

La bioquímica en la producción de leche

Biochemistry in milk production

Diana P. Carreón-Camacho^a

Abstract:

Dairy production is a universal agricultural activity. The world's population consumes dairy products of animal origin in almost every country in the world, and close to one billion people live on dairy farms. It is a vital part of the global food system and plays an important role in the sustainability of rural areas in particular. It is well known that the dairy industry actively contributes to the economy of a large number of communities, regions and countries. According to FAO data, approximately 150 million people are involved in milk production worldwide. In the last three decades, world milk production has increased by more than 59%, from 530 million tons in 1988 to 843 million tons in 2018. With 22% of global production, India is the largest producer of milk in the world, followed by the United States of America, China, Pakistan and Brazil.

Keywords:

Production, milk, dairy farms.

Resumen:

La producción láctea es una actividad agrícola universal. La población mundial consume lácteos de origen animal en casi todos los países del mundo, y cerca de mil millones de personas viven de granjas lecheras. Es una parte vital del sistema alimentario global y juega un papel importante en la sostenibilidad de las áreas rurales en particular. Es bien conocido el hecho de que la industria láctea contribuye activamente a la economía de un gran número de comunidades, regiones y países. Según datos de la FAO, aproximadamente 150 millones de personas están involucradas en la producción de leche a nivel mundial. En las últimas tres décadas, la producción mundial de leche ha aumentado en más del 59%, pasando de 530 millones de toneladas en 1988 a 843 millones de toneladas en 2018. Con un 22% de la producción global India es el mayor productor de leche del mundo, seguido de los Estados Unidos de América, China, Pakistán y Brasil.

Palabras Clave:

Producción, leche, granjas lecheras

Antecedentes de la ganadería lechera en México

La ganadería bovina en México se inicia con la introducción de los primeros bovinos por parte de los españoles, alrededor del año de 1524, logrando con rapidez su desarrollo y multiplicación por las condiciones naturales favorables que ofrecía nuestro país.

Los esquemas productivos y comerciales que provocaron un crecimiento importante de la ganadería extensiva, de 1542 a 1810, fueron básicamente las grandes extensiones de explotaciones ganaderas, que se

establecían cerca de las ciudades, con el fin de proporcionar el suministro de alimento a la población.

En el siglo XIX, esta ganadería se sigue desarrollando en las haciendas como unidades productivas agropecuarias, con posesión privada de la tierra y trabajadores permanentes, con una producción dirigida fundamentalmente a satisfacer el mercado interno. Los movimientos sociales que culminaron con la revolución de 1910, limitaron la consolidación de la ganadería bovina en el México de entonces.

Durante la época de la colonia, los conquistadores ejercieron un control total sobre el ganado, por las grandes extensiones de tierra que poseían. Por disposiciones reglamentarias, se fijaron límites y

^a Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0001-9259-9943>, Email: diana_carreon@uaeh.edu.mx

derechos para la posesión de la tierra, dando origen a las "Estancias" que es la primera etapa en la creación de la "Hacienda", a través de los años, la cual existió hasta la época posrevolucionaria.

Ya en el siglo XX, la introducción de nuevas técnicas para la crianza del ganado (selección genética y utilización de praderas inducidas, entre otras) y la transformación industrial de los años 40 generaron un mercado interno dinámico; estos son los principales factores que permitieron la consolidación de la ganadería bovina mexicana. A principios del siglo XX, debido a la necesidad de repoblar los inventarios, se importaron razas lecheras, lo cual repercutió, en corto plazo, en el crecimiento de la producción de leche, y permitió la consolidación de la lechería comercial a partir de los años 40.

En el periodo de 1950 a 1970 se presenta un proceso de integración horizontal y vertical de la actividad lechera, que da como resultado algunas de las pasteurizadoras e industrializadoras de lácteos que actualmente existen en cuencas lecheras como La Laguna o Aguascalientes y Querétaro.

En esta década, la lechería ya representaba un rubro importante dentro de la actividad ganadera. Asimismo, debido al crecimiento urbano, se reducen las cuencas lecheras de la periferia de la ciudad de México, y en consecuencia, desaparecen o reubican las lecherías en cuencas de nueva creación como la de Tizayuca, Hgo.

Importancia de los productos y derivados de la leche

Una de las principales características distintivas de los mamíferos es su dependencia, en las primeras etapas de la vida, de la leche de su propia especie. Dependencia tal, que en caso de que una cría no pueda ser amamantada, o bien, es adoptada por otro miembro del grupo, o simplemente fallece.

La leche es, probablemente, el único alimento en la naturaleza que ha sido pensado, diseñado y que ha evolucionado junto con las especies de nuestro planeta específicamente como un alimento.

Mientras que otros alimentos se originan en la capacidad de adaptación de las especies a su hábitat, la leche acompaña a los animales más evolucionados de la escala zoológica para asegurarles la mejor nutrición posible en las primeras etapas de la vida.

Desde un punto de vista nutricional, la leche es un alimento que promueve el óptimo crecimiento temprano de las especies, preservándolas de las posibles inclemencias del hábitat. Es decir, que la leche es de por sí suficiente para asegurar todos los nutrientes necesarios para sostener la elevada velocidad de crecimiento que caracteriza a las primeras etapas de la vida.

La leche es uno de los alimentos más completos para el ser humano, dadas las características de sus nutrientes,

en donde destacan las proteínas, que contienen en gran cantidad aminoácidos esenciales.

La leche es fuente de más de 20 nutrientes esenciales. En la tabla se presenta la composición porcentual y su densidad nutricional. Esta composición puede variar de región en región y aun dentro de una misma región a lo largo del año. Simplemente con un propósito descriptivo, se presentan datos correspondientes al USDA.

Tiamina-B1	0.08	Mg	16%	13%	9%	8%
Riboflavina-B2	0.33	mcg	67%	56%	37%	33%
Niacina-B3	0.17	mg	3%	2%	1%	1%
Vitamina-B6	0.09	mg	17%	14%	9%	7%
Vitamina-B12	0.74	mcg	82%	61%	41%	31%
Vitamina C	1.94	mg	13%	8%	4%	3%
Vitamina D mcg	2.06	Mcg	41%	41%	41%	41%
Vit E	0.21	Mg	3%	3%	2%	1%
Folatos	10.31	Mcg	7%	5%	3%	3%
Acido Pantoténico	0.65	Mg	32%	22%	16%	13%
Calcio	245.46	Mg	49%	31%	19%	19%
Cobre	0.02	Mg	6%	5%	3%	2%
Hierro	0.1	Mg	1%	1%	1%	1%
Magnesio	27.64	Mg	35%	21%	12%	8%
Manganeso	0.01	Mg	1%	1%	1%	1%
Fósforo	192.66	Mg	42%	39%	15%	15%
Potasio	313.53	Mg	27%	20%	16%	10%
Selenio	4.13	Mcg	21%	14%	10%	8%
Sodio	101.07	Mg	16%	8%	6%	4%
Zinc	0.78	Mg	26%	16%	10%	9%

La leche y sus derivados

La leche es la fuente de nutrientes y de protección inmunológica para el becerro recién nacido (y en general para todos los mamíferos recién nacidos). El período de gestación para la vaca es de nueve meses (aproximadamente). Poco antes del parto, la leche es secretada hacia la ubre en preparación para el que va a nacer.

Al parto, el fluido de la glándula mamaria conocido como calostro es secretado. Este líquido amarillento y de sabor salobre tiene un alto contenido de proteínas séricas y provee los anticuerpos para ayudar a proteger al recién nacido hasta que su sistema inmune se establezca. Dentro de las 72 h siguientes, la composición del calostro regresa a su composición de leche normal, permitiendo ser usada como un suplemento alimenticio.

El período de lactación o producción de leche se prolonga a 305 días en promedio (por implicaciones de economía). En vacas de razas especializadas la producción de leche puede ser muy grande (produciendo tanto como 9,000 kg o más). Esto es una gran cantidad de leche considerando que el becerro sólo necesita aproximadamente de 1,000 kg para su crecimiento (en destete prolongado). Durante el período de lactación, hay una gran producción en los siguientes dos a tres meses postparto, produciendo entre 20 a 32 kg/día.

En este período de lactación, una vaca alcanza su pico de producción (su mayor nivel de producción de leche), entre la sexta y la novena semana postparto, y en general

en su tercer parto; sin embargo, puede mantener su producción para cinco o seis partos si la producción lechera es aún buena (esto dependerá de su habilidad genética).

Los componentes mayoritarios de la leche son el agua 87%, y la secreción de agua es dependiente de la secreción de lactosa (3.8 a 4.6%), y los iones (particularmente potasio, sodio y cloro). Otros componentes de la leche, son las proteínas (3.4 a 3.8%), las grasas (3.2 a 4.0%), minerales (0.8 a 1.0%) y algunas vitaminas (0.1 a 0.2%). La variación en la concentración de los componentes de la leche puede ser frecuente, y esto puede deberse a efectos relacionados con la raza de los animales, sistemas y estrategias de alimentación, manejo de las vacas, fase de lactación y época del año.

El componente que más varía por estas características es la grasa. Los precursores de los componentes de la leche provienen del torrente sanguíneo y penetran al líquido extracelular entre los capilares y las células epiteliales de la glándula mamaria. Los precursores, entonces, son captados del fluido extracelular a través de la membrana baso- lateral de la célula epitelial. Una vez dentro de la célula, los precursores entran a la vía sintética adecuada.

Se ha estimado que la producción de un litro de leche requiere de 500 litros de sangre moviéndose a través de la glándula mamaria para proveer los precursores necesarios. Algunos componentes de la leche vienen sin cambio desde la sangre; aquí se incluyen los minerales, algunas hormonas y algunas proteínas (como las inmunoglobulinas).

Sólo los precursores de la proteína de la leche y los carbohidratos están presentes en la sangre. Los principales sustratos extraídos de la sangre por la glándula mamaria en lactación incluyen la glucosa, los aminoácidos, los ácidos grasos, el β -hidroxibutirato, y las sales minerales.

Síntesis de los componentes de la leche

Síntesis de lactosa. La lactosa es un disacárido compuesto de galactosa y glucosa covalentemente unidos por un enlace glucosídico β 1-4, conocido también como 4-O- β -D- galactosilpiranosil- α -D-glucopiranosil. La lactosa sólo se encuentra en la leche y es el carbohidrato principal de la leche en la mayoría de las especies. Una molécula de glucosa es convertida a UDP-glucosa (UridinDifosfato-glucosa), la cual posteriormente es convertida en UDP-galactosa.

Otra molécula de glucosa es usada para la síntesis de la lactosa sin modificación. Por lo que, dos glucosas son necesarias para cada molécula de lactosa sintetizada. La glucosa pasa a través de la membrana del aparato de Golgi hacia el lumen por un transportador de glucosa (GLUT 1).

La presencia de GLUT 1 en la membrana aparentemente es específica de las células epiteliales mamarias, siendo que la mayoría de las células no tienen este transportador

de glucosa en la membrana de Golgi. El transporte de glucosa no es activo (no requiere energía), y aparentemente no limita la velocidad de paso; sin embargo, parece ser afectado por los niveles de glucosa en el citoplasma.

La UDP-galactosa es activamente transportada hacia el lumen del aparato de Golgi, y su transporte hacia el interior puede limitar la velocidad de síntesis de lactosa. UDP- glucosa no es transportada hacia el interior del lumen.

La lactosa es un disacárido no permeable el cual no puede difundir hacia fuera de la membrana de Golgi o hacia fuera de la membrana de las vesículas secretorias. Esta característica es importante para la síntesis de la leche por que la síntesis de lactosa resulta en atraer agua hacia el interior del aparato de Golgi.

El UDP generado a partir de la síntesis de lactosa pudiera ser inhibitorio para la síntesis de lactosa si éste se acumula en el lumen de Golgi; sin embargo, el UDP es rápidamente hidrolizado hacia UMP y fósforo inorgánico por la nucleosido difosfatasa (NDPase, en inglés). La UMP es activamente removida del aparato de Golgi, mientras el fósforo inorgánico se difunde hacia fuera del aparato de Golgi.

La reacción de síntesis de la lactosa es esencialmente unidireccional; esto es, la lactosa no se puede hidrolizarse para formar glucosa y galactosa. Los niveles muy altos de lactosa no inhiben su propia síntesis.

La enzima lactosa sintetasa está compuesta de:

- ◆ Una proteína "A" = galactosiltransferasa (GT),
- ◆ Una proteína "B" = α -lactoalbúmina (α -LA).
- ◆ Galactosiltransferasa (GT): β 1-4 Galactosiltransferasa, es la subunidad enzimática de la lactosa sintetasa.

Es una glucoproteína con un peso molecular de alrededor de 35 a 60 kDa, dependiente de la cantidad de glucosilación y del grado de degradación proteolítica. B1-4 Galactosiltransferasa en la leche es proteolíticamente cortada removiendo los dominios citoplasmáticos y de membrana. La GT hallada en la leche tiene un peso molecular de 35 – 40 kDa. La galactosiltransferasa está presente en la mayoría de los tejidos corporales, y sólo se encuentra en la superficie interna del aparato de Golgi.

B1-4 galactosiltransferasa es única entre todas las galactosiltransferasas ya que su especificidad de sustrato puede ser modificado por adición de α -lactoalbúmina (α -LA). Juntas, β 1-4 galactosiltransferasa y α -lactoalbúmina, forman el complejo lactosa sintetasa.

Debido a que la α -lactoalbúmina es sólo expresada en la glándula mamaria, la síntesis de lactosa sólo ocurre en la glándula mamaria. En adición, la expresión del gene de la α -lactoalbúmina está estrechamente regulada por hormonas, de tal forma que la síntesis de lactosa sólo ocurre durante el estado de lactación de los tejidos.

♦ α -lactoalbúmina: Es la proteína del suero de la leche y contribuye con el 25% de la proteína total del suero de la leche de vaca, y participa con el 2 al 5% de las proteínas de la leche desnatada (descremada). No es catalíticamente activa por sí misma, pero es necesaria para la síntesis de lactosa. Tiene similitud con la estructura de la lisozima, que es un glucósido que hidroliza los polisacáridos de la pared de las bacterias.

♦ Como las vesículas secretorias se funden con la superficie apical de las células mamarias, ellas vacían rápidamente la α -LA hacia el lumen, pero mucha de la galactosiltransferasa permanece enlazada a la membrana apical.

♦ La actividad de la galactosiltransferasa puede ser encontrada en las membranas de la grasa de la leche; hay que recordar, que la membrana de la grasa de la leche es derivada de la membrana apical de las células mamarias. Algo de GT puede ser encontrado en la leche también.

Los genes para α -LA de bovinos, roedores y porcinos, han sido secuenciados y sus proteínas tienen un peso molecular de aproximadamente 14 kD. α -LA, es producida a una concentración aproximada de 0.2 a 1.8 mg/ml en la leche de la mayoría de los mamíferos. Es sintetizada en el retículo endoplásmico rugoso, y pasa al complejo de Golgi donde interactúa con la GT.

En el aparato de Golgi mamario, α -LA se combina con la GT y altera la especificidad del sustrato de galactosiltransferasa a partir de N-acetilglucosamina (GlcNAc) a glucosa. Este complejo modificado transfiere galactosa a glucosa mejor que a N-acetilglucosamina.

La lactosa no puede difundir hacia fuera del aparato de Golgi y a las vesículas secretoras, de modo que el agua se dirige hacia las vesículas para balancear la presión osmótica. Puesto que la lactosa sintetasa es necesaria para la producción de lactosa y el subsecuente movimiento de agua hacia las vesículas secretorias mamarias, es crítica en el control de la lactación y secreción de leche.

El sustrato para la lactosa sintasa no parece ser limitante puesto que los resultados de muchos experimentos indican que la infusión de glucosa, incrementando la glucosa sanguínea, no incrementa la producción de leche. La adición de más de 0.5 mg/ml de glucosa (nivel bajo), para dispersar las células mamarias, in vitro, tampoco incrementa la producción de leche. Hay una sugerencia de que el transporte de glucosa a través de la membrana plasmática, puede ser la limitante, pero no es concluyente.

La expresión del transportador de glucosa (el gene) no es activado en el ganado cuando la hormona del crecimiento exógena es administrada. Esto sugiere que el transporte de la glucosa a través de la membrana plasmática normalmente no es un factor limitante en la producción de leche. El transportador de glucosa a partir del citoplasma de la célula hacia el aparato de Golgi tiene una gran

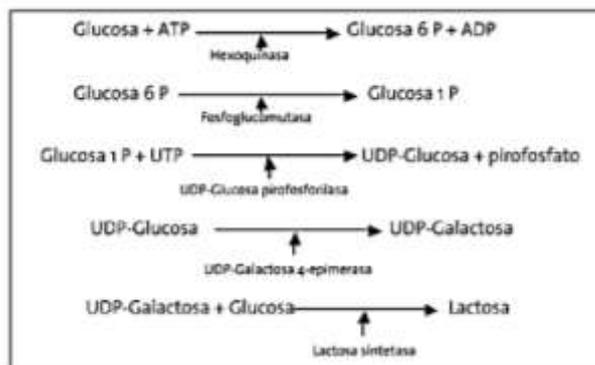
capacidad, a diferencia del transportador de glucosa a través de la membrana de Golgi que es limitada.

Estudios in vitro sugieren que la velocidad de síntesis de la lactosa parece ser dependiente de la relación α LA:GT. La máxima actividad de síntesis de la respectivamente. Relaciones más elevadas de la anterior no incrementan la síntesis de lactosa. La relación molar actual de α -LA:GT en el aparato de Golgi de la glándula mamaria no es conocida.

Vacas subalimentadas reducen la producción de leche y el porcentaje de lactosa, pero incrementan el porcentaje de grasa. La alimentación subsecuente con una ración adecuada hace reversibles estos signos. Como regla general, cualquier ración que incremente la producción de leche normalmente reduce el porcentaje de grasa en la leche.

La lactosa es relativamente insensible a los cambios en la dieta de las vacas, con excepción de las vacas subalimentadas donde se observa una disminución ligera de la lactosa.

Resumen de las vías de síntesis de la lactosa. Esta es sintetizada en las células secretoras de la glándula mamaria a partir de la glucosa la cual es obtenida a partir de la sangre que pasa por la glándula:



Biosíntesis de la grasa de la leche. Las fuentes de los ácidos grasos de la leche son:

♦ Lípidos de la sangre, derivados de la digestión y absorción de la grasa dietética, y de la movilización de los ácidos grasos del tejido adiposo. La mayoría de los ácidos grasos derivados del plasma sanguíneo son de origen dietético (> 80%). Esta cantidad puede diferir de acuerdo con el estado de lactación, la producción de leche y el tipo de dieta. Los lípidos de la sangre, son la fuente de todos los ácidos C18 y de la mayoría de los C16.

Una tercera parte de los ácidos grasos C16 y la mayoría de los C18 en la grasa de la leche son de origen dietético. Casi la mitad de los ácidos grasos de la leche son derivados de los lípidos del plasma sanguíneo.

♦ En las raciones para vacas lecheras, las grasas consisten principalmente de ácidos grasos de cadena

larga (palmítico, C16; esteárico, C18:0; oleico, C18:1; linoleico, C18:2, y linolenico, C18:3).

La mayoría de los ácidos grasos insaturados de la dieta (C18:1, C18:2 y C18:3), son hidrogenados (saturados) por las bacterias alojadas en el rumen; por eso, los ácidos grasos del tejido adiposo y de la leche son más saturados. En el epitelio intestinal y en la glándula mamaria de los rumiantes, existe una enzima desaturasa activa que convierte los ácidos grasos saturados en ácidos grasos monoinsaturados (principalmente de C18:0 a C18:1).

Sin embargo, la mayoría de la desaturación toma lugar en la glándula mamaria más que en el intestino delgado. La desaturación de los ácidos grasos contribuye a compensar la biohidrogenación extensiva (saturación) que ocurre en el rumen, y reduce la relación esteárico: oleico en la leche de vaca. Esto también asegura la suficiente fluidez de la grasa de la leche para una secreción eficiente de la leche en la glándula mamaria.

Síntesis “de novo”. El acetato y el β -hidroxibutirato, son las principales fuentes de carbono para la biosíntesis de ácidos grasos en la glándula mamaria. Casi todos los ácidos grasos C4 a C14 (ácidos grasos de cadena corta – de 2 a 4 carbonos-, y media –de 6 a 10 carbonos-), son sintetizados “de novo” (de nuevo). Estos ácidos grasos son sintetizados paso a paso por la adición de pares de carbonos “activados” provenientes de la malonil-CoA. La síntesis se inicia a partir del carbono metileno (CH₃), iniciando la síntesis de una molécula de Acetil CoA (dos carbonos); el resto de pares de carbono son donados por la malonil CoA, hasta formarse el ácido graso en cuestión.

De esta manera se realiza la elongación (alargamiento) de la cadena del ácido graso en formación. El acetil CoA es el precursor en la síntesis de los ácidos grasos; este componente se transforma en malonil CoA por medio de la enzima acetil CoA carboxilasa que contiene biotina y utiliza bicarbonato (como donador de carbonos). La síntesis se lleva a cabo a través de una gran proteína con siete centros enzimáticos independientes y un grupo portador que sostiene al ácido graso en crecimiento; a ésta se le conoce como ácido graso sintetasa (o ácido graso sintasa).

Todos los ácidos grasos que se sintetizan “de novo” son de cadena par y son saturados; los ácidos grasos de cadena impar y algunos insaturados provienen del torrente sanguíneo, y algunos vienen desde el rumen, como es el caso de los ácidos grasos de cadena impar. Un caso particular es el ácido oleico que proviene del ácido esteárico, y que es desaturado “in situ”, es decir, en la glándula mamaria. Estos precursores son absorbidos a través de la membrana basolateral. También son absorbidos, por esta membrana basolateral, ácidos grasos preformados, glicerol, y monoacilglicéridos. Todos estos componentes entran a la síntesis de los triglicéridos de la leche.

La grasa de la leche es sintetizada en el retículo endoplásmico liso (REL), y se forman pequeñas gotas.

Numerosas de estas pequeñas gotas se funden conformando una gota mayor que se va moviendo a través de la membrana apical. En este lugar, la gran gota fuerza su salida de la membrana celular apical, entrando al lumen alveolar. Aquí, el glóbulo de grasa es rodeado por una membrana; esta membrana, originalmente fue parte del epitelio celular de la membrana apical.

Síntesis de proteínas: Los aminoácidos provenientes de la sangre, son absorbidos a través de la membrana basal de la célula por sistemas de transporte de aminoácidos específicos. Una vez dentro de la célula, los aminoácidos son covalentemente enlazados para formar proteínas en los polizonas (poli-ribosomas) en el retículo endoplásmico rugoso (RER).

Las proteínas que son sintetizadas en el RER, incluye a las proteínas que son secretadas con la leche (tales como la caseína, la β -lactoglobulina, y la α -lactoalbúmina), y a las proteínas enlazadas a la membrana (como las proteínas de contacto celular, y enzimas enlazadas a la membrana).

Las proteínas sintetizadas son transferidas desde el RER hacia el aparato de Golgi donde son procesadas para transportarse fuera de la célula. Hay que recordar que la caseína es secretada como una micela, que es formada en el aparato de Golgi a partir de moléculas de iones de calcio y fósforo, y caseína, e. La caseína y otras proteínas sufren un proceso postranslacional en este aparato de Golgi.

Las proteínas que permanecen en la célula son sintetizadas por los ribosomas en el citoplasma; estas incluyen a todas las enzimas celulares, las proteínas estructurales de la célula, como la queratina, y otras proteínas celulares. La alimentación de las vacas puede tener cierto efecto sobre la composición de la leche como se puede observar a continuación:

Factores dietéticos efectivos y potencialmente útiles

1. *Para alterar la concentración de la grasa en la leche:
2. Contenido de fibra en la dieta.
3. Tipo de carbohidratos en el concentrado.
4. Frecuencia en el suministro del concentrado con dietas bajas en forrajes.
5. *Para alterar la concentración de la proteína en la leche:
6. Posiblemente la relación forraje: concentrado, y el tipo de carbohidratos en el concentrado; las respuestas no son muy consistentes.

Efectivos pero difíciles de conseguir

1. *Para alterar la concentración de la grasa en la leche:
2. Suministro de grasas y lípidos en la dieta. Los resultados son inconsistentes.
3. Consumo de energía; consumos elevados tienden a reducir la grasa en la leche.

4. *Para alterar la concentración de la proteína en la leche:
5. Aumentar el consumo de energía es el medio más seguro.
6. La suplementación con grasas y lípidos a la dieta, generalmente reducen la concentración proteínica de la leche.

No efectivos

1. *La proteína de la dieta, no es el medio más seguro para alterar la proteína o la grasa de la leche. En los últimos treinta años ha aumentado un público consumidor de leche que prefiere las leches ligeras (light), esto es, baja en grasa; la tendencia es consumir una menor cantidad de grasa butírica y también de colesterol.

Esta leche se desengrasa mecánicamente, mediante una centrífuga, y se ajusta la grasa al nivel que exige la Secretaría de Salud como mínimo (3.2%). Un padecimiento muy común en el hombre es la intolerancia a la lactosa, el azúcar de la leche; esto se debe a que con la edad el hombre pierde la capacidad de producir la enzima lactasa (a nivel intestinal), que es la encargada de desdoblar la lactosa en glucosa y galactosa.

En los últimos cinco años se ha incrementado la venta de leche deslactosada por la buena aceptación del público consumidor. Aquí hay que observar que no se le ha quitado (extraído) la lactosa a la leche, sino que le han adicionado la enzima (lactasa), que desdobla a la lactosa. Por esto, la leche deslactosada sabe ligeramente más dulce que la normal, porque están libres la glucosa y la galactosa. México es un país importador de leche; quizá es el primer país en el mundo que importa grandes cantidades de este producto.

Esto puede deberse a políticas gubernamentales mal aplicadas; también, a una baja eficiencia en la producción de leche por parte de los ganaderos, y otros factores.

Conclusiones

Los sistemas de producción de leche, en México, son varios a saber:

- ◆ Sistema estabulado, manejando razas especializadas como la Holstein, la Suizo pardo y la Jersey, con niveles de producción muy eficientes. Esto requiere que la alimentación de los animales sea muy estricta y muy manipulada. La producción promedio en este sistema oscila entre los 7,000 a 8,000 kilos por lactancia (normalmente a 305 días).
- ◆ Sistema semiestabulado, se manejan razas especializadas también, como la Holstein, la Suizo pardo y la Jersey; los animales salen a pastorear una parte del día; la alimentación, por consiguiente puede variar ampliamente, lo mismo que la producción de leche, oscilando entre 3,000 y 4,000 kilos por lactancia (que no necesariamente llega a 305 días).

- ◆ Sistema de pastoreo; los animales pasan la mayor parte del día pastoreando sobre praderas de gramíneas, y puede haber una suplementación que puede ser muy variada, desde alimentos concentrados comerciales hasta subproductos agropecuarios. Estos sistemas normalmente se hallan en las regiones tropicales y subtropicales del país. Aquí se usan animales no especializados para esta actividad, predominando las razas cebuínas y sus cruces con animales especializados para producir leche, como la Holstein, la Suizo pardo o la Jersey; normalmente se manejan animales. Las lactaciones son más cortas, y bien manejados los animales (a través de la alimentación), pueden llegar a producir tanto como 2,000 kilos de leche.

- ◆ Otro sistema es el familiar o de traspatio, se usan animales cruzados con Holstein o también con las otras razas conocidas; la alimentación es muy variada tanto en calidad como en cantidad, por lo que la producción también es muy variable. También las lactaciones tienden a ser cortas (200 días de lactación en promedio). Los productores de leche de los Estados Unidos de Norteamérica, tienden a ser muy eficientes en la producción de leche. En la década de los noventa, el promedio de producción para 21 estados seleccionados fue de 6,800 kilos por lactancia a 305 días. Para el año 2000, la producción promedio nacional fue de 8,200 kilos por lactancia.

Referencias

1. Milk production and biosynthesis. www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/intro.html
2. Milk synthesis. Lactose. <http://classes.ansci.illinois.edu/ansc438/milkcomposynth/lactosynth.html>
3. Milk biosynthesis. Dairy cattle production 342-450A <http://animsci.agrenv.mcgill.ca/courses/450/topics/4.pdf> Dairy cattle.
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Dairy_cattle
5. Milk synthesis. Milk Fat. http://classes.ansci.illinois.edu/ansc438/Milkcomposynth/milksynth_fatfasynthesis.html
6. Milk synthesis. Milk synthesis process. http://classes.ansci.illinois.edu/ansc438/milkcomposynth/histology_6.html
7. Montgomery R, Conway TW, Spector AA. Bioquímica. Casos y texto. 6a. Ed. México. 1996.
8. Leche deslactosada por hidrólisis parcial. www.imss.gob.mx/cuadrobasicos/alimentos/Resultado.aspx?subgrupo=LECHE
9. Leche deslactosada por hidrólisis parcial. www.alqueria.com.co/contenido/articulo.asp?chapter=49&article=67
10. Producción Nacional de Leche. <http://w4.siap.gob.mx/sispro/portales/pecuarios/lechebovino/situación/descripción.pdf>
11. United States Department of Agriculture. National Agricultural Statistic Serv. www.ers.usda.gov/Publications/sb978/

12. Coopock CE. Feeding and managing high yielding dairy cows. The American experience. In: Recent advances in animal nutrition. 1997. Garnsworthy PC and Wiseman J. Ed. University of Nottingham. Nottingham University Press. 1997.
13. Managing the high producing cow. <http://interests.caes.uga.edu/drouth/articles/c788-w.htm>