

T
660.2842
M77

**NO SALE A
DOMICILIO**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA



FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“OPERACIONES UNITARIAS APLICADAS A LA
INDUSTRIA LACTEA”**

MEMORIA DESCRIPTIVA

PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

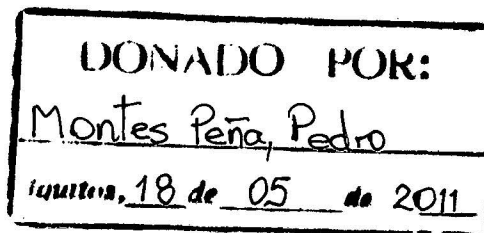
PRESENTADO POR EL BACHILLER:

PEDRO MONTES PEÑA



IQUITOS – PERÚ

2009



MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR



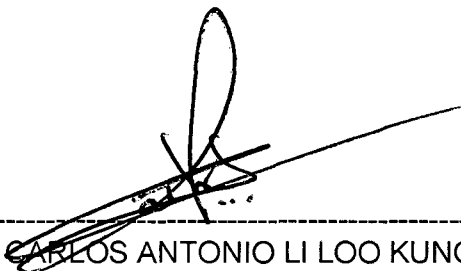
Ing. JORGE AUGUSTO TORRES LUPERDI
Presidente



Ing. PEDRO ROBERTO PAREDES MORI
Miembro Titular



Ing. JUAN ALBERTO FLORES GARZATUA
Miembro Titular



Ing. CARLOS ANTONIO LI LOO KUNG
Miembro Suplente

DEDICATORIA

A mi mamá, MARINA HAYDEE PEÑA DEL AGUILA, quien ha sido el motor de mi vida razón por la cual cada día me esmero en ser una mejor persona tanto en lo personal como en lo profesional y por haber estado conmigo en los buenos momentos y malos momentos de mi vida por entenderme y sobre todo comprenderme y estar brindándome siempre su apoyo porque sin ella no sería nada en esta vida gracia mamita querida por tu paciencia.

A mi familia en especial por haber sido participe de mi vida entera a mis abuelos MAXIMO PEÑA MOZOMBITE Y MARINA PEÑA DEL AGUILA, a mi tía GLORIA ZULEMA PEÑA DEL AGUILA y también a mi tía JOSEFIAN PEÑA DEL AGUILA que aunque no estuvo presente siempre por motivos de la distancia siempre me apoyo cuando lo necesitaba y al resto de mi familia en general.

A DIOS, por guiarme por la senda del buen camino y hacer lo correcto y por la dicha de conocer verdaderos amigos que me han apoyado en todo momento cuando estuve a punto de flaquear ellos estuvieron para darme una mano por que los buenos amigos no son los que están cuando uno está bien sino cuando uno los necesita, gracia Dios.

AGRADECIMIENTO

A los docentes de mi facultad por brindarnos sus conocimientos, al Dr. ANTONIO PASQUEL por haberme apoyado cuando tuve que realizar mis practicas pre profesionales y porque creo que uno de los docentes que se gano mi respeto con su manera de ser y sobre todo siendo un buen líder dentro de la facultad, a la Ing. DANIELA LEONORA REATEGUI SIBINA por sus buenos consejos y porque siempre nos dijo las cosas claras tal y como son sin rodeos.

ÍNDICE

	PAG.
RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Operaciones Unitaria físicas	2
2.1.1. Operaciones Unitarias Físicas Regidas por Transferencia de Materia	3
2.1.2. Tipos de Operaciones Unitarias Regidas por Transferencia de Materia	4
2.1.3. Operaciones Unitarias Físicas Regidas por Transferencia de calor	4
2.1.4. Operaciones Unitarias Químicas	6
2.1.5. Clasificación de las Operaciones Unitarias Según su Aplicación	7
2.1.6. Clasificación de las Operaciones Unitarias Según la Propiedad que se Transfiere	8
2.1.7. Clasificación de las Operaciones Unitarias Según las Fases Implicadas	8
2.2. Refrigeración	9
2.2.1. Influencia de la refrigeración en la Calidad de la Leche	9
2.2.2. Congelación	10
2.2.3. Aplicación de la Congelación	12
2.3. Pasteurización	14
2.3.1. Pasteurización de la Leche	14
2.3.2. Aplicación de Calor para diferentes Tipos de Productos	18
2.3.2.1. Pasteurización para la Fabricación de Helados	18
2.3.2.2. Pasteurización de la Leche destinada a Crema	19
2.3.2.3. Pasteurización de la Leche para Leche en Polvo	19
2.3.2.4. Pasteurización de la leche para Quesos	20
2.3.3. Pasteurización Lenta	21
2.3.3.1. Desventajas de la pasteurización Lenta	21
2.3.4. Pasteurización Rápida	21
2.3.4.1. Ventajas de Pasteurización Rápida	22
2.3.4.2. Leche Ultra pasteurizada U.H.T.	22
2.4. Esterilización	22
2.4.1. Ventajas de U.H.T.	23
2.4.2. Desventajas	23
2.5. Centrifugación	24
2.5.1. Centrifugación de alimentos Líquidos	24

2.5.2.Aparatos	25
2.5.2.1. Centrífugas de Líquidos inmiscibles	25
2.5.2.2. Centrífugas Clarificadoras	26
2.5.2.3. Equipos de Separación de Lodos	26
2.5.2.4. Equipos de Filtración Centrifuga	27
2.6.Evaporación	27
2.6.1.La Leche Evaporada	27
2.6.2.Procesos de elaboración	28
2.6.3.Diversidad y Tipos	29
2.6.4.Criterios de Calidad en la compra y en la conservación	30
2.7. Atomización	32
2.8. Liofilización	33
3. Metodología	35
4. Conclusiones	52
5. Recomendaciones	53
6. Bibliografía	54

RESUMEN

Cada una de las actividades básicas que componen un proceso se les llama operaciones unitarias.

Algunas definiciones de la ingeniería de procesos limitan el término de operación unitaria a las operaciones en donde existe una transformación química o física del material. Sin embargo en los casos en que se requieren análisis de costos y eficiencias globales de un proceso es importante tomar en cuenta las operaciones de acuerdo con la definición básica.

Son las acciones necesarias para la transformación de materias implicadas en un proceso químico.

Los cambios que puede sufrir una materia son:

Modificar su masa o composición (separación de fases, mezcla, reacción química).

Modificar el nivel o calidad de la energía que posee (enfriamiento, vaporización, aumento de presión)

Modificar sus condiciones de movimiento (aumentando o disminuyendo su velocidad o su dirección)

Las operaciones unitarias físicas son: mezclado, sedimentación, flotación adsorción, etc.

Las operaciones unitarias químicas son: combustión, hidratación, oxidación, reducción, saponificación.

1. INTRODUCCIÓN

Tienen como objetivo modificar las condiciones de una determinada unidad de masa para conseguir una finalidad. Esta modificación se puede conseguir:

- ✓ Modificando su masa o composición.
- ✓ Modificando su nivel o cantidad de energía.
- ✓ Modificando las condiciones de movimiento: velocidad.

El estado de un cuerpo está absolutamente definido cuando están especificadas la cantidad de materia y composición, cuando conocemos su energía y cuando conocemos las componentes de la velocidad con las que dicho cuerpo está en movimiento.

Estas magnitudes están medidas por la ley de conservación de la materia, energía y cantidad de movimiento. Para transformar una cantidad de materia se producen transformaciones simultáneas de dos o más de estas propiedades.

Estas propiedades, aunque se den simultáneamente, por lo general es una de ellas la que predomina sobre las otras.

De este modo para la clasificación de las operaciones unitarias se atiende a la propiedad que predomina en una transformación. En base a ello la clasificación se hace en dos grandes grupos:

- ✓ Operaciones unitarias físicas.
- ✓ Operaciones unitarias químicas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Conocer las distintas operaciones de procesado de los productos que se rigen por principios físicos-químicos, y constituyen las denominadas Operaciones Básicas de Industrias Agrarias y Alimentarias, para cuya aplicación se requieren métodos de cálculo y sistemas de diseño. Asimismo veremos los aparatos utilizados para la aplicación de las principales Operaciones Básicas en la Industria Alimentaria.

Dotar de los conocimientos necesarios a los alumnos respecto a los fundamentos y la tecnología para el diseño, producción y control de los sistemas productivos de manipulación, transformación y conservación de alimentos.

Entender el concepto actual de operaciones unitarias.

Elegir aquellas condiciones de trabajo (equipos, temperatura, presión, etc.) que maximicen la calidad final del producto, su producción y los ingresos.

Poner en común su opinión sobre una operación unitaria concreta, por ejemplo la evaporación, y llegar a un acuerdo sobre qué evaporador es el más adecuado para un producto y una aplicación determinada.

Identificar las principales virtudes y defectos de un producto y asociarlos con las operaciones de elaboración del mismo.

Adquirir una actitud y aptitud crítica ante las tecnologías aplicables a los procesos que se llevan a cabo en la industria agroalimentaria.

2.1. Operaciones Unitaria físicas

- ✓ De transferencia de materia.
- ✓ De transferencia de energía.
- ✓ De transferencia simultánea de materia y energía.
- ✓ De transferencia de cantidad de movimiento.
- ✓ Complementarias.

En todas las operaciones unitarias hay en común el concepto de fuerza impulsora. La cantidad de la propiedad transferida por unidad de tiempo y superficie es igual a la fuerza impulsora partido de la resistencia.

Veamos la fuerza impulsora para los tres tipos de propiedades.

Materia: la fuerza impulsora es igual a las diferencias de concentraciones.

Energía: la fuerza impulsora se da cuando existe una diferencia de temperaturas en el seno de la masa.

Cantidad de movimiento: la fuerza impulsora es la diferencia de velocidades que existe entre dos zonas del fluido.

2.1.1. Operaciones Unitarias Físicas Regias por Transferencia de Materia.

Están basadas en un fenómeno denominado difusión. Las masas se ponen en movimiento o intentan mezclarse como consecuencia de que existen en el fluido gradientes de concentración. Cuando se colocan dos fases que no se encuentran en equilibrio en relación con un determinado componente lo que ocurre es que dicho componente se transfiere de una a otra intentando alcanzar el equilibrio.

Aprovechando este fenómeno de la difusión se ponen en contacto fases distintas y lo que sucede es que los componentes van a intentar igualarse y se realiza el diseño de aparatos para lograr dicha separación. Esta separación puede tener dos objetivos:

- ✓ Separar una sustancia que esté impurificando un fluido.
- ✓ Separar un compuesto que tenga un valor intrínseco mayor estando por libre.

También es posible la separación basándonos en la diferencia de velocidades de difusión a través de una membrana porosa. Es necesario realizarlo en repetidas ocasiones y no siempre es más corriente la separación por transferencia entre fases.

2.1.2. Tipos de Operaciones Unitarias Regidas por Transferencia de Materia

Son solo una parte de aquellas que están regidas por un intercambio de energía.

- ✓ Aislamiento térmico.
- ✓ Calentamiento (o enfriamiento) de fluidos: intercambio de calor sin cambio de fase.
- ✓ Evaporación, condensación, sublimación (liofilización), solidificación (cristalización): intercambio de calor con cambio de fase. La sublimación y la solidificación se engloban dentro de las O.U.F. regidas por transferencia simultánea de materia y calor.

2.1.3. Operaciones Unitarias Físicas Regidas por Transferencia de calor

Las operaciones unitarias que son de naturaleza física. Se pueden dividir en 5 grandes grupos:

1. Flujo de fluidos: Las características físicas de los fluidos determinan su comportamiento en los sistemas de transporte, seleccionar el

equipo adecuado según las necesidades del proceso, es un factor crítico de diseño para obtener los mejores resultados.

2. Transmisión de calor: Calor es la medida termodinámica de la actividad molecular de las sustancias. El calor no es estático es dinámico esto quiere decir que se transfiere, dicha transferencia se realiza del lugar más caliente al más frío.
3. Mezclado: Esta operación es ampliamente utilizada en la industria alimentaria y se hace necesaria, en los procesos, la realización de balances de materia que permitan al procesador ahorrar tiempos de ajuste en producción. Lo anterior debido a que los balances de materia consisten en realización de cálculos previos a la producción.
4. Separación: Destilación, extracción, absorción, adsorción, evaporación, cristalización, humidificación, secado, filtración y centrifugación.
5. Manejo de sólidos: Compresión, molienda, tamizado y fluidización. No hay una clara división entre algunas operaciones. El funcionamiento de un evaporador continuo requiere de conocimientos sobre flujo de fluidos, transferencia de calor; así mismo la cristalización, como en la obtención del hidrosulfito, puede ocurrir en la evaporación, etc.¹

¹http://fenix.utim.edu.mx/man/general/biblioteca/alim2001/Operaciones_Unitarias.pdf

2.1.4. Operaciones Unitarias Químicas

La fuerza impulsora hay que considerarla en relación al aspecto termodinámico. En relación con el aspecto cinético, la velocidad de la reacción química depende de la temperatura y de las concentraciones de los reactivos.

Una operación unitaria puede definirse como un área del proceso o un equipo donde se incorporan materiales, insumos o materias primas y ocurre una función determinada, son actividades básicas que forman parte del proceso. Por ejemplo, la producción de pulpa o el descortezado en una fábrica de papel, o la destilación en un proceso de elaboración de productos químicos. Sería prácticamente imposible estudiar el número casi infinito de procesos químicos que se llevan a cabo en la industria diariamente, si no hubiera un punto en común a todos ellos. Afortunadamente, esta conexión existe. Cualquier proceso que se pueda diseñar consta de una serie de operaciones físicas y químicas que, en algunos casos son específicas del proceso considerado, pero en otros, son operaciones comunes e iguales para varios procesos. Generalmente un proceso puede descomponerse en la siguiente secuencia:

1. Materias Primas
2. Operaciones físicas de acondicionamiento
3. Reacciones químicas
4. Operaciones físicas de separación
5. Productos

Cada una de estas operaciones es una operación unitaria. Este concepto fue introducido en 1915 por el profesor Little, del Massachusetts Institute of Technology (M.I.T). La definición dada entonces, fue la

siguiente: "todo proceso químico conducido en cualquier escala puede descomponerse en una serie ordenada de lo que pudieran llamarse OPERACIONES UNITARIAS, como pulverización, secado, cristalización, filtración, evaporación, destilación. El número de estas operaciones básicas no es muy grande, y generalmente sólo unas cuantas de ellas intervienen en un proceso determinado."²

2.1.5. Clasificación de las Operaciones Unitarias Según su Aplicación

Separación	Conservación
Destilación	Congelación
Absorción	Refrigeración
Extracción	Liofilización
Lixiviación	Secado
Filtración	Pasteurización
Ultrafiltración	Escaldado
Microfiltración	Esterilización
Ósmosis inversa	
Adsorción	
Intercambio iónico	
Evaporación	
Cristalización	
Sedimentación	
Centrifugación	

²<http://docencia.izt.uam.mx/sgpe/files/users/hja/file/Operacionesuq.pdf>

2.1.6. Clasificación de las Operaciones Unitarias Según la Propiedad que se Transfiere

Cantidad de Movimiento	Calor	Materia
Fluidización	Refrigeración	Destilación
Sedimentación	Congelación	Extracción
Filtración	Evaporación	Lixiviación
Microfiltración	Pasteurización	Adsorción
Ultrafiltración	Esterilización	Intercambio iónico
Ósmosis Inversa	Escaldado	Absorción
Mezcla	Secado	Secado
Emulsificación	Cristalización	Cristalización
Centrifugación	Liofilización	Liofilización
Flotación		Ósmosis inversa

2.1.7. Clasificación de las Operaciones Unitarias Según las Fases Implicadas

Gas-Líquido	Gas-Sólido	Líquido-Líquido	Líquido-Sólido
Destilación	Adsorción	Extracción	Adsorción
Adsorción	Desorción	Mezcla	Intercambio iónico
Humidificación	Sublimación	Emulsificación	Lixiviación
Evaporación	Secado (G-S-L)		Cristalización
Congelación (o G-S o L-S)	Liofilización		Ósmosis inversa
Pasteurización	Refrigeración (o G-L)		Sedimentación
Esterilización (o G-S)	Fluidización		Centrifugación
			Filtración
			Microfiltración
			Ultrafiltración

3

³ Costa, J. y cols. "Curso de Ingeniería Química" Reverté. 2002. Cap. Las Operaciones Unitarias

2.2. Refrigeración

La leche es un nutriente excepcional pero tiene sus riesgos. Es tan rica en componentes vitales que de mala calidad o mal conservado se convierte en un cultivo óptimo para el desarrollo de agentes patógenos, virus, bacterias etc. con el correspondiente riesgo para la salud humana. La leche sale de la ubre de la vaca a 32/34°C y la temperatura considerada universalmente como óptima para su conservación son 4°C. La refrigeración es indispensable para el mantenimiento de la calidad inicial de la leche: Permite detener o limitar la proliferación de la flora bacteriana, y evita las alteraciones de los componentes de la leche utilizados en transformación.

2.2.1. Influencia de la refrigeración en la Calidad de la Leche

La leche constituye para cierto número de especies bacterianas un medio en el que se presentan distintos parámetros favorables para su crecimiento. La temperatura es un parámetro que interviene bien como factor de inhibición, también como factor de proliferación: Por consiguiente, la temperatura y el tiempo durante el cual la leche se almacena durante la producción van a intervenir de manera importante en la proliferación o no de las bacterias presentes.

Proliferación inmediata cuando la leche se conserva a 12°C y proliferación importante después de 24 h a 7°C.

Enfriada a 4°C, la leche puede conservarse durante 72h, a condición de que se trate de leche inicialmente poco contaminada.

En las leches inicialmente cargadas con niveles de entre 400 y 500.000 gérmenes/ml, conservadas a una temperatura de 4°C, la flora psicrotrofa (capaz

de crecer a una temperatura inferior a 10°C) se desarrollará en detrimento de las demás.

Por consiguiente, para tanques utilizados en centros de colecta donde la leche sólo se enfríe varias horas después del ordeño, se dará preferencia a una colecta diaria. Por el contrario, para los tanques empleados en granjas en que el tiempo de refrigeración sea breve y/o la higiene de ordeño esté bajo control, la conservación durante 2 o, incluso, 3 días es perfectamente posible.

2.2.2. Congelación

Consiste en bajar la temperatura a -20°C en el núcleo del alimento, para que no pueda haber posibilidad de desarrollo microbiano y limitar la acción de la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas.

La temperatura con la que se congela el alimento oscila entre -40°C y -50°C , seguidamente se almacena a -18°C , temperatura que se debe mantener hasta el momento de cocción.

La congelación se considera como una de las mejores técnicas de conservación.

Si el alimento pasa varios meses en el congelador, el contenido en vitaminas tiende a disminuir y las grasas a hacerse rancias.⁴

⁴Tecnología de los alimentos: Proceso de conservación

http://www.saludalia.com/Saludalia/web_saludalia/vivir_sano/doc/nutricion/doc/proceso_conservacion.htm

Para que no se modifique el valor nutricional del alimento congelado, es muy importante que la descongelación se haga adecuadamente, es decir, debe ser muy rápida (el microondas garantiza al máximo este proceso) y siempre que sea posible, se debe cocer el alimento sin descongelar o bien descongelar en la nevera.

La industria de la alimentación ha desarrollado cada vez más las técnicas de congelación para una gran variedad de alimentos: frutas, verduras, carnes, pescados y alimentos precocinados de muy diversos tipos. Para ello se someten a un enfriamiento muy rápido, a temperaturas del orden de -30°C con el fin de que no se lleguen a formar macrocristales de hielo que romperían la estructura y apariencia del alimento. Con frecuencia envasados al vacío, pueden conservarse durante meses en cámaras de congelación a temperaturas del orden de -18 a -20°C , manteniendo su aspecto, valor nutritivo y contenido vitamínico.

El fundamento de la congelación es someter a los alimentos a temperaturas iguales o inferiores a las necesarias de mantenimiento, para congelar la mayor parte posible del agua que contienen. Durante el período de conservación, la temperatura se mantendrá uniforme de acuerdo con las exigencias y tolerancias permitidas para cada producto.

Detiene la vida orgánica, ya que enfría el alimento hasta los 20° bajo cero (en congeladores industriales llega hasta 40° bajo cero). Es un buen método, aunque la rapidez en el proceso influirá en la calidad de la congelación.

Congelación lenta: Produce cambios de textura y valor nutritivo.

Congelación rápida: Mantiene las características nutritivas y organolépticas.⁵

2.2.3. Aplicación de la Congelación

La conservación de los productos lácteos en el estado congelado en principio podría considerarse ideal. El metabolismo microbiano cesa a temperaturas por debajo de -7 a -10°C y la viabilidad de los microorganismos disminuye lentamente; sin embargo, las reacciones químicas y bioquímicas, continúan aún a temperaturas muy bajas. Cuanto más se desciende la temperatura, la velocidad de las reacciones que causan modificaciones en los productos es más lenta y la calidad de los productos descongelados mejora.

Para cada producto lácteo hay una relación tiempo/temperatura de almacenamiento y cambios en la calidad. En general, una congelación rápida y una descongelación lenta (a 4°C) tienen ventajas. Para algunos productos lácteos los cambios durante la congelación son mínimos, mientras que en otros, los cambios son importantes. En los productos lácteos líquidos la congelación causa desestabilización de la grasa y proteínas. La desestabilización (deshidratación) de las proteínas está acompañada por un aumento en la concentración de sales minerales y lactosa en la fracción no congelada; el incremento en las concentraciones de calcio y fosfato conduce a la precipitación de fosfato cálcico a la vez que se liberan iones H⁺ lo que da lugar a una reducción de pH. Por otra parte, los cristales de hielo y la cristalización de la

⁵Conservación de alimentos

<http://www.alimentacion->

[sana.com.ar/Informaciones/novedades/conservacion.htm](http://www.alimentacion-sana.com.ar/Informaciones/novedades/conservacion.htm)

grasa contribuyen a dañar la membrana del glóbulo de grasa, lo que da lugar a formación de grasa libre.

Leche.- Se han realizado muchos trabajos para determinar la viabilidad de la conservación de la leche mediante congelación, ensayando diferentes temperaturas (desde -10 hasta -30°C), aplicando previamente homogeneización y adición de polifosfatos o citrato para mejorar la estabilización. Los resultados obtenidos indican que la congelación de la leche presenta solo limitadas aplicaciones comerciales, con marcadas diferencias en la estabilidad de la leche pasteurizada congelada.

Leche Fermentada. – El yogurt y otras leches fermentadas se han intentado conservar en estado congelado, pero los ensayos realizados demuestran que aunque las características organolépticas no se alteran, la textura se modifica profundamente con intensa separación de suero y sensación granulosa, tanto el caso de yogures firme como batidos y en los de frutas. No obstante, la adición de estabilizantes y la incorporación de azúcar dan lugar a productos de características aceptables.

Mantequilla.- En la maduración del batido de mantequilla se emplean temperaturas que oscilan entre 6-13°C, según la época del año y el tipo de mantequilla (dulce o ácida). Finalizado el batido, la mantequilla obtenida se lava con agua fría, se envasa y se conserva en refrigeración o congelación.

Los resultados obtenidos al congelar mantequilla con 18 al 40% de grasa, han sido positivos. La desestabilización aumenta con el tiempo de

almacenamiento y disminuye al aumentar la velocidad de congelación y descender la temperatura de almacenamiento. El porcentaje de grasa también es crítico para obtener la máxima estabilidad de la mantequilla después de la descongelación.⁶

2.3. Pasteurización

2.3.1. Pasteurización de la Leche

Uno de los métodos más comunes de conservación de los alimentos es mediante un calentamiento que destruye los microorganismos y las enzimas que los dañan. El tratamiento térmico requerido no es único ya que se pueden emplear varias condiciones de tiempo-temperatura para lograr el objetivo, pero se prefieren los de altas temperaturas y cortos tiempos. Seguidos de un descenso brusco de temperatura, para garantizar la eficiencia del procedimiento.

Paralelamente a la destrucción de organismos patógenos, también se eliminan los microorganismos más termosensibles, como los coliformes, y se inactiva la fosfatasa alcalina, pero no así las esporas o la peroxidasa, ni las bacterias un poco más termorresistentes, como las lácticas; es decir, la leche pasteurizada todavía tiene una determinada cuenta microbiana, principalmente de bacterias lácticas (no patógenas pero si fermentativas), y requiere de refrigeración, ya que su vida en anaquel es tan solo de algunos días.

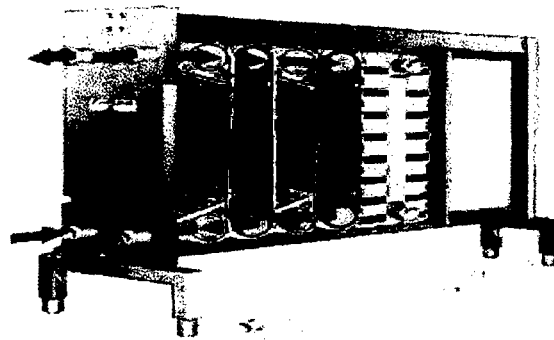
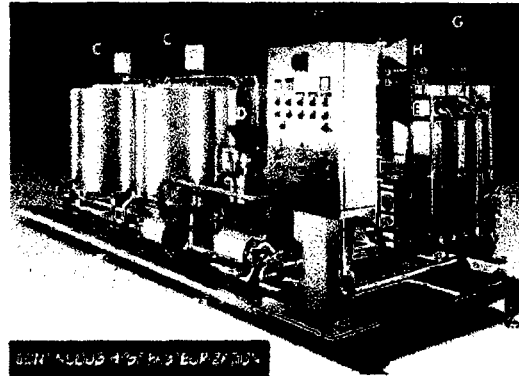
Con temperaturas superiores a los 25 °C, mueren los microorganismos psicrófilos (coliformes); Arriba de los

⁶Portal lechero

http://www.portalechero.com/ver_items_descrip.asp?wVarItem=2982

42 ° C, mueren los mesófilos aerobios; Y superiores a 60 ° C, mueren los termorresistentes (*Salmonella*).

La eficiencia de la pasteurización se mide mediante la prueba de la fosfatasa alcalina, con la cual hay que tomar ciertas precauciones ya que se presenta el fenómeno de la reactivación enzimática.



7

Los niveles de temperatura normalmente usados varían entre 80-95°C con retención entre 5-30 min, según el equipo sea continuo o discontinuo. Un nivel adecuado de relación tiempo temperatura en pasteurización discontinua corresponde a 85-90°C por 30 min.

El tratamiento térmico de la leche para yogur consiste en temperaturas y tiempos más prolongados que los usados en la pasteurización

⁷ <http://www.geocities.com/grupoindustrialaisa/pasteuri.html>

corriente con el propósito de producir ciertos cambios químicos de la leche.

El calentamiento de la leche no solo destruye bacterias indeseables tales como las patógenas, sino que también elimina O_2 creando condiciones adecuadas para el desarrollo del *L. bulgaricus*, sin embargo, como el efecto más importante con relación a la fabricación del yogur es que produce un mejoramiento del medio nutritivo para las bacterias del yogur a través de la alteración de las proteínas de la leche.

Un tratamiento de 80°C por 30 min desnaturaliza la mayor parte de las proteínas sericas y se liberan grupos sulfhidrilicos, los que actúan estimulando el crecimiento del cultivo adicionado.

Además la desnaturalización de las proteínas dará un aumento de la firmeza y consistencia del yogur. Se destruyen las sustancias inhibitoras naturales presentes en la leche (Lacteninas) que son de naturaleza proteica. No son destruidas por la pasteurización pero son desnaturalizadas a 74°C por 20 min. Del mismo modo son inactivas las enzimas presentes en forma natural en la leche.

El tratamiento térmico de la leche tiene también el efecto de mejorar el aroma y el sabor de la leche y por lo tanto del producto final, Además de mejorar la digestibilidad del producto.

Disminuye la tendencia de la separación del suero durante el almacenamiento del producto frío, y mejora la consistencia final.

La leche se trata térmicamente antes de proceder a la inoculación de los cultivos. Los objetivos de esta pasteurización son:

- Mejorar las propiedades de la leche como medio de crecimiento de las bacterias del cultivo industrial
- Destrucción de los microorganismos patógenos indeseables.
- Asegurar que el coagulo del yogurt terminado sea firme y reducir el riesgo de separación del suero.
- Inactivar enzimas.
- Desnaturalización de las globulinas fundamentalmente de la β - lactó globulina.
- Hidratar los estabilizantes (añadidos anteriormente) que se disuelven en caliente.

El tratamiento térmico se realiza en un intercambiador de calor de placas o tubular a diferentes temperaturas y tiempos de duración en función del producto. Los tratamientos más comunes son:

85 °C durante 30 minutos

90 °C-95 °C durante 5-10 minutos,

120 °C durante 3-5 segundos.

Con la pasteurización se persigue disminuir el número de bacterias presentes en la leche y destruir todas las bacterias patógenas. De esa manera podremos obtener un queso de mejor calidad y más seguro para el consumidor, siempre y cuando se aseguren las normas higiénicas durante el proceso posterior de elaboración de los quesos.

La pasteurización además permite inhibir ciertas enzimas como las lipasas que pueden traer

problemas de rancidez en los quesos. Algunos quesos madurados deben su sabor y aroma a la acción lipolítica de los enzimas, razón por lo cual se consiguen comercialmente preparaciones de lipasas para su uso en la elaboración de esos quesos cuando se ha pasteurizado la leche.

Debe recordarse que algunas enzimas microbianas resisten las temperaturas de pasteurización así como también las esporas bacterianas, lo cual señala la necesidad de trabajar con leches de buena calidad.

Una de las desventajas de la pasteurización es la disminución de los niveles de calcio soluble y si se emplean temperaturas superiores a los 80°C, la desnaturalización de proteínas del suero y formación de complejos de la b-lactoalbumina y la k-caseína; todo lo cual se traduce en mayor dificultad de la leche para coagular y aumento del tiempo de coagulación. Estos efectos se corrigen en parte mediante la utilización de cloruro de calcio.

2.3.2. Aplicación de Calor para diferentes Tipos de Productos

2.3.2.1. Pasteurización para la Fabricación de Helados

Se realiza a una temperatura de 82-87 °C por 15 a 30 segundos o a 63°C por 30 minutos.

Es el tratamiento térmico a que se somete la mezcla de helado.

Durante esta etapa se obtienen varios efectos:

- ✓ Se desnaturalizan las proteínas del suero y se produce una absorción de agua más rápida.

- ✓ Se disuelven completamente los ingredientes.
- ✓ Actúan los emulsionantes.
- ✓ Los estabilizantes absorben la parte líquida.
- ✓ Las grasas se vuelven líquidas (por el calor), y se dispersan uniformemente.
- ✓ Se elimina la posible contaminación bacteriológica existente.

2.3.2.2. Pasteurización de la Leche destinada a Crema

Para la elaboración de crema la leche puede pasteurizarse primero a 95°C durante 15 o 20 segundos, luego enfriarse a 60 - 65°C, descremarse, y pasteurizarse por separado a la crema a 95°C durante 15 o 20 segundos, para luego ser enfriada a 21°C o a 7 u 8°C.

Otra manera de hacer el tratamiento sería calentar primero la leche a 60-65°C, descremar luego y regresar la leche descremada al pasteurizar para ser tratada a la temperatura normal para destinarla a leche de consumo, en tanto la crema separada se pasteuriza a 95°C por 12 - 20 segundos.

Este tratamiento de temperatura elevada para la crema, es para eliminar lipasos, cuya presencia pueda provocar rancidez en la crema.

2.3.2.3. Pasteurización de la Leche para Leche en Polvo

En este caso la temperatura y el tiempo de tratamiento varían de acuerdo a la leche, para leche descremada se recomienda calentarla a

88°C durante 3 minutos y para leche con materia grasa se calienta a 90°C durante 3 minutos (no mas).

Con estos tratamientos se asegura la destrucción de las lipasas y una reducción considerable de la flora bacteriana.

2.3.2.4. Pasteurización de la leche para Quesos

La pasteurización de la leche destinada para la elaboración de quesos se hace generalmente a 70°C en 15 o 20 segundos en el tratamiento rápido o a 65°C en 30 minutos en el tratamiento lento.

Si se efectuara a temperaturas mayores el calcio tiende a precipitar como trifosfato cálcico que es insoluble, lo cual llevaría a una coagulación defectuosa.

El proceso de pasteurización se realiza para destruir los microorganismos de la leche es necesario someterlos a tratamientos térmicos, ya se vio que la temperatura puede ocasionar transformaciones no deseables en la leche, que provocan alteraciones de sabor, rendimiento, y calidad principalmente.

El proceso de pasteurización fue idóneo a fin de disminuir casi toda la flora de microorganismos saprofitos y la totalidad de los agentes microbianos patógenos, pero alterando en lo mínimo posible la estructura física y química de la leche y las sustancias con actividad biológica tales como enzimas y vitaminas.

La temperatura y tiempo aplicados en la pasteurización aseguran la destrucción de los agentes patógenos tales como Mycobacterium,

tuberculosis, Brucellos, Solmonellas, etc., pero no destruye los microorganismos mastiticos tales como el Staphilococcus aereus o el Streptococcuspyogenes, como así tampoco destruye algunos micro organismos responsables de la acidez como los Lacotobacillus.

2.3.3. Pasteurización Lenta

Este método consiste en calentar la leche a temperaturas entre 62 y 64°C y mantenerla a esta temperatura durante 30 minutos. Luego de los 30 minutos, la leche es enfriada a temperaturas entre 4 y 10°C según la conveniencia.

2.3.3.1. Desventajas de la pasteurización Lenta

- El tiempo de pasteurización en un sistema lento es muy prolongado para los volúmenes que se manejan.
- Ocupa mucho espacio con relación a su capacidad máxima.
- Es más costoso, ya que no hay regeneración de calor.
- La eficacia de eliminación de microorganismos es menor.

2.3.4. Pasteurización Rápida

Llamada también pasteurización continua o bien HTST (Heigh Temperature Short Time), este tratamiento consiste en aplicar a la leche una temperatura de 72 - 73°C en un tiempo de 15 a 20 segundos.

Este proceso de pasteurización se realiza sin modificar, prácticamente, la naturaleza físico-química y nutritiva



de la leche, que permanece intacta. El intervalo en que la leche pasteurizada podrá permanecer desde el momento de su pasteurización hasta su fecha de vencimiento es variable, pero en ningún caso podrá exceder los cinco días y debe ser mantenida en refrigerador a una temperatura no superior a 8 grados centígrados.

2.3.4.1. Ventajas de Pasteurización Rápida

- Siendo un sistema continuo, casi instantáneamente se tiene leche pasteurizada
- Del calor utilizado para calentar la leche hasta la temperatura de pasteurización, se recupera (reutiliza) por lo menos el 75%
- Ocupa menos espacio con relación a su capacidad (alrededor de 10000 litros / hora)

2.3.4.2. Leche Ultra pasteurizada U.H.T.

El proceso de ultra pasteurización consiste en someter a la leche a un tratamiento térmico de por lo menos 3 segundos a una temperatura mínima de 138 °C y enfriarla inmediatamente a menos de 5 °C, para luego colocarla en envases estériles y herméticamente cerrados.

2.4. Esterilización

Se considera leche conservada o esterilizada por Ultra Alta Temperatura (UHT) la leche que ha sido calentada a una temperatura por lo común de 146°C durante 3 ó 4 segundos. El proceso térmico debe asegurar la ausencia de gérmenes

patógenos y microorganismos capaces de proliferar en ella, e, inmediatamente, debe ser envasada bajo condiciones asépticas en envases esterilizados y herméticamente cerrados. La fecha de vencimiento de estas leches es de aproximadamente 6 meses a partir del momento de su elaboración.

2.4.1. Ventajas de U.H.T.

- ✓ Alta Calidad.
- ✓ Vida en estante más larga: Pueden esperarse una vida útil superior a 6 meses, sin refrigeración.
- ✓ Empaquetamiento más barato: Tanto el costo del empaque, almacenamiento y transporte (no se requiere vehículos refrigerados para su transporte).

2.4.2. Desventajas

- ✓ Se necesita equipo complejo y una planta para empaque aséptico (materiales de empaque, tanques, las bombas); operarios mas experimentados, debe mantenerse esterilidad en el empaque aséptico.
- ✓ Mantenimiento de la Calidad: Las lipasas termorresistentes o proteasas pueden conducir a un deterioro del sabor, envejecimiento de la leche.
- ✓ También hay producción de un sabor más pronunciado a cocido en la UHT.

2.5. Centrifugación

La separación centrífuga es una operación usada muy a menudo en la industria lechera. Algunos usos incluyen: clarificación (remueve impurezas sólidas de leche antes de la pasteurización) desnatando (separación de la crema de la leche) estandarizando separación del suero (separación de crema (grasa) del suero) bacteriología (la separación de bacterias de leche) la separación del quark (la separación de cuajada del quark del suero) la purificación de aceite de mantequilla (la separación de fase de suero de grasa de leche anhidra).⁸

2.5.1. Centrifugación de alimentos Líquidos

La centrifugación es aquella operación a la que son sometidos los alimentos líquidos, principalmente leche y zumos, por medio de la cual se consiguen separar materiales de diferente naturaleza que “conviven” en el mismo alimento.

Cuando un material es sometido a rotación, se genera una fuerza centrífuga cuya magnitud depende de la masa del líquido (densidad), el radio y la velocidad angular o velocidad de rotación.

Cuando se aplica fuerza centrífuga, el líquido tiende a desplazarse hacia la pared. Si se llena el recipiente al que se somete a la fuerza centrífuga, el material más denso tenderá a desplazarse a la periferia del recipiente, y el material menos denso quedará en la parte central.

La zona neutra es definida como la zona de transición que quedará en el recipiente entre el material A que se ha situado en el centro del recipiente y el material B que ha quedado en la periferia del mismo. Dicho radio

⁸ <http://www.fortunecity.com/littleitaly/siena/600/pasteur.htm>

neutro se puede calcular conociendo la velocidad de centrifugación y la densidad de los dos líquidos. Conocer el punto donde se va a fijar el radio neutro es importante dado que así se descargará el material A por un lado y el material B por el otro.

Antes hemos señalado que se suele utilizar este proceso en leche y zumos. En la leche se utiliza para separar la grasa de la leche del agua. El agua es más densa que la grasa por lo que la primera quedará en la periferia del recipiente donde se ha introducido la leche y que ha sido sometido a la fuerza centrífuga, y la grasa quedará en el centro.

Este proceso se utiliza en la leche para obtener leche desnatada y semidesnatada o para obtener grasa láctea para la elaboración de nata, mantequillas y otros productos lácteos.

La centrifugación es una técnica muy limpia que no maltrata los principios nutritivos del alimento.

A continuación vamos a conocer de forma breve, los aparatos que se suelen utilizar para llevar a cabo este proceso de separación de componentes diferentes de un mismo alimento.

2.5.2. Aparatos

2.5.2.1. Centrífugas de Líquidos inmiscibles

Este tipo de centrífugas están constituidas por un tubo vertical que suele medir 0,1 m. de diámetro y 0,75 m. de longitud y suele rodar a velocidades de entre 15.000 y 50.000 revoluciones por minuto. Este tubo se sitúa en el interior de una carcasa estacionaria.

El líquido se introduce por el canal central, se desplaza hacia la periferia y cuando está totalmente lleno rebosará. Si metemos dos

líquidos inmiscibles (una emulsión, como la leche), el agua irá hacia la periferia y el aceite irá hacia el centro. Esta operación se suele realizar de forma continua (sin parar) con lo que conociendo el radio neutro al que hemos hecho referencia con anterioridad, se colocarán dos receptáculos circulares, uno para la grasa y el otro para la salida del agua que se conectan a dos tuberías fijas que están fijadas a la carcasa del aparato.

2.5.2.2. Centrifugas Clarificadoras

Separan sólidos y líquidos cuando la proporción de sólidos es pequeña, en torno al 3-4%. Puede realizarse en cámaras cilíndricas. Son muy similares a las descritas anteriormente y en este caso la fase más densa serán las partículas. Se utilizan para purificar zumos, aceites, cervezas, desaguar el almidón, etc. Tiene una capacidad de procesado de 300.000 litros por hora.

2.5.2.3. Equipos de Separación de Lodos

Para este proceso se utiliza una centrífuga de cámara más tornillo. La máquina consta de un tornillo en el interior de una carcasa. Se pueden separar pastas de hasta un 50% de sólidos. Hay una carcasa que gira y en el interior un tornillo que gira en el mismo sentido pero a una velocidad ligeramente inferior. Los sólidos van a la periferia y el agua queda en la parte más interior. El agua saldrá por un extremo y los sólidos por el otro. La velocidad de giro suele estar situada en torno a las 2.000 – 4.000 revoluciones por minuto. Se utiliza este aparato

para purificar aceites de pescado, harinas de pescado, papillas de café, etc.

2.5.2.4. Equipos de Filtración Centrifuga

Consiste en un tambor con paredes perforadas y con un filtro en su interior. Se introduce la disolución con las partículas y se hace girar el tambor. El agua sale por los orificios quedando retenidas las partículas en el filtro. Esto obliga a vigilar los filtros por lo que hay que parar de vez en cuando para cambiarlos o limpiarlos. En ocasiones, el sistema lleva cuchillas incorporadas para limpiarlo. Se utiliza para refinar el azúcar, extracción de zumos de frutas, crioconcentración, etc.⁹

2.6. Evaporación

2.6.1. La Leche Evaporada

Al deshidratar de manera parcial la leche natural se obtiene un lácteo con una densidad nutritiva muy alta. La leche evaporada se obtiene por una deshidratación parcial de la leche entera, semidesnatada o desnatada, cuya conservación se asegura mediante la esterilización, un tratamiento térmico que combina altas temperaturas con un tiempo determinado. Este tratamiento de conservación asegura la destrucción total de los microorganismos patógenos presentes en la leche y de sus esporas (formas de resistencia de los microorganismos), dando lugar a un producto estable y con un largo período de conservación.

⁹ Guía de alimentación

<http://www.ikerlarre.e.telefonica.net/paginas/centrifugacion.htm>

2.6.2. Procesos de elaboración

La deshidratación parcial de la leche consiste en eliminar parte del agua de constitución de la misma para aumentar de este modo su vida útil. Debido al descenso del contenido en agua que se produce en el alimento, se inhibe el crecimiento microbiano y la actividad enzimática. Además, disminuye el peso y el volumen del producto nuevo respecto al original, de modo que se reducen los gastos de transporte y almacenamiento.

En la industria láctea, la reducción parcial del agua de constitución se lleva a cabo mediante un proceso de concentración por evaporación y así se obtiene la leche concentrada. Sin embargo, este producto no tiene una larga conservación, ya que la reducción de humedad que experimenta no es suficiente para impedir el desarrollo de microorganismos. Por ello, para su comercialización es necesario aplicarle a la leche concentrada un tratamiento de conservación adicional, que es la esterilización, y puede ser la clásica o UHT. De esta manera, se obtiene la leche evaporada.

La esterilización clásica consiste en someter a la leche a temperaturas del orden de 115°C durante unos 15 minutos. Tiene el inconveniente de que disminuye notablemente el contenido vitamínico respecto a la leche de origen.

Con la esterilización U.H.T. (Ultra High Temperature), la leche alcanza temperaturas de 140-150°C, durante 2 a 16 segundos, con la ventaja de que mantiene prácticamente todo el valor nutricional respecto a la leche de origen.

En ambos casos, el resultado es un producto líquido y homogéneo, de suave aroma, color amarillento y cuyo volumen es aproximadamente la mitad del de la leche

de partida. Una vez reconstituida mediante la adición de agua, se obtiene un producto con las mismas características que la leche líquida con el porcentaje graso correspondiente.

2.6.3. Diversidad y Tipos

En función de su contenido graso encontramos en el mercado la leche evaporada rica en grasa, entera, semidesnatada y desnatada. Aunque menos frecuente, también se puede encontrar la leche evaporada aromatizada, con aromas y colorantes autorizados añadidos para proporcionar aroma y sabor al producto.

Valor nutritivo

La leche evaporada es una leche concentrada, por lo que es un producto con una densidad nutritiva elevada, ya que los sólidos de la leche de partida se encuentran disueltos en una cantidad menor de agua (por tanto, a igual volumen mayor concentración de nutrientes).

A pesar de que, una vez reconstituida, debería resultar similar en cuanto a composición nutritiva a la leche de partida, durante el proceso de obtención se pueden producir pérdidas nutritivas, según el método de esterilización aplicado.

Con la esterilización clásica se produce una pérdida de vitaminas hidrosolubles como B1, B2 y B3, así como de algunos aminoácidos (componentes básicos de las proteínas). Sin embargo, si se emplea la esterilización U.H.T., prácticamente no se pierden nutrientes, ya que la leche está muy poco tiempo en contacto con las altas temperaturas. No obstante, se produce una pérdida nutritiva como consecuencia del proceso de evaporación propiamente dicho, aunque se puede considerar mínima. Además, en diversos países es

frecuente la adición de algunas vitaminas a la leche evaporada, principalmente A y D.

Para consumir la leche evaporada como sustituto de la leche convencional es necesario añadir la misma cantidad de agua que la eliminada durante su proceso de obtención (el fabricante debe registrar en la etiqueta los pasos a seguir a la hora de reconstituir la leche evaporada). Una vez reconstituida, resulta un producto similar a la leche de partida.

Con frecuencia, la leche evaporada se emplea para elaborar recetas, y estas se ven favorecidas por la alta densidad nutritiva del producto. Se utiliza fundamentalmente en repostería y como base para diversas salsas. A la hora de añadir azúcar a estas preparaciones, hay que tener en cuenta que el sabor dulce de la leche evaporada es más intenso que el de la leche tradicional.

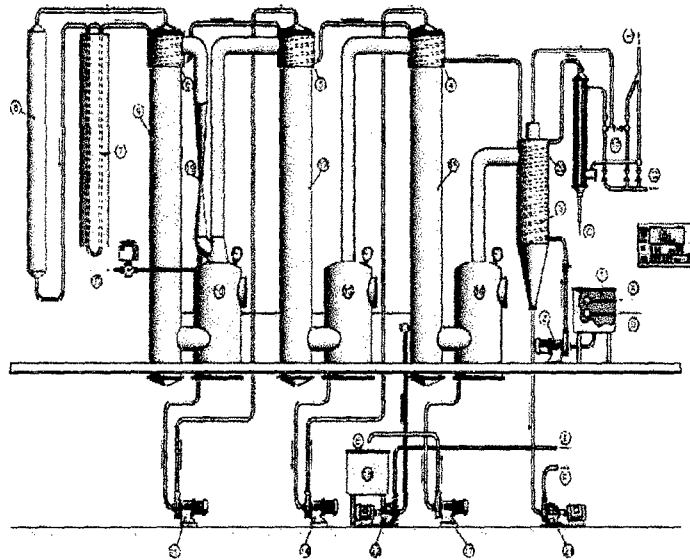
2.6.4. Criterios de Calidad en la compra y en la conservación

En el mercado, la leche evaporada se comercializa en envases Tetrarex, similares al brick pero de formato más alargado y estrecho, aunque en ocasiones también se presenta en latas o tubos.

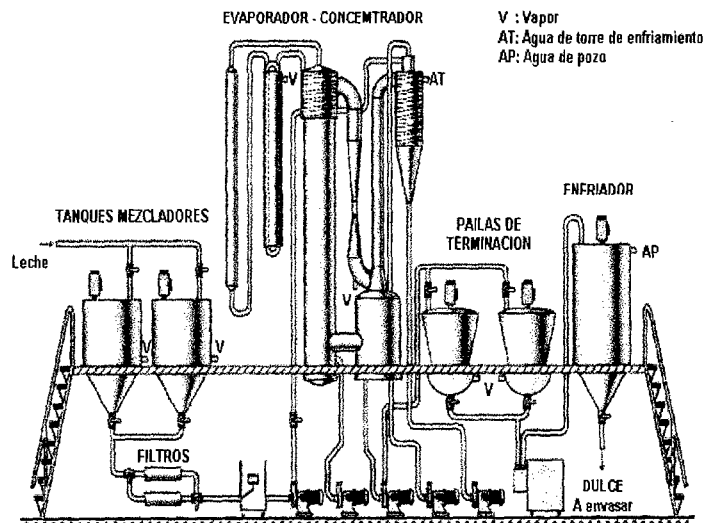
Una vez abierto el envase, la leche evaporada presenta un aroma suave, un color amarillento y una consistencia homogénea y totalmente líquida.

La leche evaporada no es un producto perecedero por lo que se mantiene en buenas condiciones durante varios meses. Cuando aún no se ha abierto el envase resulta suficiente con guardarla en un lugar fresco y protegido de la luz. Sin embargo, una vez abierta se puede contaminar fácilmente, por lo que se debe

guardar en el frigorífico y consumir en un plazo de aproximadamente 3-4 días.¹⁰



EVAPORADOR CONCENTRADOR



¹⁰ <http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/guia-alimentos/leche-y-derivados/2002/04/02/40213.php>

2.7. Atomización

El secado por atomización incluye tanto la formación de partículas como el secado, siendo un proceso especial de secado. El alimento que se encuentra en estado líquido es transformado en gotas y luego en partículas secas mediante atomización continua en un medio caliente de secado. Las diferencias más grandes entre el secado por atomización, secado en el lecho fluidizado y secado súbito son las características del alimento, tiempo de residencia y tamaño de partícula.

Este tipo de secado incluye la atomización del alimento en un medio de secado en el que se elimina la humedad por evaporación. El secado se realiza hasta que se llega a nivel de humedad fijado para el producto. Este secado se controla por las condiciones de flujo y temperatura, tanto del producto como del aire de entrada. Finalmente el producto es recuperado del aire.

La característica más importante de la atomización es la formación de gotas y el contacto de esta con el aire.

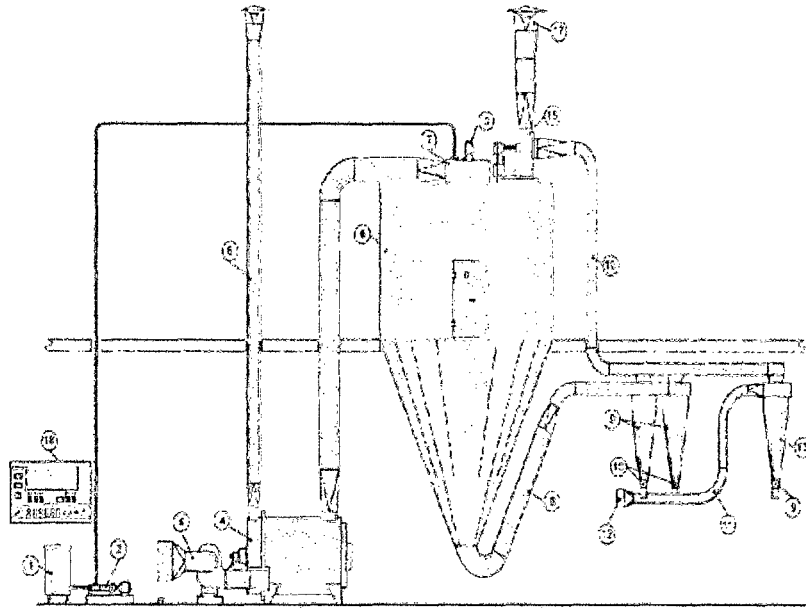
Equipos: Cualquier atomizador está constituido por los siguientes elementos esenciales:

- Una cámara de secado cilindro-cónica
- Un sistema de pulverización
- Un dispositivo de calentamiento del aire
- Un sistema de ventilación que permita la circulación del aire y el transporte del polvo.
- Ciclones de separación del aire - polvo

La leche en polvo desnatada con un 4% de humedad se puede obtener a partir de una leche concentrada de 45% a 55% en sólidos utilizando tanto una cámara de atomización con un lecho fluidizado vibratorio externo

como un enfriador, como un atomizador con una cinta transportadora neumática.

El uso de martillos en la pared de la cámara es necesario para evitar la formación de depósitos causados por el contenido graso que hace que el polvo sea pegajoso. La leche concentrada con un contenido en sólidos de 40% a 50% se seca hasta un contenido en humedad de 2% a 5% con una temperatura del aire caliente de entrada de 170 a 150°C.



2.8. Liofilización

Como bien sabemos, todos los alimentos ya sean animales o vegetales, se encuentran compuestos principalmente por agua. Esta agua contenida sirve muchas veces como caldo de cultivo para muchos microorganismos que ocasionan la descomposición de los alimentos.

Entonces para reducir dicho efecto, una de las técnicas más utilizadas desde tiempos inmemoriales es el secado, donde se elimina el agua disminuyendo o deteniendo procesos metabólicos no deseados y así lograr la conservación del

alimento. Además mediante el secado se consigue una reducción del peso del producto, generando una gran ventaja para el transporte.

- ✓ La liofilización es una forma de desecado en frío que sirve para conservar sin daño los más diversos materiales biológicos.
- ✓ La liofilización en si consiste en retirarle el agua a una sustancia congelada (sólida) saltándonos el paso por el estado líquido.
- ✓ La Liofilización es un proceso de secado mediante sublimación que se ha desarrollado con el fin de reducir las pérdidas de los compuestos responsables del sabor y el aroma en los alimentos.
- ✓ En el proceso, primero se congela el material, y luego el hielo se elimina por sublimación.
- ✓ Se produce la sublimación del hielo presente en el producto.
- ✓ El agua es eliminado por el sistema de refrigeración.
- ✓ El proceso se realiza a una presión de 0.4 a 0.6 mBar.
- ✓ Temperatura de sublimación de -20.5°C a -25.5°C.
- ✓ El sistema de refrigeración produce una solidificación del vapor sobre el intercambiador de calor.
- ✓ La liofilización es un proceso en el que congela el alimento y una vez congelado se introduce en una cámara de vacío para que se separe el agua por sublimación.
- ✓ Mediante el proceso de liofilización además de conservar sus características físicas y organolépticas del producto también se puede reducir su volumen favoreciendo su transporte.

La liofilización consta de tres fases: sobrecongelación, desecación primaria y desecación secundaria.

3. Metodología

Refrigeración

La leche, luego de su recepción es enfriada a temperaturas alrededor de 4°C y almacenada a esta temperatura. Este enfriamiento se realiza en un intercambiador de calor de placas, utilizándose agua helada como fluido enfriador. Antes se usaba un enfriador de superficie (todavía se usan en algunas plantas).

La leche circula por la superficie de la cortina y forma una película que es enfriada por el agua que circula por el interior de la cortina. En este tipo de enfriador, la leche está en contacto con el medio ambiente, lo cual supone la posibilidad de contaminarse. Luego de enfriada se manda la leche al tanque de almacenamiento donde se la mantiene a la temperatura de 4°C hasta su procesamiento según los diferentes usos industriales.

Cabe mencionar que la leche que se destinará para la elaboración de quesos, conviene enfriarla y mantenerla alrededor de 10°C, pues temperaturas más bajas afectan al caseinato de calcio que es fundamental para producir quesos.

El frío no provoca la muerte de los microorganismos, pero frena su actividad. El desarrollo de los gérmenes lácticos responsables de la acidificación de la leche disminuye a temperaturas próximas a los 10°C, deteniéndose a una temperatura de 2°C. Sin embargo existen organismos, como algunas bacterias proteolíticas que pueden desarrollarse fácilmente a un en temperaturas de 0°C.

Congelación

Nos basaremos netamente en la liofilización que es un proceso en el que congela el alimento y una vez congelado se introduce en una cámara de vacío para que se separe el agua por sublimación.

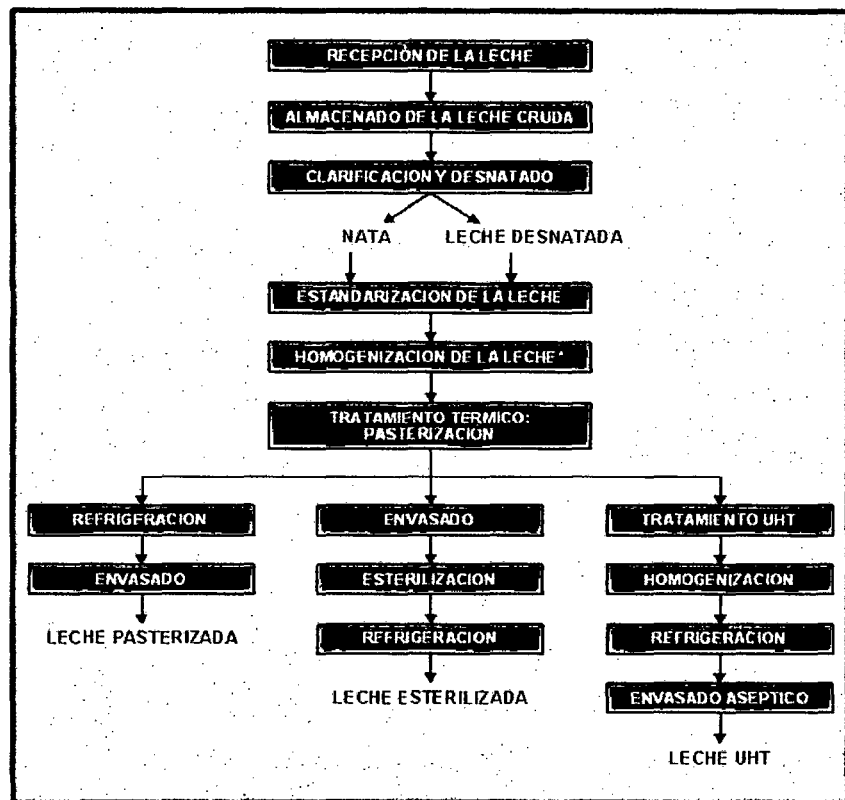
Pasteurización

La leche fresca, después de la filtración o clarificación centrífuga, debe someterse rápidamente a la pasteurización.

La pasteurización se hace a 63°C durante 30min, o a 72-75°C durante 15 segundos o bien instantáneamente a 95°C. La pasteurización a 63°C se efectúa en tanques cerrados, provistos de agitadores; las pasteurizaciones rápidas a temperaturas elevadas, se hacen en cambiadores de calor, tubulares o de placas.

Esterilización

La metodología para la esterilización de la leche está referida a la leche previamente envasada. La cual puede ser en flujo continuo: leche UHT. Métodos indirectos y directos. Métodos de inyección de vapor y de infusión de la leche en una cámara de vapor.¹¹



12

¹¹ <http://www.unileon.es/temario.php?cod=0103216>

¹² <http://www-ice.upc.es/documents/eso/aliments/HTML/lacteo-4.html>

Centrifugación

La metodología en la cual nos basaremos será la elaboración de mantequilla para lo cual se seguirán los siguientes pasos:

Recepción: Se pesa la leche que entra al proceso y se practican análisis organolépticos (olor, sabor, color), así como acidez, grasa y antibióticos para garantizar la calidad y el buen rendimiento del producto final.

Descremado: Consiste en la obtención de la crema de la leche y puede hacerse en forma natural o por descremado artificial.

El descremado natural es cuando se deja la leche en reposo en un recipiente, de poca altura y ancho en la base, por espacio de 10 horas (se recomienda hacerlo por la noche para aprovechar la baja temperatura). De tal manera la grasa por tener menos peso sube y se concentra en la superficie del líquido, facilitando su separación.

El descremado artificial consiste en utilizar una descremadora. El mecanismo de separación de la descremadora ejerce fuerza centrífuga sobre la leche. Como hay diferencia de pesos entre la grasa y el líquido, la grasa se acumula en el centro del aparato formando la crema, esta baja por unos canales hasta un recipiente donde se recibe la crema.

Pasteurización: La crema separada se calienta a 85°C, durante 10 minutos, seguida de un enfriamiento hasta 5 °C.

Batido: La crema se traslada a la mantequillera que es un recipiente con tapa que permite agitar manualmente o bien con ayuda de una batidora. Aquí se produce un movimiento lento pero continuo que golpea la crema contra las paredes y que provoca la separación de la grasa en forma de pequeñas partículas de

mantequilla, las cuales flotan en un líquido blanco conocido como el suero de mantequilla.

Desuerado: El suero se separa mediante decantación y colocando un colador para recoger las partículas de mantequilla.

Lavado: Se agrega entre 5 y 10% de agua limpia con el fin de eliminar el suero residual. Se agita suavemente y se elimina el agua residual. Seguidamente se agrega una nueva cantidad de agua y se repite la operación de lavado. Un parámetro para dejar de lavar es ver que el agua de lavado salga clara, sin embargo, no se recomiendan más de tres lavados pues el exceso disminuye el sabor y olor de la mantequilla. La última lavada puede hacerse con agua y sal, para salar la mantequilla.

Amasado: Sirve para eliminar el agua residual del lavado y para homogenizar la mantequilla. Puede hacerse de forma manual o en batidora. Si el salado no se hizo durante el lavado, entonces aquí se le agrega la sal en una proporción de 2 a 3% del peso de la mantequilla.

Moldeado: La mantequilla se vierte en moldes que pueden ser de metal o plástico, para que tome forma y luego los moldes son retirados. En algunas partes no se utilizan moldes y la mantequilla es vendida en forma de masa compacta.

Empacado: La mantequilla requiere un empaque que no permita el paso de la grasa, por ejemplo el papel encerado.

Almacenamiento: La mantequilla se debe almacenar a una temperatura de 5 °C. (refrigeración) no debe estar expuesta a la luz, ni al calor, porque se descompone.

Materia Prima

Usar leche de buena calidad, con una acidez no mayor de 0.18%.

Proceso

Mantener muy buenos hábitos higiénicos, tanto en el personal como del equipo y realizar la pasteurización, el lavado y el salado, según lo recomendado anteriormente.

En el Producto Final

La mantequilla debe quedar con un adecuado contenido de grasa y poca humedad, también debe tener un olor fino, sabor agradable, color uniforme y textura firme.¹³¹⁴¹⁵¹⁶

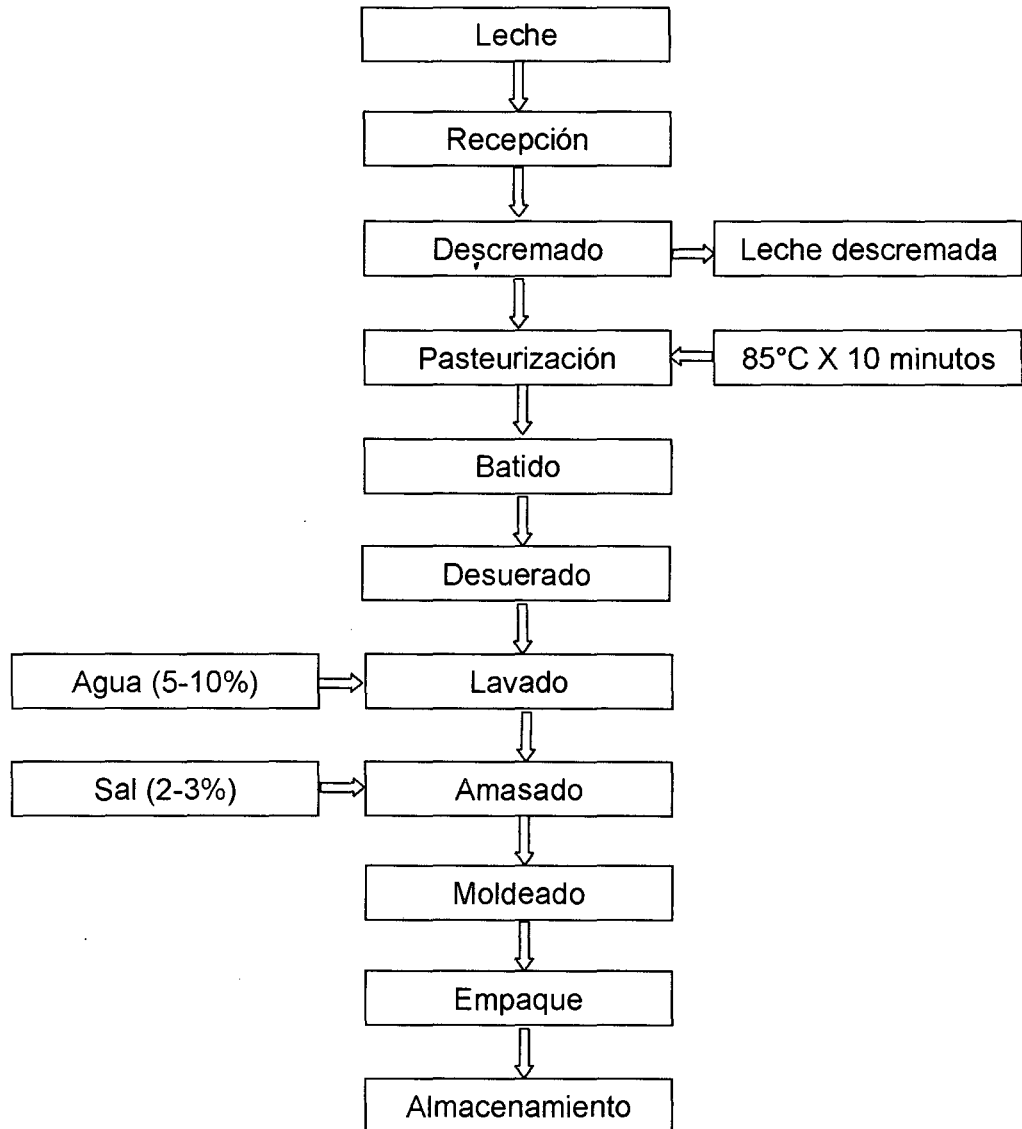
¹³ Organización de las naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Ficha de Orientación Sectorial "Leche". Viena (Austria), 1990. 9 p.

¹⁴ Revilla, A. 1982. Tecnología de la leche. Procesamiento, Manufactura y Análisis. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, 399 p.

¹⁵ Santos Moreno, A. Manual de Elaboración de Productos Lácteos. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento Ingeniería Agroindustrial. Mayo 2001. 133p

¹⁶ Escuela Centroamericana de Ganadería. Departamento de Agroindustria. Manual para Capacitación de Agroindustrias Lácteas. Atenas, Costa Rica. 1999. 63 p.

Diagrama de Flujo de Elaboración de Mantequilla



Fuente:¹⁷

¹⁷<http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ae620s/Pprocesados/LACT3.HTM#A4>

Evaporación

La leche evaporada es el producto líquido obtenido por la eliminación de cerca del 60% del agua de la leche. Es muy utilizada como complemento de bebidas como el café o el té, y se diferencia de la condensada en que a esta última luego de la extracción del líquido se le añade azúcar.¹⁸

LECHE EVAPORADA

Las etapas necesarias para la fabricación de leche evaporada son:

- ✓ Evaporación
- ✓ Homogenización
- ✓ Enfriamiento e inspección de la esterilización
- ✓ Llenado
- ✓ Esterilización
- ✓ Almacenamiento e inspección

Evaporación

Después del tratamiento previo de la leche esta se bombea al evaporador, que suele ser del tipo de capa descendente y varios efectos. La leche pasa a través de tubos calentados por vapor y sometidos a vacío. Se produce una ebullición a temperaturas comprendidas entre 50y 60°C. El contenido en sólidos de la leche aumenta al eliminarse el agua. Se efectúa una comprobación constante de la densidad. La concentración en sólidos se considera correcta cuando la densidad a alcanzado un valor de aproximadamente 1,07. En ese momento, un kilo de leche evaporada con 8% de grasa y 18% de sólidos no grasos habrá sido producida a partir de 2,1 Kg. de leche cruda. El

¹⁸ Definición de la leche evaporada

<http://glosario.itematika.com/c405/definicion-de-leche-evaporada.html>

contenido graso será de 3,08% y el contenido en sólidos no grasos, del 8,55%.

Homogenización

La leche concentrada se bombea desde el evaporador a un homogenizador que trabaja a una presión de 12,5-25 MPa (125-250 bar). De esta forma se consigue la dispersión de la grasa y se evita que los glóbulos de dicha sustancia formen grumos durante el proceso posterior de esterilización, normalmente se recomienda una homogenización de dos etapas. La homogenización no debe ser muy intensa, ya que puede perjudicar a la estabilidad de las proteínas, con el consiguiente riesgo de coagulación de la leche durante la esterilización, se trata por lo tanto de encontrar la presión de homogenización exacta que nos dará la requerida dispersión de la grasa, pero lo suficientemente baja como para evitar el riesgo de coagulación.

Enfriamiento e inspección de la esterilización

Después de su homogenización, la leche se enfría a unos 14°C si se va a llenar directamente o a unos 5-8°C si se va a mantener almacenada mientras se realiza una prueba de esterilización. A esta altura del proceso se realiza una comprobación final del contenido en grasa y en sólidos no grasos.

Llenado

Mediante maquinas llenadoras se dispone el producto en latas que se cierran antes de proceder a la esterilización, se selecciona la temperatura de llenado con objeto de que la formación de espuma sea la menor posible.

Esterilización

Las latas llenadas y cerradas pasan a las autoclaves, que pueden operar de forma continua o por gas. En este último caso,

las latas se apilan en jaulas especiales, que se meten en autoclave. En los de funcionamiento continuo las latas pasan a través de la autoclave por una cinta transportadora a una velocidad controlada de forma precisa.

En ambos tipos, las latas se mantienen en movimiento durante la esterilización. De esta forma, el calor se distribuye de forma más rápida y uniforme a través de las latas. Cualquier precipitación proteínica durante este tratamiento térmico se distribuye uniforme por toda la leche. Después de un cierto periodo de calentamiento, la leche alcanza la temperatura de esterilización (110-120°C). Esta temperatura se mantiene durante 15-20 minutos, procediéndose después al enriamiento de la leche hasta la temperatura de almacenamiento. El tratamiento térmico descrito es intenso. Ello da lugar a una ligera coloración marrón debido a las reacciones químicas que tienen lugar entre las proteínas y la lactosa (reacciones de Maillard).

Almacenamiento e inspección

Las latas de leche evaporada son etiquetadas antes de ser sometidas en cajas de cartón. La leche evaporada de 0-15°C. Si la temperatura de almacenamiento es muy alta, la leche adquiere un color ligeramente marrón, y se producen precipitaciones proteicas si dicha temperatura de almacenamiento es demasiado baja.

LECHE CONDENSADA

Las etapas necesarias para la fabricación de leche condensada son:

- ✓ Adición de azúcar y evaporación
- ✓ Enfriamiento
- ✓ Cristalización
- ✓ Llenado e inspección

En el caso de la leche condensada, es necesaria la adición de azúcar. Es importante que se añada la proporción correcta, ya que la vida comercial de la leche depende de que la presión osmótica sea lo suficientemente alta. Un contenido en azúcar e al menos un 62,5% en la fase acuosa es necesario con objeto de producir una presión osmótica lo bastante alta como para inhibir el desarrollo de bacterias.

Se emplean dos métodos para la adición de azúcar:

1. Adición de azúcar sólida antes del tratamiento térmico.
2. Adición de un jarabe azucarado en el evaporador.

El momento en que se produce la adición del azúcar afecta a la viscosidad del producto final. Según mantiene una teoría, la adición temprana del azúcar puede provocar una alta viscosidad en el producto durante su almacenamiento.

Evaporación

La evaporación de la leche condensada se realiza esencialmente de la misma forma que la de la leche evaporada. Cuando la adición del azúcar se realiza en el evaporador, el jarabe entra y se mezcla con la leche a la mitad del proceso. Continúa entonces la evaporación hasta alcanzar el contenido de sólidos requerido. Dicho contenidos comprobado indirectamente por la determinación de la densidad del concentrado.

Debe ser aproximadamente 1,30 para la leche entera condensada y 1,35 para la leche desnatada condensada, una vez alcanzado el contenido correcto en sólidos. En este punto, 1 Kg. De leche condensada con 8% de grasa, 45% de azúcar, y 27% de agua se habrá logrado a partir de 2, 5 Kg de leche del 3,2 % mezclada con 0,44 Kg de azúcar. Algunos fabricantes homogenizan el concentrado inmediatamente después de la

evaporación como una forma de regular la viscosidad del producto final.

Enfriamiento y cristalización

La leche condensada debe enfriarse después de la evaporación. Este es el momento más crítico e importante de todo el proceso. El agua presente en la leche condensada puede mantener en solución la mitad de la cantidad de lactosa. Por lo tanto, la otra mitad precipitará en forma de cristales. Si se permite que el exceso de lactosa precipite libremente, los cristales de azúcar será grande y el producto será arenoso e inadecuado para muchas aplicaciones.

Es por ello preferible controlar la cristalización de la lactosa de forma que se obtengan cristales muy pequeños. En la leche de primera calidad, los cristales más grandes permitidos tienen un tamaño máximo de 10 micras. Estos cristales permanecerán dispersos en la leche a las temperaturas normales de almacenamiento (15-25°C), y no se notan en el peladar.

La viscosidad de la leche condensada es alta, por lo que los agitadores de los depósitos de cristalizaron están sometidos a un fuerte trabajo. La leche condensada fría se bombea a un depósito de almacenamiento donde es mantenida hasta el día siguiente con objeto de completar el proceso de cristalización.

Llenado e inspección

La leche condensada debe tener la apariencia de mayonesa. Como la Leche evaporada, se llena en latas, que en este caso deben ser previamente lavadas y esterilizadas antes del llenado conservándose hasta 2 años. Pueden también almacenarse en barriles de madera conservándose de 6 a 8 semanas.¹⁹²⁰²¹²²

¹⁹ Ciencia de la leche Ch. ALAIS Editorial Reverté, s.s.

²⁰ Manual de industrias lácteas Equipo técnico Alfa laval food Engineering AB

Atomización

En esta etapa, todos los equipos utilizados parten del mismo principio:

“Convertir el producto a secar en pequeñas gotas de un tamaño adecuado, para posibilitar el secado de las mismas, por contacto con un masa de aire caliente circulante”.

Secado – Spray

1. Cámara de secado.
2. Vibrofluidizador.
3. Ciclones.

1- Cámara de secado.

En esta etapa se obtiene el secado final del producto y su transformación en polvo.

El concentrado de leche es atomizado (toberas o rotativa), sobre una corriente de aire caliente circulante, que es inyectada tangencialmente para lograr una corriente ciclónica, capaz de arrastrar a las partículas de polvo e impedir que estas queden adheridas a las paredes del recinto.

Atomización centrífuga por disco rotativo, el líquido es acelerado continuamente hasta la ranura de salida por medio de fuerza centrífuga producida por la rotación del disco.

El grado de atomización depende de:

²¹http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/ssantoyo/transformacion/lecheyproductoslacteos.pdf

²² Leche condensada y evaporada- lacteos, leches concentradas
http://www.wikilearning.com/monografia/leche_conensada_y_evaporada-lacteos_leches_concentradas/22319-1

1. Velocidad periférica
2. Propiedades del líquido
3. Cantidad del líquido atomizado

El polvo obtenido en primera instancia contiene 6 – 8% de humedad, para lo cual se necesita un paso posterior de secado para alcanzar la humedad requerida.

Generalmente es de 3 – 4 %

Cámara de secado cónica: dispone de un equipo independiente donde se lleva a cabo la operación de secado final.

Cámara de secado compacta: son de terminación plana, con un piso de chapa perforada (branquiada), en el cuál se deposita el polvo, y con una corriente de aire caliente inyectado con un sentido de giro otorgado por el diseño de las perforaciones, se seca y extrae de la cámara hacia la etapa siguiente.

2- Vibrofluidizador

Estos equipos son utilizados para el enfriamiento del polvo obtenido luego del secadero.

Resultados:

1. Transporte tranquilo del polvo, sin golpes que causen roturas de partículas.
2. Enfriamiento controlado del polvo con todas las ventajas correspondientes en cuanto a estabilidad del mismo durante el almacenaje.

Estos equipos también son utilizados para la instantaneización del polvo.

Previo al ingreso del polvo al equipo se inyecta lecitina de soja, que posteriormente se mezcla a temperatura adecuada para su correcta homogenización.

3- Ciclones

Tanto el aire de secado que sale de la cámara, como del aire de transporte, es necesario separar el polvo que arrastran.

El polvo recuperado es incorporado nuevamente al sistema.

Recuperadores de polvo - Ciclones

Productos obtenidos:

Leche en Polvo común o regular

Leche en Polvo instantánea

Leche en Polvo fortificada (vitamina A y D₃)

Leche en Polvo descremada.

Liofilización

La liofilización involucra varias etapas:

- ✓ Congelación (y acondicionamiento en algunos casos) a bajas temperaturas.
- ✓ Secado por sublimación del hielo (o del solvente congelado) del producto congelado, generalmente a muy baja presión

La congelación del material

Cada producto debe congelarse de una manera tal que garantice que sufrirá pocas alteraciones en el proceso posterior de sublimación. Se debe conocer con precisión:

- La temperatura en la que ocurre la máxima solidificación
- La velocidad óptima de enfriamiento
- La temperatura mínima de fusión incipiente

Se busca que el producto ya congelado tenga una estructura sólida sin intersticios en los que haya líquido concentrado para propiciar que todo el secado ocurra por sublimación. En los alimentos se pueden obtener distintas mezclas de estructuras luego de la congelación que incluyen cristales de hielo, eutécticos, mezclas de eutécticos y zonas vítreas amorfas. Estas últimas son propiciadas por la presencia de azúcares, alcoholes, cetonas, aldehídos y ácidos, así mismo como por las altas concentraciones de sólidos en el producto inicial.

El secado por sublimación

El proceso de secado como tal puede ocurrir o no a bajas presiones pero en tales condiciones es mucho más eficiente el proceso difusivo.

Cuando en el proceso de liofilización se comienza el calentamiento empieza a formarse un frente de sublimación o interface entre la capa seca y la capa congelada de la muestra el cual avanza progresivamente, y para un determinado instante, a una temperatura de interfase (TS) le corresponde una determinada Presión de saturación (P_i).

La transferencia de masa ocurre por la migración de vapores a través de la capa seca de la muestra bajo la acción de una diferencia de presión, esta transferencia es alta cuando la diferencia de presión es grande.


Las tres fases que se distinguen son:

Fase 1: Llamada etapa conductiva. Inicialmente, por el calentamiento de la muestra, la velocidad de sublimación crece rápidamente hasta llegar a un máximo. El tiempo para agotar esta fase es relativamente corto; en ella se lleva a cabo la mayor parte de remoción de agua del producto (entre un 75-90%), siendo el mecanismo preponderante la transferencia de calor por conducción.

Fase 2: Primera etapa difusiva. Muestra un descenso importante de la velocidad de sublimación debido a la formación de una capa porosa de material seco que opone resistencia creciente al flujo de calor y al vapor a medida que procede el secado.

Fase 3: Segunda etapa difusiva. La velocidad de sublimación continúa decreciendo de forma que se aproxima a cero. Esto debido a que el calor necesario para retirar el agua ligada es más alto que el calor de sublimación. Puesto que la difusividad de los aromas disminuye sensiblemente cuando la humedad es pequeña es posible en esta etapa incrementar la temperatura de calefacción y del producto hasta valores del orden de 50°C, dependiendo del material que se trate.

La transferencia de calor se hace por conducción - convección gaseosa y radiación (o una combinación de ambos mecanismos) siendo esta última la preponderante cuando se opera a muy baja presión.

 Almacenamiento del producto seco en condiciones controladas.

Almacenamiento

Los productos liofilizados y adecuadamente empacados, pueden ser guardados por largos periodos de tiempo ya que en buena medida retienen las propiedades físicas, químicas, biológicas y organolépticas de sus estados frescos. La liofilización, reduce las pérdidas de calidad debidas al deterioro por reacciones químicas, causado por degradación enzimática y no enzimática. Sin embargo, la oxidación de lípidos, inducida por los bajos niveles de humedad a los que lleva el producto durante el secado, es un problema a considerar para los productos liofilizados. Las reacciones de oxidación de lípidos se controlan,

empacando los productos liofilizados en recipientes impermeables al oxígeno. La degradación no enzimática es evitada por la rápida transición de alto a bajo contenido de humedad. El uso de rangos bajos de temperatura también evita la desnaturalización de proteínas en los productos liofilizados.

Los productos liofilizados pueden ser reconstituidos a su forma y estructura original por la adición de líquidos.

La mayor desventaja del proceso de liofilización es el costo de energía y el tiempo empleado en el proceso de secado.²³

CONGELAR EL ALIMENTO

- ✓ Congelamiento del producto
- ✓ Se distribuye en bandeja
- ✓ Se procede a liofilizar

SECADO O LIOFILIZACIÓN

Se produce la sublimación del hielo presente en el producto

- El agua es eliminado por el sistema de refrigeración
- El proceso se realiza a una presión de 0.4 a 0.6 mBar
- Temperatura de sublimación de -20.5°C a -25.5°C.
- El sistema de refrigeración produce una solidificación del vapor sobre el intercambiador de calor.

4. Conclusiones

Los procesos y las tecnologías alimentarias están estrechamente ligados con las operaciones unitarias, de tal forma que no se pueden concebir avances e innovaciones sin la profundización y el manejo adecuado de dichas operaciones

La enseñanza de las operaciones unitarias en programas como Ingeniería de Alimentos, se constituye en un factor fundamental

²³ Aspectos tecnológicos (Barbosa y Vega, 1996).

para el desarrollo de habilidades y competencias que permiten desempeñarse eficientemente en el medio productivo.²⁴

²⁴ <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/co/deed.es>

5. Recomendaciones

La leche, según la aplicación comercial que se le vaya a dar puede pasar por una gran cantidad de procesos, conocidos como procesos de depuración. Éstos aseguran la calidad sanitaria de la leche.²⁵²⁶²⁷

Una vez que ya se realizó la depuración, la leche puede ser tratada para el consumo humano mediante la aplicación de calor para la eliminación parcial o total de bacterias.

De acuerdo con el objetivo requerido, se empleará la termización, la pasteurización, la ultrapasteurización o la esterilización.²⁸²⁹

²⁵ La informática en la producción de leche en polvo. Consultado el 2008-04-18 <http://Ciberhabitat.gob.mx/fabrica/leche/textos/leche.htm>

²⁶ (1992) *Yogurt. Cap. 1. Dairy Science and Technology Handbook*, vol. 2. VCH Publishers Inc., NY., pp. 1-56.

²⁷ Universitat de Girona. «Cultivos de bacterias lácticas». Consultado el 2008-04-18.

²⁸ Varnam y Sutherland (1994). *Milk and Milk Products Technology - Chemistry and Microbiology*. Chapman and Hall, NY.

²⁹ (1985) *Objective measurements of the porcess of curd formation duringrennet treatment of milks by hot wire method*. J. Food Sci

6. Bibliografía

1. http://fenix.utim.edu.mx/man/general/biblioteca/alim2001/Operaciones_Unitarias.pdf
2. <http://docencia.izt.uam.mx/sgpe/files/users/hja/file/Operacionesuq.pdf>
3. Costa, J. y cols. "Curso de Ingeniería Química" Reverté. 2002. Cap. Las Operaciones Unitarias
4. Tecnología de los alimentos: Proceso de conservación
http://www.saludalia.com/Saludalia/web_saludalia/vivir_sano/doc/nutricion/doc/proceso_conservacion.htm
5. Conservación de alimentos
<http://www.alimentacion-sana.com.ar/Informaciones/novedades/conservacion.htm>
6. Portal lechero
http://www.portalechero.com/ver_items_descrip.asp?wVarItem=2982
7. <http://www.geocities.com/grupoindustrialaisa/pasteuri.html>
8. <http://www.fortunecity.com/littleitaly/siena/600/pasteur.htm>
9. Guía de alimentación
<http://www.ikerlarre.e.telefonica.net/paginas/centrifugacion.htm>
10. <http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/guia-alimentos/leche-y-derivados/2002/04/02/40213.php>
11. <http://www.unileon.es/temario.php?cod=0103216>
12. <http://www-ice.upc.es/documents/eso/aliments/HTML/lacteo-4.html>
13. Organización de las naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Ficha de Orientación Sectorial "Leche". Viena (Austria), 1990. 9 p
14. Revilla, A. 1982. Tecnología de la leche. Procesamiento, Manufactura y Análisis. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, 399 p.

15. Santos Moreno, A. Manual de Elaboración de Productos Lácteos. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento Ingeniería Agroindustrial. Mayo 2001. 133p
16. Escuela Centroamericana de Ganadería. Departamento de Agroindustria. Manual para Capacitación de Agroindustrias Lácteas. Atenas, Costa Rica. 1999. 63 p
17. <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ae620s/P procesados/LACT3.HTM#A4>
18. Definición de la leche evaporada
<http://glosario.itematika.com/c405/definicion-de-leche-evaporada.html>
19. Ciencia de la leche Ch. ALAIS Editorial Reverté, s.s.
20. Manual de industrias lácteas Equipo técnico Alfa laval food Engineering AB
21. http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/ssantoyo/transformacion/lecheyproductoslacteos.pdf
22. Leche condensada y evaporada- lacteos, leches concentradas
http://www.wikilearning.com/monografia/leche_conensada_y_evaporada-lacteos_leches_concentradas/22319-1
23. Aspectos tecnológicos (Barbosa y Vega, 1996)
24. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/co/deed.es>
25. La informática en la producción de leche en polvo. Consultado el 2008-04-18
<http://Ciberhabitat.gob.mx./fabrica/leche/textos/leche.htm>
26. (1992) *Yogurt. Cap. 1. Dairy Science and Technology Handbook*, vol. 2. VCH Publishers Inc., NY., pp. 1-56.
27. Universitat de Girona. «Cultivos de bacterias lácticas». Consultado el 2008-04-18
28. Varnam y Sutherland (1994). *Milk and Milk Products Technology -Chemistry and Microbiology*. Chapman and Hall, NY
29. (1985) *Objective measurements of the porcess of curd formation duringrennet treatment of milks by hot wire method*. J. Food Sci