentro de la norma para catalogar un producto como leche debe contener un mínimo de 30 g / L de las proteínas que son propias y de estos 30 gramos de proteína, al menos el 70 % deben ser caseína, otra forma de presentar los resultados, es refiriéndose al porcentaje de caseína con respecto al total de proteína ver tabla 18.

Se ha estudiado que las proteasas y lipasas producidas por las bacterias psicrótrofas son muy resistentes al calor y no resultan afectadas por los tratamientos de pasteurización ni esterilización. Como la leche pasteurizada tiene una vida de conservación en refrigeración relativamente corta, las enzimas termoestables no intervienen en su alteración, pero en las leches UHT participan en la gelificación (coagulación) por envejecimiento, que es un grave problema en estas leches de larga conservación. La causa de esta alteración es una hidrólisis parcial de la caseína por las enzimas proteolíticas, seguida de una agregación física de las micelas de caseína modificadas para formar una estructura de gel que atrapa las proteínas del suero y los glóbulos grasos. También hay evidencias de la participación de la plasmina. El propio tratamiento UHT predispone a la leche para la gelación, ya que en él se origina una gran proporción de micelas de pequeño tamaño. Ya que todas las muestras contienen valores de caseína mayores al requerimiento mínimo expuesto en la normatividad hacen que exista mayor probabilidad de incurrir en este tipo de alteraciones (Varnam, 1995).

**Tabla 18. RELACIÓN DEL CONTENIDO MÁXIMO DE CASEÍNA EN LA PROTEÍNA TOTAL DE LECHE UHT (%)**

Muestra	Leche entera	Leche parcialmente descremada	Leche descremada
1	88.19 <sup>m</sup>	87.96 <sup>l</sup>	86.83 <sup>i</sup>
2	85.94 <sup>h</sup>	84.57 <sup>d</sup>	82.62 <sup>c</sup>
3	84.04 <sup>c</sup>	88.04 <sup>m</sup>	84.46 <sup>f</sup>
4	85.93 <sup>h</sup>	85.19 <sup>f</sup>	75.94 <sup>a</sup>
5	81.51 <sup>a</sup>	84.75 <sup>e</sup>	87.19 <sup>j</sup>
6	84.73 <sup>e</sup>	89.01 <sup>ñ</sup>	88.50 <sup>l</sup>
7	87.31 <sup>j</sup>	83.71 <sup>b</sup>	83.22 <sup>d</sup>
8	81.93 <sup>b</sup>	82.18 <sup>a</sup>	90.20 <sup>m</sup>
9	87.89 <sup>l</sup>	85.66 <sup>h</sup>	82.59 <sup>c</sup>
10	88.40 <sup>o</sup>	88.81 <sup>n</sup>	94.60 <sup>n</sup>
11	86.81 <sup>i</sup>	85.98 <sup>j</sup>	86.38 <sup>h</sup>
12	85.66 <sup>g</sup>	85.84 <sup>i</sup>	85.10 <sup>g</sup>
13	91.14 <sup>ñ</sup>	84.49 <sup>c</sup>	81.69 <sup>b</sup>
14	88.27 <sup>n</sup>	86.71 <sup>k</sup>	88.20 <sup>k</sup>
15	87.82 <sup>k</sup>	89.00 <sup>ñ</sup>	88.46 <sup>l</sup>
16	85.47 <sup>f</sup>	85.32 <sup>g</sup>	83.30 <sup>e</sup>
17	84.27 <sup>d</sup>	90.50 <sup>o</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n=3$

Las muestras analizadas de leche entera cumplen con la relación de contenido de caseína en la proteína de la leche que debe de ser 70 %. Otro punto que resalta es que se sobrepasa el valor establecido en la mayoría de las muestras propiciado porque previamente el contenido mínimo de caseína y proteína eran elevadas con respecto a lo indicado. Como lo es la muestra 13 que tenía un elevado contenido de proteína.

En la leche parcialmente descremada analizada todas cumplieron con la especificación de la relación de caseína – proteína. Los valores obtenidos sobrepasan el establecido por la norma.

De igual forma las leches descremadas cumplen con la especificación de la relación de caseína - proteína, y los valores sobrepasan el establecido por la norma.

**Tabla 19. RELACIÓN DEL CONTENIDO MÁXIMO DE CASEÍNA EN LA PROTEÍNA TOTAL DE LECHE DESLACTOSADAS UHT (%)**

Muestra	Leche entera	Leche parcialmente descremada	Leche descremada descremada
1	89.44 <sup>n</sup>	84.89 <sup>e</sup>	82.97 <sup>a</sup>
2	84.59 <sup>d</sup>	84.24 <sup>b</sup>	87.29 <sup>k</sup>
3		87.42 <sup>l</sup>	85.11 <sup>f</sup>
4		87.52 <sup>m</sup>	
5		86.95 <sup>i</sup>	
6		87.10 <sup>j</sup>	
7		86.42 <sup>h</sup>	
8		86.10 <sup>g</sup>	
9		87.00 <sup>i</sup>	
10		84.50 <sup>c</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n=3$

Para la leche deslactosada analizada cumple con la especificación de la relación de caseína proteína, sólo se presentó igualdad entre muestras de leche parcialmente descremadas, quedando los valores por arriba del reportado en la norma.

Dentro de las posibles causas de diferencia en los valores obtenidos están los defectos que pueden presentar este tipo de leches como lo es la formación de un sedimento relativamente frecuente que acorta la vida útil de la leche UHT y consiste en el depósito de una capa de material proteico. El problema se debe al transporte de micelas intactas hasta el fondo del envase. Este defecto se conoce muy poco y existen varias teorías para su explicación, la mayoría de las cuales se refieren a la agregación de las micelas de caseína como resultado de los cambios inducidos por el calor. Las muestras con mayor contenido de proteína y caseína pueden ser afectadas en mayor grado por este tipo de defectos,

indicado en la relación caseína proteína. Recientemente, se ha demostrado que la sedimentación es un fenómeno físico, inevitable cuando la leche se mantiene en reposo.

La formación de polímeros de proteína en el tratamiento UHT durante el almacenamiento depende del tiempo y temperatura (AlKanhal, 2001).

En las micelas de caseína nativas ya se produce un cierto grado de sedimentación, pero la formación del sedimento es mayor después de un tratamiento UHT debido a que las micelas de la leche calentada son de mayor peso. Puede producirse agregación entre las micelas pero no es absolutamente necesario para que se forme el sedimento. Sin embargo la determinación de caseína no provee información sobre este defecto.

La norma para el caso de proteína solo establece parámetros de criterio de componentes tales como contenido total y contenido de caseína. Pero suelen existir defectos de tratamiento térmico sobre las proteínas tales como en la  $\beta$ -lactoglobulina desnaturalizada que interacciona con la  $\kappa$ -caseína, reacción en la que interviene un intercambio tiol-disulfuro, alterando la estructura de la superficie de las micelas de caseína y su estabilidad. También se modifica la distribución del tamaño de las mismas, aumentando el número relativo tanto de las micelas grandes como de las pequeñas.

### **3.6 Determinación de grasa butírica**

En México la Legislación Sanitaria establece que la leche para consumo humano deberá contener únicamente grasa propia de la leche. La leche se considera genuina y no adulterada, cuando desde la producción hasta el consumo no se alteran de forma voluntaria sus constituyentes naturales, ni se hacen manipulaciones destinadas a ocultar algún defecto de calidad. Sin embargo, la factibilidad de conseguirse en el mercado nacional e internacional, grasas de origen vegetal y animal de menor precio que la grasa butírica hace posible que durante el procesamiento de la leche, al rectificarse el contenido de la grasa, en ocasiones se implementen recursos tecnológicos para sustituir parcial o totalmente la grasa láctea por grasa extraña, sin que el consumidor pueda percibirlo, incumpliendo con el

principio de Buenas Prácticas de Manufactura y propiciando competencias desleales entre las industrias lecheras.

Dentro de los resultados obtenidos para el estudio de calidad en las leches un parámetro que resulta indispensable cuantificar es el contenido de grasa el cual proporcionará evidencia de posibles fraudes con respecto al valor nutricional del producto u origen natural. En las tablas 20 y 21 se presenta el contenido de grasa de las muestras de leches analizada al igual que la diferencia estadística al 95 % entre muestras.

**Tabla 20. GRASA EN LECHEs UHT**

Muestra	Leche entera <sup>1</sup>	Leche parcialmente descremada <sup>2</sup>	Leche descremada <sup>3</sup>
1	34.00 <sup>h</sup>	13.80 <sup>e</sup>	6.40 <sup>m</sup>
2	32.50 <sup>f</sup>	19.80 <sup>l</sup>	4.20 <sup>g</sup>
3	33.00 <sup>g</sup>	29.00 <sup>m</sup>	0.20 <sup>a</sup>
4	30.00 <sup>b</sup>	16.80 <sup>f</sup>	5.20 <sup>j</sup>
5	31.00 <sup>d</sup>	17.50 <sup>h</sup>	6.70 <sup>n</sup>
6	31.00 <sup>d</sup>	18.00 <sup>j</sup>	2.20 <sup>e</sup>
7	31.00 <sup>d</sup>	10.20 <sup>b</sup>	4.40 <sup>h</sup>
8	27.00 <sup>a</sup>	18.50 <sup>k</sup>	3.60 <sup>f</sup>
9	31.00 <sup>d</sup>	16.80 <sup>f</sup>	4.40 <sup>h</sup>
10	33.00 <sup>g</sup>	10.50 <sup>c</sup>	5.00 <sup>i</sup>
11	31.00 <sup>d</sup>	16.80 <sup>f</sup>	7.30 <sup>ñ</sup>
12	30.00 <sup>b</sup>	9.50 <sup>a</sup>	1.10 <sup>c</sup>
13	33.00 <sup>g</sup>	11.00 <sup>d</sup>	1.30 <sup>d</sup>
14	31.00 <sup>d</sup>	10.30 <sup>b</sup>	0.50 <sup>b</sup>
15	31.50 <sup>e</sup>	17.80 <sup>i</sup>	5.80 <sup>l</sup>
16	30.00 <sup>b</sup>	17.00 <sup>g</sup>	5.60 <sup>k</sup>
17	30.50 <sup>c</sup>	18.50 <sup>k</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n=3$

1 Criterio de aceptación 30 g / L mínimo

2 Criterio de aceptación 6 - 28 g / L

3 Criterio de aceptación 5 g / L máximo

La cantidad de grasa en la mayoría de leches está en el intervalo esperado. La norma reporta como mínimo 30 g / L de grasa para la leche entera por lo que para la muestra 8 no se ajusta a la especificación y está por debajo 10 % de lo mínimo requerido, igual que en otros parámetros como fueron densidad y proteína en los cuales queda por debajo de los límites de especificación. Con esto se corroboró que la leche entera 8 no cumple con las especificaciones de la norma.

Para la leche parcialmente descremada se reporta como mínimo 6 g / L y un máximo de 28 g / L dándose un mayor intervalo lo cual no permite la uniformidad en cuanto al contenido de grasa en este producto pero se da una mayor aceptación de muestras, donde la muestra 3 es la que sobrepasa el valor en un 3.45 %. Esto probablemente a que no se lleva una adecuada estandarización en el contenido de grasa.

La norma indica 5 g / L máximo de grasa para la leche descremada por lo que en las muestras analizadas se sobrepasa en mayor número el valor límite como lo son la 1 (28 %), 4 (4 %), 5 (34 %), 11 (46 %), 15 (16 %) y 16 (12 %). Es aquí donde por la denominación que presentan afectan a los consumidores de este tipo de productos.

**TABLA 21. GRASA EN LECHEs UHT DESLACTOSADAS (g/L)**

Muestra	Leche entera <sup>1</sup>	Leche parcialmente descremada <sup>2</sup>	Leche descremada <sup>3</sup>
1	29.00 <sup>1j</sup>	16.80 <sup>2g</sup>	1.05 <sup>3a</sup>
2	30.00 <sup>1k</sup>	16.80 <sup>2g</sup>	2.90 <sup>3b</sup>
3		22.20 <sup>2i</sup>	5.53 <sup>3c</sup>
4		15.80 <sup>2e</sup>	
5		11.00 <sup>2d</sup>	
6		20.80 <sup>2h</sup>	
7		16.80 <sup>2g</sup>	
8		20.80 <sup>2h</sup>	
9		16.80 <sup>2g</sup>	
10		16.50 <sup>2f</sup>	

Diferente superíndice dentro de las columnas indica que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ );  $n=3$

1 Criterio de aceptación 30 g / L mínimo

2 Criterio de aceptación 6 - 28 g / L

3 Criterio de aceptación 5 g / L máximo

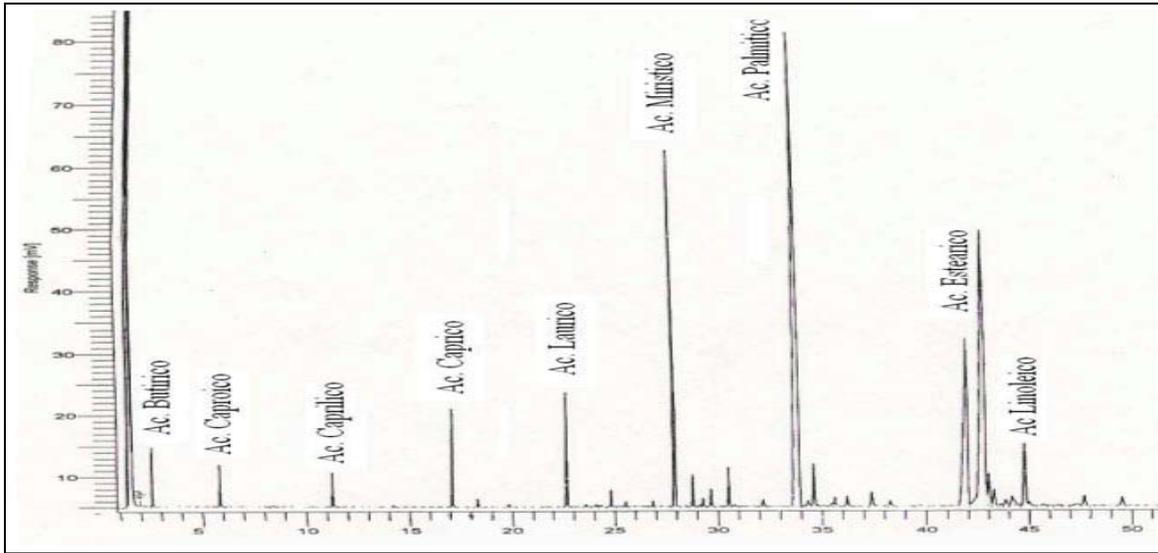
Para la leche deslactosada existen 10 leches parcialmente descremadas las cuales están en el intervalo de grasa permitido. Existen dos muestras para ser consideradas leche entera donde la número 2 cumple con el contenido mínimo de grasa y la 1 está 3.3 % abajo del requerimiento mínimo. Al igual que existen 3 muestras de leche descremada donde la 3 se pasa 10.6 % del valor permitido.

Al estudiar las muestras de leche entera, parcialmente descremada, descremada y deslactosada mediante el análisis estadístico se encontró que en algunas muestras existe diferencia entre el contenido de grasa, esto puede ser debido a que la grasa láctea es un elemento que puede ser controlado en la industria lechera al homogenizar y estandarizar, pero ya que las diferentes razas de vacas producen leche con variaciones considerables en su composición, en especial con respecto al contenido de grasa, al igual que existe una variación amplia dentro de la misma raza se debe de tener un mayor control con respecto a la producción.

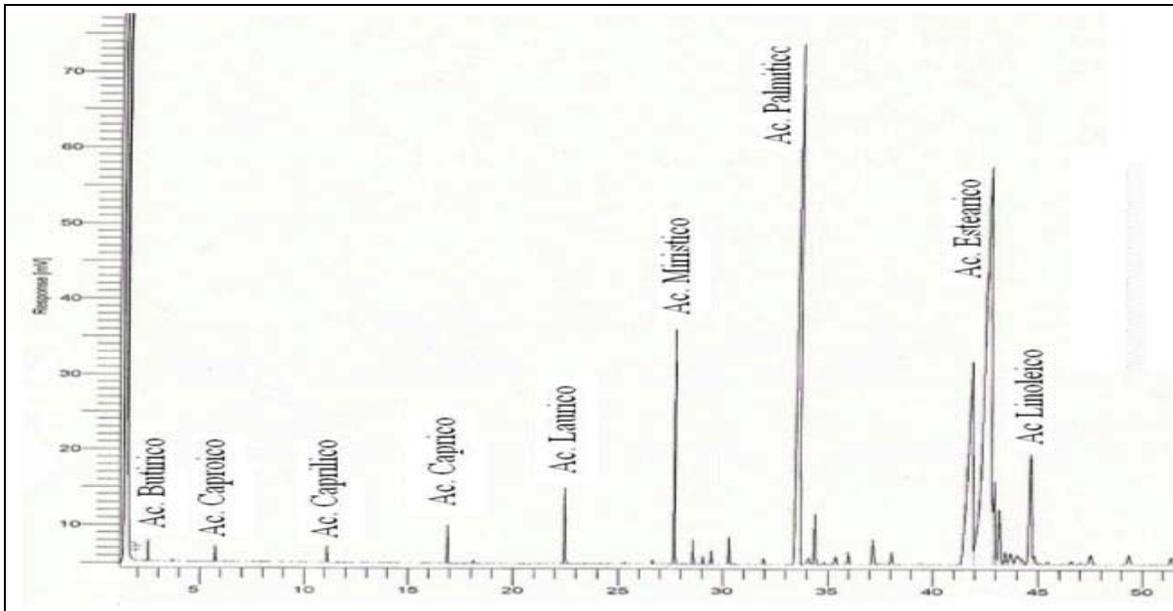
La detección de grasas no lácteas en la leche es un problema complejo, para su estudio hay que considerar los tres aspectos siguientes: los componentes químicos de la grasa, sean de origen vegetal o animal son similares y al mezclarse en proporciones adecuadas dan como resultado una grasa que puede parecer de origen lácteo; el contenido total de grasa láctea y sus componentes principales (triacilgliceroles y ácidos grasos) pueden variar a lo largo del año debido a las características propias del hato lechero y las condiciones de estabulación; la combinación de estas dos situaciones enmascara posibles adulteraciones. Para la detección de grasa extraña en leche y derivados, en la actualidad se recurre a investigar la composición y contenidos de triacilgliceroles y ácidos grasos (*TAG* y *AG*), por cromatografía gas-líquido con detector de ionización de llama (*GCL-FID*) (Seminario Alpura, 2001).

Por ello al igual que el contenido de grasa como parámetro de calidad también es importante saber el tipo de grasa que contiene el producto por lo cual se determinó la presencia de los ácidos grasos de la leche. Para este análisis se evaluó el perfil de ácidos grasos del material lipídico extraído. Para establecer que la grasa puede ser de origen animal o vegetal (ver tabla 22) se analiza el perfil y se busca la presencia de ácido butírico principalmente y la relación de otros ácidos grasos, que en la mayoría de leches fueron de característica butírica. Se puede decir que no existe adulteración en cuanto a la adición de sustitutos grasos para la estandarización de ésta y se encontraron dos leches deslactosadas que presentan grasa vegetal. Esto se aprecia en los cromatogramas que se tienen dentro de la figura 3 en los cuales las señales de los ácidos grasos para un perfil de características butíricas tienen un predominio de área en lo que son butírico, caproico, caprílico, caprico, laurico y mirístico con respecto a los contenidos en el cromatograma de la grasa vegetal donde el ácido esteárico predomina y las áreas del ácido butírico, caproico, caprílico, caprico son menores. Dentro de estos ácidos grasos los más importantes son los que tienen números pares de carbonos, no son ramificados, están saturados, y tienen una longitud de cadena entre C4 y C18 (Schlimme y Buchheim, 2002).

a)



b)



**Figura 3. Cromatogramas del perfil de ácidos grasos obtenidos por cromatografía de gases a) Grasa butírica b) Grasa vegetal**

Cromatógrafo de gases Perkin Elmer Clarus 500, Detector FID (32 ° C), Columna DB-23, Límites de temperatura de 40 ° C a 250 ° C (260 ° C), Inlet: split (250 ° C)  
 flujo 38.7cm/sec, Temperature program Isothermal at 120 ° C

**Tabla 22. Determinación del perfil de ácidos grasos en las muestras de leche**

Muestra	Leche entera	Leche parcialmente descremada	Leche descremada	Leche deslactosada
1	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. B
2	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. B
3	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. V
4	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. B
5	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. B
6	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. V
7	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. B
8	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. B
9	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. B
10	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. B
11	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. B
12	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. B
13	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. B
14	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. B
15	C. G. B	C. G. B	C. G. B	C. G. B
16	C. G. B	C. G. B	C. G. B	
17	C. G. B	C. G. B		

C. G. B. Característico de grasa butírica

C. G. V Característico de grasa vegetal

El análisis comparativo de las diferencias entre los valores de los perfiles de AG y de los TAG, de grasa butírica auténtica y los de leches procesadas sospechosas de estar adulteradas, con ayuda de algunos tratamientos estadísticos han sido propuestos para facilitar la investigación en este campo. Otra metodología para la detección de grasa extraña en leche bovina procesada, consiste en comparar los valores de los perfiles de AG y TAG de muestras de leche sospechosas con mezclas preparadas con grasa láctea pura y proporciones diferentes de grasas adulterantes de origen vegetal y animal (Seminario Alpura 2001).

Un punto de control de posibles defectos que se puede encontrar en la leche UHT por la escisión hidrolítica catalizada por enzimas (lipólisis) de la grasa láctea en la leche, y en los productos lácteos da lugar a la liberación de ácidos grasos, mono- y diglicéridos, así como glicerol. El grado de acidez de la grasa láctea calculado como milimoles de ácidos grasos libres por 100 gramos de grasa, es una medida del grado de lipólisis, sin embargo la norma no considera estos parámetros, sólo se contempla cantidad y perfil de ácidos grasos. Sería importante determinar otros factores de calidad tales como acidez libre y oxidación ya que proporcionan información sobre las modificaciones oxidativas de la grasa láctea, las cuales se dan la mayoría de las veces en la autooxidación de ácidos grasos insaturados provocada por el oxígeno. Esta comienza en productos lácteos líquidos la mayoría de las veces con los fosfolípidos y en ella participa fundamentalmente el cobre como catalizador, estas reacciones en la leche y en los productos lácteos depende sobre todo de la actividad del agua del producto, la temperatura, el contenido de oxígeno de las grasas, del pH y del contenido de sal. Por lo que para disminuir los defectos de origen oxidativo es de importancia controlar las condiciones del procesado de la leche en las operaciones de enfriamiento, calentamiento, separación y homogenización. (Varnam, 1995).

Otro cambio que podría ocurrir durante el calentamiento, es que a partir de la grasa se forman lactonas y metil-cetonas que tienen un efecto alterante sobre el aroma. Las cantidades presentes en la leche pasteurizada son pequeñas en comparación con las que se encuentran en leches que han sido sometidas a tratamientos térmicos más severos y en el caso de las metil-cetonas, las cantidades presentes son solamente un poco superiores a las que se encuentran en la leche no calentada.

Tabla 23. RESUMEN DEL CUMPLIMIENTO DE LA LECHE ENTERA UHT CON LOS PARAMETROS ESTABLECIDOS EN LA NOM-155-SCFI-2003

MUESTRA	DENSIDAD	SÓLIDOS NO GRASOS	LACTOSA	PROTEINA	CASEINA	GRASA BUTIRICA
1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
4	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
5	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple	Cumple
6	No cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
7	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
8	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
9	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
10	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
11	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
12	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
13	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
14	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
15	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
16	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
17	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

TABLA 24. RESUMEN DEL CUMPLIMIENTO DE LECHE SEMIDESCREMADA CON LOS PARAMETROS ESTABLECIDOS EN LA NOM-155-SCFI-2003

MUESTRA	DENSIDAD	SÓLIDOS NO GRASOS	LACTOSA	PROTEINA	CASEINA	GRASA BUTIRICA
1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
4	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
5	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
6	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
7	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
8	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
9	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
10	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
11	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
12	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
13	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
14	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
15	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
16	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
17	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

TABLA 25. RESUMEN DEL CUMPLIMIENTO DE LECHE DESCREMADA UHT  
CON LOS PARAMETROS ESTABLECIDOS EN LA NOM-155-SCFI-2003

MUESTRA	DENSIDAD	SÓLIDOS NO GRASOS	LACTOSA	PROTEINA	CASEINA	GRASA BUTIRICA
1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
4	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
5	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
6	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
7	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
8	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
9	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
10	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
11	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
12	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
13	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
14	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
15	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
16	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No cumple

TABLA 26. RESUMEN DEL CUMPLIMIENTO DE LECHE DESLACTOSADA UHT CON LOS PARAMETROS ESTABLECIDOS EN LA NOM-155-SCFI-2003

Leche entera						
MUESTRA	DENSIDAD	SÓLIDOS NO GRASOS	LACTOSA	PROTEINA	CASEINA	GRASA BUTIRICA
1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Leche parcialmente descremada						
1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
4	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
5	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
6	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
7	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
8	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	cumple
9	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
10	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Leche descremada						
1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple

Se puede decir que las leches ultrapasteurizadas cumplen en su mayoría con cada parámetro de especificación de la NOM-155-SCFI-2003. Existen tres muestras de leche entera, cuatro muestras de leche parcialmente descremada, seis muestras de leche descremada y dos muestras de leche deslactosada que sobrepasan por lo menos un límite de especificación.

En densidad únicamente salen de especificación dos leches enteras, en sólidos no grasos, todas las leches cumplen con la especificación, en el contenido de lactosa existen leches parcialmente descremadas y descremadas que sobrepasan el valor establecido en la especificación pero no quedan por debajo del requerimiento por lo que no existiría problema con la calidad ya que no se ve reflejado en parámetros relacionados como sólidos no grasos o densidad, en el contenido de proteína dos muestras de leche entera quedan por debajo de lo establecido en la norma pero no se ven afectadas con respecto al contenido mínimo de caseína y la relación de caseína – proteína, por último en el contenido de grasa existe una muestra de leche que vuelve a quedar por debajo de la especificación como lo es la muestra 8 la cual se considera que no pasa los requerimientos de calidad establecida por la normatividad, tres muestras de leche parcialmente descremada sobrepasan el intervalo establecido para lactosa y otra más el límite para la cantidad de grasa permitida, mientras donde se ve reflejado un mayor incumplimiento con la especificación de la norma es en las leches descremadas las cuales en mayor número incumplen el contenido de grasa, al igual que en las leches deslactosadas existen muestras que no quedan dentro de especificación en cuanto al contenido de grasa, se obtuvo que en la mayoría de las muestras el perfil de ácidos grasos es de característica butírica exceptuando dos leches deslactosadas que presentan grasa vegetal. Cabe mencionar que no se aplican comparaciones con la normatividad internacional, especialmente con el Codex Alimentarius y con Las Normas de la Unión Europea por no haber puntos de comparación en los parámetros analizados y que éstas suelen referirse al tipo de proceso y no concretamente a las especificaciones que se deberían de cumplir en cada parámetro.

## CONCLUSIONES

Las leches cumplen con el contenido de densidad salvo dos muestras que quedan por debajo de la densidad y todas cumplen con el contenido de sólidos no grasos establecido por la normatividad para la leche por lo tanto la adición de agua no es una práctica que se vea reflejada en las leches ultrapasteurizadas.

Existen muestras de leche parcialmente descremada y descremada que sobrepasan el valor máximo en el contenido de lactosa, pero en su mayoría, las muestras no se ven afectadas en la determinación de parámetros relacionados a este contenido. Y en el caso de los productos deslactosados las muestras a las cuales se le logró determinar lactosa no sobrepasan el límite de la norma. Por lo que la mayoría de las muestras cumplen con la especificación de la norma

Se verificó que el contenido de proteína cumpliera con lo exigido en la norma de acuerdo a su denominación donde únicamente dos leches enteras quedan por debajo de lo establecido. Se verificó que del contenido de proteínas, la caseína representara un porcentaje no menor al 70 %, lo cual todas las muestras cumplen.

El contenido de grasa se ajusta para la mayoría de muestras. El perfil de ácidos grasos indica que entre las leches analizadas, sólo dos leches deslactosadas tenían grasa vegetal y el resto grasa butírica.

Debido a que la mayoría de las leches están dentro de las especificaciones correspondientes de la normatividad mexicana se establece que la leche que consumen los mexicanos es de buena calidad y no existieron puntos de comparación con respecto a la normatividad Internacional.

## ANEXO

Leche entera

Análisis estadístico efectuado por medio del programa SPSS 8.0 for Windows (\*).

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO DENSIDAD EN LECHE ENTERA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	2.460E-05	16	1.537E-06	6.149
Within Groups	8.500E-06	34	2.500E-07	
Total	3.310E-05	50		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO DENSIDAD EN LECHE ENTERA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6
Duncan	6	3	1.0289					
	8	3	1.0289					
	15	3	1.0292	1.0292				
	12	3	1.0294	1.0294	1.0294			
	2	3	1.0296	1.0296	1.0296			
	10	3	1.0297	1.0297	1.0297			
	4	3	1.0298	1.0298	1.0298			
	5	3	1.0298	1.0298	1.0298			
	7	3	1.0298	1.0298	1.0298			
	16	3		1.0300	1.0300	1.0300		
	1	3		1.0301	1.0301	1.0301	1.0301	
	14	3			1.0302	1.0302	1.0302	1.0302
	9	3			1.0303	1.0303	1.0303	
	13	3			1.0303	1.0303	1.0303	
	11	3				1.0308	1.0308	1.0308
	3	3					1.0310	1.0310
	17	3						1.0316
	Sig.		.067	.067	.070	.093	.059	.071

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO SNG EN LECHE ENTERA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	339.056	16	21.191	21.191
Within Groups	34.000	34	1.000	
Total	373.056	50		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO SNG EN LECHE ENTERA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duncan	3	3	86.20								
	8	3	86.70	86.70							
	7	3	87.50	87.50							
	5	3	87.90	87.90	87.90						
	1	3	88.00	88.00	88.00						
	6	3		88.30	88.30						
	14	3			89.40	89.40					
	2	3			89.50	89.50					
	12	3				90.20					
	11	3				90.50	90.50				
	16	3				90.90	90.90	90.90			
	4	3					92.20	92.20	92.20		
	10	3						92.30	92.30		
	9	3						92.40	92.40		
	13	3							93.20	93.20	
	17	3								94.30	94.30
	15	3									95.00
	Sig.		.055	.088	.088	.109	.056	.101	.273	.187	.397

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO LACTOSA EN LECHE ENTERA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	129.176	16	8.074	8.666
Within Groups	31.677	34	.932	
Total	160.853	50		

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO LACTOSA EN LECHE ENTERA

Subset for alpha = .05

	N					
	LECHE	1	2	3	4	5
Duncan	5	3	44.00			
	6	3		46.00		
	3	3		47.00	47.00	
	8	3		47.00	47.00	
	16	3		47.00	47.00	
	2	3			48.00	48.00
	9	3			48.00	48.00
	15	3			48.00	48.00
	4	3				49.00
	7	3				49.00
	10	3				49.00
	11	3				49.00
	14	3				49.00
	1	3				50.00
	12	3				50.00
	13	3				50.00
	17	3				50.00
	Sig.		1.000	.256	.275	.284

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO PROTEINA EN LECHE ENTERA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	183.643	16	11.478	12752.980
Within Groups	3.060E-02	34	9.000E-04	
Total	183.674	50		

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO PROTEINA EN LECHE ENTERA

Subset for alpha = .05

	N														
	LECHE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Duncan	5	3	29.15												
	8	3		29.33											
	3	3			30.09										
	1	3				30.48									
	6	3				30.52									
	15	3					31.27								
	4	3						31.49							
	11	3							31.55						
	7	3							31.56						
	14	3								31.72					
	2	3									31.94				
	12	3									31.94				
	16	3										32.77			
	17	3											32.87		
	10	3												35.10	
	9	3													35.50
	13	3													35.66
	Sig.		1.000	1.000	1.000	.112	1.000	1.000	.686	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO CASEINA EN LECHE ENTERA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	256.925	16	16.058	17841.990
Within Groups	3.060E-02	34	9.000E-04	
Total	256.955	50		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO CASEINA EN LECHE ENTERA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Duncan	5	3	23.76															
	8	3		24.03														
	3	3			25.29													
	6	3				25.86												
	1	3					26.88											
	4	3						27.06										
	12	3							27.36									
	11	3								27.39								
	2	3									27.45							
	15	3										27.46						
	7	3											27.53					
	17	3												27.70				
	14	3													28.00			
	16	3														28.00		
	10	3														31.00		
	9	3															31.20	
	13	3																32.50
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.229	.686	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DE LA RELACIÓN CASEINA-PROTEINA EN LECHE ENTERA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	288.955	16	18.060	20066.297
Within Groups	3.060E-02	34	9.000E-04	
Total	288.985	50		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DE LA RELACIÓN CASEINA-PROTEINA EN LECHE

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Duncan	5	3	81.51																
	8	3		81.93															
	3	3			84.04														
	17	3				84.27													
	6	3					84.73												
	16	3						85.47											
	12	3							85.66										
	4	3								85.93									
	2	3									85.94								
	11	3										86.81							
	7	3											87.31						
	15	3												87.82					
	9	3													87.89				
	1	3														88.19			
	14	3															88.27		
	10	3																88.40	
	13	3																	91.14
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.686	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO **GRASA** EN LECHE ENTERA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	126.088	16	7.881	788.051
Within Groups	.340	34	1.000E-02	
Total	126.428	50		

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DE LA RELACIÓN **GRASA** EN LECHE ENTERA

Subset for alpha = .05

	LECHE		1	2	3	4	5	6	7	8
Duncan	8	3	27.00							
	4	3		30.00						
	12	3		30.00						
	16	3		30.00						
	17	3			30.50					
	5	3				31.00				
	6	3				31.00				
	7	3				31.00				
	9	3				31.00				
	11	3				31.00				
	14	3				31.00				
	15	3					31.50			
	2	3						32.50		
	3	3							33.00	
	10	3							33.00	
	13	3							33.00	
	1	3								34.00
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO **DENSIDAD** EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	9.966E-05	16	6.229E-06	24.914
Within Groups	8.500E-06	34	2.500E-07	
Total	1.082E-04	50		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO DENSIDAD EN LECHE

## PARCIALMENTE DESCREMADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8
Duncan	3.00	3	1.0296							
	2.00	3		1.0305						
	5.00	3		1.0308	1.0308					
	15.00	3		1.0311	1.0311	1.0311				
	4.00	3		1.0312	1.0312	1.0312	1.0312			
	8.00	3		1.0312	1.0312	1.0312	1.0312			
	9.00	3		1.0312	1.0312	1.0312	1.0312			
	11.00	3		1.0313	1.0313	1.0313	1.0313			
	6.00	3			1.0315	1.0315	1.0315			
	13.00	3			1.0317	1.0317	1.0317	1.0317		
	16.00	3			1.0317	1.0317	1.0317	1.0317		
	1.00	3				1.0320	1.0320	1.0320		
	17.00	3					1.0321	1.0321		
	10.00	3						1.0326	1.0326	
	14.00	3							1.0331	
	7.00	3								1.0347
	12.00	3								1.0354
	Sig.		1.000	.097	.067	.067	.067	.055	.229	.096

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO SÓLIDOS EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	1194.953	16	74.685	74.685
Within Groups	34.000	34	1.000	
Total	1228.953	50		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO SÓLIDOS EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Duncan	2.00	3	87.60									
	3.00	3		89.60								
	6.00	3		90.50								
	5.00	3		90.90	90.90							
	4.00	3		91.30	91.30	91.30						
	1.00	3			92.60	92.60	92.60					
	15.00	3			92.60	92.60	92.60					
	16.00	3				92.90	92.90					
	14.00	3					93.90	93.90				
	10.00	3					94.20	94.20				
	8.00	3						95.60	95.60			
	17.00	3							96.00			
	13.00	3							96.90	96.90		
	7.00	3								98.40		
	9.00	3								98.50		
	11.00	3									101.80	
	12.00	3										108.10
	Sig.		1.000	.064	.064	.081	.088	.056	.141	.071	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO LACTOSA EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	127.412	16	7.963	8.012
Within Groups	33.794	34	.994	
Total	161.206	50		

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO LACTOSA EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4
Duncan	3.00	3	48.00			
	4.00	3	48.00			
	5.00	3	48.00			
	7.00	3	48.00			
	10.00	3	49.00	49.00		
	11.00	3	49.00	49.00		
	13.00	3	49.00	49.00		
	1.00	3		50.00		
	2.00	3		50.00		
	9.00	3		50.00		
	12.00	3		50.00		
	14.00	3		50.00		
	15.00	3		50.00		
	16.00	3		50.00		
	6.00	3			52.00	
	17.00	3			52.00	
	8.00	3				54.00
	Sig.		.296	.305	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO PROTEINA EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	214.724	16	13.420	14911.385
Within Groups	3.060E-02	34	9.000E-04	
Total	214.755	50		

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO PROTEINA EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Duncan	17.00	3	30.60													
	5.00	3		30.75												
	8.00	3			31.27											
	3.00	3				31.53										
	1.00	3					31.64									
	4.00	3					31.66									
	9.00	3						31.94								
	11.00	3							32.10							
	6.00	3							32.13							
	2.00	3								32.35						
	16.00	3									32.84					
	13.00	3									32.86					
	15.00	3										33.26				
	12.00	3											34.67			
	14.00	3												35.00		
	10.00	3													36.65	
	7.00	3														38.36
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	.420	1.000	.229	1.000	.420	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO CASEINA EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	173.814	16	10.863	12070.419
Within Groups	3.060E-02	34	9.000E-04	
Total	173.845	50		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO CASEINA EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
Duncan	8.00	3	25.70																
	5.00	3		26.06															
	4.00	3			26.97														
	2.00	3				27.36													
	9.00	3					27.36												
	11.00	3						27.60											
	17.00	3							27.70										
	6.00	3								27.71	27.71								
	13.00	3									27.75	27.75							
	3.00	3										27.76							
	1.00	3											27.83						
	16.00	3												28.02					
	15.00	3													29.60				
	12.00	3														29.76			
	14.00	3															30.35		
	7.00	3																32.11	
	10.00	3																	32.55
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.061	.061	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DE LA RELACION CASEINA-PROTEINA EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	239.319	16	14.957	16619.373
Within Groups	3.060E-02	34	9.000E-04	
Total	239.350	50		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DE LA RELACION CASEINA-PROTEINA EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Duncan	8.00	3	82.18																
	7.00	3		83.71															
	13.00	3			84.49														
	2.00	3				84.57													
	5.00	3					84.75												
	4.00	3						85.19											
	16.00	3							85.32										
	9.00	3								85.66									
	12.00	3									85.84								
	11.00	3										85.98							
	14.00	3											86.71						
	1.00	3												87.96					
	3.00	3													88.04				
	10.00	3														88.81			
	15.00	3															89.0		
	6.00	3																89.01	
	17.00	3																	90.50
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.686	1.000	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO CASEINA EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	1130.453	16	70.653	7065.331
Within Groups	.340	34	1.000E-02	
Total	1130.793	50		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO CASEINA EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Duncan	12.00	3	9.50												
	7.00	3		10.20											
	14.00	3		10.30											
	10.00	3			10.50										
	13.00	3				11.00									
	1.00	3					13.80								
	4.00	3						16.80							
	9.00	3						16.80							
	11.00	3						16.80							
	16.00	3							17.00						
	5.00	3								17.50					
	15.00	3									17.80				
	6.00	3										18.00			
	8.00	3											18.50		
	17.00	3											18.50		
	2.00	3												19.80	
	3.00	3													29.00
	Sig.		1.000	.229	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO DENSIDAD EN LECHE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	9.063E-05	15	6.042E-06	24.168
Within Groups	8.000E-06	32	2.500E-07	
Total	9.863E-05	47		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO DENSIDAD EN LECHE DESCREMADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5
Duncan	9.00	3	1.0320				
	16.00	3	1.0320				
	3.00	3	1.0322	1.0322			
	7.00	3	1.0322	1.0322			
	1.00	3	1.0324	1.0324			
	10.00	3		1.0330			
	11.00	3		1.0331	1.0331		
	6.00	3			1.0334		
	8.00	3			1.0334		
	5.00	3			1.0335		
	13.00	3			1.0335		
	12.00	3			1.0338	1.0338	
	15.00	3			1.0338	1.0338	
	14.00	3				1.0346	
	2.00	3					1.0364
	4.00	3					1.0368
	Sig.		.391	.055	.100	.072	.335

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO SNG EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	645.958	15	43.064	43.064
Within Groups	32.000	32	1.000	
Total	677.958	47		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO SNG EN LECHE DESCREMADA

Subset for alpha = .05

		N									
	LECHE		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duncan	3.00	3	90.70								
	13.00	3	92.00	92.00							
	16.00	3		92.80	92.80						
	5.00	3		93.10	93.10	93.10					
	8.00	3		93.40	93.40	93.40	93.40				
	12.00	3			93.90	93.90	93.90	93.90			
	1.00	3			94.00	94.00	94.00	94.00			
	6.00	3			94.60	94.60	94.60	94.60	94.60		
	7.00	3				94.90	94.90	94.90	94.90		
	11.00	3					95.20	95.20			
	10.00	3						95.60			
	15.00	3						95.60			
	9.00	3							97.90		
	14.00	3							99.50		
	2.00	3								101.90	
	4.00	3									105.20
	Sig.		.121	.126	.059	.059	.059	.078	.059	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO LACTOSA EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	188.813	15	12.588	12.599
Within Groups	31.970	32	.999	
Total	220.783	47		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO LACTOSA EN LECHE DESCREMADA

Subset for alpha = .05

		N							
	LECHE		1	2	3	4	5	6	
Duncan	5.00	3	47.00						
	3.00	3	48.00	48.00					
	9.00	3	48.00	48.00					
	16.00	3	48.00	48.00					
	4.00	3		49.00	49.00				
	1.00	3			50.00	50.00			
	2.00	3			50.00	50.00	50.00		
	6.00	3			50.00	50.00			
	7.00	3			50.00	50.00			
	10.00	3			50.00	50.00			
	11.00	3			50.00	50.00			
	12.00	3			50.00	50.00			
	13.00	3			50.00	50.00			
	8.00	3				51.00	51.00		
	15.00	3					52.00		
	14.00	3							56.00
	Sig.		.273	.273	.304	.304	.229		1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO **PROTEINA** EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	72.037	15	4.802	5336.067
Within Groups	2.880E-02	32	9.000E-04	
Total	72.066	47		

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO **PROTEINA** EN LECHE DESCREMADA

Subset for alpha = .0

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Duncan	1.00	3	30.98															
	3.00	3		31.53														
	9.00	3			31.60													
	14.00	3				31.90												
	6.00	3					32.20											
	7.00	3						32.60										
	2.00	3							32.62									
	4.00	3								32.84								
	12.00	3									33.00							
	8.00	3										33.01						
	16.00	3											33.20					
	11.00	3												33.25				
	13.00	3													33.54			
	15.00	3														33.80		
	10.00	3															33.92	
	5.00	3																36.45
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.420	1.000	.686	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO **CASEINA** EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	130.257	15	8.684	9648.676
Within Groups	2.880E-02	32	9.000E-04	
Total	130.286	47		

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO **CASEINA** EN LECHE DESCREMADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Duncan	4.00	3	24.94															
	9.00	3		26.10														
	3.00	3			26.63													
	1.00	3				26.90												
	2.00	3					26.95											
	7.00	3						27.13										
	13.00	3							27.40									
	16.00	3								27.70								
	12.00	3									28.10							
	14.00	3										28.10						
	6.00	3											28.50					
	11.00	3												28.72				
	8.00	3													29.40			
	15.00	3														29.90		
	10.00	3															30.10	
	5.00	3																31.78
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ANOVA PARA LA DETERMINACION DE LA RELACION CASEINA -PROTEINA EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	807.602	15	53.840	59822.400
Within Groups	2.880E-02	32	9.000E-04	
Total	807.631	47		

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DE LA RELACION CASEINA-PROTEINA EN LECHE DESCREMADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Duncan	4.00	3	75.94														
	13.00	3		81.69													
	9.00	3			82.59												
	2.00	3			82.62												
	7.00	3				83.22											
	16.00	3					83.30										
	3.00	3						84.46									
	12.00	3							85.10								
	11.00	3								86.38							
	1.00	3									86.83						
	5.00	3										87.19					
	14.00	3											88.20				
	15.00	3												88.46			
	6.00	3													88.50		
	8.00	3														90.20	
	10.00	3															94.60
	Sig.		1.000	1.000	.230	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.112	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO GRASA EN LECHE PARCIALMENTE DESCREMADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	234.988	15	15.666	6266.350
Within Groups	8.000E-02	32	2.500E-03	
Total	235.068	47		

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO GRASA EN LECHE DESCREMADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Duncan	3.00	3	0.20															
	14.00	3		0.50														
	12.00	3			1.10													
	13.00	3				1.30												
	6.00	3					2.20											
	8.00	3						3.60										
	2.00	3							4.20									
	7.00	3								4.40								
	9.00	3									4.40							
	10.00	3										5.00						
	4.00	3											5.20					
	16.00	3												5.60				
	15.00	3													5.80			
	1.00	3														6.40		
	5.00	3															6.70	
	11.00	3																7.30
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO DENSIDAD EN LECHE DESLACTOSADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	5.776E-05	14	4.126E-06	16.503
Within Groups	7.500E-06	30	2.500E-07	
Total	6.526E-05	44		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO DENSIDAD EN LECHE DESLACTOSADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6
Duncan	8	3	1.02940					
	7	3		1.0303				
	10	3		1.0303				
	4	3		1.0305				
	1	3		1.0310	1.0310			
	15	3		1.0311	1.0311			
	13	3			1.0316	1.0316		
	6	3			1.0317	1.0317	1.0317	
	11	3			1.0317	1.0317	1.0317	
	2	3			1.0319	1.0319	1.0319	
	3	3			1.0319	1.0319	1.0319	
	14	3				1.0325	1.0325	
	12	3					1.0326	
	5	3						1.0335
	9	3						1.0335
	Sig.		1.000	.088	.063	.060	.060	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO SNG EN LECHE DESLACTOSADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	522.748	14	37.339	37.339
Within Groups	30.000	30	1.000	
Total	552.748	44		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO SNG EN LECHE DESLACTOSADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8
Duncan	6	3	85.80							
	8	3	85.80							
	10	3		88.20						
	7	3		88.30						
	5	3		88.50						
	13	3		88.50						
	4	3		89.60	89.60					
	15	3		90.00	90.00					
	3	3			90.70	90.70				
	1	3			91.20	91.20				
	2	3				92.30	92.30			
	14	3					93.50	93.50		
	11	3						94.40	94.40	
	12	3							96.00	
	9	3								97.80
	Sig.		1.000	.060	.082	.073	.152	.279	.059	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO LACTOSA EN LECHE DESLACTOSADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	419.200	14	29.943	6416.327
Within Groups	.140	30	4.667E-03	
Total	419.340	44		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO LACTOSA EN LECHE DESLACTOSADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N				
			1	2	3	4
Duncan	2	3	0.00			
	3	3	0.00			
	4	3	0.00			
	5	3	0.00			
	6	3	0.00			
	7	3	0.00			
	8	3	0.00			
	9	3	0.00			
	10	3	0.00			
	11	3	0.00			
	12	3	0.00			
	14	3		2.00		
	15	3			3.00	
	1	3				9.00
	13	3				9.00
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO PROTEINA EN LECHE DESLACTOSADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	56.826	14	4.059	4509.975
Within Groups	2.700E-02	30	9.000E-04	
Total	56.853	44		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO PROTEINA EN LECHE DESLACTOSADA

Subset for alpha = .05

		N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Duncan	LECHE	7	30.84														
		8		30.95													
		13			31.35												
		4				31.90											
		10					32.09										
		3						32.30									
		6							32.34								
		1								32.50							
		2									32.68						
		11										32.86					
		15											32.95				
		14												33.20			
		12													33.25		
		9														33.65	
		5															35.53
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.113	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.050	1.000	1.000	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO CASEINA EN LECHE DESLACTOSADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	58.593	14	4.185	4650.232
Within Groups	2.700E-02	30	9.000E-04	
Total	58.620	44		

## PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO CASEINA EN LECHE DESLACTOSADA

Subset for alpha = .05

		N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Duncan	LECHE	8	26.18														
		3		26.80													
		7			26.99												
		13				27.00											
		2					27.53										
		1						27.59									
		15							27.80								
		10								27.95							
		6									28.23						
		12										28.30					
		11											28.40				
		4												28.53			
		14													28.90		
		9														29.26	
		5															31.06
	Sig.		1.000	1.000	.686	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

## ANOVA PARA LA DETERMINACION DE LA RELACION CASEINA-PROTEINA EN LECHE DESLACTOSADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	118.518	14	8.466	9406.213
Within Groups	2.700E-02	30	9.000E-04	
Total	118.545	44		

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA RELACION DE CASEINA-PROTEINA EN LECHE DESLACTOSADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Duncan	3	3	82.97														
	2	3		84.24													
	15	3			84.50												
	8	3				84.59											
	1	3					84.89										
	12	3						85.11									
	13	3							86.10								
	11	3								86.42							
	9	3									86.95						
	14	3										87.00					
	10	3											87.10				
	6	3												87.29			
	5	3													87.42		
	7	3														87.52	
	4	3															89.44
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.050	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

|

ANOVA PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO GRASA EN LECHE DESLACTOSADA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	2944.551	14	210.325	23226.085
Within Groups	.272	30	9.056E-03	
Total	2944.823	44		

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA DETERMINACION DEL PARAMETRO GRASA EN LECHE DESLACTOSADA

Subset for alpha = .05

	LECHE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
Duncan	3	3	1.05														
	6	3		2.90													
	12	3			5.53												
	9	3				11.00											
	7	3					15.80										
	15	3						16.50									
	1	3							16.80								
	2	3								16.80							
	11	3									16.80						
	14	3										16.80					
	10	3											20.80				
	13	3												20.80			
	5	3													22.20		
	4	3														29.00	
	8	3															30.00
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000				

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**BIBLIOGRAFIA**

- ❖ Alkanhal H, al-Othman A, Hewedi F, *Changes in protein nutritional quality in fresh ad recombined ultra high temperature treated milk during storage*. International Journal of Sciences and Nutrition, 2001, 52, 509-514.
- ❖ Alpura, Seminario de Calidad e inocuidad en leche y derivados, 2001. Seminario Nacional Sobre Calidad e Inocuidad de la Leche y Derivados Modulo III. Impartido el 25 y 26 de marzo del 2004 en la Ciudad de México.
- ❖ Amiot, J. (comp.), *Ciencia y tecnología de la leche. Principios y aplicaciones*, Madrid, Acribia, 1991 pp. 4, 6, 24, 31, 42, 195, 196, 198, 207, 208, 209, 211, 213, 214
- ❖ Bancomex, Secretaría de Economía, SAGARPA, PC-031-2005 *Pliego de condiciones para el uso de la Marca Oficial México Calidad Suprema en Leche*, México, 2005, pp. 25
- ❖ Bastian E, Brown R, *Plasmin in Milk and Dairy Products: an Update*, Int. Dairy Journal 6, 1996, 435-457
- ❖ Belitz, H., Groch, W., *Química de los alimentos*, 2ª ed., España, Acribia, 1997, pp. 556, 557
- ❖ Bonometti, P., *Innovative packing for UHT New Food*. 2005: 8(4): 51-55
- ❖ CODEX STAN 206-1999 I Norma general del Codex para el uso de términos lecheros

- ❖ Doyle M., Beuhat L., Montville T., *Microbiología de los Alimentos. Fundamentos y Fronteras*, España, Acribia 2000, pp. 108
- ❖ Early, R., *Tecnología de los productos lácteos*, España, Acribia, 2000, pp. 1, 2, 3, 7, 35
- ❖ Efigênia M, Pova B, Moraes Santos T, *Effect of Heat Treatment on the Nutritional Quality of Milk Proteins*, Int. Dairy Journal 7, 1997, 609-612
- ❖ Elliott A, Datt N, Amenu B, Deeth H, *Heat- induced and other chemical changes in commercial UHT milks*. Journal of Dairy Research, 2005, 72, 442-446
- ❖ Fennema, O., *Química de alimentos*, España, Acriba, 2000, pp. 1000, 1008, 1009, 1033
- ❖ Fox, P. McSweeney P. 1998. Dairy Chemistry and Biochemistry. Blackie Academic and Profesional, Londres 478
- ❖ García, A., Del Valle, M., Álvarez, A., *Los sistemas nacionales lechero de México, Estados Unidos y Canadá y sus internacionales. Un enfoque socioeconómico*, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de investigaciones económicas UNAM, Universidad Metropolitana Unidad Xochimilco, Primera edición 1997, México, pp. 50, 51, 56
- ❖ Hirdham J., *Effect of increased  $\beta$ -lactoglobulin and whey protein concentration on the storage stability of UHT processed milk*. Australian Journal of Dairy Technology, 1999, 54, 2, 77-83

- ❖ Jeantet, R., Roignant, M., Brulé, C., *Ingeniería de los procesos aplicada la industria láctea*, España, Acribia, 2005, pp. 49
- ❖ Jiménez Lucas Marana, *Disposición de leche en polvo caduca. Estudio de caso.*, Tesis Licenciatura UNAM, México, 2005, pp. 24, 53
- ❖ Keating, F., Gaona, H., *Introducción a la lactología*, 2ª ed., México, Limusa, 1999, pp. 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24
- ❖ Kirk, R., Sawyer, R., Egan, H., *Composición y análisis de alimentos de Pearson*, 2ª edición, México, Compañía editorial continental, 2002, pp. 583, 587, 588
- ❖ Loquet, F. *Leche y productos lácteos vaca- oveja- cabra los productos lácteos transformaciones y tecnologías*, Vol. 2, España, Acribia, 1993, pp. 3, 4
- ❖ Madrid A, *Curso de industrias lácteas* 1ª edición 1996, Mundi-Prensa, pp. 146
- ❖ Magariños, H. (2000) Producción higiénica de la leche cruda, producción y servicios incorporados OEA, Guatemala, Cáp. 3, 11, [http://www.science.oas.org/OEA\\_GTZ/LIBROS/LA\\_LECHE/leche.htm](http://www.science.oas.org/OEA_GTZ/LIBROS/LA_LECHE/leche.htm) consultado enero 2007
- ❖ Maraña Ricano Josefina, *Utilización del proceso UHT para la esterilización comercial en leche*, Tesis Licenciatura UNAM, 1992, pp. 20, 24, 27, 28.
- ❖ NOM-155-SCFI-2003. *Leche, formula láctea y producto lácteo combinado. Determinaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y método de prueba.*
- ❖ NORMA Oficial Mexicana NOM-184-SSA1-2002. *Productos y servicios. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Especificaciones sanitarias.*

- ❖ Olvera Montiel María A., *Determinación de caseína, caseinatos o fracciones proteicas adicionadas a mezclas de leche e polvo importada*, Tesis licenciatura UNAM, 2002, pp. 6, 8
- ❖ Sangeeta-Prakash; Nivedita-Dalta; Deeth-H.C. *Methods of detecting caused by heating of milk* Food- Reviews-international;20051(3):267-29
- ❖ Schlimme, E. y Buchheim, W., *La leche y sus componentes propiedades químicas y físicas*. Madrid, Acribia, 2002 pp. 8, 33, 34, 36, 37, 41, 42, 46, 47, 49, 50, 54, 55, 61, 88, 89, 94
- ❖ Simpson R, Jiménez M, Vega M, Romero A, Costa M, *Evaluación de leches UHT comerciales y optimización del proceso industrial*, Archivos Latinoamericanos de Nutrición, ALAN vol 50 no. 4 Caracas, 2000
- ❖ Spreer, E., *Lactología industrial*, 2ª ed., España, Acribia, 1991, pp. 21, 27
- ❖ Unión Europea, <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/f84002.htm> consultado en junio del 2007
- ❖ Varnam, A., *Leche y productos lácteos. tecnología, química y microbiología*, España, Acribia, 1995, pp. 45, 49, 50
- ❖ Villamar, L., Pérez. H., Olivera, E., *Situación actual de la producción de leche de bovino en México 2004*, SAGARPA, 2004, pp. 42 <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg>. Consultado en marzo del 2007

- ❖ Villamar, L., Olivera. E., *Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2005*, SAGARPA, 2005, pp. 39  
<http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg> consultado en marzo del 2007
  
- ❖ Walstra, P., Geurts, T., Norman A., *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. España, Acribia, 2001, 5, 7, 180 pp. 5, 9, 14, 17, 180,183
  
- ❖ Wendie C, Ann L, Hendrickx M, *Intrinsic time temperature integrators for heat treatment of milk*, Trends in Food Science and Technology 13, 2002, 293-311.