

CONTROL DE CALIDAD FISICO-QUIMICO Y MICROBIOLOGICO DE LECHE SUMINISTRADA AL I.C.T.A., PROVENIENTE DE LA REGION DE UMBITA (BOYACA)

- * Consuelo Suárez
- * Pedro Torres
- * Luis Ricardo
- * Julio Sanabria
- * Luis López
- * Tito Duarte
- ** Edgar Segura
- *** Miguel Feoli
- **** Yolanda de Onshuus

Resumen:

El presente trabajo está orientado a efectuar el control fisicoquímico y microbiológico y la caracterización de la leche de la región de Umbita (Boyacá), Colombia la cual es suministrada a la Planta de leche del Instituto de Ciencias y Tecnología de Alimentos. I.C.T.A. de la Universidad Nacional de Colombia, para su procesamiento.

Prácticamente no existía ningún control fisicoquímico o microbiológico de la leche en las etapas precedentes a su llegada a la planta; fue por lo tanto necesario determinar las posibles variaciones que sufre la leche desde el momento del ordeño hasta su distribución al público, observar la incidencia de la temperatura y el tiempo de transporte, detectar la población bacteriana y la posible presencia de adulterantes.

Se tomaron muestras en el hato, puntos de recepción de la leche durante el transporte, en el tanque de recepción y enfriamiento en la planta, después de la pasteurización y en el proceso de llenado de las bolsas de polietileno, durante un período de seis meses.

Las principales alteraciones encontradas en la leche fueron: aumento de la acidez, presencia de impurezas macroscópicas, aumento de la población bacteriana y presencia de bacterias coliformes. La alteración de sus elementos constitutivos fue prácticamente nula, con excepción de las muestras diluidas con agua, las cuales fueron solo un 5,6% del total.

Las condiciones en que se efectúa la manipulación de la leche, los recipientes utilizados la calidad del

agua usada en el lavado de los utensilios como en el uso doméstico fueron las razones más importantes de la contaminación con bacterias coliformes.

El control de calidad efectuado en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y la campaña del grupo con los productores permitió un mejoramiento sensible en la calidad sanitaria de la leche durante los últimos meses de este estudio.

Summary:

Physical characteristics, microbiological and chemical composition of milk of small farms at Umbita (Boyacá), Colombia, delivered to the Milk Plant at the Institute of Science and Food Technology, National University, Bogotá, Colombia, are reported.

There was not any quality control of milk before being delivered to the plant. Then, it was necessary to determine its quality from milking to marketing; checking time and temperature during transportation, bacteria population and adulteration.

Samples during milking, collecting, truck transportation, delivery and cooling in plant, after pasteurization and filling in plastic bags were taken for six months.

The main alterations found were: high acidity, macroscopic impurities, fast growing of bacteria and E. coli contamination. Chemical composition was unaltered except in those samples diluted with water, 5,6% of all sampling.

Deplorable hygienic handling, dirty containers and low quality of water used in cleaning were responsible of the E. coli contamination.

After pasteurization the quality of milk was related with treatment handling and recontamination after process.

Reinforcement of Quality Control practices and a careful hygienic instruction given to the farmers and producers, showed a great improvement of milk quality in the last part of this work.

-
- * Estudiantes de pregrado de la Carrera de Farmacia
 - ** Profesor Asistente Departamento de Farmacia. Jefe Planta de Vegetales ICTA
 - *** Profesor Asociado Departamento de Farmacia. Sección de Microbiología
 - **** Profesora Asistente. Planta de Leche ICTA.

La necesidad de atender la creciente demanda de alimentos para una población cada vez mayor tiende a eclipsar, sobre todo en los países en desarrollo, la necesidad paralela de que los alimentos respondan a los requisitos nutricionales y de calidad establecidos.

Esto tiene que ver mucho con la industria lechera, ya que la leche es muy susceptible de sufrir alteraciones, ya sea por microorganismos propios o por introducción de contaminantes en las diferentes etapas de su manipulación.

El concepto de "Higiene de la leche", tal como se entiende en los países desarrollados, es algo relativamente nuevo en Colombia. Aunque se reconoce su importancia, diversos factores sociales y económicos han impedido el desarrollo de una industria lechera organizada y eficiente, y han hecho que no siempre se observen en el país las normas indispensables de saneamiento en la producción, ni se aprovechen las ventajas de conservar la leche a bajas temperaturas o de aplicar los métodos modernos de higiene.

El presente trabajo está orientado a:

- Determinar la contaminación bacteriana, cuantitativa y cualitativa, refiriéndose este último aspecto a la detección de cierta flora bacteriana patógena o potencialmente patógena para la población humana, de la leche desde el hato hasta el producto pasteurizado y envasado listo para su distribución y mercadeo, así como el análisis de los factores que mayormente influyen en su calidad bacteriológica.
- Determinar las posibles variaciones físico-químicas que pueda tener la leche desde el momento del ordeño hasta su entrega en la planta procesadora, igualmente las que puedan presentarse durante el proceso de pasteurización y empaque.
- Evaluar la incidencia de la temperatura y el tiempo de transporte sobre la calidad físico-química de la leche.
- Detectar los puntos de adulteración y la presencia de posibles aditivos.

El estudio microbiológico se coteja con el análisis físico-químico para hacer la evaluación integral de las condiciones en que se realiza el procesamiento de la leche y su relación con la calidad del producto final.

1. *Materiales*

Características de la recolección y transporte de la leche

Para tener una visión objetiva de las características de este estudio, se describe en términos generales el modo de operación de los proveedores y transportadores de la leche y algunas características de la región de Umbita, en la cual se realizó el estudio.

El ordeño se lleva a cabo manualmente sin condiciones sanitarias adecuadas. La indumentaria usada por el ordeñador es la misma que emplea en las demás labores agrícolas diarias. Las aguas utilizadas para la limpieza de los elementos de trabajo son obtenidos directamente de fuentes naturales. La asistencia técnica y profesional en lo que respecta al control de enfermedades y saneamiento bovino es deficiente.

No se dispone de mecanismos de enfriamiento y conservación de la leche en el hato; la temperatura ambiente en la región fluctúa desde unos 5 - 6°C en las primeras horas de la mañana hasta unos 18 - 21°C al medio día, en los meses más calurosos del año.

Existe también la circunstancia de que algunos productores mezclan leches del ordeño de la tarde del día anterior con las leches frescas de la mañana.

En el centro de acopio, dependiendo de la vereda, hay un tiempo de espera hasta de 4 o 5 horas en el cual muchas de estas leches son colocadas a la orilla de la carretera sin refrigeración. El transporte se efectúa en cantinas convencionales con capacidad para 55 botellas cada una.

El transvase de la leche de los recipientes del proveedor a las cantinas de recolección se hace sin ningún análisis previo (Como la prueba para la acidez, densidad, etc), a veces se utiliza a discreción del transvasador un filtro de lienzo o muselina para retener partículas grandes como material vegetal, pelos, tierra, insectos, etc.

El tiempo de transporte, desde que se recoge la primera leche hasta que llega la planta del I.C.T.A. en Bogotá, es de 5 a 8 horas. Se efectúan controles cantina por cantina con el objeto de desechar aquellas que contengan leches ácidas o que estén por debajo del límite de densidad estipulado (prueba del alcohol, prueba con el lactodensímetro). La leche seleccionada es pasteurizada y empleada en la elaboración de derivados lácteos.

2. Métodos

a) Análisis químico

Acidez y pH

El valor del pH se tomó por medio de un potenciómetro, mientras que la acidez se determinó por neutralización, utilizando una solución de hidróxido de sodio 0,1 N, expresando los resultados como ácido láctico. (1)

Punto de congelación

Este valor se utiliza para detectar el aguado ilegal (2). Su determinación se efectuó por medio de un crioscopio. (3)

Densidad

Se hizo la determinación a 15°C utilizando un picnómetro y un lactodensímetro. (4,5)

Cenizas

Están representadas por la parte mineral residual después de incinerar una muestra de leche a temperatura cercana o igual a 550°C hasta obtener cenizas blancas. (3)

Reducción de colorantes

Se midió la actividad de óxido-reducción de las bacterias presentes utilizando como indicadores azul de metileno y resazurina. (6,7,8)

Impurezas Macroscópicas

Se determinaron por filtración haciendo pasar un volumen determinado de leche a través de un disco de fibra de algodón de dimensiones exactas, el cual se compara con una escala patrón. (9, 10, 11)

Sólidos totales

Residuo obtenido después de evaporar una muestra de leche durante tres horas en una estufa a una temperatura entre 98°C - 100°C. (3)

Grasa

Determinada en un butirómetro según Gerber (4,7)

Índice de refracción

De una muestra homogenizada se colocaron directamente dos a tres gotas sobre el prisma de un refractómetro y se efectuó la lectura a 20°C.

Prueba de la fosfatasa

La presencia de esta enzima después de la pasteurización de la leche se detectó con una solución de p-nitrofenil-ortofosfato sódico al 0,15% en solución tampon. (12, 13).

Lactosa

La cuantificación de la lactosa presente en las muestras fué realizada por el método de Munson Walker. (3)

Sustancias nitrogenadas

Se empleó el método de Kjeldah (3, 14, 15) para la determinación de este grupo de sustancias utilizando el factor 6,38 para la conversión de los valores de nitrógeno a proteína.

Aditivos

Aunque su uso es prohibido, se puede hablar de una clasificación: 1) sustancias preservativas que en ciertas condiciones de concentración, tiempo y temperatura evitan un aumento considerable de la población microbiana. 2) Sustancias empleadas para evitar detección de fraudes cometidos.

Grupo I.

Formaldehído

Se utilizaron dos métodos: la formación de un compuesto violeta en presencia de una solución de cloruro férrico al 10% (7); y la formación de una coloración rosada o roja con la floroglucina en medio alcalino (16), encontrándose en estos métodos una sensibilidad de 2ppm y 10ppm, respectivamente.

Peróxido de hidrógeno

EL complejo orgánico rojo-anaranjado formado por el pentóxido de vanadio en medio ácido fuerte, sirvió para identificar este aditivo hasta un límite de 25 ppm. (3).

Ácido salicílico y salicilatos; Ácido benzoico y benzoatos

La formación de sales férricas de color rojo-rosado de estos compuestos con solución de cloruro férrico al 0.5% fue el método utilizado para la identificación de estas sustancias(17).

Ácido bórico y boratos

Se utilizó una tira de papel de cúrcuma sumergido en una muestra de leche acidificada; el umbral de detección por este método es de 700 ppm. (16)

Hipocloritos

La formación de un complejo amarillo por el yoduro de potasio al reaccionar con los hipocloritos (18) fue la prueba empleada para la detección de esta sustancia.

Grupo II.

Sustancias alcalinizantes

La coloración rojiza que toma la leche en presencia de una solución de oxalato de potasio al 30% y fenolftaleína al 2% en alcohol de 96%, nos indica la presencia de sustancias alcalinas hasta un nivel de 800 pp.. (19)

Almidón y harinas

Para esta identificación se utilizó una solución de reactivo de Lugol la cual evidencia la presencia de almidón o harinas, en cantidad no inferior a 30 ppm, por aparición de una coloración azul. (20)

Gelatina

El precipitado o turbidez formada por esta sustancia al reaccionar con el ácido pícrico, nos sirve para evidenciar la presencia de gelatina en la leche.(3)

b) Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos realizados a las muestras de leche tanto cruda como pasteurizada fueron:

Análisis Cuantitativo

Se efectuaron los siguientes análisis:

Recuento standar en placa para bacterias mesófilas (recuento total), para bacterias psicrófilas, para bacterias termofilicas y para bacterias coliformes.

Análisis Cualitativo

El análisis se orientó a la detección de las siguientes bacterias:

Bacilo tuberculoso, *Brucella* sp., *Streptococcus* (Alfa y Beta hemolíticos), *Strafilococcus aureus* coagulasa (+), *Salmonella* sp., *Shiguella* sp., *Escherichia coli*, *Klebsiella* sp., *Proteus* sp., *Aerobacter aerogenes* y Bacilos esporulados aerobios.

Criterios para el análisis cualitativo

Una vez obtenidos los cultivos puros se sometieron a las pruebas bioquímicas y a la

determinación de sus características tanto macroscópicas como microscópicas; luego se confrontaron los datos experimentales con la información de la literatura para identificar los diferentes géneros bacterianos contaminantes.

Muestras de hato y de acopio

A las muestras tomadas se les efectuaron recuentos en placa para bacterias mesófilas y coliformes.

Muestras de cantinas de recolección

Se efectuaron solo análisis cuantitativos para conocer la población bacteriana mesófila.

Muestras de agua

Se evaluó su calidad microbiológica por el método del número más probable (NMP) para la población coliforme, y por recuento total en placa.

Muestras en planta pasteurizadora

Las muestras tomadas en el tanque almacenador refrigerado tanto para leche cruda como pasteurizada, al igual que las obtenidas en el pasteurizador, fueron analizadas cuantitativamente evaluando la población mesófila total por recuento standar en placa, y también la población de bacterias coliformes.

En la leche en bolsas se realizaron todos los análisis cualitativos y cuantitativos descritos en esta sección.

RESULTADOS

En las muestras tomadas a proveedores y en el hato la acidez se mantuvo dentro de los límites aceptados para leche cruda, con promedios totales de 14.5° th en muestreo general, 14.2 °th en proveedores y 13.3° th en hato.

Durante el transporte no refrigerado el valor de la acidez sufre un aumento considerable con un promedio total de 19.2° th. La leche cruda almacenada por un período de 2 horas antes de la pasterización tiene un incremento de 1° th; de una acidez inicial promedio de 17.4° th asciende a 18.4° th, mostrando un valor de 15.3 ° th después de la pasterización.

Los valores de la reductasa fueron muy variables, desde un promedio mayor a 6 horas para el muestreo en hato, hasta un promedio de 0.78 horas, debido a las condiciones higiénicas tan irregulares y el prolongado tiempo de transporte. Aún más, se observó que la leche cruda al arribo a la planta tiene una carga microbiana tan alta que al almacenamiento refrigerado durante 2 horas no

tiene ningún efecto sobre el tiempo de reducción. Después de la pasteurización se obtuvo un valor promedio de 5.63 horas.

El grado de sedimento se mantuvo dentro de los valores promedio 1.25 a 2.1, lo que clasifica la leche como "medianamente limpia" y "casi limpia". En las muestras tomadas en hato los valores estuvieron entre 0 y 1.0 lo cual permite clasificarla como leche "limpia".

La densidad de la leche presentó valores promedios de 1,0309g/ml y 1,0308 g/ml observándose solamente variaciones notables cuando se adultera la leche, como es el caso de la adición de agua.

El contenido de grasa se mantuvo dentro de un valor promedio de 3,35% a 3,8%.

El aguado de la leche se detectó en mayor proporción en muestreo a proveedores (8.97% de todas las muestras) que en el muestreo general (5,63% de las muestras) lo que indica que es más fácil detectarlo a nivel individual e identificar a los posibles responsables de la adulteración. Los valores de contenido de proteína no presentaron variaciones apreciables manteniéndose en promedio entre 3,02% y 3,45%; igualmente estables se mantuvieron los valores del punto crioscópico, con variaciones entre 0,536°C y -0,557°C; del contenido de sólidos totales (12,34 a 12,74% promedio), del índice de refracción (1,3482 a 1,3514 promedio), del contenido de lactosa (4,8% a 5,2% promedio) y del porcentaje de cenizas (0,697% a 0,738% promedio).

El único preservativo detectado en la leche de la región de Umbita en muestreo a proveedores fue el formol, rechazándose el producto. Tanto el aguado como la adición de preservativos se detecta con mayor facilidad en muestreo directo a proveedores que en muestreo general, debido a la dilución por incremento de volumen.

El ordeño es el foco primario de contaminación de la leche; al ponerse en práctica algunas normas mínimas de higiene como lavado de las manos con agua y jabón, enjuague de la ubre con agua limpia, se reducen los índices de contaminación en grado considerable.

En el hato los factores que contribuyen a la contaminación de la leche son: sitio de ordeño poco adecuado, en algunos casos rodeado de lodo y heces de ganado; recipientes sucios e inadecuados y agua de mala calidad bacteriológica usada en el lavado de recipientes.

En la leche cruda se encontraron microorganismos nocivos para la salud humana como son: *Stafilococcus aureus*, coagulasa positivo, *Streptococcus hemoliticus*, tipo alfa y beta, *Brucella sp.*

Escherichia coli, *Klebsiella sp.*, *Alcaligenes sp.* *Salmonella sp.* y *Shigella sp.* De lo anterior se desprende que en la leche cruda es prácticamente imposible la ausencia de Enterobacterias.

El aumento desmesurado de la población bacteriana se debe al tiempo y temperatura de transporte de la leche durante un período demasiado prolongado (6 - 8 horas). El proceso de pasteurización demostró ser muy eficiente, en una proporción igual o superior al 94.6% en términos de destrucción bacteriana.

Las condiciones en que se efectúa la obtención, la manipulación y el transporte de la leche producida en la región de Umbita ocasionan valores de contaminación bacteriana superiores a las normas establecidas por el Ministerio de Salud; los controles minuciosos efectuados por la División de Apoyo Técnico, Sección de Control de Calidad del I.C.T.A. junto con las recomendaciones impartidas por la Cooperativa de Productores de Leche de Umbita, y la campaña de nuestro grupo de trabajo con los productores, produjeron un mejoramiento sensible en la calidad sanitaria de la leche durante los últimos meses de este estudio.

CONCLUSIONES

Las propiedades fisicoquímicas como son: la acidez, tiempo de reducción, grado de sedimento y calidad microbiológica, referida al contenido de microorganismos, son consecuencia directa de factores externos como tiempo, temperatura de transporte y condiciones higiénicas en la manipulación del producto, los cuales inciden marcadamente en estas propiedades.

El valor de la acidez sufre un aumento considerable durante el período prolongado de transporte observándose que el almacenamiento refrigerado en planta, de la leche cruda antes de la pasteurización, no mejora estos valores; antes por el contrario aumenta, ya que la carga microbiana en este punto es muy alta.

El resultado de la reductasa muestra variaciones desde valores mayores a 6 horas, en las muestras tomadas en el hato, hasta valores de 0.78 horas en muestras al llegar a la planta, como resultado del prolongado tiempo de transporte y condiciones higiénicas inadecuadas.

El sedimento macroscópico se mantuvo dentro de un promedio de 1.2 a 2.1 en la escala de grado de impurezas, estimándose que la leche en promedio se puede considerar como "medianamente limpia".

En la leche cruda se encontraron microorganismos nocivos para la salud humana como son: *Stafilococcus aureus* coagulasa positivo, *Streptococcus hemoliticus*, *Brucella sp.*, *Escherichia coli*, *Klebsiella sp.*, *Alcaligenes sp.*, *Salmonella* y *Shigella sp.* De lo anterior se desprende que en leches crudas es prácticamente imposible la ausencia de enterobacterias.

La densidad, contenido de grasa, punto crioscópico, porcentaje de sólidos totales, contenido de proteína, caseína y albúmina, índice de refracción, contenido de lactosa, cenizas, alcalinidad de cenizas, se mantuvieron uniformes a través del estudio, lo que significa que los factores externos no tienen influencia directa. Sin embargo estas propiedades de la leche son influenciadas indirectamente por el estado de salud del animal,

raza, época de lactancia, composición de los pastos y condiciones del clima.

No se detectaron adulteraciones en la leche, excepción del aguado en algunas muestras de proveedores (8.91%) y en el muestreo general (5.63%), lo cual indica que su detección es más importante a nivel individual que a nivel global.

Como único preservativo fue detectado el formol en 2 de las muestras tomadas a proveedores (1,28%) y en una del total de muestras (1,4%).

El proceso de pasteurización destruyó en forma muy eficiente todos los gérmenes potencialmente patógenos para la salud humana, en valores iguales o superiores al 94.6% en términos de destrucción térmica bacteriana.

BIBLIOGRAFIA

1. COVACEVICH, H. "Composición y propiedades de la leche", equipo regional de desarrollo y capacitación en lechería de la FAO para la América Latina. TR-LA/81/3-0, 1981.
2. WATROUS, G.H. Jr., Barnard, S.E., y Col., Freezing points of Raw and pasteurized milk, *J. Milk, Food Technology* 39, 7,462 - 463, 1976.
3. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 12 th ed., Published by the Association of official Analytical Chemists, Washington D.C. 1975.
4. Equipo Regional de Fomento y Capacitación Lechería de la FAO para América Latina. Métodos de análisis químicos. TR-LA/80 - 23 - 0, 1980.
5. Ministerio de Salud Pública, Bogotá Colombia Decreto No. 617 de 1981
6. ROSELL, J., Dos Santos, I., Métodos analíticos de laboratorio lactológico y microbiología de las industrias lácteas. Editorial Labor, Barcelona, 1952.
7. American Public Health Association, Standard Methods for the examination of dairy products, 12 th edition American public Health Association, Inc., New York, 1967.
8. Margariños, H. Análisis Microbiológico de la leche y productos lácteos, Centro Tecnológico de la leche. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1978.
9. Instituto Colombiano de Normas técnicas. ICONTEC. Norma Colombiana No. 666, C10. 100/70 Toma de muestras.
10. MILETIC, S., Variation in the composition of pasteurized milk, *Poliopr. Znan. Smotra.* 40, 113 - 118, 1977.
11. NIELSEN, H., Métodos de análisis microbiológicos, equipo regional de fomento y capacitación en lechería de la FAO para América Latina. TR - LA/81/2-0, 1981.
12. PEARSON, D., Laboratory techniques in food analysis, London & Boston Butterwoeths, 1973.
13. Instituto Colombiano de Normas Técnicas -ICONTEC. Norma Colombia 507., C10. 115/70 identificación de la fosfatasa.
14. GAVIRIA, L.E., Análisis de Alimentos, Volumen I, Universidad Nacional de Colombia Bogotá, 1975.
15. The United States Pharmacopeia, USP XIX. United States Pharmacopeia Convention Inc., Washington D.C., 1975.
16. Servicio de Salud. Laboratorio de Bromatología, Bogotá, D.E.

17. Official Methods of Analysis of the association of Official Analytical Chemists, 11 th Ed; Published by the association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. 1970.
18. CHARLOT, G., Teoría y Métodos Nuevos de Química Análítica Cualitativa, Aguilar S.A., Madrid, 1954.
19. AJENJO, C., Enciclopedia de la leche, Espasa Calpe S.A. Madrid, 1956.
20. Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC Proyecto Norma Colombiana 399, C10 87/68, Leche entera cruda.