

La industria rural juega un papel importante en la transformación de materias primas, tanto de origen animal como vegetal, para obtener mejores productos alimenticios y subproductos útiles a la humanidad. El procesamiento tiene como objetivo la mejor conservación de las materias primas así como una mayor diversificación en lo que se refiere a su presentación. Los manuales INDUSTRIAS RURALES están dedicados a la elaboración y conservación de productos agropecuarios, los cuales se pueden realizar a pequeña y gran escala. Los talleres y útiles necesarios en la elaboración y conservación de productos, así como el control de calidad, se encuentran descritos y magníficamente ilustrados en las páginas de estos manuales.

**Manuales que integran el  
área INDUSTRIAS RURALES.**

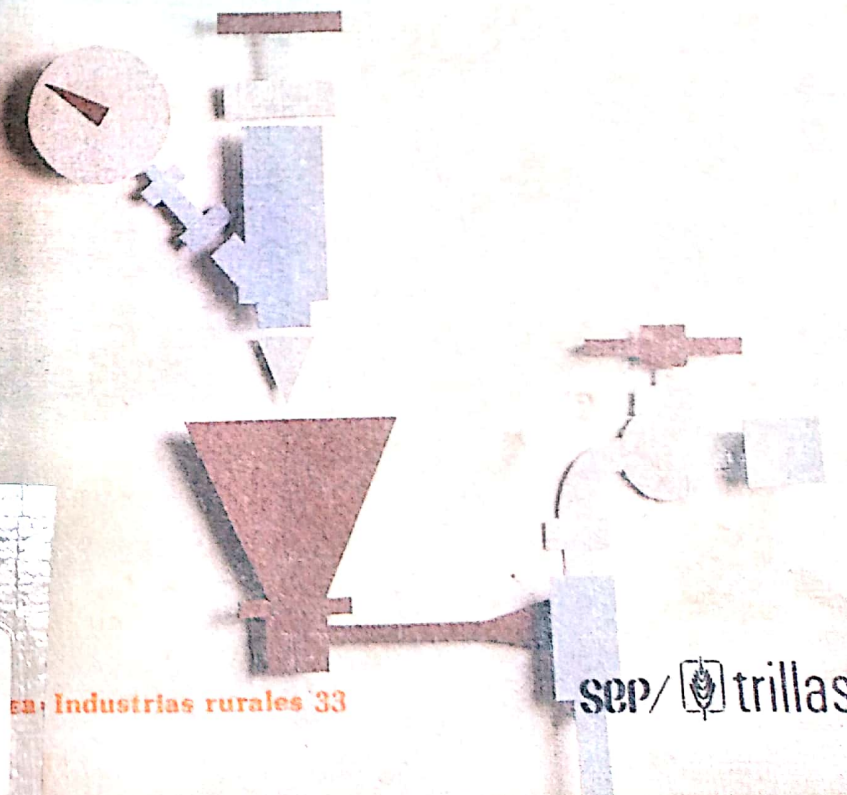
- 24 Taller de frutas y hortalizas
- 25 Elaboración de frutas y hortalizas
- 26 Elaboración de productos agrícolas
- 27 Taller de carne
- 28 Obtención de carne
- 29 Elaboración de productos cárnicos
- 30 Subproductos animales
- 31 Taller de leche
- 32 Elaboración de productos lácteos
- 33 **Control de calidad de productos agropecuarios**

**sep**



**Manuales para educación agropecuaria**

# Control de calidad de productos agropecuarios



en Industrias rurales 33

sep/  trillas



Este manual ha sido elaborado dentro de un proyecto de Cooperación Técnica Internacional de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA), de la Secretaría de Educación Pública (SEP), del Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), con la contribución del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y de los Gobiernos de Suiza y de los Países Bajos. La presente obra es una coedición producida por la Dirección General de Publicaciones y Bibliotecas de la Secretaría de Educación Pública y Editorial Trillas.

Basado en el trabajo de : Ir. Marco R. Meyer

Con la colaboración de : Dott. Prof. Gaetano  
Paltrinieri  
C. Usami Olmos  
J. Medina Figueroa

Revisión de : Mtra. F. Orozco Luna  
Ir. Johan D. Berlijn

SEP

Manuales para educación agropecuaria

# Control de calidad de productos agropecuarios

|               |          |
|---------------|----------|
| CEDOC-PIQ-UNI |          |
| Ingreso       | 13-02-07 |
| Comprado a    | —        |
| Donado por    | —        |
| Precio        | —        |
| Reg.          | 1979     |
|               | C.O.     |

Área: Industrias rurales

0181  
C.O.



EDITORIAL  
TRILLAS

México, Argentina, España,  
Colombia, Puerto Rico, Venezuela



# Catalogación en la fuente

Control de calidad de productos agropecuarios /  
basado en el trabajo de Marco R. Meyer. --  
2a ed. -- México : Trillas : SEP, 1990  
(reimp. 1999).  
102 p. il. ; 23 cm. -- (Manuales para educación  
agropecuaria. Industrias rurales ; 33)  
ISBN 968-24-4055-6

1. Productos agrícolas - Control de calidad.  
I. Meyer, Marco R. II. Ser.

D- 651'C239 LC- 5496'CS 1073

La presentación y disposición en conjunto de  
CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS  
son propiedad del editor. Ninguna parte de esta obra  
puede ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema  
o método, electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado,  
la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento  
de información), sin consentimiento por escrito del editor

Derechos reservados  
© 1982, Editorial Trillas, S. A. de C. V.,  
División Administrativa, Av. Río Churubusco 385,  
Col. Pedro María Anaya, C. P. 03340, México, D. F.  
Tel. 6884233, FAX 6041364

División Comercial, Calz. de la Viga 1132, C. P. 09439  
México, D. F. Tel. 6330995, FAX 6330870

Miembro de la Cámara Nacional de la  
Industria Editorial. Reg. núm. 158

Primera edición, 1982 (ISBN 968-24-1137-8)  
Reimpresiones, abril 1982, 1983, 1984 y 1987  
Segunda edición, 1990 (ISBN 968-24-4055-6)  
Reimpresiones, 1992 y 1997

Tercera reimpresión, junio 1999

Impreso en México  
Printed in Mexico

## PRÓLOGO

El presente texto pertenece a la serie *Manuales para educación agropecuaria*, la cual consta de los títulos que aparecen en la contraportada.

Esta serie se llevó a cabo bajo la supervisión del Ir. Johan D. Berlijn, oficial técnico de la FAO, y fue realizada por 15 técnicos mexicanos, así como por 20 técnicos internacionales.

Los manuales abarcan, en forma sencilla, los aspectos básicos de la enseñanza práctica y técnica de las escuelas agropecuarias, así como de la extensión y capacitación rurales.

Al tratar principalmente los aspectos básicos, los manuales pueden servir de guía para cubrir los programas de diferentes escuelas, de acuerdo con las especialidades que impartan y con las condiciones particulares de cada región. Por otra parte, los maestros pueden complementar esta información básica con la de otros libros y con sus experiencias en el campo de la docencia.

Con el propósito de que el lector pueda lograr la mayor comprensión de la materia tratada en este texto, los autores procedieron a presentar en las páginas pares la información necesaria y en las páginas impares las ilustraciones correspondientes.

Por otra parte, procurando ceñirse al contenido pedagógico de las obras, los párrafos, siempre que ha sido posible, han sido separados por un espacio que, aun cuando sus dimensiones no siempre son uniformes, facilitan al estudiante la lectura y asimilación de los mismos.





## ADVERTENCIA

Los textos que constituyen la serie *Manuales para educación agropecuaria*, fueron clasificados conforme a las siguientes áreas.

| Áreas                    | Abreviaturas |
|--------------------------|--------------|
| Producción animal        | PA           |
| Producción vegetal       | PV           |
| Industrias rurales       | IR           |
| Suelos y aguas           | SA           |
| Mecánica agrícola        | MA           |
| Producción forestal      | PF           |
| Extensión y capacitación | EC           |
| Administración rural     | AR           |

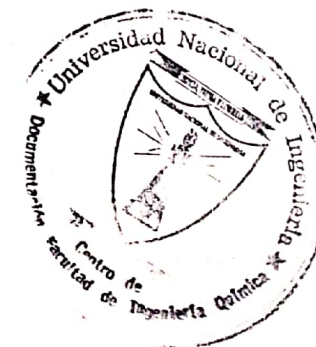
A su vez, cada área se ha subdividido en diversas materias. Por ejemplo, Producción animal (PA):

Aves de corral  
Conejos  
Ovinos  
Cabras  
Porcinos  
Bovinos de carne  
Bovinos de leche

Para un conocimiento completo de la serie, véase en el interior de la contraportada la lista total, y en el exterior, los títulos que integran el área a que corresponde el presente manual.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| PRÓLOGO                                             | 5  |
| ADVERTENCIA                                         | 6  |
| 1. INTRODUCCIÓN                                     | 9  |
| 2. CONTROL SANITARIO DE AGUAS Y DESECHOS            | 11 |
| 2.1. Requisitos del agua                            | 11 |
| 2.2. Dureza del agua                                | 12 |
| 2.3. Tratamientos del agua                          | 13 |
| 2.4. Manejo de aguas residuales                     | 15 |
| 2.5. Manejo de desechos                             | 16 |
| 3. CONTROL SANITARIO DE PERSONAL E INSTALACIONES    | 17 |
| 3.1. Salud e higiene del personal                   | 17 |
| 3.2. Limpieza y desinfección de instalaciones       | 17 |
| 4. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA                         | 25 |
| 4.1. Evaluación del color                           | 25 |
| 4.2. Evaluación de la consistencia y textura        | 26 |
| 4.3. Evaluación de sabor y olor                     | 26 |
| 5. MUESTRAS                                         | 27 |
| 6. ANÁLISIS FÍSICOS GENERALES                       | 29 |
| 6.1. Peso                                           | 29 |
| 6.2. Índice de refracción                           | 33 |
| 6.3. Contenido de sólidos solubles                  | 34 |
| 6.4. Materia seca, humedad, y cenizas               | 38 |
| 6.5. Densidad                                       | 41 |
| 6.6. Determinación del pH                           | 42 |
| 7. ANÁLISIS FÍSICOS ESPECÍFICOS                     | 45 |
| 7.1. Vacío en enlatados                             | 45 |
| 7.2. Espacio libre en enlatados                     | 45 |
| 7.3. Prueba del cerrado                             | 46 |
| 7.4. Prueba del sedimento de la leche               | 46 |
| 7.5. Punto de congelación de la leche               | 48 |
| 7.6. Punto de fusión de la manteca y la mantequilla | 50 |
| 7.7. Contenido de pulpa en jugos                    | 50 |





## 8. SUSTANCIAS Y EQUIPOS PARA ANÁLISIS QUÍMICOS

- 8.1. Sustancias y soluciones
- 8.2. Equipo para análisis químicos

## 9. ANÁLISIS QUÍMICOS

- 9.1. Análisis de acidez titulable
- 9.2. Índice de acidez
- 9.3. Índice de saponificación
- 9.4. Índice de yodo
- 9.5. Contenido proteínico
- 9.6. Contenido de cloruros
- 9.7. Determinación del azúcar invertido
- 9.8. Determinación de pectina
- 9.9. Evaluación del escaldado
- 9.10. Extracto graso
- 9.11. Contenido graso en productos lácteos
- 9.12. Prueba del alcohol en la leche
- 9.13. Control de pasteurización de la leche
- 9.14. Determinación de la lactosa

## 10. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

- 10.1. Preparación de medios de cultivo
- 10.2. Preparación de reactivos
- 10.3. Preparación de diluciones de la muestra
- 10.4. Cuenta total
- 10.5. Cuenta de mohos y levaduras
- 10.6. Determinación de colibacterias
- 10.7. Determinación de estreptococos
- 10.8. Determinación de Salmonella y Shigella
- 10.9. Determinación de antibióticos

51

51

54

57

57

60

61

63

65

69

72

74

76

77

80

84

85

86

89

92

94

95

95

96

96

98

99

102

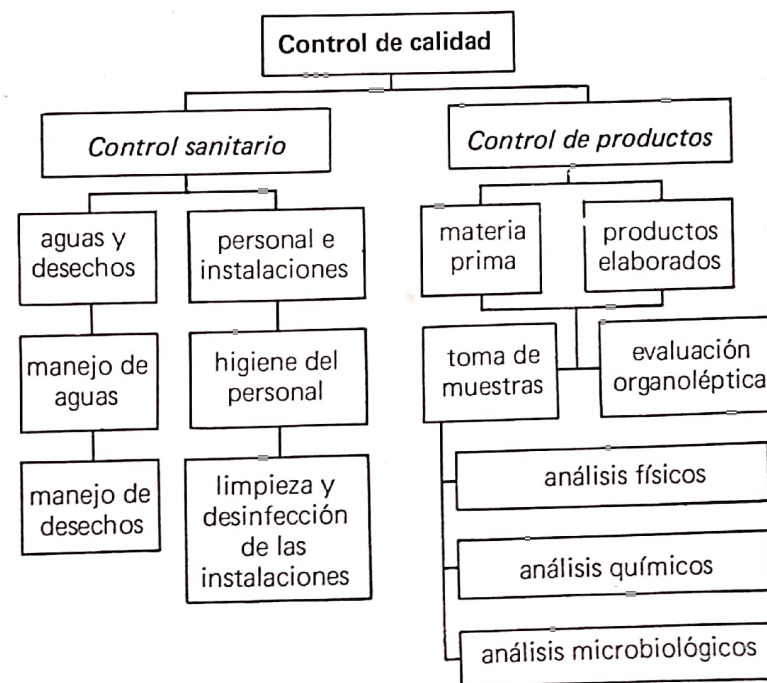
## 1. INTRODUCCIÓN

La calidad de un producto se mide por la forma en que sus características cumplen con:

- Las disposiciones legales de sanidad y composición.
- El gusto o aceptabilidad del consumidor.

Un producto puede cumplir con las disposiciones legales y, sin embargo, puede ser rechazado por el consumidor debido a su olor, sabor o color. Por eso, el control de calidad se ocupa no sólo del cumplimiento de las disposiciones legales, sino también de los aspectos del producto, que determinan la aceptabilidad del mismo por los consumidores.

El control de calidad se subdivide en control sanitario y control de los productos. El control sanitario incluye, por una parte, las aguas y los desechos; y, por otra, al personal y el equipo de la fábrica. El control de productos incluye las materias primas y los productos elaborados. Así, el control de calidad se ocupa de todos los aspectos de la transformación, de la siguiente manera.



El control sanitario de aguas y desechos incluye el examen y tratamiento del agua que se emplea en la fábrica. Asimismo, se ocupa de la conducción de aguas residuales y del manejo de otros desechos.

El control sanitario del personal y equipo de la fábrica, abarca la salud e higiene de los empleados, así como la limpieza y desinfección del equipo y de los locales en donde se efectúa la elaboración.

El control de las materias primas determina si éstas poseen la calidad requerida para elaborar productos adecuados a las normas establecidas.

El control del producto elaborado determina la aceptación o el rechazo del mismo, ya sea con base en las disposiciones legales o en la aceptabilidad por parte del consumidor.

El control de materias primas y el de productos elaborados se efectúan mediante la evaluación organoléptica y los análisis físicos, químicos y microbiológicos. Para los análisis se toman y preparan muestras.

La evaluación organoléptica incluye características del producto, como sabor, olor y color. Lo realiza un panel de personas entrenadas para reconocer y evaluar estas características. La evaluación está sujeta al juicio personal de este panel. Por eso, puede considerarse como una evaluación subjetiva.

Por el contrario, los análisis físicos, químicos y microbiológicos, son objetivos. Éstos requieren la toma y preparación de muestras, con el fin de someterlas a estudio en el laboratorio de control de calidad.

## 2. CONTROL SANITARIO DE AGUAS Y DESECHOS

El objetivo del control sanitario es asegurar la elaboración de productos que cumplan con las normas sanitarias vigentes. Los productos contaminados con microorganismos y otras sustancias, pueden ocasionar intoxicaciones al consumidor. Si esto sucede, las autoridades de salubridad aplicarán al productor una sanción que, en casos graves, llegaría hasta la clausura del establecimiento.

El control sanitario incluye el examen del agua, el tratamiento de la misma y la conducción de aguas residuales y desechos.

### 2.1. Requisitos del agua

En la fábrica de productos alimenticios se emplean las siguientes clases de agua:

- Agua que entra en contacto con el producto.
- Agua de enfriamiento.
- Agua para limpieza.
- Agua para uso humano.
- Agua para calderas.

Las primeras cuatro clases deben cumplir con las normas establecidas para el agua potable. El agua para calderas debe tener un bajo contenido de minerales.

Cuando no sea posible abastecerse de agua de la red municipal, la fábrica deberá surtirse de agua en manantiales, pozos, ríos y lagos. Las aguas superficiales deben tratarse para que alcancen las propiedades requeridas. Cuando la calidad del agua de la red municipal sea variable, se deberá purificar.

El agua potable debe estar libre, en lo posible, de gérmenes que puedan ejercer una influencia nociva en ella o en el producto. El agua debe ser incolora; asimismo, no debe tener olor y sabor desagradables.



El agua potable debe cumplir con los siguiente requisitos.

|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Cuenta total microbiana | Menos de 100 gérmenes por mililitro |
| Gérmenes patógenos      | Ausentes en 1 mililitro             |
| Colibacterias           | Ausentes en 50 mililitros           |
| Residuos de evaporación | Menos de 500 mg por litro           |
| Nitratos                | Menos de 30 mg por litro            |
| Compuestos amónicos     | Vestigios                           |
| Sulfatos                | Menos de 60 mg por litro            |
| Cloruros                | Menos de 30 mg por litro            |
| Hierro                  | Menos de 0.5 mg por litro           |
| Manganeso               | Menos de 0.1 mg por litro           |
| pH                      | De 6 hasta 8                        |

## 2.2. Dureza del agua

La concentración de calcio y magnesio determina la dureza del agua. Un alto contenido de estos minerales puede ser perjudicial para algunos productos. En contacto con el calor, estas sales forman incrustaciones en las calderas y tuberías. En la superficie de éstas se pueden acumular capas salinas de calcio y magnesio, en las cuales podrían desarrollarse microorganismos.

Por el contenido de sales, el agua puede dividirse en las siguientes clases.

|                  |                           |
|------------------|---------------------------|
| Suave            | Menos de 60 mg por litro  |
| Ligeramente dura | Menos de 120 mg por litro |
| Dura             | Menos de 180 mg por litro |
| Muy dura         | Más de 180 mg por litro   |

## 2.3. Tratamientos del agua

Para desmineralizar o suavizar el agua, se pueden adicionar 10 g de cal apagada y 19 g de carbonato sódico, por metro cúbico de agua. Estas sustancias forman carbonatos de calcio, que se sedimentan. Después de la sedimentación, el agua queda suavizada.

El agua también se puede suavizar bombeándola a través de una capa de resina que retiene el calcio y el magnesio, intercambiando éstos por sodio. La capa de resina se regenera con una salmuera de cloruro sódico.

El tratamiento del agua sirve para destruir los gérmenes y eliminar impurezas sólidas. El contenido bacteriano disminuye con la clorinación del agua. Sin embargo, el cloro no destruye completamente los quistes, las amibas y las tenias. Éstos deben ser destruidos por filtración. Las impurezas sólidas se eliminan por sedimentación y por filtración.

La secuencia de los tratamientos depende de la contaminación del agua. Las aguas muy contaminadas se sedimentan y filtran. Después se clorinan. El cloro necesita tiempo para actuar. Por eso, a las aguas moderadamente contaminadas se les adiciona cloro antes de pasarlas por otros tratamientos, para que éste ejerza su acción durante más tiempo.

En aguas turbias, el tamaño de las partículas suspendidas es mayor que los poros del filtro, y por ello se cuelan. En este caso, se debe utilizar sulfato y cloruro de aluminio, los cuales permiten que las partículas formen escamas. Este proceso se llama floculación. Las escamas se dejan sedimentar. Cuando el agua está clara, se filtra.

Para la filtración se usan filtros de arena. Éstos son de arena de cuarzo depositada en capas de 2 m de altura. El grano será de 0.8 a 1.2 mm de diámetro, para que retengan los componentes que han escapado a la clarificación. Los filtros se regeneran por retrolavado.



La clorinación consiste en añadir al agua una dosis de cloro, de manera que quede una cantidad libre que la proteja de una reinfección. Una cantidad residual de 0.2 a 0.4 mg por litro será suficiente.

El cloro que se añada dependerá de la contaminación del agua. Para un agua poco contaminada, 2 mg de cloro por litro será suficiente. El agua muy contaminada requiere 30 mg por litro, o más.

El cloro se adiciona en forma de gas o de hipocloritos. Si se usa gas, se disuelve primero en una pequeña cantidad de agua y luego se agrega al agua que se va a tratar. Al combinarse con el agua, el cloro forma ácido hipocloroso y ácido clorhídrico.

El ácido hipocloroso corroe las instalaciones. Por lo tanto, es preferible utilizar soluciones de hipoclorito sódico y cálcico. La solución saturada de hipoclorito sódico contiene de 150 a 170 g de cloro activo por litro; la de hipoclorito cálcico, 70 a 80 g por litro. Se preparan soluciones con 1% de cloro activo. Éstas se obtienen adicionando agua a 58 mililitros de una solución saturada de hipoclorito sódico, hasta completar un litro. Un litro al 1% de cloro activo es suficiente para 10 000 litros de agua, con 1 mg de cloro por litro.

En el lavado de mantequilla, el cloro del agua puede provocar sabores desagradables en el producto. En este caso, se debe eliminar el cloro residual por medio de filtros de carbón activado.

De acuerdo con el uso al que esté destinada, el agua debe ser suavizada y desgasificada, asimismo, se le elimina el hierro y el manganeso, o se le pasa por los tres procesos. El agua se suaviza como ya se indicó. La desgasificación se hace para eliminar el oxígeno y el ácido carbónico que provocan corrosión. La desgasificación se efectúa por pulverización del agua y por inyección de aire o vapor.

Los metales en el agua ocasionan defectos en los productos. Éstos se eliminan, en su mayoría, con la suavización. Sin embargo, el agua suavizada puede todavía contener sales de hierro y manganeso. Estos metales aparecen disueltos en forma de bicarbonato, que se vuelve insoluble por aireación. Los compuestos insolubles se eliminan por filtración.

## 2.4. Manejo de aguas residuales

Las aguas residuales varían según el tipo de producto y los métodos de trabajo. Estas aguas contienen un elevado contenido de materia orgánica, que ocasiona daños en el sistema de drenaje y en las aguas superficiales. Por esto, las aguas residuales deben tratarse antes de ser evacuadas.

Las aguas residuales pueden dividirse en las siguientes clases:

- Agua para los servicios públicos.
- Agua utilizada en enfriamientos.
- Agua con residuos de productos.

Las aguas para los servicios públicos deben estar libres de gérmenes patógenos, antes de ser evacuadas a través del sistema general de drenaje. El agua para enfriamiento se reutiliza con el mismo fin. También se puede utilizar para la limpieza y para alimentar calderas.

El grado de contaminación del agua con residuos orgánicos de productos, se expresa mediante el consumo bioquímico de oxígeno o CBO. Se determina la cantidad de oxígeno que consumen las bacterias para descomponer la materia orgánica durante cinco días. Así, el CBO se expresa en mg de oxígeno consumido para la descomposición de la materia orgánica en un litro de agua.

Las aguas residuales se depuran con métodos físicos, biológicos, o con la combinación de ambos. A través de la depuración física se eliminan primero las partículas sólidas; luego se adicionan coagulantes para favorecer la floculación. Los sólidos floculados se dejan sedimentar. Cuando el agua está clara, se filtra.



La depuración biológica consiste en favorecer la actividad microbiana que convierte las sustancias orgánicas en anhídrido carbónico y agua. Esto se logra por la inyección de aire al agua. Cuando el material orgánico se ha degradado, el barro y los conglomerados de microorganismos se dejan sedimentar. El agua clarificada se evacua por el sistema general de desagüe.

Las aguas residuales se emplean en el riego. El contenido orgánico sirve de abono a los cultivos.

## 2.5. Manejo de desechos

Los desechos sólidos se emplean en la preparación de piensos, fertilizantes y pectina. Por lo que respecta a la basura, ésta se maneja en la siguiente forma:

- Debe mantenerse temporalmente en depósitos tapados.
- Debe recogerse de inmediato aquella que proviene de las áreas de elaboración, y transportarse en recipientes cerrados.
- Debe recogerse regularmente y eliminarse.
- No debe acumularse, ni aún en los depósitos.

Un mal manejo de los desechos puede crear focos de infección en el proceso de la elaboración de los productos.

## 3. CONTROL SANITARIO DE PERSONAL E INSTALACIONES

La calidad de los productos alimenticios depende, por un lado, de la salud e higiene del personal, y, por otro, de la limpieza y desinfección de las instalaciones de la fábrica. Si no se toman en cuenta estos dos aspectos del control sanitario, la calidad del producto disminuirá.

### 3.1. Salud e higiene del personal

El personal de la fábrica debe pasar periódicamente por una serie de exámenes médicos, para determinar su grado de salud. Estos exámenes incluyen análisis de orina, de sangre y de excremento, para tener conocimiento de la existencia de parásitos y otras enfermedades en el organismo del trabajador. El examen torácico es también fundamental en los análisis médicos.

Las personas con enfermedades contagiosas no deben trabajar en este tipo de empresas.

El personal de la fábrica debe, además, cumplir con las normas sanitarias, ya que cualquier imprudencia puede poner en peligro la salud del consumidor. En la práctica, se ha demostrado que las contaminaciones tienen origen en personas desaseadas o enfermas.

Los trabajadores de la fábrica deben cambiar de bata diariamente, deben cubrirse la cabeza y usar guantes esterilizados. En las salas de procesamiento, el personal no debe consumir alimentos.

### 3.2. Limpieza y desinfección de instalaciones

La limpieza de las instalaciones consiste en eliminar residuos y otras impurezas. La desinfección consiste en la destrucción de gérmenes patógenos y de otros microorganismos que pueden dañar la calidad del producto. La limpieza y desinfección son dos operaciones consecutivas. La desinfección se debe efectuar momentos antes de utilizar el equipo.

La clase y la naturaleza de la suciedad influyen en la selección del método de limpieza y desinfección. Existen impurezas sueltas y masas pétreas pegadas. La suciedad se adhiere más fuertemente a las superficies rugosas que a las lisas. Por lo tanto, el equipo debe ser de materia lisa, y su configuración debe facilitar la limpieza. Asimismo, el material debe resistir la acción de los detergentes.

### 3.2.1. Detergentes y desinfectantes

Los detergentes deben reunir las siguientes condiciones:

- Suavizar el agua y prevenir la sedimentación, en el equipo, de sales no solubles.
- Mejorar el poder humectante del agua para facilitar la limpieza.
- Emulsificar la grasa en pequeños glóbulos para que no se adhiera a la superficie.
- Dispersar las impurezas sólidas para eliminarlas fácilmente.
- No ser tóxicos, ni irritar la piel.

Existen dos clases de detergentes, los alcalinos y los ácidos. Los detergentes alcalinos se componen principalmente de sosa cáustica, carbonato sódico, fosfato trisódico, polifosfatos y metasilicatos sódicos.

Los detergentes ácidos contienen ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido cítrico y ácido tartárico. Estos detergentes eliminan las sales minerales depositadas. Tienen la desventaja de ser muy corrosivos en los metales. Por tanto, se deben añadir sustancias que inhiban el efecto corrosivo.

A los detergentes se añaden agentes especiales para incrementar la capacidad de ablandar el agua y el poder humectante. Las soluciones de detergentes no deben ser muy concentradas ni calientes.

La desinfección se realiza mediante medios físicos y químicos. Los primeros aplican el vapor como esterilizante. El vapor será efectivo si la duración del chorro se prolonga por lo menos diez minutos.

La aplicación de calor se realiza en la autoclave. Este aparato sirve para material pequeño como tuberías desmontables.

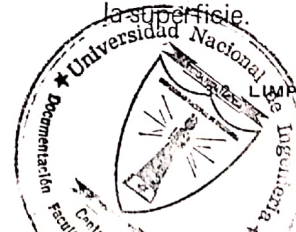
La inmersión en agua hirviendo durante diez minutos, es un buen medio de desinfección.

El flameado se usa para desinfectar superficies, sin embargo, este método es poco usado a causa de sus limitaciones.

Los desinfectantes químicos son muy utilizados por su fácil aplicación. Los desinfectantes disueltos en agua fría actúan bien. Una temperatura elevada aumenta su eficacia. El pH también influye en su efectividad. El cloro es el desinfectante químico más utilizado; teniendo presente que en altas concentraciones provoca la corrosión, especialmente del aluminio y el cobre. Éste no afecta al acero inoxidable, si se aplica según las instrucciones del fabricante. Las soluciones de hipocloritos no deben mezclarse con ácido, porque pueden desprenderse gases tóxicos.

El cloro se puede utilizar en las siguientes formas y concentraciones de cloro activo:

- Circulación de la solución por el circuito de tubería. Las bombas, tuberías y cambiadores de placas se esterilizan con una solución de 200 mg por litro. Se deja circular durante unos 5 minutos.
- Inmersión. El material pequeño se puede sumergir durante 5 minutos en una solución de 200 mg por litro.
- Cepillado. Los recipientes, las pailas y los agitadores se cepillan con una solución de 400 mg por litro.
- Rociado. Los tanques y recipientes grandes se pueden rociar con una solución de 300 mg por litro, procurando que las superficies queden en contacto con la solución durante cinco minutos por lo menos.
- Atomizado. En tanques cerrados se atomiza una solución de 500 mg por litro, formando una niebla que se deposita en la superficie.





Si no se puede emplear cloro, se utilizan soluciones de cloraminas. Estas sustancias son combinaciones de cloro y amoníaco. Tienen alto poder bactericida, pero su acción es más lenta que la del cloro. Estos compuestos huelen menos a cloro.

Los compuestos de amonio cuaternario son otro tipo de desinfectantes que no atacan los metales, no tienen olor, y son más estables. Tienen un poder humectante mayor que las soluciones de cloro. Sin embargo, su acción no es completa, ya que difícilmente destruyen las bacterias butíricas. Se emplea en concentraciones de 200 a 350 mg por litro.

Existen también desinfectantes elaborados sobre la base de yodóforos. Estos son compuestos en los que el yodo está combinado con un agente humectante. Estos compuestos tienen una fuerte acción bactericida. Las propiedades de los yodóforos son similares a las del cloro, con la ventaja de que no corroen los metales. La temperatura de estas soluciones no debe ser mayor de 50 °C, para evitar manchas en el equipo.

También se pueden utilizar soluciones calientes de sosa cáustica como desinfectantes. La siguiente tabla muestra la relación entre la concentración de la solución y el tiempo de contacto necesario para obtener una desinfección adecuada de las superficies.

| Concentración | Temperatura | Tiempo de contacto |
|---------------|-------------|--------------------|
| 3.7 a 5.0%    | 50 °C       | 5 min              |
| 2.7 a 3.7%    | 50 °C       | 10 min             |
| 2.7 a 3.7%    | 60 °C       | 5 min              |
| 1.4 a 2.0%    | 60 °C       | 10 min             |
| 1.2 a 1.4%    | 70 °C       | 5 min              |
| 1.0 a 1.2%    | 70 °C       | 10 min             |

El efecto bactericida aumenta si posteriormente se trata el equipo con una solución ácida.

### 3.2.2. Operaciones de limpieza y desinfección

Las operaciones de limpieza de equipo y locales se efectúan inmediatamente después del empleo de éstos. La desinfección se realiza después de la limpieza y antes de su empleo.

Las operaciones de limpieza y desinfección se realizan siguiendo los siguientes pasos:

- Remojo. Para eliminar las impurezas gruesas y suavizar la suciedad pegada.
- Limpieza. Es el tallado y la eliminación de las suciedades.
- Desinfección. El equipo se pone en contacto con un desinfectante para destruir microbios.
- Drenado y secado. Se aplican cuando el equipo no se va a utilizar inmediatamente.

El remojo se hace con agua de 20 a 40 °C. El enjuague final se efectúa para eliminar residuos de detergentes y desinfectantes.

Es importante tomar en cuenta que los aparatos deben quedar completamente secos después de las operaciones, ya que los gérmenes se adhieren con mayor facilidad a las superficies húmedas. Antes de utilizar el equipo debe efectuarse una desinfección.

Como los concentrados químicos son extremadamente cáusticos, se deben emplear guantes, delantal, botas de goma y gafas protectoras. Para tratar posibles quemaduras, se deben tener preparadas soluciones neutralizantes de ácido acético diluido al 2% y una solución de carbonato monosódico.

Para efectuar la limpieza, generalmente es necesario parar la máquina y desmontar el equipo. Sin embargo, las instalaciones y los sistemas de tubería se pueden limpiar en circuito, sin desmontarlas. Este tipo de limpieza, parcialmente automático, se basa en la circulación de soluciones detergentes y desinfectantes.

Para emplear este tipo de limpieza, se necesita una instalación con las siguientes características:

- La construcción debe ser tal que el producto no se mezcle con las soluciones de limpieza.

- Todas las partes conductoras del equipo deben estar en contacto con las soluciones.
- El material del equipo debe ser resistente a la corrosión.

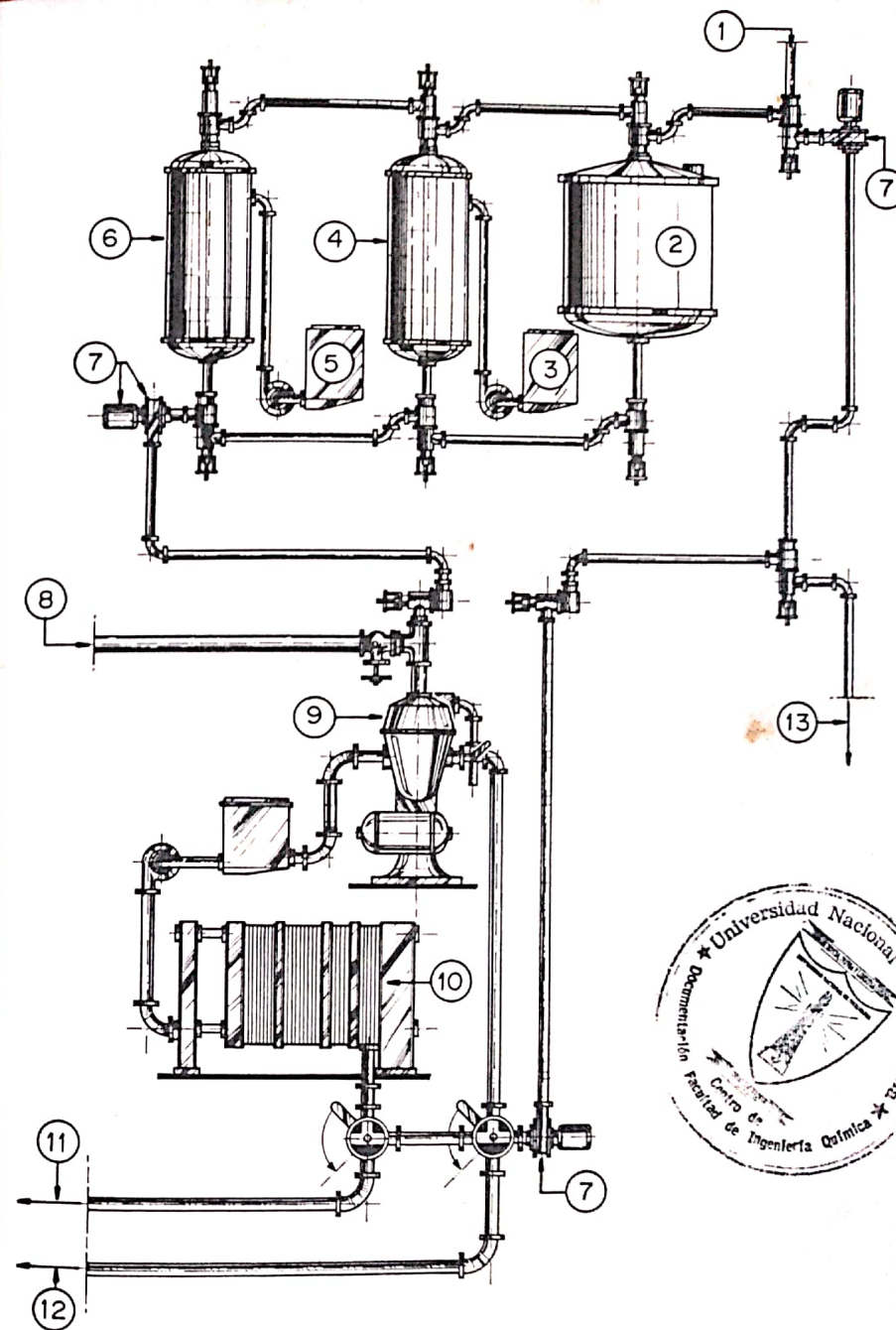
Este sistema de limpieza y desinfección, se puede emplear en instalaciones que permitan la conexión de una instalación de limpieza a un circuito cerrado, incluyendo, por ejemplo, los tanques, las centrifugas y los concentradores.

Las válvulas de desviación, de cierre y de regulación, así como las llaves de paso y de tres vías, deben ser desmontadas después de la limpieza, para quitarles la suciedad que haya quedado. Cuando las partes estén secas, se montan nuevamente.

A continuación se detalla la instalación para la limpieza en circuito cerrado, conectada con una estandarizadora de leche y un cambiador de placas.

- (1) Entrada de agua.
- (2) Depósito de agua.
- (3) Depósito para el detergente concentrado.
- (4) Depósito para la solución detergente.
- (5) Depósito para el desinfectante concentrado.
- (6) Depósito para la solución desinfectante.
- (7) Bomba para circular las soluciones en el circuito.
- (8) Entrada de la leche. Ésta debe estar desconectada durante las operaciones de limpieza.
- (9) Centrífuga estandarizadora.
- (10) Cambiador de placas.
- (11) Salida de la leche estandarizada, con conexiones que cierren herméticamente.
- (12) Salida de la crema con cierre hermético.
- (13) Desagüe.

Este circuito tiene diez válvulas automáticas y dos válvulas de tres vías.





Antes de empezar las operaciones, se cierra la entrada de la leche y la salida de la crema y leche estandarizadas. Se llena el depósito con agua a 40 °C, y se bombea a través de los aparatos. Esta agua no se evacua hacia el sistema general de desagüe, porque contiene residuos de leche. Luego, el depósito para la solución detergente se llena con agua a 75 °C y se dosifica el concentrado de un detergente alcalino, hasta obtener la solución adecuada.

La solución preparada se deja circular durante 30 min. Se enjuaga el sistema de nuevo con agua templada. Luego se prepara una solución ácida a 70 °C y se deja circular durante 15 min. Después, se deja pasar de nuevo agua templada para enjuagar.

Antes de su empleo, los aparatos que pasaron por la limpieza en circuito cerrado, se desinfectan con agua a 90 °C, o con una solución de 200 mg de cloro activo, por litro. Se deja circular el líquido durante diez minutos. Las operaciones de limpieza en circuito cerrado pueden conectarse con otras líneas de aparatos.

La eficacia de la limpieza y desinfección se evalúa por medio de normas microbiológicas. La norma más conocida se basa en el control del número total de gérmenes por unidad de superficie del equipo que está en contacto con el producto en elaboración.

#### 4. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA

La evaluación organoléptica consiste en el examen de características tales como color, consistencia, textura, sabor y olor. Esta evaluación determina la aceptación del producto. Estas características tienen mayor influencia en el consumidor que las reglamentaciones sanitarias. La evaluación organoléptica se efectúa para detener, cambiar o rectificar el proceso de elaboración cuando el producto no alcanza el nivel deseado, aunque cumpla con las reglamentaciones sanitarias.

La calidad organoléptica se evalúa por un panel de personas especialmente entrenadas para reconocer estas características. Para evaluar el color y la consistencia existen otros métodos más objetivos. Sin embargo, para valorar el olor y el sabor del producto se recurre al método subjetivo, o sea, al juicio del panel. El panel evalúa también el producto total.

##### 4.1. Evaluación del color

El ojo humano puede distinguir una gran variedad de colores y matices. Además, la percepción del color depende de la composición de la luz. Cierta color puede observarse de diferente manera ante la luz natural y ante la luz artificial. La evaluación del color se hace con métodos subjetivos y con métodos objetivos.

Los métodos subjetivos hacen uso de catálogos de color y de filtros vítreos. Con tales dispositivos, el resultado del examen depende del juicio de los especialistas. Los métodos objetivos funcionan con celdas fotoeléctricas que miden la luz que se refleja en una superficie. En este caso, el color se mide en unidades físicas llamadas milivoltios. La investigación del color se complementa con la evaluación del panel.

El producto se presenta al panel en la forma más utilizada por el consumidor. Las muestras se toman al azar. Dependiendo del producto, se efectúan las evaluaciones de apariencia general del producto. Después se analiza al corte.

## 4.2. Evaluación de la consistencia y textura

La consistencia de un producto se percibe mediante los dedos, el paladar y los dientes. La consistencia ideal de un producto se determina por medio del pánel de prueba.

Se han desarrollado métodos empíricos para medir y clasificar la consistencia de muchos productos. Por ejemplo, la consistencia del puré de tomate se mide con el consistómetro de Adams. Éste consta de una placa de vidrio sobre la que se han grabado círculos concéntricos. En el centro de los círculos se vierte una cantidad de puré. Después de cierto tiempo se cuenta el número de círculos cubiertos por el puré. El número ideal de círculos que el puré debe cubrir varía de acuerdo con el criterio de los evaluadores.

La consistencia de un producto influye, además, directamente en el funcionamiento del equipo. Un puré de mayor consistencia necesitará una bomba más potente para transportar la misma cantidad, de un depósito a otro, en el mismo tiempo.

La textura de productos sólidos también se valora con el pánel de prueba. La textura se puede clasificar en: firme, blanda, jugosa, correosa, elástica y fibrosa.

## 4.3. Evaluación de sabor y olor

El sabor y el olor son verdaderas características sensoriales. Son evaluadas solamente por el pánel de prueba. Se pueden distinguir cuatro sabores básicos: dulce, ácido, salado y amargo. Por lo general, la percepción de cierto sabor será una combinación de la percepción de sabores y olores. El hombre puede distinguir y reconocer un gran número de olores. Sin embargo, el sentido del olor disminuye cuando se está expuesto a cierto olor durante mucho tiempo. Por ejemplo, el personal de un tostadero de café dejará de percibir el olor de este último después de cierto tiempo. En la elaboración de productos alimenticios debe tomarse en cuenta que los olores pueden neutralizarse. Un olor puede reforzar a otro. Además, una combinación de olores puede producir otro. Por ejemplo, si se añade una pequeña cantidad de una especie a un producto, puede ser necesario aumentar la cantidad de otra, para que el producto logre el aroma deseado.

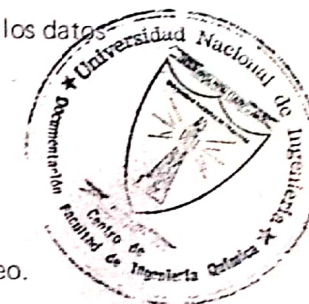
## 5. MUESTRAS

Para los análisis físicos, químicos y microbiológicos se deben tomar muestras representativas de la producción. Si la línea es continua, se toma una muestra al azar, a determinados intervalos.

En la producción discontinua, se toman muestras por lote. De lotes pequeños, se toma 3% como muestra. De lotes grandes y de producción continua se toma 0.5%.

La muestra se toma, numera y etiqueta con los datos siguientes:

- Producto en elaboración.
- Fecha.
- Hora en que se toma la muestra.
- Aspecto externo al momento del muestreo.



Además, se menciona el tratamiento que el producto haya recibido; por ejemplo, una esterilización a 121 °C durante 20 minutos.

En el laboratorio se realizan primero los análisis físicos, como el del peso drenado y la prueba del cerrado de la lata. Después se preparan las muestras que se van a analizar.

Para las muestras se utilizan envases, sacabocados y otros utensilios, limpios, secos y esterilizados. De un producto sólido grande, se toma la muestra con un sacabocados. La muestra se desmenuza, se corta y se licua; para ello se utiliza un mortero o una licuadora.

Cuando la muestra proviene de diferentes envases, se debe tomar la misma cantidad de cada uno de ellos. El material se junta y se mezcla. Cuando el producto consta de una parte sólida y una líquida, la parte sólida se homogeneiza con la parte líquida.

Las muestras se conservan en envases esterilizados, cerrados herméticamente a una temperatura de 4 °C. Las muestras deben analizarse lo más rápido posible, para evitar alteraciones.



Los productos cárnicos son difíciles de muestrear, debido a la variada composición de sus diferentes tejidos. De los embutidos se debe eliminar primeramente la envoltura. Las muestras se toman con un sacabocados, procurando que sean lo más representativas posible. El material se desmenuza y homogeneiza enseguida.

Las muestras de productos sobre la base de frutas y hortalizas se toman de la siguiente manera:

- Mermelada, jalea y productos similares. Se agita la masa con una varilla. La masa se homogeneiza en una licuadora durante 2 minutos.
- Jugos y néctares. Se agitan en el mismo envase con una pipeta. Luego se toma la cantidad necesaria para el análisis.
- Fruta enlatada. El material sólido se muele en un mortero de porcelana, homogeneizándolo con el pistilo. Si el enlatado consta de jarabe y frutas deshuesadas, se licua la cantidad necesaria.
- Productos deshidratados. El producto que se va a analizar se muele en un mortero; la operación debe realizarse en el menor tiempo posible, para evitar la absorción de humedad. El análisis se debe efectuar de inmediato.

Los diferentes productos lácteos se muestrean de la siguiente manera:

- Leche, crema, leches fermentadas y otros productos líquidos. Antes de tomar la muestra, se debe trasvasar el líquido cuatro veces. Si se trata de yogurt, se mixtura hasta obtener una mezcla homogénea. Los grandes volúmenes se agitan, procurando que no se incorpore aire al producto. Los productos que contengan grumos de mantequilla no son adecuados para muestrear.
- Queso. Se elimina la corteza y se toman muestras representativas con un sacabocados, o se corta un pedazo del queso.
- Mantequilla. Para tomar la muestra se inserta diagonalmente un sacabocado en el bloque de ésta.

## 6. ANÁLISIS FÍSICOS GENERALES

Los análisis físicos generales incluyen la determinación de peso, el índice de refracción, el contenido de sólidos solubles, la determinación de la materia seca, la humedad y las cenizas, la densidad y la determinación del pH.

Los instrumentos que se utilizan en tales análisis son muy comunes, pero antes de utilizarlos, se deben estudiar las indicaciones de su uso.

### 6.1. Peso

La determinación del peso de una sustancia es un paso intermedio en muchos análisis físicos. Se distinguen las siguientes clases de peso.

|              |                                                                                       |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Peso total   | Peso del producto con envase.                                                         |
| Tara         | Peso del envase.                                                                      |
| Peso neto    | Peso del producto: peso total + tara.                                                 |
| Peso drenado | Peso de la fase sólida de un producto que consiste en una parte sólida y una líquida. |

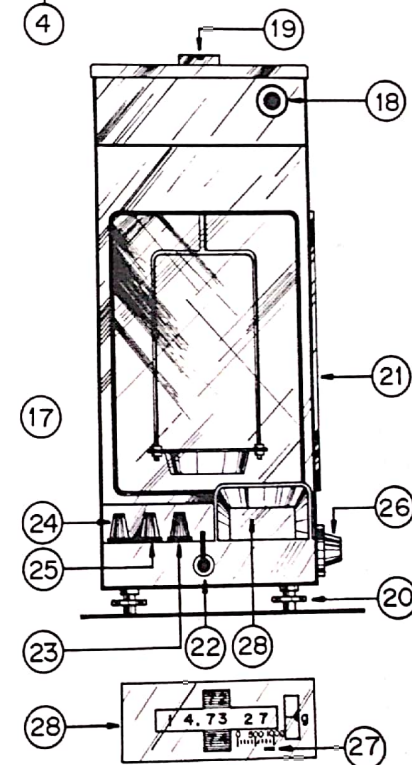
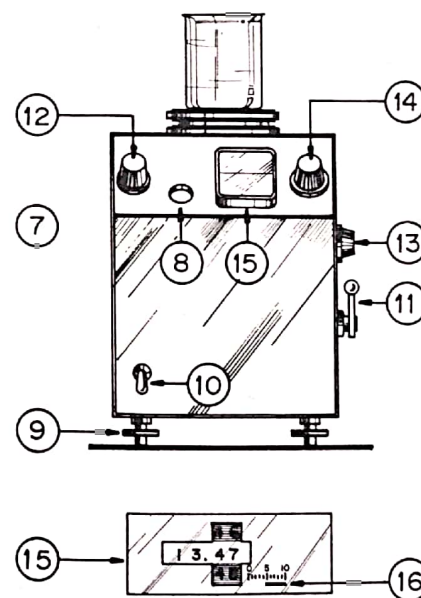
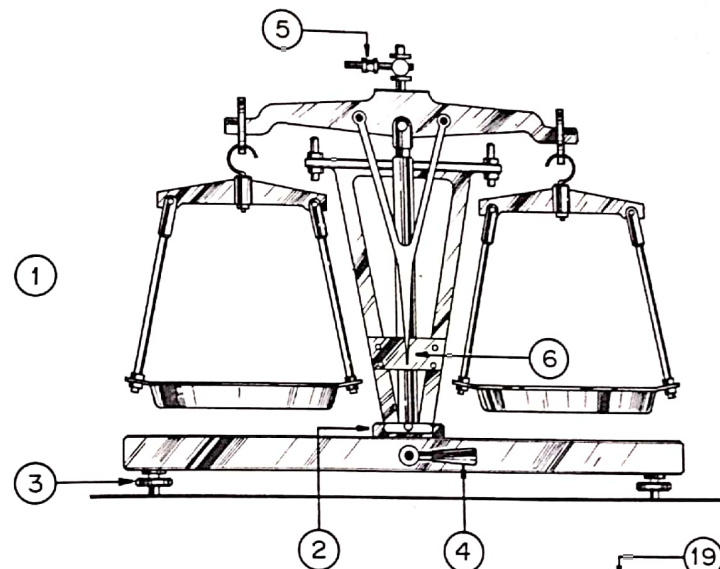
Existen normas que especifican el mínimo de peso drenado en un producto de salmuera, jarabe, escabeche o en salsa, según el tamaño del envase. El peso drenado se determina colocando el producto por medio de un cedazo con perforaciones de 3 mm de diámetro, durante una hora. Para un mejor colado, la masa se remueve periódicamente. La parte sólida que queda en el cedazo se pesa.

Se denomina peso drenado de las confituras a la cantidad de fruta entera contenida en el producto. Éste se determina añadiendo 400 ml de agua destilada a 100 g del producto. Esta mezcla se agita y se calienta por medio de baño María, durante 30 min. El agua para el baño María debe estar hirviendo. La mezcla se deja escurrir durante 10 min. Se pesa el residuo y se calcula el porcentaje de fruta entera.

Existen muchos tipos de balanzas, las cuales varían en funcionamiento, construcción, capacidad y precisión. De acuerdo con la exactitud que se requiera, se selecciona la balanza.

Algunos tipos de balanzas, así como las partes que las constituyen, son las siguientes:

- (1) Balanza analítica de doble platillo, con capacidad hasta para 2 kg y precisión de 5 mg. Funciona con pesas. Estas balanzas están colocadas en cajas de vidrio, para eliminar la influencia de corriente de aire durante el pesado.
- (2) Burbuja para controlar la nivelación del aparato.
- (3) Tornillos ajustadores del nivel de la balanza.
- (4) Palanca para bloquear la balanza.
- (5) Contrapeso para balancear los platillos.
- (6) Fiel.
- (7) Balanza técnica. Normalmente, su capacidad es de hasta 2 kg, con una precisión de 0.2 g y una escala variable de 0 hasta 99 g.
- (8) Burbuja para controlar el nivel del instrumento.
- (9) Tornillos ajustadores del nivel de la balanza.
- (10) Interruptor.
- (11) Palanca para bloquear la balanza y para cambiar el límite de peso de 1 a 2 kg.
- (12) Botón para ajustar el peso en intervalos de 100 g.
- (13) Botón para ajustar el peso en el intervalo de 0.0 hasta 0.9.
- (14) Botón de tarado para poner la balanza con el envase en 0.
- (15) Pantalla para leer el peso. En este caso indica 1347.5 g.
- (16) Nonio para aproximar el peso en décimas de gramo.
- (17) Balanza analítica de precisión, de un platillo. Su capacidad es hasta 100 g, con una precisión de 0.05 mg. El platillo se encuentra en un espacio cubierto de vidrio para eliminar corrientes de aire. Tiene una escala variable de 0.00 hasta 0.99 g.
- (18) Interruptor.
- (19) Burbuja de nivelación.
- (20) Tornillos ajustadores del nivel de la balanza.
- (21) Puerta para permitir la entrada de lo que se va a pesar.
- (22) Palanca de bloqueo.
- (23) Botón de tara.
- (24) Botón para pesar en unidades de 10 g.
- (25) Botón para pesar en unidades de 1 g.
- (26) Botón para ajustar el peso en intervalos de 0.00000 hasta 0.00999 g.
- (27) Nonio para aproximar el peso en microgramos.
- (28) Pantalla para leer el peso que indica 14.73277 g en la lámina.





Para un mejor funcionamiento de las balanzas, se deben tomar las siguientes precauciones:

- Controlar el nivel. La burbuja debe estar dentro del círculo marcado en el vidrio. Si no está, se le coloca, ajustando los tornillos de la base.
- Desbloquear y balancear el instrumento con la contrapesa o con el botón respectivo, colocando la escala y el nonio en cero.
- Bloquear el aparato.
- Colocar el envase en el plato correspondiente y fijar su peso con el botón de tarado. Se ponen las pesas equivalentes en el otro plato.
- Desbloquear y balancear el instrumento con el botón de tarado o con las pesas.
- Bloquear la balanza.
- Colocar en el plato la sustancia que se va a pesar y poner las pesas.
- Desbloquear y balancear el instrumento.
- Determinar el peso, leyendo el valor en la escala y añadiendo la fracción que marca el nonio, o sumando el valor de las pesas.
- Bloquear la balanza y sacar la sustancia. Retirar las pesas o poner los botones en cero.
- Limpiar los platos y el fondo de la balanza con un cepillo.

Las operaciones en las balanzas eléctricas deben ser lentas y regulares. En el caso de la balanza analítica de precisión, se deben abrir las puertas lo menos posible. Durante el pesado, las puertas deben estar cerradas para evitar corrientes de aire.

Dentro de la cámara de pesado de la balanza analítica, se coloca una cápsula desecante que contiene una sustancia higroscópica para absorber la humedad. Las cápsulas contienen un indicador que cambia de color cuando la sustancia higroscópica está saturada.

Las balanzas deben ser revisadas periódicamente, para evitar un mal funcionamiento.

## 6.2. Índice de refracción

El índice de refracción mide la refracción de la luz a través de una solución. Se utiliza para comprobar la pureza de productos tales como leche, aceites y mantecas.

El índice de refracción es un factor que se emplea para determinar la calidad, ya que una variación del índice indica una adulteración de la sustancia. Para mayor precisión, el índice de refracción se mide con el refractómetro tipo Abbe.

La adulteración de la leche por agua disminuye el índice de refracción. Si se añade sal, sacarosa o glucosa a la leche, el índice aumentará. Antes de determinar el índice, el líquido debe filtrarse.

El índice de refracción de la leche a 20 °C oscila entre 1.3474 y 1.3506; el índice del suero entre 1.3400 y 1.4566.

Para determinar el índice de refracción de la mantequilla, se debe derretir primero por baño María, a una temperatura de 40 °C. Después, se filtra a través de un filtro de papel y se determina su índice a 40 °C. Una buena mantequilla tendrá un índice entre 1.4527 y 1.4566.

La manteca de puerco se trata de la misma manera que la mantequilla. Su índice de refracción a 40 °C debe encontrarse entre 1.448 y 1.461.

El índice de refracción de los aceites vegetales también se determina a la temperatura de 40 °C. El índice de los aceites debe estar entre los siguientes límites.

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Aceite de cacahuete | 1.460 a 1.465 |
| Aceite de cártamo   | 1.467 a 1.470 |
| Aceite de coco      | 1.448 a 1.450 |
| Aceite de girasol   | 1.467 a 1.469 |
| Aceite de maíz      | 1.465 a 1.468 |
| Aceite de soya      | 1.466 a 1.470 |



Si la temperatura difiere de los 40 °C en el momento de la determinación, puede usarse como factor de corrección 0.000365 por cada grado de diferencia. A temperaturas mayores, se suma esta cantidad; a temperaturas menores, se resta.

### 6.3. Contenido de sólidos solubles

El contenido de sólidos solubles se determina con el índice de refracción. Este método se emplea mucho en la elaboración de frutas y hortalizas, para determinar la concentración de sacarosa de estos productos.

La concentración de sacarosa se expresa con el grado Brix. A una temperatura de 20 °C, el grado Brix equivale al porcentaje de peso de la sacarosa contenido en una solución acuosa. Si a 20 °C una solución tiene 60 °Brix, esto significa que la solución contiene 60% de sacarosa.

En productos tales como jugos y mermeladas, la presencia de otras sustancias sólidas influye en la refracción de la luz. Sin embargo, el índice de refracción y el grado Brix son suficientes para determinar el contenido de sólidos solubles en el producto.

La relación entre el grado Brix y el índice de refracción a una temperatura de 20 °C, y la cantidad de sacarosa que se va a añadir a un litro de agua para preparar las soluciones, son los siguientes.

| °Brix<br>% en<br>azúcar | Índice de<br>refracción | g de azúcar<br>por litro<br>de agua | °Brix<br>% en<br>azúcar | Índice de<br>refracción | g de azúcar<br>por litro<br>de agua |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 10                      | 1.3478                  | 111                                 | 61                      | 1.4441                  | 1 560                               |
| 15                      | 1.3557                  | 176                                 | 62                      | 1.4464                  | 1 627                               |
| 20                      | 1.3638                  | 249                                 | 63                      | 1.4486                  | 1 698                               |
| 25                      | 1.3723                  | 332                                 | 64                      | 1.4509                  | 1 773                               |
| 30                      | 1.3811                  | 427                                 | 65                      | 1.4532                  | 1 852                               |
| 35                      | 1.3902                  | 537                                 | 66                      | 1.4555                  | 1 936                               |
| 40                      | 1.3997                  | 665                                 | 67                      | 1.4579                  | 2 025                               |
| 45                      | 1.4096                  | 816                                 | 68                      | 1.4603                  | 2 120                               |
| 50                      | 1.4200                  | 997                                 | 69                      | 1.4627                  | 2 221                               |
| 52                      | 1.4242                  | 1 080                               | 70                      | 1.4651                  | 2 328                               |
| 54                      | 1.4285                  | 1 171                               | 72                      | 1.4701                  | 2 565                               |
| 56                      | 1.4329                  | 1 269                               | 74                      | 1.4751                  | 2 839                               |
| 58                      | 1.4373                  | 1 377                               | 76                      | 1.4801                  | 3 156                               |
| 60                      | 1.4418                  | 1 496                               | 78                      | 1.4852                  | 3 535                               |

Cuando se toma el índice de refracción a temperaturas diferentes de 20 °C, se utiliza una tabla con lecturas de corrección. Existen tablas especiales para sumar a la lectura y tablas para restarla, de acuerdo con la temperatura a la que se haya tomado el índice de refracción.

Las siguientes tablas muestran las correcciones para lecturas a diferentes temperaturas.

| °Brix | 10                        | 15   | 20   | 25   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   |
|-------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| °C    | Para restar de la lectura |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 15    | 0.31                      | 0.33 | 0.34 | 0.34 | 0.35 | 0.37 | 0.38 | 0.39 | 0.40 |
| 16    | 0.25                      | 0.26 | 0.27 | 0.28 | 0.28 | 0.30 | 0.30 | 0.31 | 0.32 |
| 17    | 0.19                      | 0.20 | 0.21 | 0.21 | 0.22 | 0.22 | 0.23 | 0.24 | 0.24 |
| 18    | 0.13                      | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.15 | 0.16 | 0.16 |
| 19    | 0.06                      | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |

| Para adicionar a la lectura |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 21                          | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
| 22                          | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.16 | 0.16 | 0.16 |
| 23                          | 0.21 | 0.22 | 0.22 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.24 | 0.24 | 0.24 |
| 24                          | 0.28 | 0.29 | 0.30 | 0.30 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.32 | 0.32 |
| 25                          | 0.36 | 0.37 | 0.38 | 0.38 | 0.39 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |

En lecturas hechas a temperaturas menores de 20 °C, se resta la cantidad indicada en la tabla del valor obtenido. En lecturas a temperaturas mayores de 20 °C, se sumará la cantidad indicada en la tabla y el valor obtenido.

Por ejemplo, si se busca la corrección de 44 °Brix a 18 °C, se consulta la columna más cercana; en este caso, la de 40 °Brix. Así se obtiene la lectura corregida de 43.85 °Brix.



El índice de refracción se determina con refractómetros derivados del aparato de Abbe. Estos aparatos están equipados con compensadores de luz, que eliminan las ondas que no se requieren para medir la refracción.

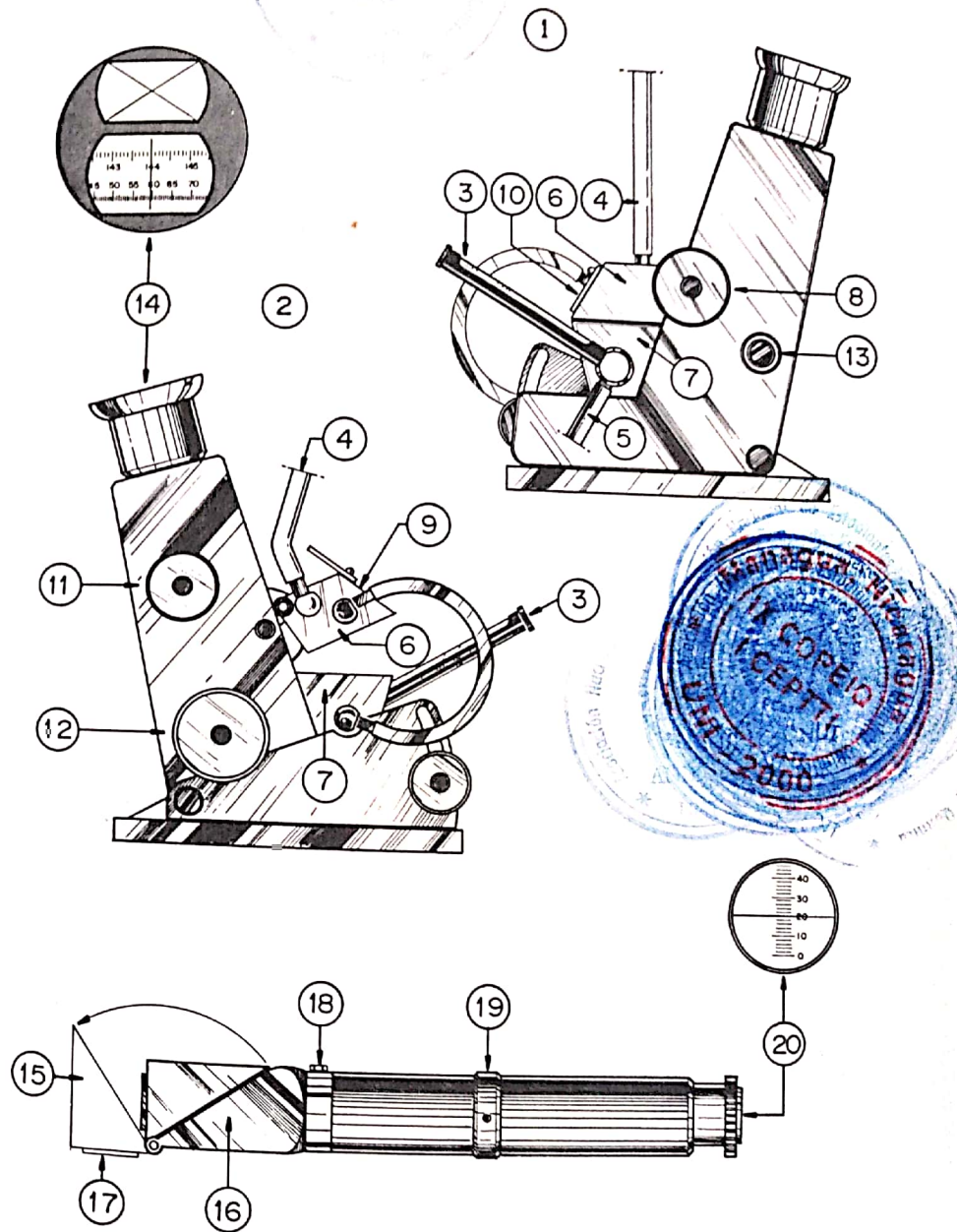
En la página opuesta se presentan dos tipos de refractómetros y sus partes, que son:

- (1) Refractómetro tipo Abbe de vista lateral izquierda.
- (2) El mismo refractómetro visto desde el lado derecho.
- (3) Termómetro.
- (4) Entrada del agua proveniente del termostato.
- (5) Salida del agua hacia el termostato.
- (6) Fuente de luz.
- (7) Prisma medidor.
- (8) Botón para separar los prismas.
- (9) Entrada de luz.
- (10) Tapa que impide la entrada de luz.
- (11) Botón del compensador para calibrar la luz.
- (12) Botón para enfocar el instrumento.
- (13) Entrada de luz para alumbrar la escala.
- (14) Campo visual del ocular. En este caso, indica un índice de refracción de 1.440 y 59 °Brix.

Por comodidad, se utiliza mucho el refractómetro portátil que normalmente tiene sólo una escala en grados Brix. Sus partes más importantes son:

- (15) Prisma para alumbrar.
- (16) Prisma medidor.
- (17) Entrada de luz.
- (18) Tornillo para calibrar la luz.
- (19) Botón para enfocar.
- (20) Campo visual. El campo de enfoque y la escala están unidos.

Para determinar los grados Brix de una solución con el refractómetro tipo Abbe, se debe mantener la temperatura de los prismas a 20 °C. Luego se abren los prismas y se coloca una gota de la solución. Los prismas se cierran. Se abre la entrada de luz. En el campo visual se verá una transición de un campo claro a uno oscuro. Con el botón compensador se establece el límite de los campos, lo más exacto posible.



Con el botón calibrador se fija el límite en la cruz de las diagonales del cuadro superior. En el cuadro inferior se lee el índice de refracción y los grados Brix.

El uso de refractómetros portátiles es igual al anterior. Se diferencia del primero en que la lectura en éste se toma a la temperatura ambiente. Por lo tanto, si la temperatura no es de 20 °C, se debe corregir la lectura.

Después de su uso, los prismas del refractómetro deben limpiarse con un algodón empapado de agua destilada o de alcohol, y posteriormente deben secarse con papel absorbente sin dejar manchas ni rayas. Después, los prismas se cierran y se coloca papel absorbente entre ellos.

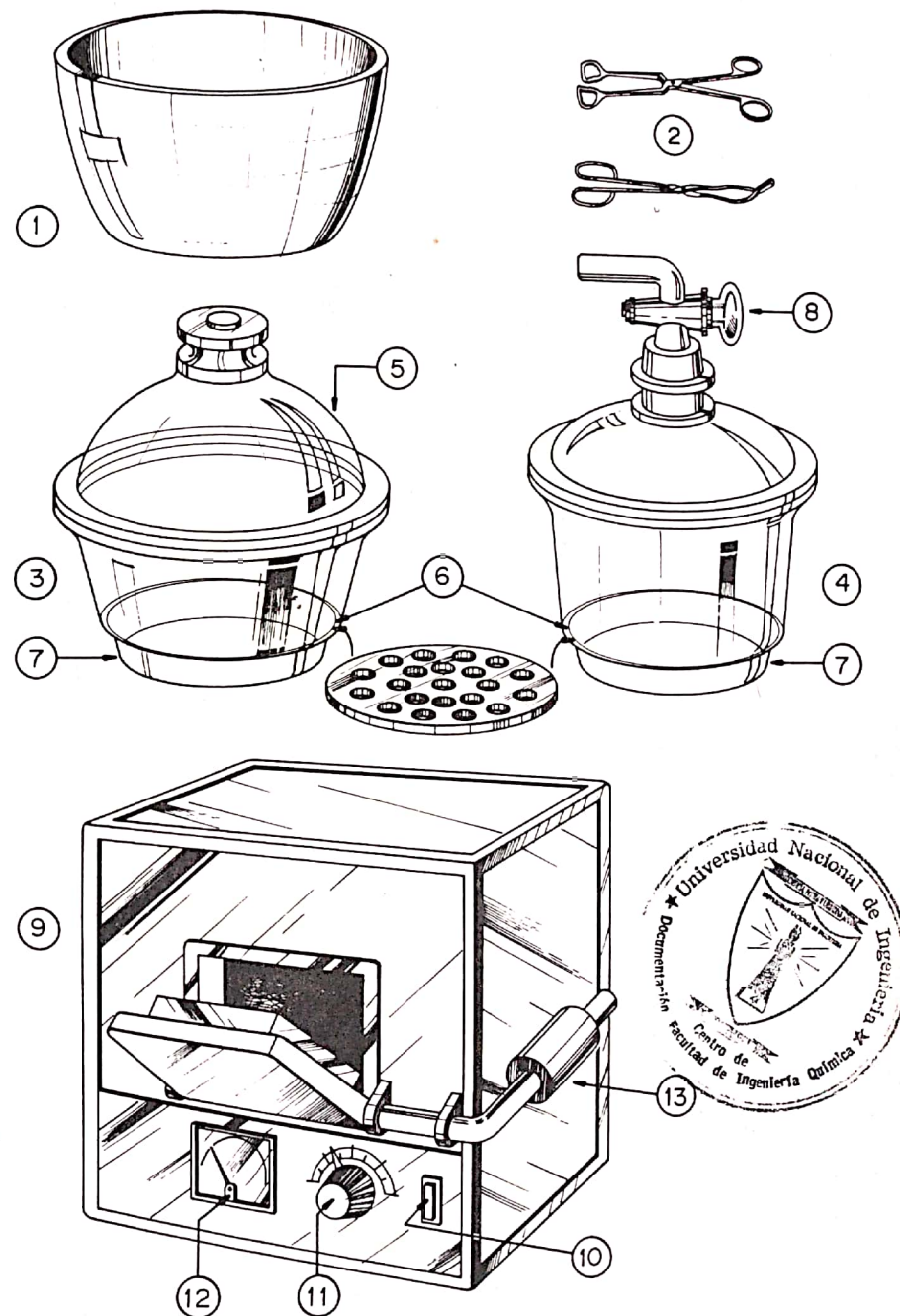
#### 6.4. Materia seca, humedad y cenizas

Mediante la evaporación del agua contenida en un producto, se determina el porcentaje de materia seca y la humedad de dicho producto. La evaporación se efectúa en una estufa a una temperatura constante de 105 °C.

Para determinar el contenido de cenizas, el producto se incinera en una mufla o en un horno de alta temperatura.

El equipo para efectuar los análisis incluye lo siguiente:

- (1) Cápsulas de porcelana.
- (2) Pinzas metálicas para manejar las cápsulas.
- (3) Desecador.
- (4) Desecador al vacío.
- (5) Tapas del desecador.
- (6) Base de porcelana.
- (7) Depósito para sustancias higroscópicas.
- (8) Válvula para conectar el desecador a una bomba de vacío.
- (9) Mufla con un alcance de 1 100 °C.
- (10) Botón para encender.
- (11) Regulador de temperatura.
- (12) Termómetro.
- (13) Palanca para abrir y cerrar la puerta. Esta palanca tiene un contrapeso en su extremo, que asegura el cierre del horno.





En el desecador se introducen sustancias higroscópicas, como cloruro cálcico, ácido sulfúrico concentrado y sulfato cálcico. Estas sustancias absorben la humedad que hay dentro del secador. Para acelerar el secado, se impone un régimen de vacío dentro del desecador. La sustancia higroscópica debe cambiarse por lo menos cada mes.

Las orillas del desecador se recubren con una capa delgada de grasa de silicón. Esto se hace con el fin de impedir la entrada de humedad y facilitar el deslizamiento de la tapa.

Para determinar la humedad, se introducen dos cápsulas vacías numeradas en una estufa a 105 °C, durante dos horas para así poderla eliminar completamente. A lo largo de las operaciones, las cápsulas se manejan con pinzas metálicas para no dejar suciedad, la cual puede obstaculizar la exactitud del peso en las balanzas analíticas. Las cápsulas se dejan enfriar en un desecador.

Cuando las cápsulas alcanzan la temperatura ambiente, se pesan con cuatro decimales de aproximación, y se registra el peso de cada una. Se pesan dos muestras de 10 g en una balanza técnica. Las muestras se introducen en las cápsulas. Éstas se pesan en una balanza analítica, también con cuatro decimales de aproximación.

Las cápsulas se introducen en una estufa a 105 °C, durante seis horas. Se dejan enfriar y se vuelven a pesar. Se meten otra vez a la estufa durante dos horas, y nuevamente se dejan enfriar y se vuelven a pesar. La operación se repite hasta lograr dos pesos iguales seguidos.

Con los datos obtenidos se calcula la diferencia de la muestra fresca y de la seca. El porcentaje de humedad se obtiene dividiendo esta diferencia entre el peso de la muestra fresca y multiplicando el resultado por 100. El porcentaje de sustancia seca se obtiene restando a 100 el porcentaje de humedad.

El contenido de cenizas de un producto se determina en forma semejante al utilizado para la humedad. Se utilizan también dos cápsulas. En cada una se colocan 10 g de muestra desecada a 105 °C. Luego, se pesan las cápsulas con una aproximación de cuatro decimales. En la mufla se incineran las muestras a 550 °C, hasta que no queden residuos de carbono. Las cápsulas se dejan enfriar en un desecador y se pesan hasta lograr dos pesos similares.

El peso de las cenizas se divide entre el peso de la muestra fresca. El resultado se multiplica por 100 y se obtiene el contenido de cenizas del producto. Para los líquidos, las cápsulas se deben secar previamente en una estufa a 100 °C. Después se les introduce en la mufla.

Los análisis se hacen dobles para un mejor control de ellos. Los resultados no deben diferir mucho entre sí. Si los resultados difieren considerablemente, esto indica que se ha hecho un mal muestreo o que el manejo de las muestras fue deficiente.

## 6.5. Densidad

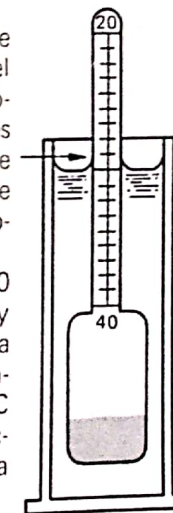
La densidad de una sustancia es el peso de un mililitro de la misma. Se obtiene dividiendo el peso de cierto volumen de sustancia entre el peso del volumen similar de agua. El resultado depende de la temperatura. Normalmente, la densidad se determina a 20 °C.

La densidad de líquidos, como leche, jarabes y vino, se determina con un densímetro. La densidad evalúa la concentración del líquido y, en menor grado, su composición. Existen densímetros especiales para cada tipo de líquido.

Los densímetros son de vidrio. Tienen en su parte inferior una ampollita que contiene mercurio o plomo. También cuentan con una escala que mide los gramos por mililitro. El densímetro se contrasta a 20 °C.

En una probeta de 250 ml se colocan 240 ml de la muestra a una temperatura de 20 °C. Se toma el densímetro por el vástago y se introduce en la probeta. Se gira el instrumento sin rozar las paredes de la misma. Cuando el densímetro se estabiliza, se toma la lectura a la altura de la flecha. Luego, se mide la temperatura del líquido. La lectura se corrige si es necesario.

El lactodensímetro mide el intervalo de 1.020 hasta 1.040, pero en la escala aparece sólo el 20 y el 40, o sea, la segunda y tercera cifras a la derecha del punto decimal. Si la escala marca 30.1, la densidad de la leche será de 1.0301. Por cada 0.5 °C por encima de los 20 °C, se suma 0.0001 a la lectura. Por cada 0.5 °C menos de los 20 °C, se resta la misma cantidad a la lectura.



Para que la grasa sea fluida la leche se calienta a 40 °C. Luego, se deja enfriar hasta llegar a 20 °C y se determina la densidad.

### 6.6. Determinación de pH

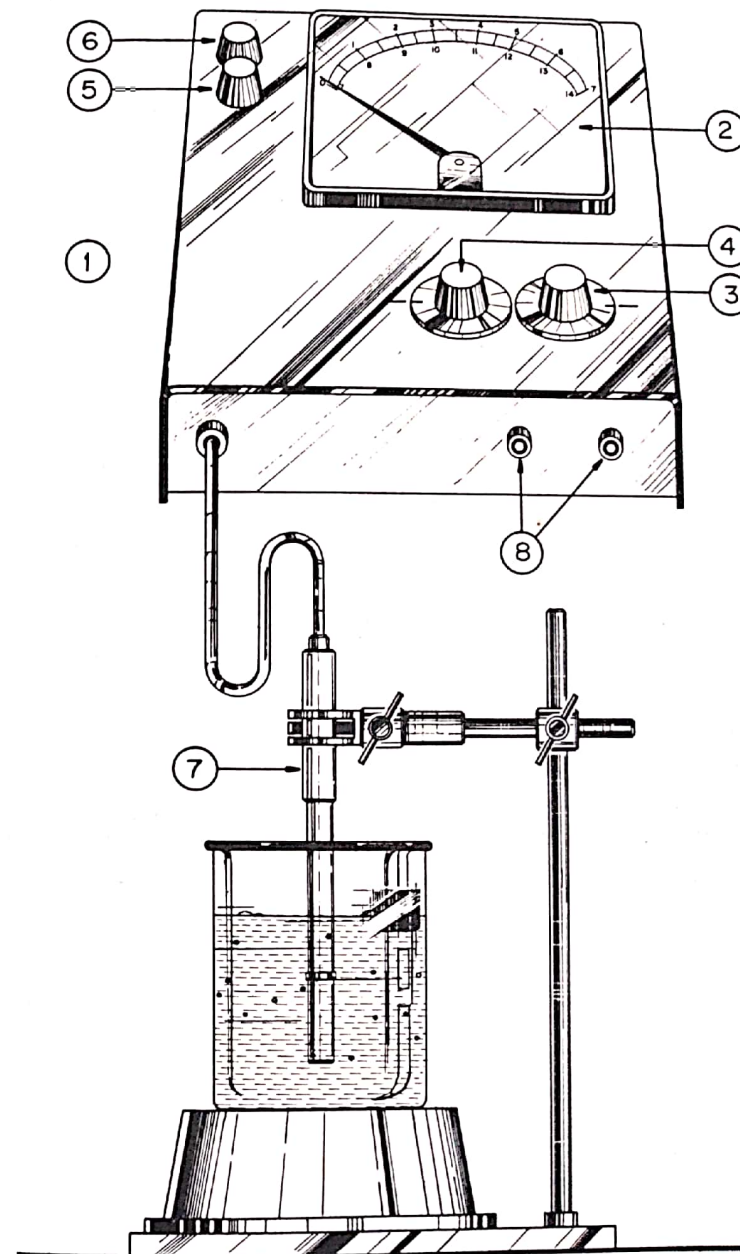
Para determinar el pH, se utiliza papel indicador o un potenciómetro, para obtener medidas más exactas. En la práctica se utiliza el siguiente tipo de instrumento:

- (1) Potenciómetro portátil de pilas.
- (2) Carátula con escala de 0 a 14. Para mayor sensibilidad se utiliza una escala de 0 a 7, y otra de 7 a 14.
- (3) Botón conmutador para encender y controlar la carga de las pilas.
- (4) Botón para escoger la escala.
- (5) Tornillo para ajustar mecánicamente la aguja en 0.
- (6) Tornillo para calibrar el potenciómetro.
- (7) Electrodo.
- (8) Entradas para calibrar el electrodo.

Existen diferentes tipos de electrodos. En el interior del electrodo hay una solución de referencia. Esta solución está saturada de cloruro de potasio. Si el nivel de esta solución baja más de un centímetro del orificio de llenado, debe adecuarse el nivel.

El potenciómetro debe calibrarse con frecuencia. Para esto, se utilizan dos soluciones amortiguadoras. Una tiene un pH constante de 4, la otra un pH constante de 7. El potenciómetro se calibra de la siguiente manera:

- Se lava el electrodo con agua destilada.
- Se introduce la parte sensible en la solución amortiguadora de pH 4.
- Se toma la temperatura de la solución y se ajusta con el botón correspondiente.
- Se enciende el potenciómetro, se ajusta la carga de pilas y se escoge la escala más sensible.
- Se espera a que la aguja se estabilice.
- Si la aguja no marca 4, se ajusta con el tornillo para que marque el pH 4.





Se repiten las operaciones con la solución amortiguadora de pH 7. El instrumento debe apagarse cuando no esté en servicio, y antes de sacarlo de la solución amortiguadora.

Para determinar el pH de una muestra, se efectúan las siguientes operaciones:

- Se vierte la muestra en un vaso.
- Se conecta el electrodo en la muestra.
- Se toma la temperatura de la muestra. Conforme a su temperatura se ajusta el aparato con el botón correspondiente.
- Se enciende el aparato y se escoge la sensibilidad.
- Se toma la temperatura cuando la aguja se haya estabilizado.
- Se apaga el potenciómetro.
- Se saca el electrodo de la muestra. Se lava y se guarda en su estuche. Si se trata del electrodo de calomel, éste se introduce en una solución saturada de cloruro de potasio.

Si los movimientos de la aguja del potenciómetro son más lentos de lo normal y si la aguja no se estabiliza, el electrodo estará sucio o desgastado. Si después de lavarlo con alcohol al 15% no se normaliza su funcionamiento, el electrodo está inservible y deberá cambiarse.

## 7. ANÁLISIS FÍSICOS ESPECÍFICOS

Los análisis específicos incluyen la determinación del vacío en enlatados y el espacio libre en éstos; la prueba del cerrado de lata; la prueba del sedimento de leche y el punto de congelación de ésta; el punto de fusión de manteca y mantequilla; y el contenido de pulpa en jugos.

### 7.1. Vacío en enlatados

El vacío se desarrolla en la lata cuando se cierra en caliente. Un mayor vacío indica una mejor conservación, por la ausencia de oxígeno dentro de ella. El vacío se determina con un manovacuómetro. Éste es un manómetro provisto de una arandela de caucho y un punzón, que perfora la tapa.

Para medir el vacío, se introduce el punzón en la tapa y se lee la presión en el manómetro. Al nivel del mar, los enlatados deben tener un vacío de 20 a 30 cm de mercurio, o sea, de 0.27 a 0.41 kg/cm<sup>2</sup>. La lectura debe tomarse a temperatura ambiente, ya que el vacío aumenta cuando la temperatura disminuye. El vacío en los enlatados será relativamente menor en lugares ubicados a alturas sobre el nivel del mar, porque el vacío se obtiene de la diferencia entre la presión del bote y la del medio ambiente.

### 7.2. Espacio libre en enlatados

El espacio libre representa la distancia entre la superficie del líquido y la parte superior de la lata. Este espacio está directamente relacionado con el vacío existente en el interior de ella. Cuando más grande sea el espacio libre, tanto menor será el vacío. El espacio libre no debe exceder el 10% de la altura interna del envase.

Para determinar el espacio libre, se coloca la lata sobre una superficie plana. Se coloca una regla sobre la lata, y con otra se mide la distancia entre la tapa y la regla. Luego se abre la lata y se mide la distancia del nivel del líquido a la regla. De esta distancia se resta el resultado anterior y se obtiene el espacio libre.

### 7.3. Prueba del cerrado

Las latas deben quedar herméticamente cerradas para que el producto se conserve en buen estado. El cerrado de la lata se verifica con el comprobador de sellado, que consta de las siguientes partes:

- (1) Manija de la bomba de aire.
- (2) Émbolo.
- (3) Manómetro.
- (4) Arandela de caucho para asegurar la hermeticidad.
- (5) Punzón para perforar la lata.

La prueba del sellado consiste en aumentar la presión existente en el interior de la lata. Ésta se sumerge en agua, y luego se perfora la tapa con el punzón, haciéndolo girar para que la arandela se comprima y el comprobador quede fijado al bote. Se empieza a bombear aire en la lata hasta alcanzar la presión especificada para el tipo de bote. Si no salen burbujas, se ha efectuado bien el cerrado. De lo contrario, la lata tiene defectos.

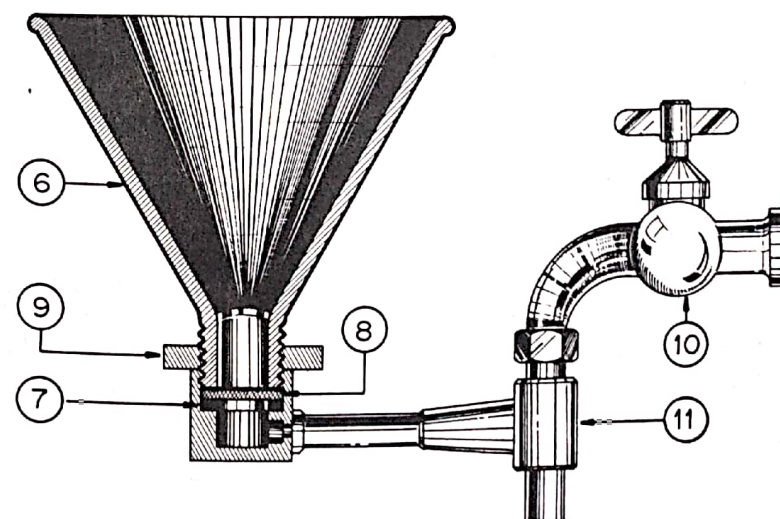
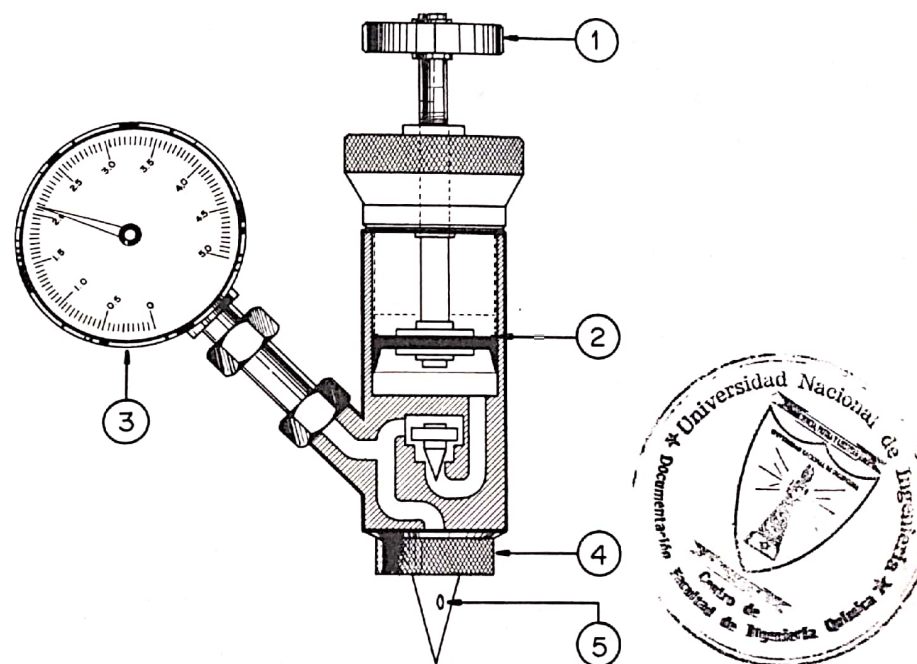
### 7.4. Prueba del sedimento de la leche

Esta prueba proporciona una indicación del contenido de suciedad gruesa de la leche. El equipo para efectuar esta prueba incluye lo siguiente:

- (6) Embudo con rosca.
- (7) Empaque de caucho.
- (8) Filtro de algodón.
- (9) Base conectada con una bomba succionadora.
- (10) Llave de agua.
- (11) Bomba succionadora que funciona con la presión del agua.

Los pasos para realizar esta prueba son los siguientes:

- Se atornilla el embudo con el anillo y el empaque en la base.
- Se abre la llave de agua y se succiona medio litro de leche a través del filtro.
- Se saca el filtro, y se seca para comparar su apariencia con la de filtros estandarizados.
- Se evalúa el resultado con la comparación de los filtros.





## 7.5. Punto de congelación de la leche

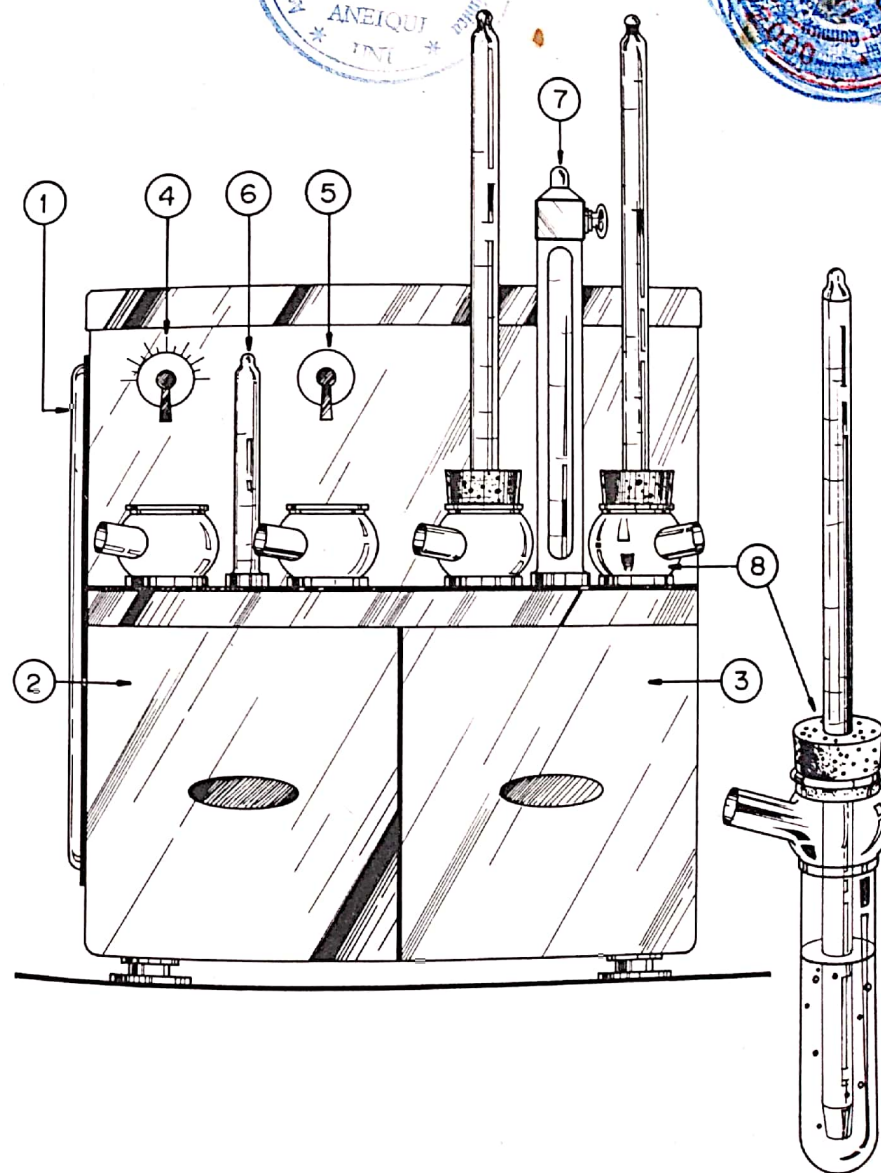
El punto de congelación de la leche sirve para determinar la adulteración de la misma con agua. Se conoce también como punto crioscópico de la leche. El crioscopio es el instrumento con el cual se efectúa la prueba.

El punto crioscópico debe estar entre  $-0.53$  y  $-0.57$  °C. Cuando la leche ha sido adulterada con agua, el punto de congelación se encuentra más cerca de los  $0$  °C.

Las partes del crioscopio son las siguientes:

- (1) Sistema de enfriamiento.
- (2) Cámara de preenfriamiento.
- (3) Cámara de enfriamiento.
- (4) Botón interruptor.
- (5) Botón para poner en marcha los agitadores, los cuales hacen circular el anticongelante para un enfriamiento uniforme.
- (6) Termómetro con una escala de  $-15$  a  $40$  °C, para controlar la temperatura en la cámara de preenfriamiento.
- (7) Termómetro del termostato, que regula la temperatura del anticongelante en la cámara de enfriamiento.
- (8) Tubo de ensaye, con tapones normalizados que tengan orificio de salida para fijar en él un termómetro con escala de  $-3$  a  $1$  °C.

Para efectuar el procedimiento, primero se lavan los tubos de ensaye con jabón y agua. Luego, se enjuagan con agua destilada y después en cada tubo se introducen 50 ml de leche. Los tubos se colocan en la cámara de preenfriamiento. Cuando el termómetro de la cámara marca  $4$  °C, se coloca un termómetro en los tubos. Luego se ponen en la cámara de enfriamiento, con los agitadores funcionando. La temperatura se toma cuando la columna de mercurio se estabilice.



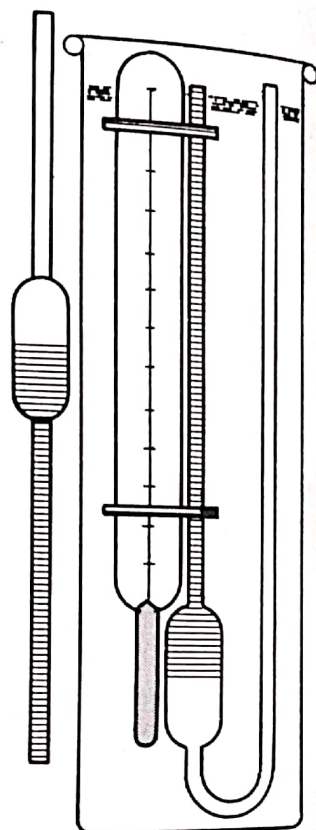
## 7.6. Punto de fusión de la manteca y la mantequilla

El punto de fusión de grasa sólida es un medio de control para determinar la adulteración del producto. La grasa se funde primero mediante un baño María, a 45 °C. Se filtra y se aspira la grasa líquida en un tubo con bulbo, hasta que llegue a la mitad de éste. Tapando el extremo superior del tubo con el dedo, se deja enfriar en un chorro de agua fría. Cuando la grasa se solidifica, la parte del tubo que no contiene grasa se pasa por la llama de un mechero Bunsen, dando vueltas al tubo. Luego, se dobla el tubo en forma de U.

Al día siguiente, se fija el tubo a un termómetro, con la grasa hacia arriba, y con el bulbo a la misma altura que el mercurio del termómetro. El conjunto se sumerge en agua fría, procurando que no entre agua en el tubo. Se calienta el agua lentamente hasta que la grasa empieza a derretirse. En estos momentos, se registra la temperatura. Luego, se continúa calentando, y cuando la grasa baje completamente a la parte inferior del tubo, se toma la temperatura de nuevo. Estas dos temperaturas representan los límites del intervalo de fusión. El intervalo de manteca refinada debe oscilar entre 31 a 34 °C. El de mantequilla entre 30 y 38 °C, dependiendo del tipo de mantequilla.

## 7.7. Contenido de pulpa en jugos

Para la determinación del contenido de pulpa en jugos, se pesan 100 g de jugo en un tubo de centrifuga. Se centrifugan en un instrumento de laboratorio. Se decanta el líquido claro. La porción sólida se deseca en una estufa a 105 °C, como se indicó para determinar la sustancia seca. Después se calcula el contenido de la pulpa de la muestra. El contenido de pulpa en jugos se expresa en porcentaje del peso.



## 8. SUSTANCIAS Y EQUIPOS PARA ANÁLISIS QUÍMICOS

En los análisis químicos se emplean sustancias y soluciones, las cuales se manejan con diferentes equipos.

### 8.1. Sustancias y soluciones

Para expresar una cantidad de sustancia, se utiliza a menudo la unidad mol. Ésta es la cantidad de sustancia en gramos, equivalente a su peso molecular. Por ejemplo, el peso molecular del cloruro de sodio es 58.44. Un mol de esta sustancia pesa 58.44 gramos. Al expresar la cantidad en esta forma, se asegura que un mol de diferentes sustancias siempre contiene una misma cantidad de moléculas.

En el caso de soluciones, una solución molar contiene un mol de cierta sustancia por cada litro. Al seguir el mismo ejemplo de cloruro de sodio, una solución molar de esta sustancia contiene 58.44 gramos de cloruro de sodio por litro de solución, como puede observarse en la siguiente tabla.

| Sustancia          | peso molecular | un mol   | solución molar |
|--------------------|----------------|----------|----------------|
| Cloruro de sodio   | 58.44          | 58.44 g  | 58.44 g/litro  |
| Nitrato de plata   | 169.87         | 169.87 g | 169.87 g/litro |
| Nitrobenzeno       | 123.11         | 123.11 g | 123.11 g/litro |
| Cromato de potasio | 194.20         | 194.20 g | 194.20 g/litro |

En el caso de soluciones de ácido o álcali, la cantidad se expresa según el número de iones de hidrógeno que el ácido produce o que el álcali es capaz de inactivar. Un mol de ácido clorhídrico contiene también un mol de iones de hidrógeno, porque una molécula de este ácido forma sólo un ion de hidrógeno. En cambio, una molécula de ácido sulfúrico forma dos iones de hidrógeno. Por esto, para obtener un mol de iones de hidrógeno del ácido sulfúrico, se necesita sólo un medio mol de este ácido.

| Ácido     | peso molecular | peso de un mol ácido | número de iones de hidrógeno | peso equivalente |
|-----------|----------------|----------------------|------------------------------|------------------|
| Acético   | 60             | 60 g                 | 1                            | 60 g             |
| Cítrico   | 192            | 192 g                | 3                            | 64 g             |
| Láctico   | 90             | 90 g                 | 1                            | 90 g             |
| Málico    | 134            | 134 g                | 2                            | 67 g             |
| Tartárico | 150            | 150 g                | 2                            | 75 g             |



Entonces, un mol de ácido acético pesa 60 g, un mol de ácido cítrico pesa 192 g. Sin embargo, un mol de iones de hidrógeno se obtiene con 60 g de ácido acético, o con sólo 64 g de ácido cítrico, porque cada molécula del ácido cítrico contiene 3 iones de hidrógeno.

- (1) Una molécula de ácido cítrico contiene tres iones de hidrógeno.
- (2) Una molécula de ácido acético contiene sólo un ion de hidrógeno.
- (3) Tres moléculas de ácido acético contienen tantos iones de hidrógeno como una sola molécula del ácido cítrico.

La concentración de soluciones se expresa en porcentaje del peso o del volumen. Para hacer soluciones de sustancias sólidas, se disuelven en una cierta cantidad de agua. Luego, se añade más agua hasta completar 100 g.

- (4) Se disuelven 10 g de una sustancia, por ejemplo, de cloruro de sodio en agua.
- (5) Se añade agua hasta completar 100 g de solución. De esta manera se obtiene una solución de cloruro de sodio de 10/100, o sea del 10%.

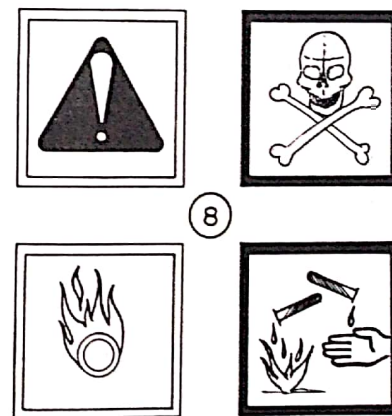
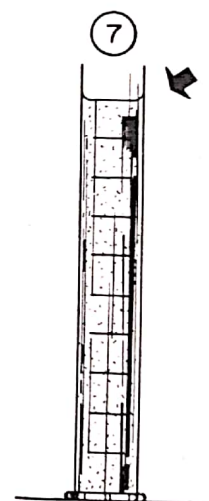
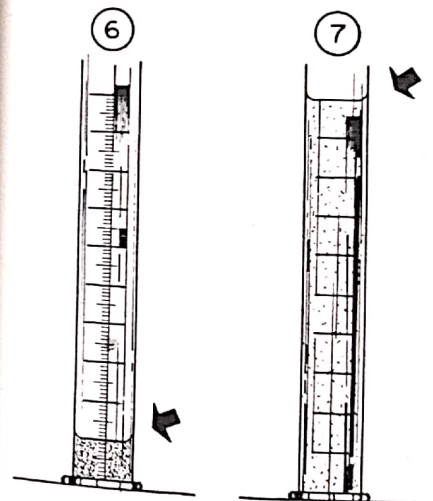
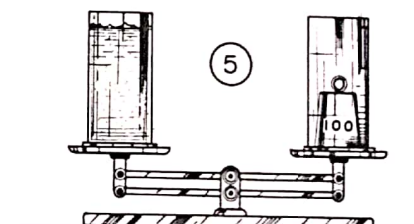
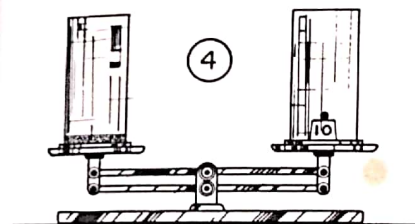
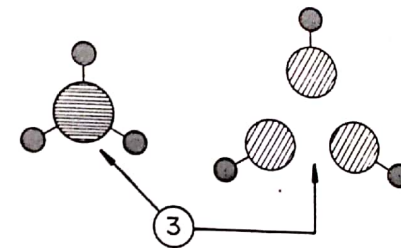
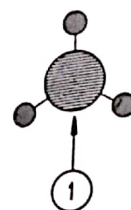
Las soluciones de líquidos se expresan en porcentaje de volumen.

- (6) A 10 mililitros de aceite de cártamo se añade éter.
- (7) Se agrega tanto éter, hasta alcanzar 100 mililitros. De esta forma se obtiene una solución de aceite de cártamo en éter de 10/100, o sea del 10% por volumen.

Las sustancias y soluciones pueden ser peligrosas y nocivas. Los envases con sustancias deben etiquetarse correctamente, por ejemplo:

- |                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| • Corrosiva.                   | • Vapor nocivo. |
| • Inflamable.                  | • Tóxica.       |
| • Espontáneamente combustible. | • Dañina.       |
| • Explosiva.                   | • Oxidante.     |

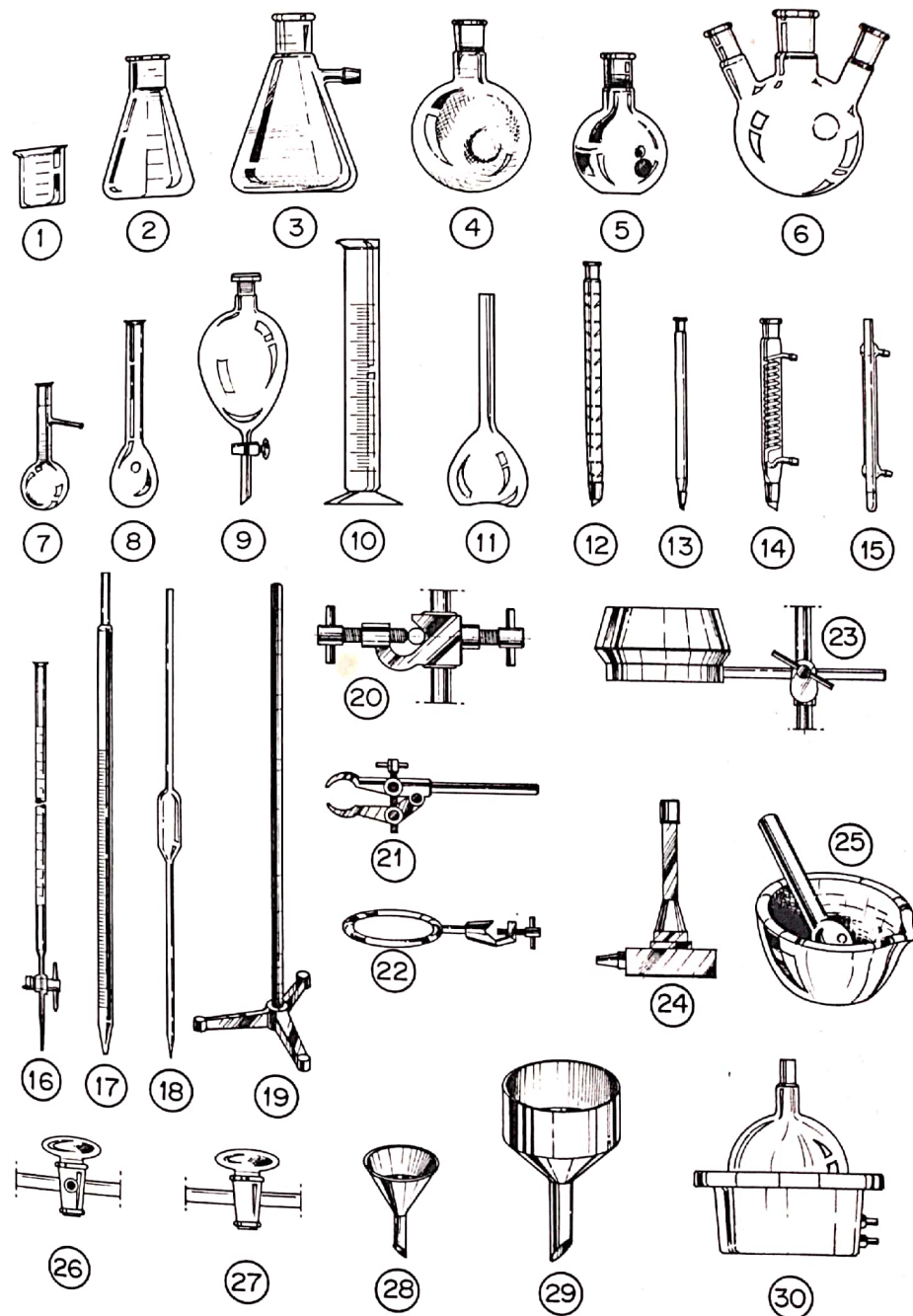
- (8) Algunos símbolos usados para marcar envases que contienen sustancias y soluciones peligrosas.



## 8.2. Equipo para análisis químicos

El equipo básico para análisis químicos consiste principalmente en la cristalería de laboratorio. Las partes individuales pueden combinarse con instalaciones específicas para diferentes tipos de análisis. La cristalería y otros equipos básicos para análisis químicos incluyen lo siguiente:

- (1) Vaso de precipitado.
- (2) Frasco Erlenmeyer.
- (3) Frasco para filtración.
- (4) Matraz balón.
- (5) Matraz balón de fondo plano.
- (6) Matraz balón de tres bocas.
- (7) Matraz para destilación.
- (8) Matraz Kjeldahl para determinar proteínas.
- (9) Embudo para separar dos líquidos no mezclables.
- (10) Probeta.
- (11) Frasco volumétrico.
- (12) Columna de fraccionamiento para destilación.
- (13) Condensador de aire.
- (14) Condensador de espiral.
- (15) Condensador de tubo.
- (16) Bureta para titular.
- (17) Pipeta volumétrica.
- (18) Pipeta graduada.
- (19) Soporte universal.
- (20) Prensas.
- (21) Pinzas para soportar.
- (22) Anillo de soporte.
- (23) Calentador eléctrico con soporte universal para calentar líquidos inflamables.
- (24) Mechero Bunsen.
- (25) Mortero con pistilo.
- (26) Válvula de tres vías.
- (27) Válvula de paso.
- (28) Embudo de Buchner para filtrar precipitados. Éste va en combinación con un frasco de filtración y una bomba de succión.
- (29) Embudo de Hirsch para filtrar pequeñas cantidades de precipitados.
- (30) Calentador de manto para matraces de balón.





Con los equipos y otros utensilios se deben tener los siguientes cuidados:

- La cristalería se debe limpiar con agua y acetona, inmediatamente después de su uso.
- Los utensilios se secan en una estufa. También pueden remojar en acetona y luego secarse con aire a presión.

## 9. ANÁLISIS QUÍMICOS

Los análisis químicos se realizan para constatar la presencia de sustancias, y para determinar las características químicas de un producto tales como la acidez titulable, índice de saponificación de grasas, índice de yodo, extracto graso, contenido de cloruros y otros más que se verán en este capítulo.

Los análisis químicos deben llevarse a cabo con la ayuda de técnicos, para mayor seguridad. En este manual se tratan solamente análisis elementales. Para análisis específicos, se debe recurrir a laboratorios especializados.

### 9.1. Análisis de acidez titulable

La acidez titulable es el porcentaje de peso de los ácidos contenidos en el producto. Se determina por medio del análisis conocido como titulación, que es la neutralización de los iones de hidrógeno del ácido con una solución de hidróxido de sodio de concentración conocida. Este álcali se adiciona con una bureta puesta verticalmente en un soporte universal.

La neutralización de los iones de hidrógeno o acidez se mide por medio del pH. El ácido se neutraliza con base en un pH de 8.3. El cambio de la acidez a la alcalinidad se puede determinar con un indicador o con un potenciómetro. El indicador es una sustancia química, como la fenolftaleína, que da diferentes tonalidades de color rojo para los distintos valores de pH. La fenolftaleína va de incolora a rosa cuando el medio alcanza un pH de 8.3.

#### 9.1.1. Preparación de muestras

La preparación de soluciones para la titulación de la acidez de algunos productos se efectúa como sigue:

- Vinagre. Se toman 10 g de vinagre natural o disuelto en 10 ml de agua destilada.
- Leche. Se toma 10 g de leche natural.
- Yogurt. Se toman 10 g diluidos en 50 ml de agua destilada.
- Crema. Se toman 10 g diluidos en 50 ml de agua destilada.
- Queso. Se toman 10 g de queso finamente molidos. Se colocan en un frasco volumétrico de 100 ml. Se añade agua destilada a 40 °C hasta alcanzar 100 ml. La mezcla se agita vigorosamente. Se filtra la solución. Con una pipeta se toman 25 ml de filtrado. Esta cantidad corresponde a 2.5 g de la muestra.
- Mantequilla. Se toman 5 g de ésta, fundida a 50 °C. Se vacía en un frasco Erlenmeyer. Se añaden 25 ml de alcohol etílico y 25 ml de éter sulfúrico para disolver la mantequilla.
- Frutas y hortalizas. Se pesan 25 g del producto molido en un vaso de precipitado. Se añaden 200 ml de agua destilada. Se hierve el conjunto durante 15 minutos, agitando periódicamente. Con agua destilada se completa el volumen hasta 250 ml. La mezcla se filtra a través de papel filtro. Del filtrado se toman 50 ml, o sea, la quinta parte. Se le agrega 50 ml de agua destilada. Esta solución corresponde a 5 g de la muestra original.

### 9.1.2. Titulación

Para determinar la acidez de la muestra se efectúan las siguientes operaciones:

- Se llena una bureta con una solución de hidróxido de sodio, equivalente a 0.1 mol de este álcali. Ésta es una solución de 0.1 N.
- Se toma la lectura de la cantidad de la solución de la bureta.
- Se introduce en un frasco Erlenmeyer 5 g de la muestra en forma de solución.
- Se adicionan 5 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador.
- Se adiciona gota por gota la solución de hidróxido de sodio. Al mismo tiempo se gira el Erlenmeyer con la muestra lentamente.

- Cuando aparece el color rosa, se sigue girando el frasco durante 15 segundos para ver si el color permanece. En caso necesario, se adiciona cada vez una gota extra del hidróxido de sodio.
- Si el color permanece, se termina la titulación.
- Se toma la lectura en la bureta y se calcula la cantidad de hidróxido de sodio usada para neutralizar la acidez de la muestra.

### 9.1.3. Cálculo de la acidez titulable

La acidez del producto se expresa como el porcentaje de peso del ácido que se encuentra en la muestra. El cálculo de la acidez titulable se efectúa mediante la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de acidez} = \frac{A \times B \times C}{D} \times 100$$

donde:

- A = cantidad en mililitros del álcali o sosa usada.
- B = normalidad de la sosa usada.
- C = peso equivalente expresado en gramos del ácido predominante en el producto.
- D = peso de la muestra en miligramos.

Por ejemplo:

se neutralizan 5 g de una muestra. El ácido predominante en la muestra es el ácido cítrico. Para la neutralización se usaron 5.7 ml de hidróxido de sodio al 0.1 N, o sea con 0.1 mol de iones por litro.

Entonces:

- A = 5.7 mililitros.
- B = 0.1 N.
- C = 67 gramos. Vea el subcapítulo 8.1.
- D = 5 gramos, o sea 5 000 miligramos.

$$\% \text{ de acidez} = \frac{5.7 \times 0.1 \times 67}{5\,000} \times 100 = 0.76\%$$



Para el cálculo de la acidez titulable se debe conocer cuál de los ácidos se encuentra en forma predominante en el producto.

La siguiente tabla proporciona los ácidos predominantes en algunas frutas.

| Fruta       | Ácido     | Fruta     | Ácido     |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| albaricoque | málico    | mango     | málico    |
| cereza      | málico    | manzana   | málico    |
| ciruela     | málico    | membrillo | málico    |
| durazno     | málico    | naranja   | cítrico   |
| frambuesa   | cítrico   | pera      | cítrico   |
| fresa       | cítrico   | piña      | cítrico   |
| guayaba     | málico    | uva       | tartárico |
| higo        | tartárico | zarzamora | cítrico   |

Es necesario conocer también el peso de estos ácidos que equivale a un mol de iones. Vea el subcapítulo 8.1.

## 9.2. Índice de acidez

El índice de acidez es la cantidad de hidróxido de potasio necesaria para neutralizar los ácidos grasos libres. Un índice alto indica la presencia de una cantidad elevada de ácidos libres. Estos causan el enranciamiento de la grasa.

La solución de la muestra se prepara como sigue:

- Se pesan 20 g de la grasa en un frasco Erlenmeyer de 100 ml.
- Se toman 50 ml de alcohol al 95%. Se añaden 5 gotas de fenolftaleína como indicador del pH.
- Se neutraliza el alcohol mediante hidróxido de potasio al 0.1 N hasta que la solución tome un color rosáceo.
- Se agregan los 50 ml de alcohol neutralizado a la grasa contenida en el frasco Erlenmeyer.
- La mezcla de la grasa y el alcohol neutralizado se calienta hasta ebullición en un baño María.

Después de haber preparado la muestra, se procede a la titulación con hidróxido de potasio al 0.1 N, según el esquema de operación dado en el punto 9.1.2.

Durante la titulación, se agita bien la mezcla para extraer completamente los ácidos libres, que se encuentran en la parte inmisible de la grasa. El color rosa debe permanecer durante un minuto.

Se calcula el índice de acidez en mililitros de hidróxido de potasio al 0.1 N, usado en la neutralización de los ácidos libres contenidos en un g de grasa, según la siguiente fórmula:

$$\text{Índice acidez} = \frac{A \times B \times C}{D}$$

Donde:

A = cantidad en mililitros del álcali hidróxido de potasio usada para la neutralización.

B = normalidad del álcali, o sea, 0.1 N.

C = peso equivalente del hidróxido de potasio, que es igual a 56.1.

D = peso de la muestra en gramos, o sea 20 gramos.

Entonces:

$$\text{Índice acidez} = \frac{A \times 0.1 \times 56.1}{20} = 0.2805 A$$

## 9.3. Índice de saponificación

El índice de saponificación es la cantidad de hidróxido de potasio necesaria para saponificar la grasa o el aceite. Mediante este índice se evalúa la pureza de la grasa o del aceite. Un índice elevado indica una alta pureza de la grasa. La saponificación se ejecuta mediante los siguientes pasos:

- Se introducen 5 g de grasa en un frasco Erlenmeyer de 200 ml.
- Con una pipeta se agregan 25 ml de una solución de hidróxido de potasio al 20%.
- Con la pipeta se agregan además 35 ml de alcohol al 96%.
- Se coloca un condensador de tubo en el frasco Erlenmeyer.

- Se conecta la entrada inferior del condensador al suministro de agua y se deja fluir ésta lentamente a través del tubo.
- La solución se lleva a ebullición durante 30 minutos.
- Cuando la solución se homogeneiza se completa la saponificación. Al suspender el calentamiento, las gotas de grasa no deben separarse.
- Se enfría la solución.

Después de la saponificación, se neutraliza el exceso de hidróxido de potasio mediante la titulación con una solución de ácido clorhídrico al 0.5 N, usando fenolftaleína como indicador del pH. Esta titulación se efectúa en forma similar al esquema de operación mencionado en el punto 9.1.2. Se calcula entonces la cantidad en mililitros del ácido clorhídrico al 0.5 N, utilizada para neutralizar el exceso de hidróxido de potasio de la saponificación.

Al mismo tiempo se realiza una prueba testigo similar a la de la saponificación, pero sin grasa:

- Con una pipeta se introduce 25 ml de una solución de hidróxido de potasio al 20% en un frasco Erlenmeyer de 200 ml.
- Con una pipeta se agrega 25 ml de alcohol al 96%.
- Se coloca un condensador de tubo en el frasco Erlenmeyer y se deja fluir el agua lentamente en el tubo.
- Se hierva la solución durante unos 30 minutos.
- Se enfría la solución.

Después se titula el hidróxido de potasio con una solución de ácido clorhídrico al 0.5 N. Así se efectúa el mismo tipo de análisis, pero sin grasa. Mediante la titulación se obtiene la cantidad en mililitros del ácido clorhídrico al 0.5 N utilizada para neutralizar todo el hidróxido de potasio.

El índice de saponificación se calcula ahora según la siguiente fórmula:

$$\text{Índice saponificación} = \frac{(A - B) \times C \times D}{E}$$

Donde:

- A = cantidad en mililitros del ácido clorhídrico utilizada en la prueba testigo sin grasa.
- B = cantidad en mililitros del ácido clorhídrico utilizada en la prueba con 5 gramos de grasa.
- C = normalidad del ácido clorhídrico, o sea 0.5 N.
- D = peso equivalente del álcali hidróxido de potasio, o sea, 56.1.
- E = peso de la muestra de grasa en gramos, en este caso 5 gramos.

El índice de saponificación determinado, según el análisis mencionado, será igual a:

$$\text{Índice saponificación} = (A - B) \times \frac{0.5 \times 56.1}{5} = 5.61 (A - B)$$

#### 9.4. Índice de yodo

El índice de yodo es la cantidad de yodo que se puede combinar con una cantidad de grasa. Este índice evalúa el grado de insaturación de la grasa. Cuanto mayor sea el índice, más ácidos grasos insaturados contendrá la grasa. Mediante el análisis se determina la cantidad en gramos de yodo que se combina con 100 gramos de grasa.

El análisis se realiza como sigue:

- Se introduce 0.1 g de aceite o grasa fundida en un frasco Erlenmeyer de 300 ml.
- Se agrega 15 ml de tetracloruro de carbono, en el que se disuelve la grasa.
- Con una pipeta se adiciona 25 ml de una solución de Wijs y se cierra el frasco con un tapón.
- Se mezcla bien el contenido y se deja reposar durante dos horas al abrigo de la luz.
- Luego, se adiciona 20 ml de una solución de yoduro de potasio al 10%, y 150 ml de agua destilada, mezclando el contenido lentamente.



La solución del reactivo Wijs contiene monoclóruo de yodo, que reacciona con los ácidos libres de la grasa. Por la adición del yoduro de potasio se libera el yodo del exceso de cloruro de yodo que no ha reaccionado con los ácidos libres de la grasa. La cantidad de yodo excesivo o libre se determina ahora mediante una titulación con una solución de tiosulfato y de almidón como indicador.

- Con una bureta se agrega, gota por gota, una solución de tiosulfato al 0.1 N hasta que aparece un color amarillo.
- Se adiciona 1 ml de una solución de almidón al 1%.
- Se agita la mezcla vigorosamente. El yodo libre en exceso da un color azul intenso con el almidón.
- Se sigue titulando con la solución de tiosulfato hasta que el color azul desaparece.

Después de la titulación de la prueba, se calcula la cantidad en mililitros de tiosulfato que se ha utilizado.

Al mismo tiempo, se debe efectuar una prueba testigo pero sin grasa, mediante las siguientes operaciones:

- Se introducen 15 ml de tetracloruro de carbono en un frasco Erlenmeyer de 300 ml.
- Con una pipeta se agregan 25 ml de la solución de Wijs. Se cierra el frasco con un tapón.
- Se mezcla bien el contenido y se deja reposar durante dos horas al abrigo de la luz.
- Se adiciona 20 ml de la solución de yoduro de potasio al 10% y 150 ml de agua destilada.

Igual que en el caso de la prueba con grasa, ahora se titula la prueba testigo sin grasa, siguiendo el mismo método, pero con el fin de determinar la cantidad total de yodo libre. Esta titulación da la cantidad en mililitros de tiosulfato utilizada para reaccionar con todo el yodo libre.

Conociendo ahora la cantidad de tiosulfato utilizada en la prueba, y la cantidad de tiosulfato utilizada en la prueba testigo sin grasa, se puede calcular el índice de yodo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{índice yodo} = \frac{(A - B) \times C \times D}{E}$$

donde:

A = cantidad en mililitros de tiosulfato usada en la prueba testigo sin grasa.

B = cantidad en mililitros de tiosulfato usada en la prueba con grasa.

C = normalidad de la solución de tiosulfato, o sea 0.1 N.

D = peso equivalente de yodo, que es de 126.9.

E = peso de la muestra de grasa, en este caso 0.1 g.

entonces:

$$\text{índice yodo} = \frac{(A - B) \times 0.1 \times 126.9}{0.1} = 126.9 (A - B)$$

## 9.5. Contenido proteínico

Las proteínas en productos alimenticios contienen aproximadamente 16% de nitrógeno. Para analizar el contenido de proteínas se determina el contenido de nitrógeno. Al multiplicar la cantidad de nitrógeno por 100/16, o sea por el factor 6.25, se obtiene la cantidad de proteínas en el producto.

El análisis para determinar el contenido de nitrógeno de la muestra consta de 3 operaciones:

- La digestión u oxidación de la materia orgánica.
- La destilación de la masa oxidada para desprender el amoníaco que se condensa en una solución ácida.
- La titulación de esta solución para determinar el contenido de nitrógeno.

El equipo para la digestión de la muestra se llama equipo Kjeldahl y consta de lo siguiente:

- (1) Calentadores de manto.
- (2) Botones para regular la temperatura.
- (3) Matraz Kjeldahl.
- (4) Tapón de hule o de corcho.
- (5) Manguera.
- (6) Tubo de extracción de gases.
- (7) Llave de agua.
- (8) Bomba de succión para provocar el vacío.
- (9) Salida de agua.

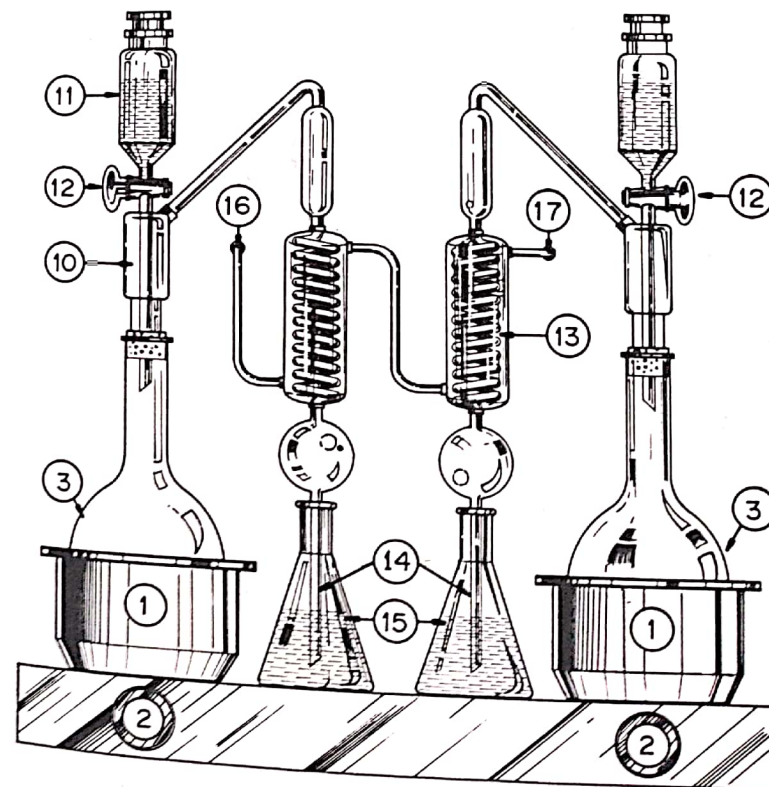
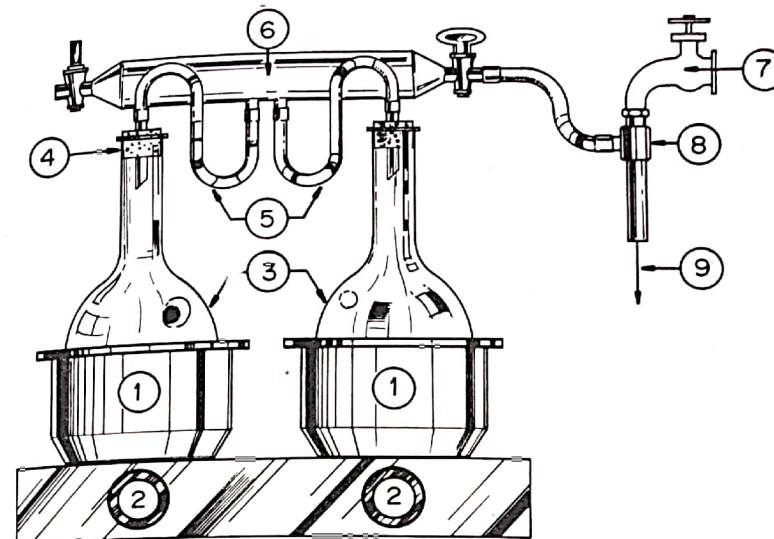
El equipo para la destilación de la masa oxidada consta de lo siguiente:

- (10) Extensión para conectar el embudo de separación y para desviar los vapores.
- (11) Embudo de separación.
- (12) Llave del embudo de separación.
- (13) Condensador.
- (14) Salida alargada del condensador, que debe terminar abajo del nivel del ácido.
- (15) Frasco Erlenmeyer.
- (16) Entrada del agua refrigerante.
- (17) Salida del agua refrigerante.

Ambos equipos deben estar conectados a un extractor de vapores.

El análisis se efectúa por duplicado mediante los siguientes pasos:

- Se pesa un gramo de la muestra en papel filtro previamente tarado.
- La muestra se envuelve en este papel.
- Se introduce el conjunto en el matraz Kjeldahl.
- Se añaden: 2 g de sulfato de cobre, 10 g de sulfato de sodio anhidro, 25 ml de ácido sulfúrico concentrado y algunas perlas de vidrio para evitar proyecciones durante el calentamiento.





- Se calienta la masa, al principio suavemente, después a una temperatura de 100 °C.
- Se pone en marcha la bomba extractora de gases.
- Se deja oxidar la masa por una hora aproximadamente. El color de la masa puede pasar de negro a azul, a verde, o quedar incolora.
- La masa se deja enfriar.
- Se añaden 200 ml de agua destilada y 6 gránulos de cinc metálico como catalizador.
- Se añade un poco de aceite de parafina como antiespumante.
- Se tapa el matraz con un tapón horadado.
- Se introduce la extensión en el orificio para conectar el matraz al condensador y al embudo de separación.
- Se toma un frasco Erlenmeyer de 500 ml. En él se vierten 50 ml de ácido bórico al 4% y unas gotas de rojo de metilo como indicador.
- Se introduce el tubo de salida del condensador en el frasco Erlenmeyer de tal manera que la salida quede en el ácido bórico.
- Se pone una solución de hidróxido de sodio al 40% en el embudo de separación.
- Se coloca el embudo de separación con hidróxido de sodio en la extensión.
- Se deja circular el agua refrigerante en el condensador.
- Se adiciona sosa a la masa hasta que se forme un precipitado de color negro.
- Se calienta la masa y se deja hervir.
- Se destila hasta que haya pasado el amoníaco, es decir, hasta que queden aproximadamente 300 ml. El color del destilado debe ser amarillo.
- Se toma una gota del destilado y se coloca ésta sobre papel tornasol rojo. Esto se hace para constatar si todo el amoníaco ha pasado. Si el papel no cambia de color, se termina la destilación.

Se titula con una solución de ácido clorhídrico al 0.1 N. El destilado es amarillo. La titulación se termina en el momento en que el color cambie a rojo.

Conociendo la cantidad del ácido clorhídrico utilizada en la titulación, se puede calcular el porcentaje de nitrógeno mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ nitrógeno} = \frac{A \times B \times C}{1\,000} \times 100$$

Donde:

A = cantidad en mililitros de ácido clorhídrico usada en la titulación.

B = normalidad del ácido clorhídrico, o sea, 0.1 N.

C = peso equivalente del nitrógeno, o sea, 14.

Si se toman los valores para B y C, resulta que el porcentaje de nitrógeno es igual a 0.14 A%. Si se multiplica este porcentaje por el factor 6.25, se obtendrá el porcentaje proteínico:

$$\% \text{ proteínas} = 6.25 \times 0.14 = 0.8750 A$$

Donde:

A = cantidad en mililitros de ácido clorhídrico utilizada en la titulación.

## 9.6. Contenido de cloruros

En concentraciones adecuadas, el cloruro de sodio ejerce una acción conservadora en los productos alimenticios. Sin embargo, un contenido de éste más alto que lo normal en la leche, por ejemplo, indica la enfermedad de mastitis en las vacas.

Para determinar el contenido de cloruros se utiliza el método de Volhard y otro llamado rápido. El método de Volhard se efectúa como sigue:

- En una estufa se incineran 10 g de la muestra.
- Se dejan enfriar las cenizas. Luego, se vacían en un frasco volumétrico de 100 ml. Las cápsulas se lavan con agua destilada.
- Se completa el volumen con agua destilada hasta alcanzar 100 ml.
- Se agita la solución.
- Con una pipeta se toman 25 ml de la solución y se introducen en un frasco Erlenmeyer de 125 ml.

- Se adicionan 5 ml de ácido nítrico al 30%.
- Con una bureta se agrega solución de nitrato de plata al 0.1 N hasta que no se formen más precipitados. Se gira el frasco con la solución para favorecer la conglomeración.
- Se calcula el volumen de nitrato de plata utilizado.
- Se agregan 2 ml de nitrobenzono para prevenir la redisolución del nitrato de plata.

La solución del nitrato de plata reacciona con el halógeno de la muestra. El exceso de éste se determina mediante titulación con una solución de sulfocianuro de potasio, en presencia de alumbre férrico amónico como indicador. Los pasos son los siguientes:

- Se agrega un ml de una solución saturada del indicador de alumbre férrico amónico.
- Con una bureta se adiciona, gota por gota, una solución de sulfocianuro al 0.1 N, hasta que aparezca un color café-rojizo, que indica que la titulación se ha terminado.
- Se anota la cantidad, en mililitros, de sulfocianuro que se ha utilizado en la reacción, junto con el exceso de nitrato de plata.

El análisis proporciona la cantidad en mililitros de nitrato de plata que se ha agregado. De la titulación se obtiene la cantidad, en mililitros, de sulfocianuro requerida para que reaccione con el exceso de nitrato de plata. Con estos datos, ya se puede calcular el contenido de cloruro en la muestra.

La muestra era de 10 g, pero después de la adición de agua destilada, se han tomado sólo 25 ml de la solución de 100 ml con las cenizas y el agua. Por lo tanto, el peso de la muestra para el cálculo será de 2.5 g.

El porcentaje de peso de los cloruros del producto se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cloruros} = \frac{(A - B) \times C \times D}{E} \times 100$$

Donde:

- $A$  = cantidad en mililitros de nitrato de plata utilizada en el análisis.
- $B$  = cantidad en mililitros de sulfocianuro utilizada para la reacción con el exceso de nitrato de plata.
- $C$  = normalidad de las soluciones de nitrato de plata y de sulfocianuro, la cual es de 0.1 N en ambos casos.
- $D$  = peso equivalente de cloruros, o sea, 35.5
- $E$  = peso de la muestra en miligramos. El peso era de 2.5 g, o sea, de 2 500 miligramos.

$$\% \text{ cloruros} = \frac{(A - B) \times 0.1 \times 35.5}{2\,500} \times 100 = 0.1420 (A - B)$$

Productos tales como conservas de tomate no se incineran. En este caso, se homogeneiza 10 g de la muestra con agua destilada y se prepara la muestra para la prueba, de la siguiente manera:

- Se introducen los 10 g de la muestra homogeneizada con agua destilada en un frasco volumétrico de 200 ml. Se lava el frasco de la licuadora con agua destilada.
- Se completa el volumen de la solución con agua destilada hasta 200 ml.
- Se filtra la mezcla y se toman 20 ml del filtrado. Estos 20 ml corresponden a 1 gramo de la muestra original.

Después se determina el porcentaje de cloruros según el método de Volhard, antes mencionado.

El método rápido se emplea principalmente para determinar el contenido de cloruros en salmueras. El análisis se efectúa como sigue:

- Se incineran 10 g de la muestra. Las cenizas se mezclan con agua destilada y se vierten en un frasco Erlenmeyer.
- La cápsula se lava con agua destilada.
- Se agregan 2 ml de una solución de cromato de potasio al 5% como indicador.



- La mezcla se titula con una solución de nitrato de plata al 0.1 N, hasta que persista durante 30 segundos un color anaranjado-café.
- Se calcula la cantidad, en mililitros, de nitrato de plata utilizada en la titulación.

El contenido de cloruro sódico se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cloruro sódico} = \frac{A \times B \times C}{10\,000} \times 100 = 0.0585 A$$

Donde:

$A$  = cantidad, en mililitros, de nitrato de plata.  
 $B$  = normalidad del nitrato de plata, o sea, 0.1 N.  
 $C$  = peso equivalente de cloruro sódico, 58.5.

### 9.7. Determinación del azúcar invertido

Una cocción demasiado prolongada en la elaboración de productos como mermelada y jalea da como resultado la transformación de la sacarosa en azúcar invertido. Para controlar la elaboración y asegurar una calidad uniforme, con frecuencia se analiza el porcentaje de azúcar invertido. Para este análisis se emplea el reactivo Fehling.

El reactivo Fehling se compone de dos soluciones conocidas como *Fehling A* y *Fehling B*. La solución *A* consiste en 69.28 g de sulfato cúprico por litro de agua destilada. La *B* consiste en 346 g de sal de Rochelle y 130 g de hidróxido de sodio por litro de agua destilada. Estas dos soluciones se combinan para formar el reactivo poco antes del análisis. Las soluciones se deben guardar en forma separada.

Al combinar las soluciones *A* y *B*, se obtiene un reactivo de color azul intenso. Este reactivo se titula con una solución del producto. El azúcar invertido del producto hace cambiar el color del reactivo del azul intenso a un color rojo sucio, formando un precipitado de este color.

La solución del producto se prepara como sigue:

- Se pesan 50 g del producto.
- Se desmenuza la muestra en un mortero de vidrio. Se añaden 100 ml de agua destilada. El producto debe quedar suspendido en el agua.
- La suspensión se pasa a un frasco volumétrico de 250 ml. El mortero se enjuaga con agua destilada y ésta se vierte en el frasco.
- Se completa el volumen hasta 250 ml de agua destilada.
- Se vierte el contenido a un vaso de precipitados, el cual debe estar seco y limpio.
- Se somete a ebullición y se deja enfriar hasta 15 °C.
- La solución se devuelve al frasco volumétrico y se completa el volumen nuevamente hasta 250 ml con agua destilada.
- Se filtra la solución.
- Con una pipeta, se introducen 25 ml del filtrado en otro frasco volumétrico de 250 ml.
- Se vuelve a completar el volumen hasta 250 ml con agua destilada.

Debido a que se toman 25 ml del filtrado de 250 ml, el frasco contiene una décima parte de la muestra original, o sea 5 g. Como se completó el volumen nuevamente hasta 250 ml, por lo tanto, los 250 ml contienen 5 g de la muestra. La solución entonces, es de 2%.

El análisis se efectúa mediante las siguientes operaciones:

- Con una pipeta se toman 25 ml de la solución Fehling *A* y se vierte en un frasco. Con otra pipeta se añaden 25 ml de la solución Fehling *B* y se obtienen 50 ml del reactivo de color azul intenso.
- Con una pipeta se introducen 25 ml del reactivo azul en un frasco Erlenmeyer de 100 ml.
- Se coloca el frasco en un calentador o mechero Bunsen.
- Se llena una bureta con la solución al 2% del producto.
- Se añaden 10 ml de la solución del producto al reactivo Fehling.
- Se lleva el reactivo con la solución del producto a ebullición.
- Cuando hierva, se adiciona lentamente más solución del producto hasta que el color azul del reactivo se aclare.
- Se añaden tres gotas de una solución acuosa de azul de metileno al 1%.



- Se continúa la titulación, gota por gota, mientras que el reactivo está hirviendo.
- Cuando el color se vuelve rojo sucio, se termina la titulación.
- Se toma la lectura de la cantidad en mililitros de la solución del producto utilizada.

En la siguiente tabla aparece el porcentaje de peso del azúcar invertido del producto, de acuerdo con la cantidad en mililitros de la solución al 2% del producto que se utilizó en la titulación.

| <i>Solución al 2%</i> | <i>Azúcar invertido</i> | <i>Solución al 2%</i> | <i>Azúcar invertido</i> |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 15 ml                 | 40.8%                   | 33 ml                 | 18.1%                   |
| 16 ml                 | 40.8%                   | 34 ml                 | 18.1%                   |
| 18 ml                 | 36.0%                   | 35 ml                 | 17.6%                   |
| 18 ml                 | 34.0%                   | 36 ml                 | 17.1%                   |
| 19 ml                 | 32.3%                   | 37 ml                 | 16.7%                   |
| 20 ml                 | 30.7%                   | 38 ml                 | 16.2%                   |
| 21 ml                 | 29.2%                   | 30 ml                 | 15.8%                   |
| 22 ml                 | 27.9%                   | 40 ml                 | 15.4%                   |
| 23 ml                 | 26.7%                   | 41 ml                 | 15.0%                   |
| 24 ml                 | 25.6%                   | 42 ml                 | 14.7%                   |
| 25 ml                 | 24.6%                   | 43 ml                 | 14.3%                   |
| 26 ml                 | 23.7%                   | 44 ml                 | 14.0%                   |
| 27 ml                 | 22.8%                   | 46 ml                 | 13.4%                   |
| 28 ml                 | 21.9%                   | 47 ml                 | 13.1%                   |
| 29 ml                 | 21.2%                   | 48 ml                 | 12.9%                   |
| 30 ml                 | 20.5%                   | 49 ml                 | 12.6%                   |
| 31 ml                 | 19.9%                   | 50 ml                 | 12.3%                   |
| 32 ml                 | 19.2%                   | 50 ml                 | 12.3%                   |

### 9.8. Determinación de pectina

Para determinar la pectina, se separa ésta de la muestra en forma de pectato cálcico. El contenido de pectina de los productos se expresa como *el porcentaje de peso de pectato cálcico*.

El análisis se efectúa por duplicado. Éste consta de la preparación de la solución del producto y de la separación del pectato cálcico. La preparación de la solución del producto se realiza como sigue:

- Se pesan 50 gramos de la muestra molida en un vaso de precipitado de 800 ml.
- Se añaden 400 ml de agua destilada.
- Se deja hervir la muestra durante una hora.
- Se transfiere el contenido a un frasco volumétrico de 2 000 ml y se agrega agua destilada hasta completar 2 000 ml.
- La mezcla se agita bien y se filtra.
- Con una pipeta se introducen 100 ml, del filtrado de los 2 000 ml, en un vaso de precipitado de 800 ml.

Estos 100 ml de filtrado contienen  $100/2\ 000$ , o sea  $1/20$  de la muestra original de 50 gramos. Por lo tanto, los 100 ml de filtrado contienen  $1/20 \times 50$ , o sea 2.5 gramos de la muestra.

La separación del pectato cálcico de los 100 ml del filtrado de la muestra de 2.5 gramos, se hace como sigue:

- Se añaden 300 ml de agua destilada.
- Mientras se agita el contenido del vaso del precipitado, se añaden 10 ml de hidróxido de sodio al 1 N.
- La solución se deja reposar durante doce horas.
- Se agregan 50 ml de ácido acético al 1 N.
- Se agita el contenido y se deja reposar éste durante cinco minutos.
- Se adicionan 25 ml de cloruro cálcico al 1 N.
- Se agita y luego se deja en reposo durante un minuto.
- Se filtra la solución a través de un papel filtro de 15 mm de diámetro, previamente secado y pesado.
- Se seca el filtro con el precipitado en un horno a  $100\ ^\circ\text{C}$  durante doce horas.
- Se enfría el filtro con el precipitado en un desecador y luego se pesa. En el pesado se deduce el peso del papel filtro y se obtiene el peso en gramos del precipitado de pectato cálcico.



Mediante la siguiente fórmula se calcula el porcentaje de pectato cálcico del producto:

$$\% \text{ pectato cálcico} = \frac{A}{B} \times 100 = 40 A$$

donde:

$A$  = peso en gramos del precipitado.

$B$  = peso en gramos de la muestra, o sea 2.5 gramos.

### 9.9. Evaluación del escaldado

Antes de su congelación, las hortalizas se someten a un tratamiento de calor para inactivar las enzimas. La efectividad del escaldado se determina mediante una prueba que evalúa la actividad de la enzima peroxidasa. La actividad de esta enzima se observa en presencia de guayacol y agua oxigenada. Ambas sustancias hacen que la peroxidasa tome un color rojo-café oscuro.

Para el control del escaldado de una carga de hortalizas, se toma una muestra de las partes que sean más difíciles de calentar.

Por eso, la muestra se prepara, según la clase de hortalizas, como sigue:

- Hortalizas de hoja, como la espinaca. Se cortan partes de 2.5 cm de las nervaduras en la base de la hoja.
- Espárragos. Se eliminan 2 cm de la parte superior. La yema se corta longitudinalmente.
- Coliflor y brócoli. Se toma la nervadura central. Ésta se corta longitudinalmente.
- Ejote. Se cortan secciones de 1.5 cm en forma longitudinal.
- Chícharos y otras semillas de hortalizas. Cada semilla se corta en mitades.

Para la prueba se requiere una solución al 1% de guayacol y agua oxigenada, también al 1%. La solución de guayacol se obtiene disolviendo 1 gramo de guayacol en 50 ml de alcohol etílico.

Se completa el volumen hasta 100 ml con agua destilada. Para obtener agua oxigenada al 1%, se diluye el agua oxigenada comercial al 3% con dos partes de agua destilada. Una vez que se tiene disponible las soluciones de guayacol y agua oxigenada, se procede al análisis de la muestra preparada.

En el análisis se siguen los siguientes pasos:

- Se deposita el material cortado en un mortero de porcelana.
- Se adicionan 5 ml de la solución de guayacol al 1%, cubriendo el material cortado.
- Se adicionan 5 ml de agua oxigenada.
- Después de tres minutos, se controla el desarrollo del color en las superficies cortadas y en la solución.

La efectividad del escaldado se mide, según el color que se ha desarrollado, como sigue.

| Color                                                                 | Reacción        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Ningún cambio                                                         | Negativa        |
| Manchas rojas en menos del 25% de la superficie del material cortado  | Poco indicativa |
| Manchas rojas en más del 25% de la superficie del material cortado    | Positiva tenue  |
| Coloración rojo-café oscura en la superficie cortada y en la solución | Positiva        |

En el caso de una reacción positiva, las enzimas no han sido inactivadas. Esto quiere decir que el tiempo del escaldado no ha sido suficiente.

### 9.10. Extracto graso

El extracto graso es el porcentaje de peso del extracto de grasa de productos alimenticios sólidos, con excepción de los productos lácteos.

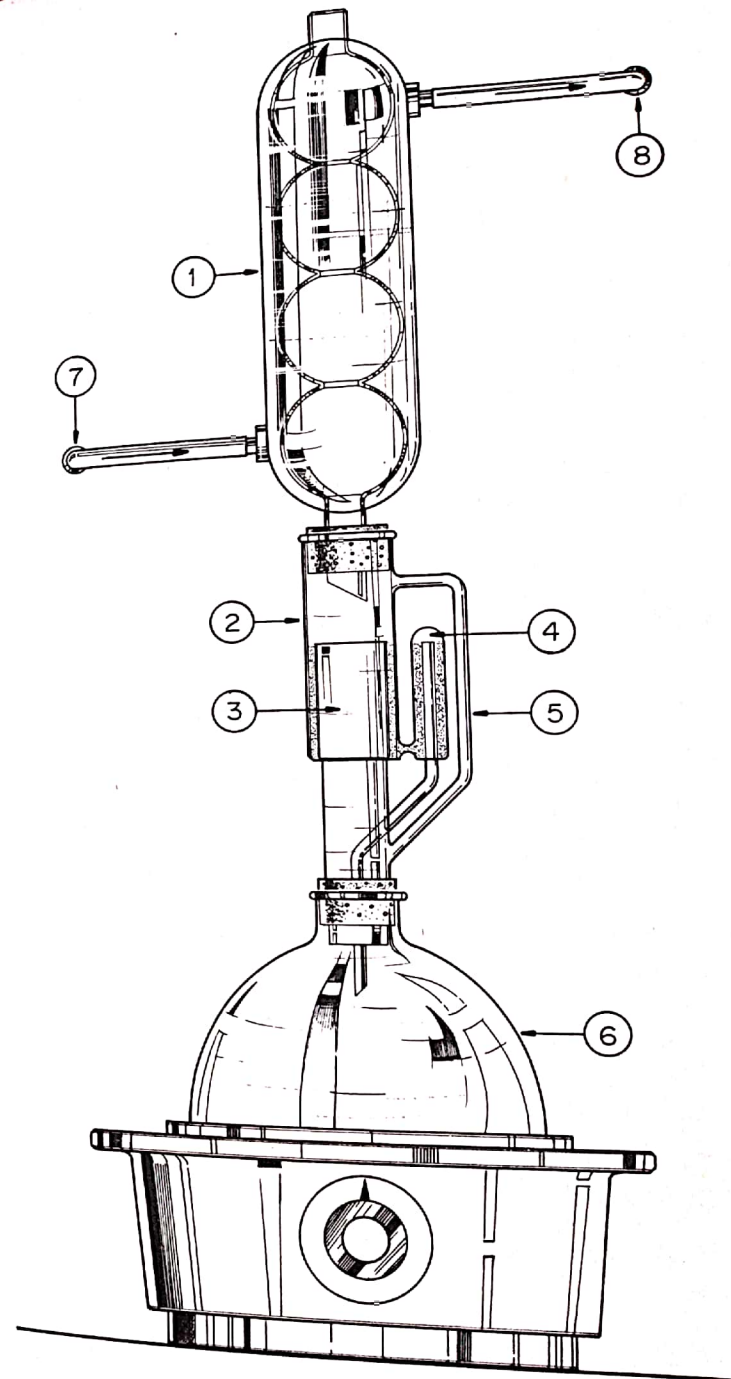
Para la extracción de la grasa del producto, se utiliza un equipo Sohlet de la siguiente construcción.

- (1) Condensador tipo Sohlet.
- (2) Extractor tipo Sohlet.
- (3) Cartucho para la muestra.
- (4) Desborde por donde el éter con grasa refluye al matraz.
- (5) Desviación para los vapores de éter.
- (6) Calentador de manto.
- (7) Entrada de agua refrigerante.
- (8) Salida del agua.

El análisis del extracto graso se efectúa mediante una operación de extracción de la grasa con éter etílico anhidro. El éter es extremadamente inflamable. Por lo tanto, el análisis se efectúa en un extractor de gases.

El análisis se efectúa mediante las siguientes operaciones:

- Se colocan 2 g de la muestra en el cartucho. La muestra se tapa con un pedazo de algodón.
- El cartucho con la muestra se coloca dentro del extractor. Se pesa el matraz. Se compone el equipo.
- Se conecta la tubería del agua.
- Se introduce éter anhidro por el extremo superior del condensador en una cantidad igual a tres veces el volumen del extractor.
- En el matraz, se calienta el éter. Los vapores de éste suben a través de la desviación al condensador. Allí, los vapores se condensan.
- Se regula la temperatura de tal forma que se obtenga una frecuencia de dos gotas de éter condensado por segundo.
- Se deja gotear el éter condensado sobre la muestra durante seis horas aproximadamente, para extraer la grasa del producto.
- Durante la extracción, el éter con grasa se desborda y refluye al matraz, en donde se acumula la grasa extraída.
- Después de la extracción se suspende el calentamiento y se enfría el conjunto y se quita el extractor del matraz.



9.10 EXTRACTO GRASO



- Se deja caer una gota de la solución de éter sobre un papel filtro. El éter se evapora. Si se observa una mancha de grasa, se debe continuar la extracción.
- Cuando el éter en el extractor es incoloro, significará que éste ya no tiene grasa. En este momento, se elimina el éter en el matraz por destilación suave.

El matraz con el residuo se introduce ahora a una estufa a 75 °C hasta que el peso sea constante.

El porcentaje del peso de la grasa se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ extracto graso} = \frac{A}{B} \times 100 = 50 A$$

donde:

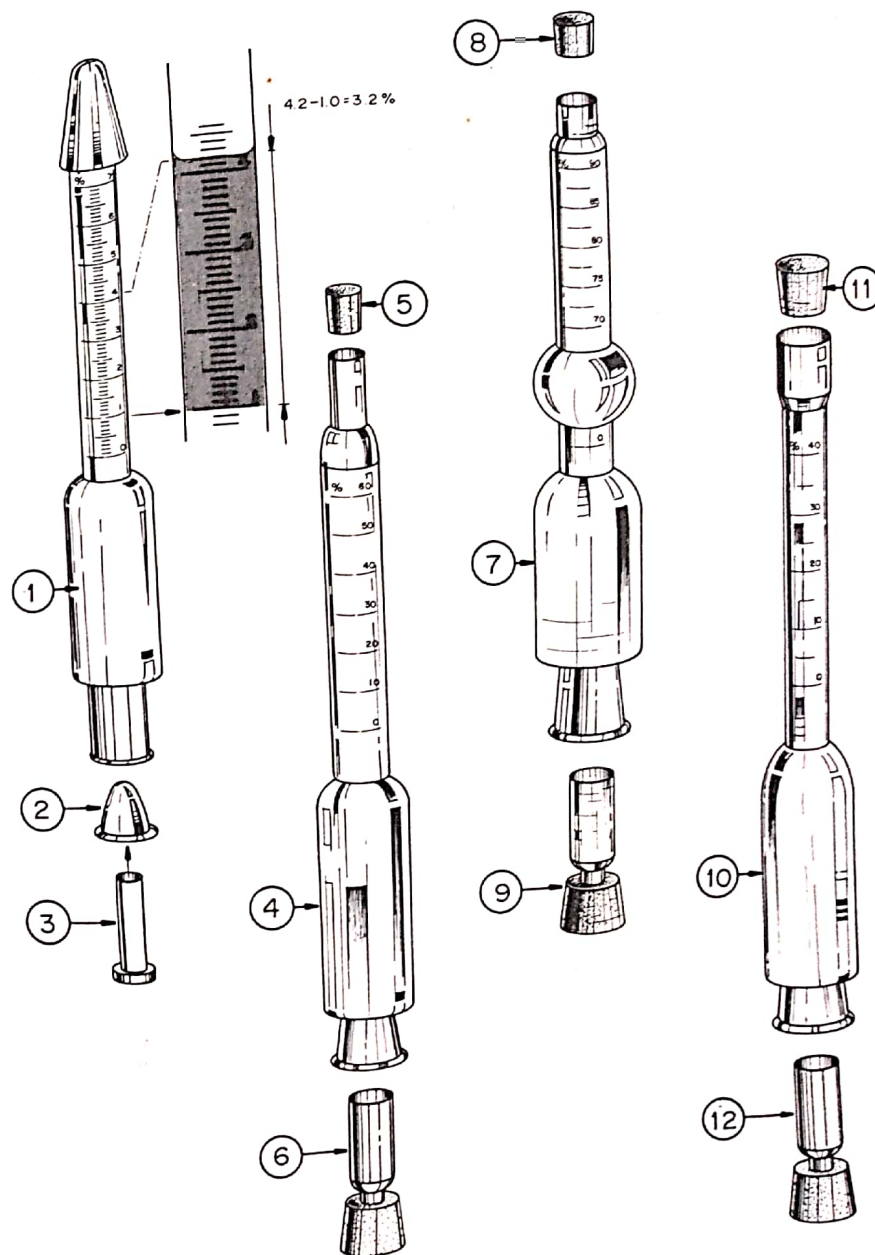
A = peso en gramos del residuo.

B = peso en gramos de la muestra, que es de 2 g. Por eso, se puede decir que el extracto graso es igual a 50 A%.

### 9.11. Contenido graso en productos lácteos

Para determinar el contenido graso de los productos lácteos se emplean diferentes tipos de butirómetros:

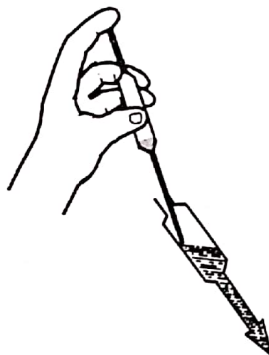
- (1) Butirómetro para leche con escala de 0 a 7%.
- (2) Tapón flexible.
- (3) Empuja-tapones para subir la columna de grasa y facilitar la lectura.
- (4) Butirómetro para crema con escala de 0 a 60%.
- (5) Tapón superior.
- (6) Tapón inferior con vasito para depositar la crema.
- (7) Butirómetro para mantequilla con escala de 0 a 90%.
- (8) Tapón superior.
- (9) Tapón inferior con vasito para depositar la mantequilla.
- (10) Butirómetro para queso con escala de 0 a 40%.
- (11) Tapón superior.
- (12) Tapón inferior con vasito para el queso.



9.11. CONTENIDO GRASO EN PRODUCTOS LÁCTEOS 81

Para determinar el contenido graso de los productos lácteos se emplea con frecuencia el método Gerber. El principio del análisis del contenido graso, según este método, comprende la separación de la grasa de su fase acuosa mediante la centrifugación, luego de haber añadido ácido sulfúrico a la leche. El análisis se efectúa mediante las siguientes operaciones:

- Con una pipeta se introducen en el butirómetro 10 ml de ácido sulfúrico.
- Se añaden lentamente 11 ml de leche, que se dejan resbalar por un costado del butirómetro con la pipeta inclinada a 45°.
- Se adiciona 1 ml de alcohol isoamílico y se tapa.
- Se envuelve el butirómetro en un paño humedecido; la muestra se calienta hasta 85 °C.



- Se mezcla el contenido mediante la inversión del butirómetro hasta la disolución del coágulo.
- Se calienta el butirómetro en un baño María a 65 °C durante 10 minutos. Ahora ya está listo para su centrifugación.

El butirómetro se coloca en una centrífuga con los tapones hacia abajo. La centrífuga mantiene una temperatura de 65 °C. Se centrifuga durante 5 min a 2 000 rpm. Después se calienta el butirómetro en un baño María a 65 °C.

La lectura se toma de la forma siguiente:

- Con el tapón hacia abajo y con el empuja-tapones, se levanta o baja el nivel inferior de la columna de grasa hasta coincidir con una de las divisiones mayores de la escala.
- Se toma la lectura del contenido graso. Ésta se obtiene de la diferencia entre la parte inferior del menisco superior de la columna de grasa y la interfase de la grasa con la fase acuosa.

La leche descremada y el suero se tratan de la misma manera que la leche entera, pero se usa un butirómetro con una escala de 0 a 1%. El yogurt se trata también igual. En el caso del yogurt se toman 11.25 g en lugar de 11 ml.

Para analizar el contenido graso de la crema se usa el butirómetro especial. Se colocan 5 g de crema en el vasito. Se agregan 5 ml de agua destilada. Luego de taparlo, se añade por la parte superior del butirómetro 10 ml de ácido sulfúrico y 1 ml de alcohol isoamílico. Las operaciones son iguales que para determinar el contenido graso de la leche.

Para los análisis del contenido graso de la mantequilla y el queso se siguen sistemas diferentes de trabajo.

Para el análisis de la mantequilla se emplea el butirómetro para mantequilla. Las operaciones son las siguientes:

- Se colocan 5 g de la muestra en el vasito del tapón inferior. El tapón se mete en el butirómetro.
- Por el orificio se añade ácido sulfúrico con una densidad de 1.530 hasta la marca 0 y se tapa.
- Se calienta el butirómetro en un baño María a 65 °C durante 30 minutos. La masa se agita tres veces.
- Se agita el conjunto vigorosamente.
- Se agrega 1 ml de alcohol isoamílico y se agita otra vez.
- Se llena el butirómetro con ácido sulfúrico hasta que la grasa de la columna lleve a la marca 0.
- Se vuelve a calentar el butirómetro en un baño María a 65 °C durante dos minutos.
- Se centrifuga durante 10 minutos a 1 200 rpm.
- Se calienta de nuevo el butirómetro en baño María a 65 °C durante 10 minutos.
- Se toma la lectura llevando la base de la columna de grasa a la marca 0, por medio del tapón inferior.

Para el análisis de queso se utiliza el butirómetro de queso. Se procede como sigue:

- Se colocan 3 g de queso en el vasito del tapón inferior. Se introduce el tapón en el butirómetro.



- Por la abertura superior se adiciona ácido sulfúrico de una densidad de 1.530, hasta que el queso quede cubierto.
- Se tapa la abertura.
- Se calienta el butirómetro a baño María a 65 °C durante 30 minutos.
- Se agita tres veces.
- Se agrega 1 ml de alcohol isoamílico y se agita otra vez.
- Se añade, tanto ácido sulfúrico hasta que el volumen llegue aproximadamente a las tres cuartas partes de la columna graduada.
- Después de tapar el butirómetro, se calienta en un baño María a 65 °C durante 5 minutos.
- Se centrifuga durante 10 minutos a 1 200 rpm.
- Se introduce el butirómetro en baño María a 65 °C durante 10 minutos.
- Se toma la lectura como en el caso de la mantequilla.

### 9.12. Prueba del alcohol en la leche

La prueba del alcohol en la leche es un método práctico para evaluar la estabilidad de la leche al calor. Este método se basa en el hecho de que el alcohol afecta las proteínas de la leche deshidratándolas y desnaturalizándolas.

Las leches normales son estables al alcohol y al calor. Sin embargo, la leche acidificada y con un balance salino incorrecto es inestable al calor y al alcohol. Esta prueba se debe efectuar tan pronto la leche llegue a la fábrica. El procedimiento es el siguiente:

- En un tubo se mezcla un volumen de leche con otro igual de alcohol etílico al 68%.
- El tubo se invierte dos veces.
- La temperatura de trabajo deberá ser de 20 °C aproximadamente.

Si presenta grumos significará que la leche no es adecuada para procesarla.

La prueba del alcohol en la leche sirve también para descubrir si la leche proviene de vacas con mastitis. En este caso, la leche también presentará grumos al mezclarla con el alcohol.

### 9.13. Control de pasteurización de la leche

La pasteurización de la leche se controla mediante la prueba de la inactivación de la enzima fosfatasa. Una leche correctamente pasteurizada debe presentar una prueba de fosfatasa negativa.

Para la prueba de la fosfatasa se emplea el reactivo Lactognost. Éste se compone de tres tipos de elementos:

- **Lactognost I:** Comprende éster fenílico del ácido fosfórico.
- **Lactognost II:** Es un reactivo fenólico muy sensible con un medio presuntivo.
- **Lactognost III:** Es un polvo inerte mezclado con un colorante sensible al fenol.

Este reactivo se puede conseguir en el comercio. La prueba de la fosfatasa se hace de la siguiente manera:

- En dos tubos de ensaye se colocan 10 ml de agua destilada de cada uno de ellos.
- Se eleva la temperatura de los dos tubos a 40 °C.
- Se introduce en cada tubo una pastilla de **Lactognost I** y otra de **Lactognost II**.
- Se giran los tubos con el líquido para que las pastillas se disuelvan. Las pastillas se pueden disolver meneando el líquido con un afilador de vidrio.
- Se añade con una pipeta un ml de la leche a uno de los tubos en los que se va a analizar ésta.
- Se agrega 1 ml de leche pasteurizada a 80 °C, al otro tubo de ensaye.
- Se les agrega a los dos tubos una cucharadita de polvo **Lactognost III**.
- Se agitan los tubos para mezclar bien las sustancias.
- Se dejan reposar los tubos a la temperatura ambiente durante 10 minutos.

- Se vuelven a mezclar las sustancias con el afilador o girando los tubos.
- Se dejan reposar los tubos durante 3 minutos.
- Se compara el color de los dos tubos.

Los resultados se evalúan según la coloración de las sustancias como sigue:

|                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| Coloración gris-café    | prueba negativa           |
| Coloración azul pálida  | prueba levemente positiva |
| Coloración azul intensa | prueba positiva           |

#### 9.14. Determinación de la lactosa

La determinación de la lactosa se efectúa para descubrir si la leche ha sido adulterada con agua, o si ésta proviene de vacas enfermas de mastitis. La prueba consiste en la titulación de una solución de leche con el reactivo *Fehling A* y el *Fehling B*.

Las soluciones del reactivo Fehling se preparan de la misma forma que para determinar el azúcar invertido. Para obtener la solución estándar de lactosa se disuelven 10 gramos de lactosa anhidra pura en un litro de solución acuosa al 2% de ácido benzoico.

Antes de la titulación, se tiene que sacar la cantidad de lactosa en gramos equivalente a 1 ml de solución de Fehling mediante las siguientes operaciones.

- Con una pipeta se vierten 5 ml de la solución *Fehling A* y 5 ml de la solución *Fehling B* en un frasco Erlenmeyer de 250 ml.
- La solución se lleva a ebullición.
- Luego, la solución se titula con la solución estándar de lactosa con el azul de metileno como indicador.

Después de determinar la cantidad de lactosa en miligramos por cada ml del reactivo Fehling, se procede a la titulación del mismo con una solución de la leche por analizar. Esto se lleva a cabo de la siguiente forma:

- Con una pipeta se vierten 5 ml de leche en un frasco volumétrico.
- Se añaden 80 ml de agua destilada.
- Luego, se añaden 2 ml de solución de *Fehling A* y 7 ml de hidróxido de sodio al 0.1 N.
- Se agrega agua destilada hasta completar 100 ml.
- El conjunto se mezcla enérgicamente.
- Se filtra la solución para eliminar las proteínas.
- Si el primer filtrado no es muy claro, se efectúa un segundo filtrado.
- Se coloca el filtrado en una bureta.
- Con una pipeta, se introducen 5 ml de la solución *Fehling A* en un frasco Erlenmeyer.
- Con otra pipeta se introducen 5 ml de la solución *Fehling B* en el mismo Erlenmeyer.
- Del filtrado que está en la bureta, se introducen 15 ml al Erlenmeyer con el reactivo Fehling.
- El conjunto se lleva a ebullición moderada durante 2 minutos.
- Se agregan 4 gotas de azul de metileno.
- Se sigue añadiendo filtrado hasta que el indicador se decolore. Cada mililitro de filtrado corresponde a 0.05 ml de leche.

El porcentaje de lactosa se puede ahora calcular mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de lactosa} = \frac{A \times B}{C \times D \times E} \times 100$$



donde:

- $A$  = cantidad en mililitros del reactivo Fehling.  
 $B$  = equivalente de lactosa de 1 ml de Fehling.  
 $C$  = cantidad de leche que corresponde a 1 ml del filtrado,  
o sea 0.05 ml de leche.  
 $D$  = cantidad en mililitros del filtrado.  
 $E$  = densidad de la leche.

La densidad de la leche se mide con un densímetro, como se mencionó en el capítulo 6, punto 6.5.

## 10. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Los análisis microbiológicos son importantes en el control de calidad para detectar microorganismos, que pueden ser patógenos o no patógenos. Los análisis microbiológicos incluyen los siguientes:

- Análisis rutinarios, para controlar el proceso de elaboración.
- Análisis para detectar el grado de frescura de la materia prima.
- Análisis para investigar causas de descomposición del producto.
- Análisis de productos sospechosos de producir intoxicaciones.

Los análisis microbiológicos incluyen la cuenta total de microorganismos, la cuenta de mohos y levaduras, la determinación de colibacterias, la determinación de estreptococos y la determinación de *Salmonella* y *Shigella*.

Los análisis deben llevarse a cabo bajo la vigilancia de técnicos en la materia. No obstante lo anterior, aquí se dan algunas recomendaciones al realizar los análisis microbiológicos.

- Las muestras se toman con instrumentos esterilizados.
- Debe evitarse la contaminación por polvo y saliva.
- Las muestras no deben entrar en contacto con detergentes y desinfectantes que afecten la viabilidad de los microorganismos.
- Los envases deben etiquetarse con la información que influya en la interpretación de los análisis, como los conservadores y las condiciones de conservación.

Debido a que los microorganismos se multiplican con rapidez, es necesario iniciar los análisis tan pronto como se tengan las muestras. Si esto no es posible, las muestras se deben conservar congeladas.

Los análisis siguen una cierta secuencia. Primero se hace una solución de la muestra. Luego, se inicia la prueba cuantitativa, que consiste en hacer diluciones de la muestra y la siembra de éstas en medio de cultivo. Después se inicia la prueba determinativa que utiliza medios de cultivo selectivos en donde puedan crecer ciertas clases de microorganismos. Se someten las colonias aisladas a reacciones bioquímicas para clasificar el organismo.

Las colonias aisladas de una dilución se cuentan para calcular el número de gérmenes contenidos en la muestra:

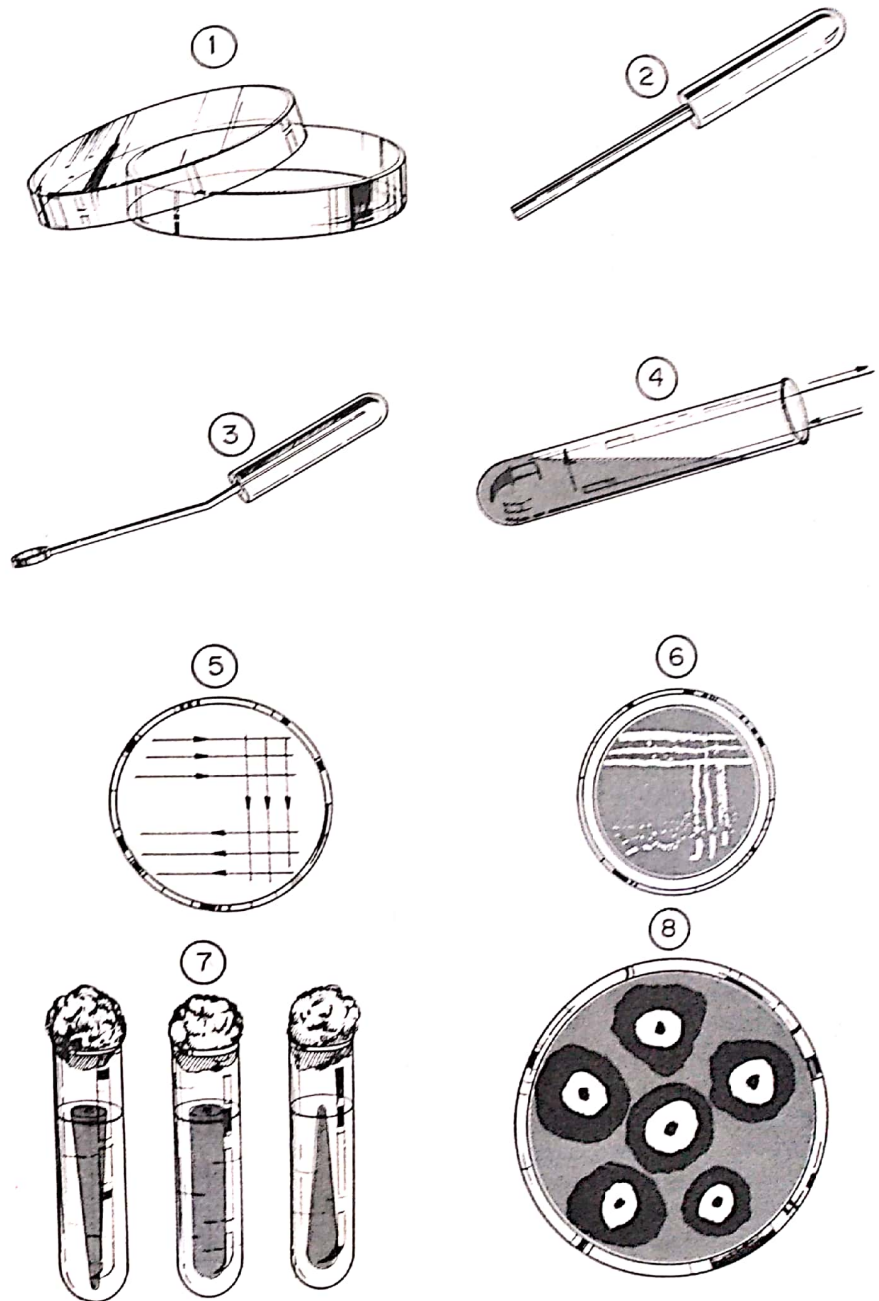
Para clasificar el microorganismo, los medios de cultivos deben contener un sustrato adecuado a éste. Dependiendo del metabolismo de la especie, se adicionan inhibidores de otros organismos y sustancias químicas que reaccionan con productos del metabolismo. Los medios de cultivo se preparan en forma líquida, semisólida y sólida, dependiendo del tipo de cultivos que se requiera.

Aparte de la cristalería básica similar a la de química, se utilizan los siguientes utensilios:

- (1) Caja Petri. Sirve para depositar un medio de cultivo. Se debe abrir lo menos posible para evitar contaminaciones.
- (2) Aguja. Sirve para inocular tubos en un medio sólido y semisólido.
- (3) Asa. Sirve para trasladar colonias aisladas a otros medios y para sembrar las cajas Petri.

Algunas operaciones y pruebas generales son las siguientes:

- (4) Forma correcta de sacar el asa de un cultivo líquido. Se inclina el tubo y se retira el asa del líquido. Luego, se saca el asa del tubo.
- (5) Forma correcta de sembrar por estrías en una caja Petri para aislar una cepa. Con el asa se pasa un poco del medio de crecimiento, formando tres líneas en la parte superior del fondo. Se flamea el asa y se enfría y se hacen otras tres estrías cruzando las anteriores como se ilustra. Se vuelve a flamear y a enfriar el asa. Luego, se hacen otras tres estrías en la parte inferior, cruzando las estrías verticales. Cada estría cruza su perpendicular.
- (6) Resultado de la siembra anterior. Se han obtenido colonias aisladas.
- (7) Evaluación del crecimiento de bacterias en un tubo con medio sólido, inoculado con la aguja. En el tubo de la izquierda se encuentra una cepa aerobia. En el del centro, una que puede crecer con y sin oxígeno. En el de la derecha, una cepa anaerobia.
- (8) Prueba de la efectividad de inhibidores. La capa de cultivo ha sido inoculada con una cepa común, antes de solidificarse. Sobre la capa, se colocan discos impregnados de inhibidor. Si la zona de alrededor de los discos queda clara y no presenta crecimiento, significa que la sustancia inhibe el crecimiento de la cepa.





Durante los análisis microbiológicos se debe trabajar asépticamente. Esto significa que hay que desinfectar las superficies de trabajo con alcohol al 70%, antes de empezar los análisis. Los utensilios se flamean antes y después del contacto con los microorganismos. Si no se flamean, los utensilios se deben esterilizar en una autoclave o con desinfectantes.

Los cultivos deben estar cerrados. Los cultivos puros se inoculan en tubos de ensaye. Los tubos se cierran con un pedazo de algodón no absorbente, o con un tapón de aluminio.

### 10.1. Preparación de medios de cultivo

Para cada prueba se necesitan medios diferentes de cultivo. En el comercio especializado se pueden conseguir los medios preparados y deshidratados. A partir de este tipo de medio, se pueden preparar cantidades según las necesidades.

Los medios preparados se deben esterilizar. Normalmente la esterilización se efectúa en una autoclave a 121 °C durante 15 min. En algunos casos es conveniente distribuir el medio en las cajas Petri y en los tubos, antes de esterilizarlos para evitar contaminaciones.

Enseguida se detalla la forma de preparar los medios de cultivo a partir de productos deshidratados. Estas instrucciones se deben complementar con las especificaciones de los laboratorios.

- Agar triptona extracto de levadura. Para rehidratar el medio, se suspenden 24 g del producto en un litro de agua destilada fría. Se llevan a ebullición para lograr la completa disolución.
- Agar de malta. Se suspenden 48 g en un litro de agua destilada fría y se llevan a ebullición.
- Caldo verde brillante bilis al 2%. Se disuelven 40 g en un litro de agua destilada.
- Agar rojo violeta bilis. Se suspenden 41 g en un litro de agua destilada fría. La disolución se completa con la ebullición. Este medio no se puede fundir después de su solidificación. Por lo tanto, se deja enfriar hasta 40 °C y enseguida se inocula y se coloca en cajas y tubos.

- Agar eosina azul de metileno. Se suspenden 36 g en un litro de agua destilada y se llevan a ebullición.
- Caldo lactosa. Se disuelven 13 g en un litro de agua destilada.
- Caldo selenita cistina. Se suspenden 23 g en un litro de agua destilada fría, se llevan a ebullición y se siguen calentando en baño María durante 16 min. Este medio no se esteriliza.
- Agar verde brillante. Se suspenden 58 g en un litro de agua destilada y se calientan hasta ebullición. Largos periodos de ebullición disminuyen la selectividad del medio.
- Agar triple azúcar fierro. Se suspende 65 g en un litro de agua destilada. Se calientan hasta ebullición y se distribuye la solución caliente en tubos. Estos se tapan con algodón y se esterilizan. Al sacar los tubos de la autoclave, se colocan de tal manera que el medio que se va a solidificar quede inclinado.
- Agar sulfuro indol para movilidad. Se suspenden 36 g en un litro de agua destilada. Ésta se calienta hasta ebullición. El medio caliente se distribuye en tubos hasta que éstos tengan 7.5 cm de líquido. Se esteriliza en los tubos y se deja solidificar en posición vertical.
- Caldo manitol salino. Se suspenden 111 g en un litro de agua destilada y se calienta hasta ebullición. El medio se esteriliza distribuido en tubos de ensaye.
- Agar enterococos. Se suspenden 30 g en un litro de agua destilada y se calienta hasta ebullición. Una vez esterilizado, el medio se transfiere asépticamente en las cajas Petri estériles para su solidificación.
- Caldo triptona glucosa salino extracto de levadura. Se suspenden 24 g en un litro de agua destilada y se lleva a ebullición. El medio se esteriliza distribuido en tubos de ensaye.
- Caldo sarraco. Este medio consiste en un caldo básico y un indicador de azul de timol. Se obtiene disolviendo 1.6 g de caldo base rojo de fenol deshidratado, 1 g de urea, y 1 g de sacarosa en un litro de agua destilada. La solución se calienta hasta ebullición. A la solución se adicionan tres gotas del indicador. El indicador se obtiene mezclando 1.6 g de azul de timol, 35 ml de hidróxido de sodio al 0.1 N con 100 ml de agua destilada. El medio se esteriliza en tubos de ensaye.



## 10.2. Preparación de reactivos

En las reacciones bioquímicas, utilizadas para clasificar los microorganismos, se utilizan los siguientes reactivos:

- Solución amortiguadora para hacer diluciones. Se disuelven 34 g de fosfato monobásico de potasio en 500 ml de agua destilada, se ajusta el pH a 7.2 con hidróxido de sodio al 1 N y se completa el volumen hasta un litro. Ésta es la solución madre que se esteriliza a 121 °C durante 20 min. Se debe conservar bajo refrigeración. La solución de trabajo se obtiene diluyendo 1.25 ml de la solución madre hasta 1 litro con agua destilada. Esta solución se distribuye en frascos o tubos y se esteriliza otra vez.
- Agua peptonada. En 1 litro de agua destilada se disuelven 10 g de peptona y 5 g de cloruro de sodio. Luego, se ajusta el pH a 7.2. El medio se distribuye en volúmenes de 225 ml en frascos o matraces y se esterilizan.
- Solución de verde brillante al 0.1%. En 100 ml de agua destilada se disuelve 0.1 g de verde brillante.
- Solución yodo yoduro. En 20 ml de agua destilada se disuelven 6 g de cristales de yodo y 6 g de yoduro de potasio. Esta solución se debe conservar en frascos ámbar.
- Reactivo de Kovacs. En 75 ml de alcohol amílico se disuelven 5 g de p-dimetilaminobenzaldehído. Luego, se agregan lentamente 25 ml de ácido clorhídrico concentrado. El reactivo debe conservarse en un frasco ámbar.
- Solución salina al 0.85%. En 100 ml de agua destilada se disuelven 0.85 g de cloruro de sodio. La solución se esteriliza a 125 °C durante 15 min.
- Solución de alfa naftol. En 100 ml de alcohol se disuelven 5 g de alfa naftol.
- Solución de rojo de metilo. Se mezclan 0.1 g de rojo de metilo, 300 ml de alcohol etílico y 500 ml de agua destilada.
- Solución de cloruro de azul de metileno. Se mezclan 52 ml de alcohol etílico al 95 y 44 ml de tetracloroetano. Enseguida, se adicionan lentamente 0.6 g de cloruro de azul de metileno certificado y se agita hasta disolución. La solución se deja reposar al abrigo de la luz a unos 6 °C. Se filtra la solución. Al filtrado se adiciona 4 ml de ácido acético glacial. Este reactivo se debe guardar cerrado en un frasco ámbar y guardarse en un lugar oscuro y fresco. No se debe refrigerar.

## 10.3. Preparación de diluciones de la muestra

Las muestras congeladas de un producto líquido se dejan descongelar y luego se homogeneizan por agitación vigorosa del recipiente. En el caso de que el producto no quede homogeneizado, se bate en una licuadora estéril.

Del alimento sólido, eventualmente descongelado, se toman 10 g de muestra. Esta cantidad se transfiere a una licuadora estéril y se adicionan 90 ml de la solución amortiguadora. La mezcla se licua durante 2 min. hasta que se obtiene una suspensión homogénea.

Éstas son las primeras soluciones. La secuencia de diluciones que se van a preparar depende del número esperado de microorganismos en la muestra con base en los resultados de análisis previos. Normalmente, se diluye por un factor 10 o por un factor 100. Esto se repite tantas veces como sea necesario, utilizando la solución amortiguadora como diluyente.

Para cada dilución se deben utilizar pipetas diferentes. El volumen que se transfiere no debe ser menor de 10% de la capacidad total de la pipeta. Entonces, para transferir 1 ml de solución se debe usar una pipeta con una capacidad de 10 ml como máximo. Cuando se afora el líquido dentro de la pipeta, la punta de ésta debe aplicarse en el interior del cuello del frasco y mantenerse en posición vertical. Por esto, se debe inclinar el frasco. Para aspirar la solución de la muestra con la pipeta, ésta se debe sumergir lo menos posible en el líquido. Antes de hacer una nueva dilución, se debe agitar bien la solución anterior.

## 10.4. Cuenta total

La cuenta total o la flora aeróbica total se determina con el fin de conocer el grado de contaminación del producto y para comparar el resultado con las normas de salubridad. La prueba consiste en inocular cajas Petri con diferentes diluciones de la muestra e incubarlas a 37 °C. Después de 48 horas de incubación se cuentan las colonias aisladas de la caja. El resultado se relaciona a 1 gramo o 1 mililitro de la muestra original.

10.4. CUENTA TOTAL





Cuando el número de colonias por gramo o mililitro de muestra es superior a la norma, el producto no se puede comercializar. La cuenta total también evalúa los métodos de trabajo, limpieza y desinfección de una fábrica.

Como medio de cultivo se emplea el agar triptona extracto de levadura. La secuencia de diluciones e inoculaciones de las cajas se efectúa según el esquema de la siguiente página. De cada dilución se toma un mililitro con una pipeta. Ésta se deja escurrir en la caja. La pipeta debe estar inclinada y con la punta en contacto con el fondo de la caja. Luego, se adicionan 15 ml del medio de cultivo previamente fundido en un baño María a 45 °C. Para mezclar la solución de la muestra con el agar, se agita la caja Petri. El medio no debe solidificarse durante la operación. Luego, se deja solidificar el agar. Las cajas se incuban boca abajo a 37 °C durante 48 horas. La lectura se toma de la caja que presente entre 30 y 300 colonias.

### 10.5. Cuenta de mohos y levaduras

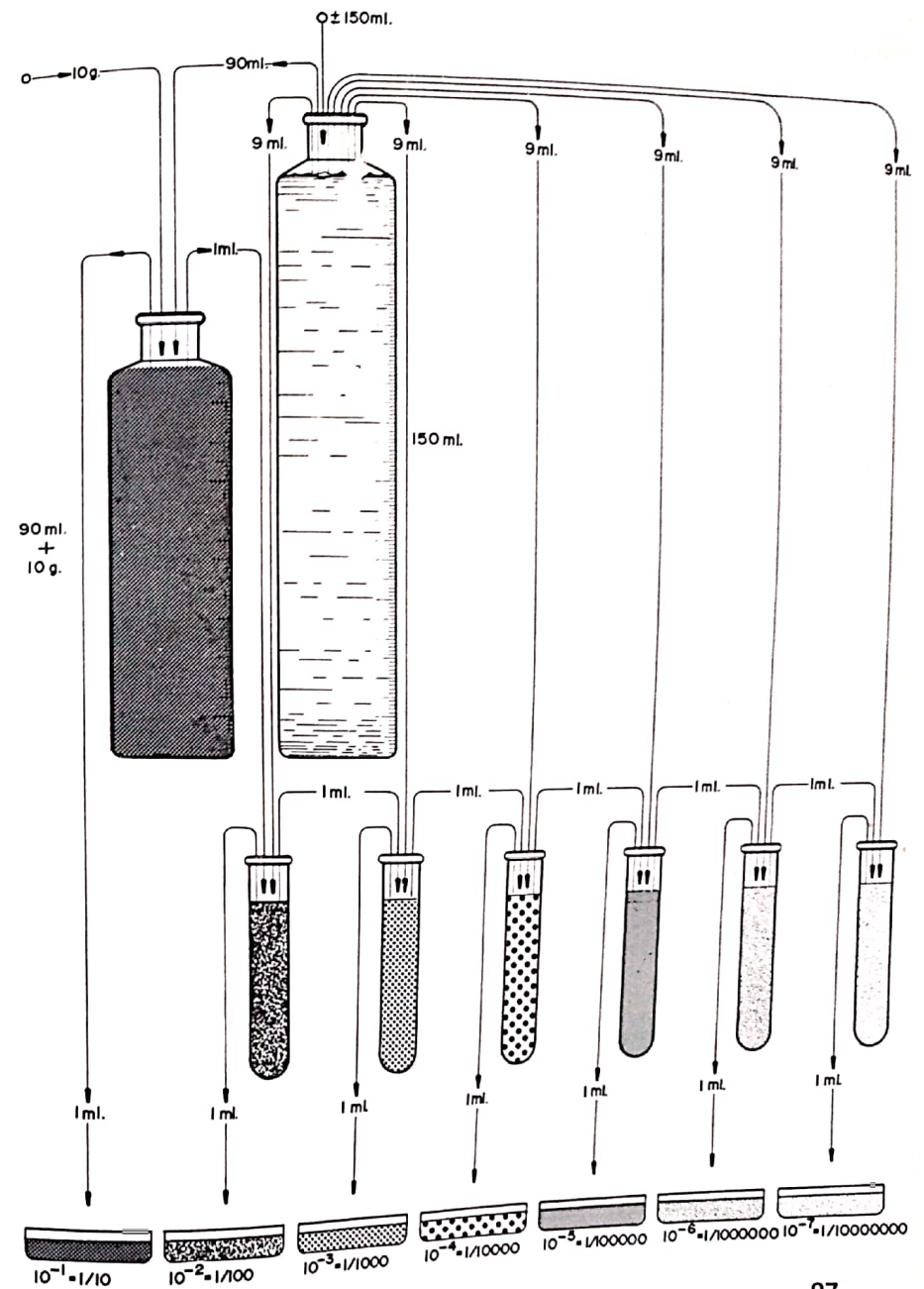
La cuenta de mohos y levaduras se hace para conocer el grado de contaminación del producto. Se utiliza el agar de malta como medio de cultivo. Las cajas se incuban boca abajo a 25 °C de temperatura durante 72 horas. La lectura se toma como en el caso anterior.

### 10.6. Determinación de colibacterias

La presencia de colibacterias indica contaminación fecal. Estos microorganismos provocan infecciones intestinales muy comunes en el organismo. La determinación se hace con una prueba presuntiva y otra confirmativa.

#### 10.6.1. Prueba presuntiva

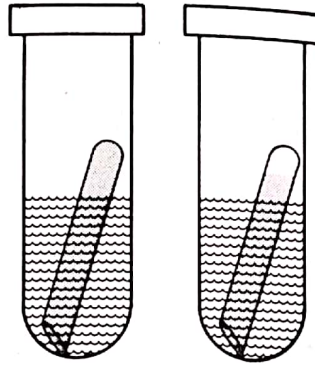
La prueba presuntiva utiliza el caldo verde brillante bilis al 2% como medio de cultivo. A cada tubo de ensaye se adicionan 10 ml del medio.



10.6. DETERMINACIÓN DE COLIBACTERIAS 97

Luego, se introduce una campana de vidrio en el líquido de tal manera que la campana esté llena. Se tapan los tubos con pedazos de algodón y se esterilizan a 121 °C durante 15 minutos.

Las diluciones de la muestra se preparan como se indicó anteriormente. De cada una, se añaden 5 ml a un tubo. Los tubos se incuban a 37 °C durante 48 horas. Si hay desarrollo de gas dentro de la campana, se tiene una prueba presuntiva positiva de colibacterias. En caso contrario, la prueba será negativa.



#### 10.6.2. Prueba confirmativa

El medio de cultivo para esta prueba es el agar eosina azul de metileno. De cada uno de los tubos en que se haya desarrollado gas, se inocula 0.5 ml en una caja Petri. Luego se mezcla con el medio fundido en un baño María a 40 °C. El agar se deja solidificar. Se incuba a 37 °C durante 48 horas.

Si después de la incubación se observan colonias con brillo metálico, la prueba es positiva. El producto contiene colibacterias. Si no se presenta este tipo de colonias, la prueba confirmativa será negativa.

#### 10.7. Determinación de estreptococos

Los estreptococos provocan envenenamiento de los alimentos. El producto infectado no puede comercializarse. La prueba consiste en dos partes:

- Aislamiento de las colonias.
- Identificación de las colonias.

Para el aislamiento se utiliza el medio agar enterococos. De cada dilución preparada, se transfiere por duplicado 1 ml a cajas Petri y se mezclan con agar fundido en baño María a 40 °C. Después de la solidificación, se incuban las cajas a 37 °C durante 48 horas.

Transcurrido el tiempo de incubación, se seleccionan las cajas en donde se puedan contar las colonias con facilidad y en donde las colonias sean del mismo tipo. La identificación se realiza con caldo triptona glucosa salino extracto de levadura. De cada caja se transfiere una colonia con el asa al tubo con caldo. Los tubos se incuban a 37 °C durante 48 horas. Se observa si hubo desarrollo bacteriano en los tubos. Esto se identifica porque el medio de cultivo se vuelve turbio.

El número de colonias por gramo de cultivo se calcula, contando las colonias de la caja que tiene el medio de cultivo turbio.

#### 10.8. Determinación de Salmonella y Shigella

Estas bacterias pueden provocar enfermedades como tifoidea y paratifoidea, salmonelosis y shigelosis.

Los productos contaminados con Salmonella y Shigella no pueden comercializarse. Las técnicas utilizadas para detectar este tipo de bacterias varían de acuerdo con la composición del producto, su carga microbiana y el procesamiento. La presencia de otra enterobacteria puede inhibir su detección.

Un método sencillo para detectar estas bacterias se divide en tres fases:

- Enriquecimiento.
- Aislamiento.
- Pruebas bioquímicas determinativas.

Para el enriquecimiento se homogeneizan 20 gramos o mililitros de la muestra y 100 ml de caldo selenita cistina esterilizado. La solución se incuba a 37 °C durante 24 horas.

El aislamiento se efectúa en el agar verde brillante. Diez gramos de agar verde solidificado se siembran por estrías en las cajas Petri con la solución enriquecida. Las cajas se incuban boca abajo a 37 °C durante 36 horas.

Después se observan las cajas. Las colonias amarillas son de colibacterias. Las colonias rojas son sospechosas y deben someterse a pruebas bioquímicas.

Para las pruebas bioquímicas se utilizan 4 medios de cultivo y se preparan en la forma siguiente:



- Agar triple azúcar hierro. Con un asa se toma una colonia sospechosa y se inocula, rayando diagonalmente la superficie del agar contenido en un tubo. Luego, se pica con el asa en el centro del fondo del tubo. Se incuba durante 24 horas a 37 °C.
- Agar sulfuro indol para movilidad. Se siembra el tubo por picadura y se incuba a 37 °C durante 36 horas.
- Caldo surraco. El tubo con el medio se siembra con una colonia sospechosa y se incuba a 37 °C durante 36 horas.
- Caldo manitol salino. Se siembra el tubo con una colonia sospechosa y se incuba a 37 °C durante 48 horas.

Al final de la incubación se observan los tubos y, de acuerdo con la tabla siguiente, se determinan los resultados que pueden ser positivos o negativos.

| Medio de cultivo                        | Reacción                                                            |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Agar triple<br>azúcar hierro            | Lactosa + Vira a amarillo la parte inclinada                        |
|                                         | - Queda rojo                                                        |
|                                         | Glucosa + Vira a amarillo el fondo                                  |
|                                         | - Queda rojo                                                        |
|                                         | H <sub>2</sub> S + Negro                                            |
|                                         | - No hay coloración negra                                           |
| Agar sulfuro<br>indol para<br>movilidad | H <sub>2</sub> S + Negro                                            |
|                                         | - No hay coloración negra                                           |
|                                         | Indol + Rojo con reactivo de Kovacs                                 |
|                                         | - No hay coloración con el reactivo                                 |
|                                         | Movilidad + Crecimiento únicamente sobre la<br>línea de inoculación |
| Caldo surraco                           | Sacarosa + Vira a amarillo                                          |
|                                         | - No vira                                                           |
|                                         | Urea + Vira a violeta                                               |
| Caldo manitol<br>salino                 | - No vira                                                           |
|                                         | + Vira amarillo                                                     |
|                                         | - Queda rosa                                                        |

| Especie                       | Movilidad | Glucosa | Lactosa | Sacarosa | Manitol | Indol | H.S. | Urea      |
|-------------------------------|-----------|---------|---------|----------|---------|-------|------|-----------|
| <i>E. coli</i>                | + o -     | +       | +       | + o -    | +       | + o - | -    | -         |
| <i>E. freundii</i>            | +         | +       | +       | + o -    | +       | -     | +    | - o lento |
| <i>Enterobacter cloacae</i>   | +         | +       | + o -   | +        | +       | + o - | -    | -         |
| <i>Paracolobactrum</i>        | + o -     | +       | +       | + o -    | +       | + o - | -    | -         |
| <i>S. typhi</i>               | +         | +       | -       | -        | +       | -     | +    | +         |
| <i>S. paratyphi A.</i>        | +         | +       | -       | -        | +       | -     | -    | -         |
| <i>S. schottumleri</i>        | +         | +       | -       | -        | +       | -     | +    | -         |
| <i>S. typhimurium</i>         | +         | +       | -       | -        | +       | -     | +    | -         |
| <i>Sh. dysenteriae A.</i>     | -         | +       | -       | -        | -       | -     | -    | -         |
| <i>Sh. flexneri B.</i>        | -         | +       | -       | -        | +       | v     | -    | -         |
| <i>Sh. boydii C.</i>          | -         | +       | -       | -        | +       | v     | -    | -         |
| <i>Sh. Sonnei D.</i>          | -         | +       | lento   | lento    | +       | -     | -    | -         |
| <i>Proteus mirabilis</i>      | + o -     | +       | -       | lento    | -       | -     | +    | +         |
| <i>Proteus vulgaris</i>       | + o -     | +       | -       | lento    | -       | +     | +    | +         |
| <i>Proteus morganii</i>       | + o -     | +       | -       | - o +    | -       | v o + | -    | +         |
| <i>Proteus reitgeri</i>       | +         | +       | -       | +        | +       | +     | -    | +         |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | + o -     | +       | -       | -        | -       | -     | -    | +         |
| <i>Alcaligenes faecalis</i>   | +         | -       | -       | -        | -       | + o - | -    | -         |
| <i>Vidrio</i>                 | +         | +       | lento   | +        | +       | +     | -    | -         |
| <i>Klebsiella</i>             | -         | +       | +       | +        | +       | -     | -    | +         |
| <i>Aerobacter aerogenes</i>   | - o +     | +       | +       | +        | +       | v     | -    | -         |

V = Variable

La prueba de indol se efectúa en la siguiente forma:

Al tubo con el medio sulfuro indol para movilidad, se le adiciona 0.3 ml del reactivo Kovacs.

De acuerdo con las reacciones bioquímicas positivas y negativas se pueden identificar los organismos en la tabla que se anexa.

Esta tabla proporciona las reacciones bioquímicas de las principales enterobacterias.

### 10.9. Determinación de antibióticos

La presencia de antibióticos en los productos alimenticios puede provocar alergias y otros problemas intestinales en el consumidor. La presencia de antibióticos en la leche puede frenar los procesos lácticos.

Un método para detectar antibióticos en los productos consiste en sembrar un medio de cultivo general con una clase de bacteria común. En el medio solidificado se ponen discos de papel filtro impregnados del producto. Cuando se trate de un producto sólido, los discos se impregnan de una suspensión concentrada. Si después de una incubación, la cepa no se ha desarrollado alrededor del disco, el producto contiene sustancias inhibitoras, que pueden ser de origen antibiótico.

Para controlar la presencia de antibióticos en la leche, se siembra el agar triptona extracto de levadura con esporas de *Bacillus subtilis*. Las cajas se dejan solidificar. Los discos de papel filtro se empapan en la leche. Se elimina el exceso de leche que no ha sido absorbido y los discos se colocan sobre el agar sólido. Las cajas se incuban boca abajo a 37 °C durante 18 horas. Si alrededor de un disco se encuentra un halo de inhibición, esta leche contiene una sustancia inhibidora, que normalmente es un antibiótico.

La publicación de esta obra la realizó  
Editorial Trillas, S. A. de C. V.

División Administrativa, Av. Río Churubusco 385,  
Col. Pedro María Anaya, C. P. 03340, México, D. F.  
Tel. 6884233, FAX 6041364

División Comercial, Calz. de la Viga 1132, C. P. 09439  
México, D. F. Tel. 6330995, FAX 6330870

Se terminó de imprimir y encuadernar  
el 20 de junio de 1999,  
en los talleres de Litoadelante y Progreso, S. A. de C. V.  
BM2 100 TW