

**Galileo**  
UNIVERSIDAD

La Revolución en la Educación

**UNIVERSIDAD GALILEO**

**Facultad de Ciencias de la Salud**

**“ELABORACIÓN DE UN POSTRE ESCOLAR NUTRITIVO”**

**Trabajo de Investigación Presentado por:**

**HÉCTOR DAVID MORALES ELÍAS**

**Previo a Optar al Grado Académico de:**

**Licenciado en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

**Mayo 2019**

## CONTENIDO

	PÁGINA
AGRADECIMIENTOS	01
SUMARIO	03
INTRODUCCIÓN	04
HIPÓTESIS	05
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:	
1. CONSTITUYENTES DE LOS ALIMENTOS	06
1.1 Propiedades y Significado	06
1.2 Carbohidratos	06
1.3 Clasificación y Nomenclatura de los Carbohidratos	09
1.4 Almidones	11
1.5 Obtención del Almidón	12
1.6 Gelatinización	13
1.7 Temperatura de Gelatinización	14
1.8 Algunas Propiedades de los almidones	16
1.9 Algunas propiedades de las gomas	17
1.10 Proteínas	18
1.11 Grasas y Aceites	20
1.12 Generalidades de los Lípidos	22
1.13 Contribución de los Lípidos en Tres Atributos de los Alimentos	23
1.14 Nomenclatura y Clasificación de los Lípidos	24
1.15 Aspectos nutricionales de los Lípidos	25
2. ASPECTOS NUTRITIVOS DE LOS CONSTITUYENTES DE LOS ALIMENTOS	27
2.1. Alimentos y Energía	27
2.2. Calorías	28
2.3. Otras Funciones de los Carbohidratos, Grasas y Proteínas en Nutrición	29
2.4. Calidad proteica	31
2.5. Biodisponibilidad de Nutrientes	33
2.6. Estabilidad de los Nutrientes	33
2.7. Proteínas y Nutrición	35
2.8. Evaluación de la Calidad Proteica	37

<b>3. CONSIDERACIONES NUTRITIVAS DEL POSTRE ELABORADO</b>	<b>42</b>
3.1. Importancia de Cada Comida	43
3.2. Necesidades Nutricionales del Ser Humano	44
3.3. ¿Qué es la Energía?	44
3.4. ¿Cómo se Distribuye el Gasto Energético?	44
3.5. ¿Con qué Cantidad de Alimentos se Cubren las Proteínas?	46
3.6. Información Adicional sobre las Proteínas	47
3.7. ¿Qué son los Carbohidratos?	48
3.8. ¿Cómo se Determinan las Necesidades de Carbohidratos?	48
3.9. Necesidades de Grasas o Lípidos	49
3.10. ¿Qué es el Colesterol?	49
3.11. Cantidades Recomendadas de Grasas	49
3.12. ¿Cómo se cubren las Necesidades de Grasas?	50
3.13. Información Adicional sobre las Grasas	50
3.14. Ácidos Grasos Esenciales	51
<b>4. PROTEÍNAS DEL POSTRE ELABORADO</b>	<b>52</b>
4.1. Proteínas Vegetales	52
4.2. Proteínas del Maíz	54
4.3. Proteínas de Leguminosas	55
4.4. Proteínas de la Soya	55
<b>5. ENVASE UTILIZADO EN EL POSTRE ESCOLAR NUTRITIVO</b>	<b>57</b>
<b>6. MAÍZ</b>	<b>58</b>
6.1 Cereales, Leguminosas y Semillas Oleaginosas	58
6.2 Granos de los Cereales, Composición General y Estructura	59
6.3 Maíz	62
6.4 Molienda Seca	62
6.5 Húmeda	62
6.6 Leguminosas y Oleaginosas. Composición General	64
6.7 Suplementación y Complementación Proteica	64
6.8 Tecnología de la Soya	66
6.9 Algunos Problemas Especiales	67
<b>7. SOYA</b>	<b>68</b>
7.1. Formas Comerciales de la Soya	70
7.2. Harinas	72

7.3. Concentrados	74
7.4. Aislados	76
7.5. Propiedades Funcionales de las Proteínas de la Soya	77
7.6. Factores Antifisiológicos	78
7.7. Soya y Nutrición	79
<b>8. LECHE DE VACA</b>	<b>80</b>
8.1. Proteínas Lácteas	80
8.2. Caseínas	81
8.3. Proteínas del Suero	82
8.4. Lípidos lácteos	85
8.5. Fosfolípidos Lácteos	87
8.6. Otros Lípidos Lácteos	87
8.7. Lactosa	88
8.8. Vitaminas	88
8.9. Propiedades Físicas de la Leche	89
8.10. Leche en Polvo	90
8.11. Procesamiento de la Leche en Polvo	91
<b>9. OPERACIONES UNITARIAS EN LA INDUSTRIA DE LAS HARINAS</b>	<b>92</b>
9.1. Reducción de Tamaños	92
9.2. Trituración y Corte	92
9.3. Energía Utilizada durante la Trituración	93
9.4. Nueva Superficie Formada Durante la Trituración	94
9.5. Aparatos Utilizados en la Trituración	95
9.6. Quebrantadoras o Machacadoras	95
9.7. Pulverizadores	96
9.7.1 Molinos de Martillo	96
9.7.2 Molinos de Barra	96
9.7.3 Molinos de Placa	96
9.7.4 Molinos de Rodillos	96
9.7.5 Otros Aparatos de Pulverización	97
9.7.6 Cortadoras	97
<b>10. OPERACIONES UNITARIAS EN LA INDUSTRIA LÁCTEA</b>	<b>98</b>
10.1. Balance de Materia y Energía	98

<b>10.2.</b>	<b>Flujo de Fluidos</b>	<b>98</b>
<b>10.3.</b>	<b>Transferencia de Calor</b>	<b>99</b>
<b>10.4.</b>	<b>Secado</b>	<b>99</b>
<b>10.5.</b>	<b>Evaporación</b>	<b>100</b>
<b>10.6.</b>	<b>Separación por Contacto de Equilibrio</b>	<b>100</b>
<b>10.7.</b>	<b>Separaciones Mecánicas</b>	<b>101</b>
<b>10.8.</b>	<b>Reducción de Tamaños</b>	<b>101</b>
<b>10.9.</b>	<b>Mezclado</b>	<b>101</b>
<b>11.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>102</b>
<b>12.</b>	<b>EXPERIMENTACIÓN</b>	<b>103</b>
<b>13.</b>	<b>DIAGRAMA CUALITATIVO DE FLUJO</b>	<b>104</b>
<b>14.</b>	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	<b>105</b>
<b>15.</b>	<b>ANÁLISIS PROXIMAL</b>	<b>108</b>
<b>16.</b>	<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>	<b>109</b>
<b>17.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>110</b>
<b>18.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>113</b>
<b>19.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>114</b>
<b>20.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>115</b>

## **ACTO QUE DEDICO**

A Dios por haber puesto en mi camino esta carrera, y concederme la oportunidad de ver nuevos horizontes en donde poner en práctica los conocimientos adquiridos. Por haber sembrado en mí esos anhelos y darme las fuerzas necesarias para alcanzar esta meta.

A mis hijas María Alejandra y Ana Lucía, a mi nieto Emilio y a los hijos de mis hijos a quienes van dirigidos los frutos de esta nueva etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi catedrático y asesor de tesis el Dr. José Rodolfo Solís Oliva por haber creado esta carrera ya que gracias a ello hoy estoy culminando con éxito este peldaño académico y por guiarme durante los años que duró la misma y enseñarme la verdadera razón por la cual se fracasa en los negocios.

A Ana María Ramírez Spitz por brindarme su apoyo incondicional y desinteresado sin el cual se me hubiera complicado culminar esta carrera.

## SUMARIO

El presente trabajo consiste en desarrollar un postre escolar nutritivo que aporte los requerimientos nutricionales calórico-proteico de la población estudiantil de Guatemala, que se encuentran entre la edad de 7 a 12 años y que dicho aporte nutricional sea el que se esperaría de una refacción escolar. Se tomaron como referencia los parámetros establecidos por la FAO/OMS. Además se requiere que el producto desarrollado presente propiedades organolépticas propias de un postre tipo flan.

El alimento se desarrolló en base a una mezcla de harinas provenientes de un cereal, el maíz y de una leguminosa, la soya y se complementó con leche entera en polvo. Se elaboraron tres muestras donde se varió el porcentaje de Agar-Agar, ingrediente utilizado como gelificante para obtener la consistencia deseada. Los porcentajes utilizados son: 0.31% en la muestra A, 0.62% en la muestra B y 1% en la muestra C.

Se realizó un análisis sensorial de panel abierto con tres muestras y la participación de ocho panelistas entrenados utilizando el método de la Escala Hedónica. Adicionalmente, se realizó la validación de los resultados por análisis estadístico de varianza y el Rango Múltiple de Duncan, lo que indicó que si hubo una diferencia significativa entre muestras y no hubo una diferencia significativa entre panelistas, siendo la muestra A identificada por los panelistas como la de mejor calidad y aceptación.

Los resultados del Análisis Proximal en la muestra mejor calificada son los siguientes, como base seca: Agua 14.49%, Materia Seca Total 85.51%, Extracto Etéreo 1.16%, Fibra Cruda 3.24%, Proteína 30.27%, Cenizas 5.56%, Elementos Libre de Nitrógeno 59.78%. Y como alimento: Extracto Etéreo 0.99%, Fibra Cruda 2.77%, Proteínas 25.89% y Cenizas 4.75%.

Los resultados del análisis microbiológico en la muestra mejor calificada son los siguientes: Coliformes totales < 3 NMP/g Coliformes fecales < 3 NMP/g *Escherichia coli* < 3 NMP/g Recuento Total de Mohos y Levaduras < 10 UFC/g *Salmonella* spp Ausencia/25g

Los resultados confirman que el Postre Escolar Nutritivo es adecuado desde el punto de vista nutricional e inocuo desde el punto de vista microbiológico, por lo tanto, es apto para el consumo alimenticio humano.

Toda la parte experimental se realizó en una de las instalaciones de la empresa Moreli a nivel de planta piloto para ser producido a nivel industrial, el cual se venderá en polvo, también se preparó el postre de la manera en que la ama de casa lo puede preparar y poder determinar el procedimiento y establecer las instrucciones de preparación que aparecerán impresas en el empaque primario (poliéster metalizado-polietileno).

## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas básicos en Guatemala así como en muchos otros países no está basado en la cantidad de alimentos que consume la población de menores ingresos sino en la calidad de la dieta, lo que está contribuyendo al aumento de la malnutrición calórica-proteica de la población infantil y que se manifiesta en la baja talla por edad, anemia y obesidad.

Instituciones como el BID están apoyando al país en la adopción de intervenciones principalmente a través del sector salud que incluyen entre otras, la promoción de buenas prácticas de lactancia y alimentación complementaria, por lo que nace la idea de desarrollar un postre dirigido a la población en edad escolar y que estén entre los 7 a 12 años de edad y que contribuya al aporte calórico-proteico que un niño o niña de esta edad necesita diariamente para su desarrollo físico e intelectual.

Un objetivo adicional de esta investigación es adquirir la experiencia y los conocimientos que sirvan de base para investigaciones posteriores para desarrollar un alimento dirigido a combatir la desnutrición crónica y que se pueda utilizar en la ventana de oportunidad de los primeros mil días de vida del ser humano.

El esquema general de la investigación está basado en cinco pasos fundamentales en el desarrollo del Postre Escolar Nutritivo:

1. Aspectos nutritivos de los tres macronutrientes necesarios para el ser humano.
2. Necesidades nutritivas de estos tres macronutrientes en niños y niñas de edad escolar.
3. Generalidades y aspectos específicos de los tres alimentos utilizados.
4. Generalidades y aspectos específicos sobre las proteínas de estos tres alimentos.
5. Operaciones unitarias involucradas en la industria alimenticia que elabora las harinas y la leche utilizadas en el desarrollo de este producto.

## HIPÓTESIS

### **Hipótesis Verdadera:**

Si es posible desarrollar un postre escolar nutritivo con un alto porcentaje de proteínas y de carbohidratos complejos; que además sea agradable al consumidor.

### **Hipótesis Nula:**

No es posible desarrollar un postre escolar nutritivo con un alto porcentaje de proteínas y de carbohidratos complejos; que además sea agradable al consumidor.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

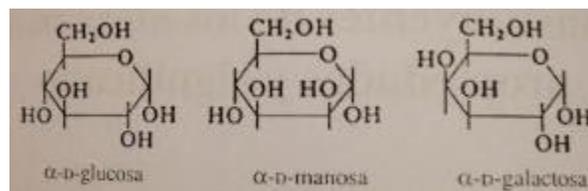
### 1. CONSTITUYENTES DE LOS ALIMENTOS

#### PROPIEDADES Y SIGNIFICADO

Los alimentos están formados en su mayor parte por compuestos bioquímicos comestibles que derivan principalmente de fuentes vivas, tales como animales y plantas. Hay tres grupos principales de constituyentes de los alimentos: carbohidratos, grasas, proteínas y sus correspondientes derivados. Además, hay compuestos inorgánicos y minerales, y un grupo variados de sustancias orgánicas en proporciones comparativamente pequeñas que incluyen sustancias tales como vitaminas, enzimas, emulgentes, ácidos, oxidantes, antioxidantes, pigmentos, y saborizantes. Hay también un constituyente muy importante que nunca falta, el agua. Estos componentes están dispuestos de forma distinta en los diferentes alimentos, para darles su estructura, textura, flavor, color, y valor nutritivo. En algunos casos, los alimentos contienen compuestos que pueden ser tóxicos si se consumen en grandes cantidades. La composición general del alimento y la forma en que sus componentes se organizan, le dotan de características particulares. Por ejemplo, la leche entera y las manzanas frescas tienen aproximadamente el mismo contenido de agua, pero unas son sólidas y la otra líquida, debido al modo en que se organizan sus componentes.<sup>1</sup>

#### CARBOHIDRATOS

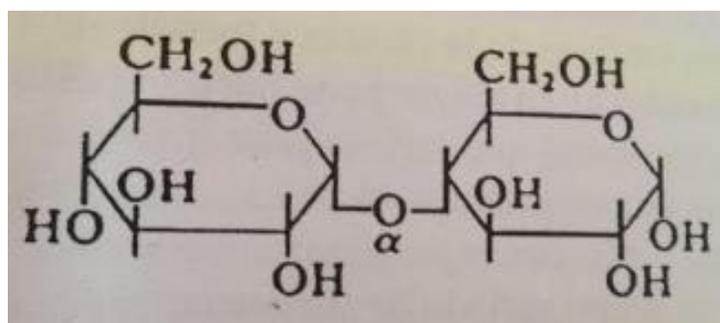
Los carbohidratos (de “hidratos de carbono”) son compuestos orgánicos con la estructura básica  $C_x(H_2O)_y$ . Entre los tipos de carbohidratos más importantes de los alimentos, se encuentran azúcares, dextrinas, almidones, celulosas, hemicelulosas, pectinas y algunas gomas. Químicamente los carbohidratos sólo contienen los elementos carbono, hidrógeno y oxígeno. Los carbohidratos sencillos se denominan azúcares. Uno de los carbohidratos más sencillos es la glucosa, azúcar formado por 6 átomos de carbono. La glucosa y otros azúcares sencillos presentan estructuras en anillo de la siguiente forma:



Fuente: N. Potter y J. Hotchkiss.<sup>1</sup>

Cada uno de estos azúcares sencillos tiene 6 átomos de carbono, 12 de hidrógenos y 6 de oxígeno. Se diferencian en las posiciones del oxígeno y del hidrógeno alrededor del anillo; estas diferencias determinan distintos grados de solubilidad, de poder edulcorante, de velocidad de fermentación por microorganismos y otras propiedades.<sup>1</sup>

Cuando se unen dos moléculas de glucosa con pérdida de una molécula de agua, se forma una molécula del disacárido maltosa o azúcar de malta:



Fuente: N. Potter y J. Hotchkiss.<sup>1</sup>

Otros disacáridos comunes que se forman de manera similar, son la sacarosa (azúcar de caña o de remolacha azucarera) formada por glucosa y fructosa (ésta con un anillo de 5 átomos), y la lactosa o azúcar de leche formada por glucosa y galactosa. Estos disacáridos también se diferencian unos de otros en solubilidad, dulzor, susceptibilidad a la fermentación, y otras propiedades.<sup>1</sup>

Cuando se unen entre sí un número mayor de unidades de glucosa en forma de polímero dan lugar a los polisacáridos (es decir, “muchos azúcares”). Uno de tales polisacáridos es la amilosa, componente importante del almidón de los vegetales. Una cadena de moléculas de glucosa unidas de forma ligeramente diferente da lugar a la celulosa.<sup>1</sup>

Por tanto, los azúcares sencillos son las piezas para la construcción de los polisacáridos más complejos, de los disacáridos y trisacáridos, y de las dextrinas, cuya longitud de cadena es intermedia hasta llegar a los almidones, celulosas y hemicelulosas. Los derivados químicos de estos azúcares sencillos unidos en largas cadenas, dan lugar así mismo a las pectinas y gomas; y por estar compuestos por azúcares sencillos y sus derivados, pueden romperse o hidrolizarse a unidades menores incluidos dichos azúcares sencillos. Cuando se rompe la amilosa, constituida por una fracción de la cadena lineal del almidón, o la amilopectina, otra fracción del almidón pero en forma de cadena ramificada, se producen dextrinas de una longitud de cadena intermedia diferente, el disacárido maltosa y el monosacárido glucosa. Esta degradación o digestión se puede llevar a cabo

con ácidos o con enzimas específicas, que son catalizadores biológicos. Los microorganismos, los granos germinados y los animales, incluido el hombre, poseen varias de estas enzimas.<sup>1</sup>

Los grupos químicamente reactivos de los azúcares son los grupos hidroxilo (-OH). Los azúcares que poseen grupos aldehídos o cetonas libres se conocen como azúcares reductores. Todos los monosacáridos son azúcares reductores. Cuando se unen dos o más monosacáridos se unen por sus grupos aldehído o cetona, de forma que estos no están libres y el azúcar no es reductor. Los azúcares reductores, reaccionan particularmente, con otros constituyentes de los alimentos, como los aminoácidos de las proteínas, para formar compuestos que afectan al color, flavor y otras propiedades de los alimentos<sup>1</sup>

Los carbohidratos juegan un importante papel en los sistemas biológicos y en los alimentos. Se producen por fotosíntesis en los vegetales verdes siendo ésta la manera natural de almacenar la energía solar. Los carbohidratos sirven de componentes estructurales, como en el caso de la celulosa, pueden almacenarse como reserva energética, como sucede con el almidón en las plantas y el glucógeno hepático en los animales, y funcionan como componentes esenciales de los ácidos nucleicos, como en el caso de la ribosa y como componentes de vitaminas como la ribosa de la riboflavina. Los carbohidratos pueden oxidarse para producir energía. La glucosa de la sangre es una fuente fácil de energía disponible para los animales. La fermentación de los carbohidratos por las levaduras y otros microorganismos produce dióxido de carbono, alcohol, ácidos orgánicos y otra serie de compuestos.<sup>1</sup>

Como indica su nombre, los hidratos de carbono —o carbohidratos—(CHO) son compuestos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, presentan la fórmula general  $C_x(H_2O)_n$ , y tienen estructura de polihidroialdehído o de polihidroxiacetona; además, todos los carbohidratos presentan grupos funcionales C=O o-OH.

Los CHO son los compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza, y también los más consumidos por los seres humanos (en muchos países constituyen entre 50 y 80% de la dieta poblacional). Los hidratos de carbono que provienen del reino vegetal son más variados y abundantes que los del reino animal; se originan como producto de la fotosíntesis y son los principales compuestos químicos que almacenan la energía radiante del Sol. De hecho, la glucosa que se sintetiza en las plantas representa la materia prima fundamental para la fabricación de casi todos los carbohidratos: el bióxido de carbono reacciona con agua para formar glucosa, con el consecuente desprendimiento de oxígeno:  $6CO_2 + 12H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$ . Por su parte, la glucosa da origen a muchos otros azúcares, como la sacarosa y la fructosa, o bien a polímeros como la celulosa y el almidón. Los organismos obtienen energía a través del metabolismo bioquímico de los CHO (glucólisis y ciclo de Krebs).<sup>3</sup>

Casi todos los compuestos orgánicos que se encuentran en las plantas y en los animales son derivados de hidratos de carbono; la misma síntesis de proteínas se lleva a cabo con los aminoácidos provenientes de la reacción entre hidratos de carbono y diversas sustancias nitrogenadas. En general, los azúcares simples no se encuentran libres en la naturaleza, sino en forma de polisacáridos, como reserva energética (almidones), o como parte de la estructura firme del producto (fibra dietética, *vg.* celulosa, pectinas, gomas y hemicelulosas), en cuyo caso no son digeribles, ya que el organismo humano no puede metabolizarlos; sin embargo, la fibra dietética absorbe agua en el intestino y ayuda a la formación y eliminación de heces.<sup>3</sup>

Existe un gran número de hidratos de carbono; los más conocidos son la sacarosa, la glucosa, la fructosa, el almidón y la celulosa, pero también hay otros que, aunque se encuentran en menor concentración en los productos que consumimos diariamente, tienen mucha importancia por sus propiedades físicas, químicas y nutrimentales. Si bien en la antigüedad gran parte de estos carbohidratos se consideraba un desperdicio, en la actualidad se les utiliza para elaborar un sinnúmero de alimentos (fibras y gomas).

La estructura química de los carbohidratos determina su funcionalidad y características, mismas que repercuten de diferentes maneras en los alimentos, principalmente en el sabor, la viscosidad, la estructura y el color. Es decir, las propiedades de los alimentos, tanto naturales como procesados, dependen del tipo de carbohidrato que contienen y de las reacciones en que éstos intervienen.<sup>3</sup>

La glucosa es una forma de carbohidrato importante en el metabolismo de las células; su oxidación completa a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, por medio de la glucólisis y el ciclo de Krebs, genera ATP, unidad básica de transferencia de energía en los sistemas biológicos. La reserva de estos compuestos en los animales y en las plantas son, respectivamente, el glucógeno y el almidón, polímeros de glucosa cuya combustión genera 4 kcal/g (17kJ/g); la porción de fibra dietética presente en los vegetales no produce energía.<sup>3</sup>

## CLASIFICACIÓN Y NOMENCLATURA

Los términos sinónimos carbohidrato e hidrato de carbono fueron acuñados, en principio, para designar una familia de compuestos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno — estos dos últimos en la proporción del agua—, e integran moléculas del tipo C<sub>x</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>, como en el caso de la glucosa: C<sub>6</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>; sin embargo, posteriormente se descubrieron muchas otras sustancias que, además de cumplir estas condiciones, contenían también compuestos como N, P, S, etc., con lo cual la fórmula empírica inicial se modificó de manera considerable.

Existen diversas clasificaciones de los carbohidratos, cada una de las cuales se basa en un criterio distinto: estructura química, ubicación del grupo C=O (en aldosas o cetosas), número de átomos de carbono en la cadena (triosa, tetrosa, pentosa, hexosa), abundancia

en la naturaleza, uso en alimentos, poder edulcorante, etc. Por lo general se prefiere el criterio de la estructura química, que hace referencia al tamaño de la molécula o al número de átomos de carbono que ésta contiene, así como a la cantidad de unidades de azúcar que lo conforman. De acuerdo con este principio, los hidratos de carbono pueden ser monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos.<sup>3</sup>

### **Clasificación de los hidratos de carbono más importantes en los alimentos**

- |  |  |
|--|--|
| a) <i>Monosacáridos (1 unidad de azúcar)</i><br>Pentosas: xilosa, arabinosa, ribosa, etc.<br>Hexosas:<br>aldohexosas: glucosa, galactosa, manosa, etc.<br>cetohehexosas: fructosa, sorbosa, etc. | b) <i>Oligosacáridos (de 2 a 10 unidades de azúcar)</i><br>Disacáridos: lactosa, sacarosa, maltosa, etc.<br>Trisacáridos: rafinosa, etc.<br>Tetra y pentasacáridos: estaquiosa, verbascosa, etc. |
| c) <i>Polisacáridos (más de 10 unidades de azúcar)</i><br>Homopolisacáridos: almidón, glucógeno, celulosa, etc.<br>Heteropolisacáridos: hemicelulosa, pectinas, etc.                             |  |

Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

Los hidratos de carbono que no pueden ser hidrolizados en otros más simples se denominan monosacáridos. Por su parte, a los carbohidratos que contienen el grupo cetona se les asigna el sufijo “ulosa” para distinguirlos de los aldehídos, que llevan la terminación “osa”; por ejemplo, la levulosa (fructosa) es una cetosa del grupo de las hexulosas, mientras que la glucosa es una aldosa que pertenece a las hexosas. En el reino vegetal se encuentran muchos azúcares de seis átomos de carbono, aunque sólo cinco de ellos han sido aislados en estado libre: tres aldosas (glucosa, galactosa y manosa) y dos cetosas (fructosa y sorbosa).<sup>3</sup>

Los monosacáridos son los monómeros o unidades básicas de los hidratos de carbono más complejos, cuya unión química produce oligosacáridos o polisacáridos, los cuales, a su vez, pueden estar constituidos por una o varias clases de monómeros.<sup>3</sup>

La nomenclatura de los carbohidratos es algo confusa ya que, al igual que muchos otros compuestos químicos, fueron designados originalmente con nombres triviales y raíces que indican el origen o procedencia, a la cual sólo se le añade el sufijo “osa” (como en el caso de la lactosa, que es el azúcar de la leche, la fructosa de las frutas, la maltosa de la malta, etc.). Desafortunadamente, estos nombres no ofrecen una idea de la estructura química del carbohidrato en cuestión, pero se siguen usando a pesar de que desde hace tiempo existe una nomenclatura científica para diferenciarlos.

En el caso de los polímeros se emplea la terminación “ana”. Por ejemplo, los constituidos por la unión de moléculas de glucosa se denominan glucanas; los que contienen sólo galactosa, galactanas, mananas, etc. Cuando los polímeros están integrados por más de un tipo de monómero, se les da un nombre compuesto; tal es el caso de la galactomanana, que es un polímero de galactosa y manosa.<sup>3</sup>

Existen muchos oligosacáridos en la naturaleza, pero en la tecnología de alimentos sólo algunos de ellos resultan de interés. Por ejemplo, los  $\alpha$ -galactosacáridos: rafinosa,

estaquiosa y verbascosa, que se encuentran en las leguminosas (soya, frijoles, garbanzos, cacahuates, chícharos, alubias, etcétera); Estos hidratos de carbono se caracterizan por ser productores de gases intestinales en el ser humano; es decir, su consumo causa flatulencia, debido a que el tracto no sintetiza la  $\alpha$ -galactosidasa, enzima que actúa sobre estos oligosacáridos. La formación de gases irrita las paredes intestinales, excita la mucosa y aumenta los movimientos peristálticos, originando en algunos casos la imperiosa necesidad de evacuar el intestino; cuando la flatulencia es excesiva, puede incluso provocar diarrea. En la soya, la concentración de los  $\alpha$ -galactosacáridos en general aumenta considerablemente durante la maduración de la semilla y disminuye en la germinación; en el cuadro se muestra la proporción de estos galactosacáridos en la harina de soya desgrasada. Debido a que estos azúcares son hidrosolubles, se pueden eliminar parcialmente de los granos y las semillas que los contienen mediante un remojo prolongado; este proceso se acelera si se adiciona calor al proceso.<sup>3</sup>

### HIDRATOS DE CARBONO DE LA HARINA DE SOYA DESGRASADA Y DESCASCARILLADA

	PORCENTAJES
Total polisacáridos	15-18
Polisacáridos ácidos	8-10
Arabinogalactana	5
Celulosa	1-2
Total oligosacáridos	15
Sacarosa	6-8
Estaquiosa	4-5
Rafinosa	1-2
Verbascosa	Huellas

Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

### ALMIDONES

#### ALMIDÓN

Este carbohidrato ha sido parte fundamental de la dieta del hombre desde la prehistoria, además de que se le ha dado un gran número de usos industriales. Después de la celulosa, es probablemente el polisacárido más abundante e importante desde el punto de vista comercial. Se encuentra en los cereales, los tubérculos y en algunas frutas como polisacárido de reserva energética. Su concentración varía según el estado de madurez de la fuente; el caso del plátano es una señal muy clara en este sentido: en estado verde o inmaduro, el almidón constituye la mayor fracción de los hidratos de carbono, ya que los azúcares son muy escasos; a medida que la fruta madura, el polisacárido se hidroliza por la acción de las amilasas, y mediante otros sistemas enzimáticos se sintetizan la sacarosa y la fructosa que se encuentran cuando llega a la plena maduración.<sup>3</sup>

Desde el punto de vista químico, el almidón es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina; el primero es producto de la condensación de D

glucopiranosas por medio de enlaces glucosídico  $\alpha(1,4)$ , que establece largas cadenas lineales con 200-2 500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una  $\alpha$ -D-(1,4)-glucana, cuya unidad repetitiva es la  $\alpha$ -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa.<sup>3</sup>

Por su parte, la amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular similar a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces  $\alpha$ -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa. Su peso molecular es muy alto, ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de daltones, aunque se han reportado pesos de entre 300,000 y 500,000.<sup>3</sup>

En términos generales, los almidones contienen aproximadamente 17-27% de amilosa, y el resto de amilopectina. Algunos cereales, como el maíz, el sorgo y el arroz, tienen variedades llamadas "céreas" que están constituidas casi únicamente por amilopectina; hay otras que tienen hasta 90% de amilosa. La concentración relativa de estos dos polímeros está regida por factores genéticos típicos de cada cereal. Tanto la amilosa como la amilopectina influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización.<sup>3</sup>

En ciertos casos, cuando una de estas fracciones está en exceso, puede traer consigo algunos inconvenientes; esto se observa en el arroz cocido, cuya calidad mejora cuando se reduce el contenido de amilosa, pues resulta menos pegajoso.

La estructura rígida de los gránulos está integrada por capas concéntricas de amilosa y de amilopectina (distribuidas radialmente) que permanecen inalterables durante la molienda, el procesamiento y la obtención de los almidones comerciales. Estos cuerpos son birrefringentes, es decir, tienen dos índices de refracción, por lo cual cuando se irradian con luz polarizada desarrollan la típica "cruz de malta"; esto se debe a que dentro del gránulo se localizan zonas cristalinas de moléculas de amilosa ordenadas paralelamente a través de puentes de hidrógeno, así como zonas amorfas causadas principalmente por la amilopectina, que no tienen la posibilidad de asociarse entre sí o con la amilosa. Por esta razón, los gránulos que contienen una proporción grande de la fracción ramificada no presentan birrefringencia; esta característica, al igual que su espectro de rayos X, se pierde cuando los gránulos alcanzan la gelatinización.<sup>3</sup>

## **OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN**

Uno de los métodos para obtener almidón de manera comercial consiste en la llamada molienda húmeda de maíz, en la que intervienen los siguientes pasos:

Se limpian los granos y se maceran en agua de 24 a 48 horas a 50°C (se puede añadir entre 0.1 y 0.2% de anhídrido sulfuroso como agente microbiano); en esta etapa el maíz absorbe agua hasta alcanzar un contenido de 45 a 50%, con lo cual se ablanda el grano y

se facilita su trituración; durante este proceso se desprende el germen, que se recupera por flotación o mediante un sistema de hidrociclones. La suspensión resultante se muele y se filtra, y el almidón se separa de las proteínas por diferencia de densidades. La fracción que contiene el polisacárido se purifica hasta reducir su contenido de proteínas a un valor menor de 0.3%; posteriormente se concentra y se seca por métodos como el de tambor rotatorio o el de aspersión.<sup>3</sup>

Los subproductos también tienen un alto valor comercial, ya que el germen se usa para la extracción de aceite comestible, y el gluten, rico en proteínas, para el consumo humano y animal.<sup>3</sup>

### Característica de algunos almidones usados en la industria de alimentos

<i>Tipo</i>	<i>Amilopectina (%)</i>	<i>Amilosa (%)</i>	<i>Temperatura de gelatinización (°C)</i>	<i>Tamaño del gránulo (micras)</i>
Maíz	69-74	26-31	62-72	5-25
Maíz rico en amilosa	20-45	55-80	67-80	5-25
Papa	73-77	18-27	58-67	5-100
Arroz	83	17	62-78	2-5
Tapioca	82	18	51-65	5-35
Maíz céreo	99-100	0-1	63-72	5-25
Sorgo céreo	99-100	0-1	67-74	5-25
Trigo	76	24	58-64	11-41

Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

### GELATINIZACIÓN

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, debido a que su estructura está altamente organizada y a que presenta una gran estabilidad por las múltiples interacciones que existen con sus dos polisacáridos constituyentes; sin embargo, cuando se calientan empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermicelares amorfas, que son las menos organizadas y las más accesibles, ya que los puentes de hidrógeno no son tan numerosos ni rígidos como en las áreas cristalinas. A medida que se incrementa la temperatura, se retiene más agua y el gránulo empieza a hincharse y a aumentar de volumen, fenómeno que puede observarse en el microscopio, sin que se presente un aumento importante en la viscosidad; una vez que la parte amorfa se ha hidratado completamente, la cristalina inicia un proceso semejante, pero para esto se requiere más energía.<sup>3</sup>

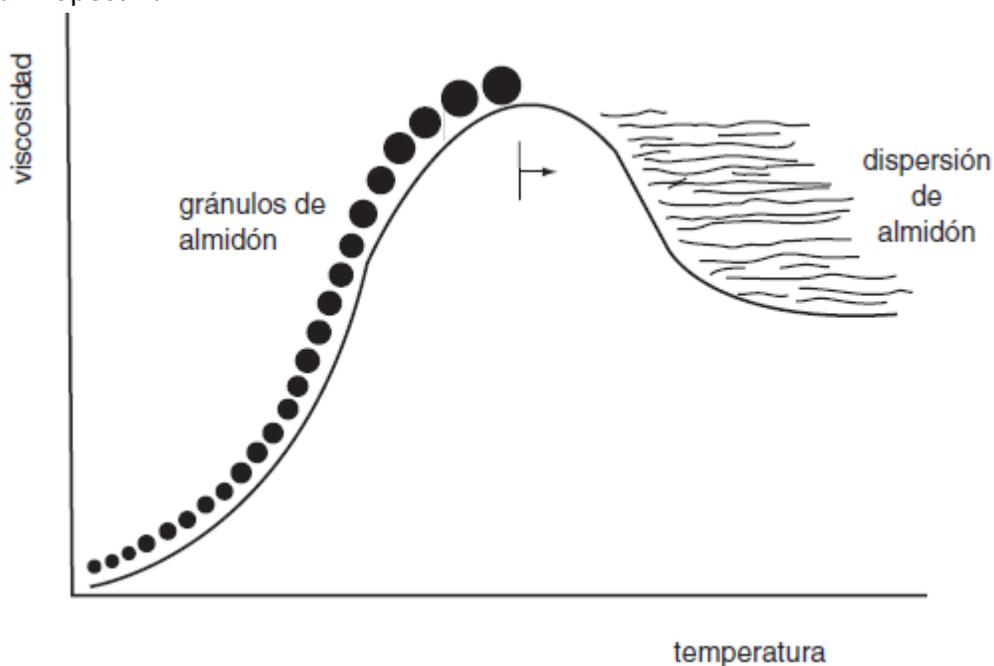
Al llegar a ciertas temperaturas —normalmente cercanas a 65°C, aunque dependen de cada tipo de almidón—, el gránulo alcanza su volumen máximo y pierde tanto su patrón de difracción de rayos X como la propiedad de birrefringencia; si se administra más calor, el gránulo hinchado, incapacitado para retener el líquido, se rompe parcialmente y la

amilosa y la amilopectina, fuertemente hidratadas, se dispersan en el seno de la disolución. En este punto se pierden la estructura original y la birrefringencia del gránulo; esto va aunado a un aumento de la viscosidad. Aproximadamente 30% de la amilosa se encuentra en solución. A todo este proceso se le llama gelatinización, y es una transición de un estado ordenado (vg. la estructura cristalina) a otro desordenado en el que se absorbe calor. Es decir, la gelatinización transforma los gránulos de almidón insolubles en una solución de las moléculas constituyentes en forma individual.<sup>3</sup>

### TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN

La temperatura de gelatinización es aquella en la que se alcanza el máximo de viscosidad y se pierden la birrefringencia y el patrón de difracción de rayos X; esta temperatura es en realidad un intervalo, ya que los gránulos tienen diferente composición y grado de cristalinidad aunque provengan de la misma fuente botánica, lo que provoca que unos sean más resistentes que otros. Por esta razón se llega a presentar una diferencia de 8 a 12<sup>o</sup>C, teniendo como promedio 10<sup>o</sup>C entre la temperatura de gelatinización de los primeros gránulos y la de los últimos. Este parámetro también se ve muy afectado por la presencia de diversos compuestos químicos que favorecen o inhiben los puentes de hidrógeno.<sup>3</sup>

Figura 3. En la gelatinización del almidón los gránulos se hinchan y retienen un máximo de agua hasta que se rompen y producen una dispersión de moléculas de amilosa y amilopectina.

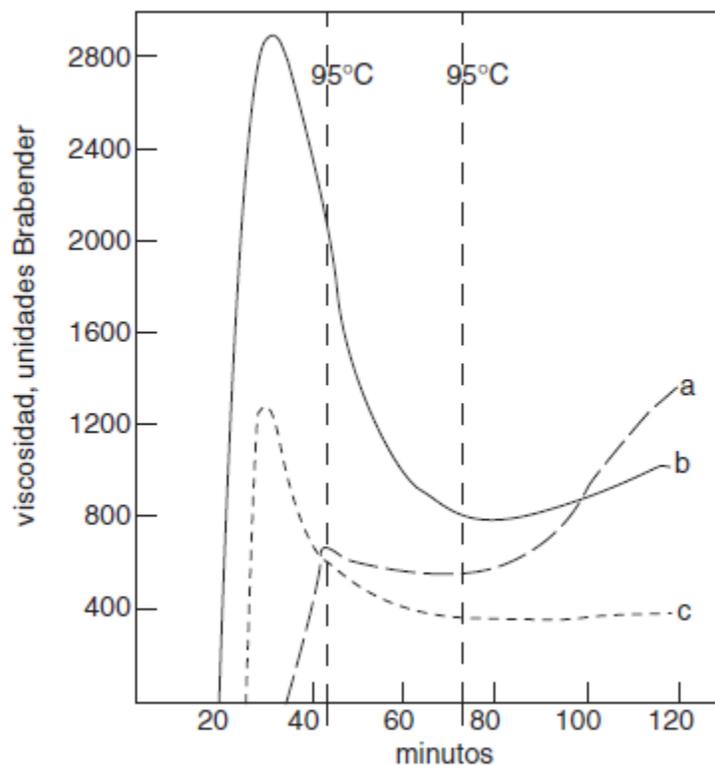


Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

Los almidones modificados presentan más propiedades funcionales que los naturales, por lo que generalmente se emplean más en la industria; estos productos pueden ser agentes estabilizadores, emulsionantes, humectantes, espesantes, etc., en productos con distintos pH, sales, sólidos, lípidos, etc.; es decir, se cuenta con un almidón modificado para cada necesidad.

Existen diversos procesos a través de los cuales se pueden obtener almidones modificados, entre éstos: gelatinización, fluidización por ácidos, eterificación, esterificación, enlaces cruzados, fosfatados, acetilados, succinato, hidroxipropilados, oxidados y parcialmente hidrolizados.<sup>3</sup>

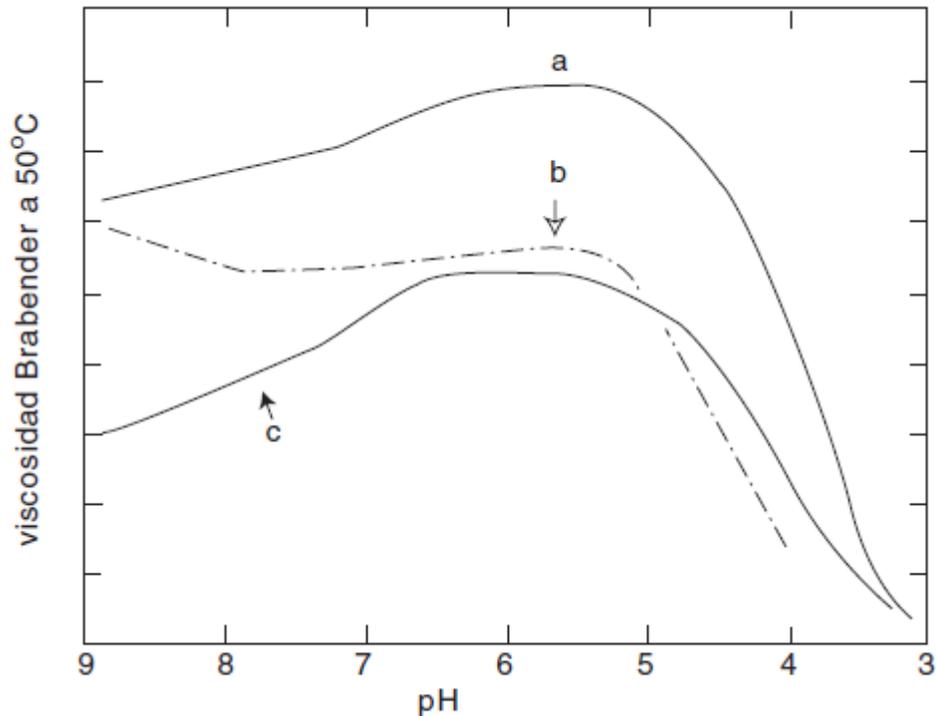
Figura 4. Viscosidad de varios almidones a pH 5.0 (6% sólidos): a) maíz, b) papa, c) maíz cereo



Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

Efecto del pH en la viscosidad de algunos almidones:

a) Maíz; b) papa, y c) sorgo



Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

### ALGUNAS PROPIEDADES DE LOS ALMIDONES

Los almidones importantes de los alimentos son en primer lugar de origen vegetal y exhiben las siguientes propiedades: **1.** No son dulces; **2.** No se disuelven fácilmente en agua fría; **3.** Forman engrudos y geles en agua caliente; **4.** Sirven como fuente de reserva de energía en las plantas y suministran energía en nutrición; **5.** Se encuentran en las semillas y tubérculos como gránulos de almidón característicos. Cuando se calienta una suspensión de gránulos de almidón en agua, los gránulos se hinchan debido a la absorción de agua y gelatinizan; esto produce un aumento de la viscosidad de la suspensión y, finalmente, se forma un engrudo, el cual al enfriar, suele formar un gel. Debido a su viscosidad, los engrudos de almidón se usan para espesar alimentos, y los geles que pueden modificarse con azúcares o ácidos, se usan en pudines. Engrudos y geles pueden revertir o retrogradar hacia la forma insoluble durante la refrigeración y el envejecimiento, dando lugar a cambios en la textura del alimento. La hidrólisis parcial de los almidones produce dextrinas, cuyas cadenas son de una longitud intermedia entre las de los almidones y los azúcares y muestran otras propiedades intermedias entre las de estas dos clases de compuestos.<sup>1</sup>

En los últimos años se ha progresado mucho en las modificaciones por medios físicos y químicos de las propiedades de los almidones naturales. Esto ha aumentado mucho el

empleo del almidón como ingrediente de los alimentos, especialmente en el control de la textura de los sistemas alimentarios y ha permitido la fabricación de numerosos alimentos que requieren un calentamiento mínimo para adquirir la viscosidad deseada. Esta tecnología se ha usado para fabricar algunos productos, como pudines instantáneos, los cuales no requieren cocción. Las técnicas de modificación incluyen la reducción de la viscosidad del almidón por hidrólisis química o enzimática de las moléculas en los enlaces glucosídico o por oxidación de algunos de sus grupos hidroxilo. Las propiedades de hinchamiento del almidón calentado en agua también pueden ralentizarse mediante uniones cruzadas con reactivos que reaccionan con los grupos hidroxilo de las moléculas adyacentes del almidón para formar puentes químicos entre las cadenas lineales. La viscosidad de tales almidones entrecruzados es también menos susceptible a la hidrólisis en los alimentos ácidos y a temperaturas altas como las del cocinado y enlatado. Además el almidón puede modificarse al reaccionar sus grupos hidroxilo con un amplio grupo de reactivos con los que forma ésteres, éteres, acetales y otros derivados. El mayor efecto de este tipo de modificaciones es interferir con la tendencia de las moléculas lineales a asociarse o retrogradarse a la forma insoluble durante la refrigeración y envejecimiento. Los gránulos de almidón también pueden precocerse para producir almidón que se hincha en agua fría.<sup>1</sup>

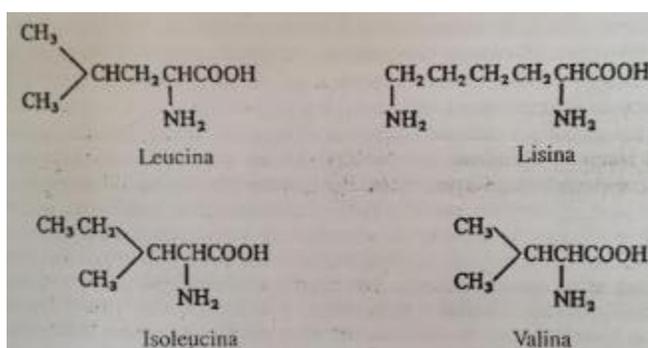
### **ALGUNAS PROPIEDADES DE LAS GOMAS.**

Las gomas –derivados azucarados presentes generalmente en las plantas en menor cantidad que otros carbohidratos- tienen las siguientes características: **1.** Como los almidones y celulosas, están formadas por cadenas de unidades repetidas pero tales unidades son azúcares-ácidos en vez de azúcares simples; **2.** Las pectinas que son corrientes en las frutas y hortalizas, se parecen a las gomas que se encuentran en y entre las paredes celulares y mantienen unidas las células de las plantas; **3.** Son solubles en agua, especialmente en la caliente; **4.** Las pectinas en solución coloidal, contribuyen a la viscosidad de la pasta de tomate y estabilizan las finas partículas del zumo de naranja impidiendo que sedimenten; **5.** Las pectinas en solución forman geles al añadirles azúcares y ácidos, lo que constituye la base de la fabricación de las jaleas. Otras gomas de las plantas que también son carbohidratos, incluyen la goma arábica, goma de Karaya y goma tragacanto. Las algas marinas producen las gomas agar-agar, carragenatos y alginatos. Las pectinas y las gomas, además de su presencia natural, se añaden a los alimentos como espesantes y estabilizadores.<sup>1</sup>

## PROTEÍNAS

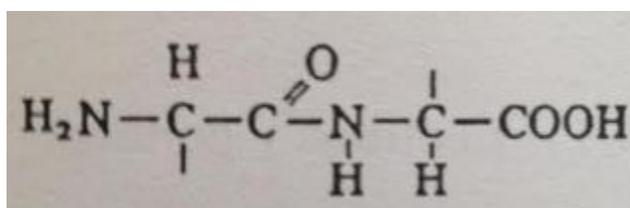
Las proteínas se forman al unirse los aminoácidos individuales dando cadenas largas. Los aminoácidos están formados fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Algunos aminoácidos contienen otros elementos como azufre.<sup>1</sup>

Las proteínas son esenciales para todas las formas de vida. En los animales sirven de soporte y protección de estructuras como cartílagos, piel, uñas, cabello y músculos. Son constituyentes principales de enzimas, anticuerpos, muchas hormonas y líquidos biológicos como sangre, leche y clara de huevo. Los aminoácidos característicos tienen las siguientes fórmulas químicas:



Fuente: N. Potter y J. Hotchkiss.<sup>1</sup>

Los aminoácidos tienen el -NH<sub>2</sub> o grupo amino y el -COOH o grupo carboxilo unidos al mismo átomo de carbono. Estos grupos son químicamente activos y pueden combinarse con ácidos, bases y otro gran número de reactivos. Los grupos amino son básicos y los grupos carboxilo son ácidos; el grupo amino de un aminoácido se combina fácilmente con el grupo carboxilo de otro, y el resultado es la eliminación de una molécula de agua y la formación de un enlace peptídico, el cual se representa químicamente así:



Fuente: N. Potter y J. Hotchkiss.<sup>1</sup>

En este caso, al reaccionar dos aminoácidos, se forma un dipéptido, con el enlace peptídico en el centro. Los restantes grupos amino o carboxilo libres de los extremos, pueden reaccionar de igual manera con otros aminoácidos formando polipéptidos. Éstos y otros grupos reactivos de las cadenas de los diferentes aminoácidos intervienen en un

gran número de reacciones con otros muchos componentes de los alimentos. Hay veinte aminoácidos principales distintos y unos cuantos minoritarios, que forman los tejidos humanos, las proteínas de la sangre, las hormonas y las enzimas. Ocho de ellos se denominan esenciales ya que no pueden ser sintetizados por el organismo humano en cantidades adecuadas para soportar el crecimiento y mantener la salud por lo que deben suministrarse con la dieta. Los demás también son necesarios para la salud pero puede sintetizarlos el organismo humano a partir de otros aminoácidos y compuestos nitrogenados por lo que se conocen como no esenciales. Los aminoácidos esenciales son: leucina, isoleucina, lisina, fenilalanina, metionina, treonina, triptófano y valina. A esta lista se añade la histidina, que se necesita para el desarrollo durante la infancia. Los aminoácidos no esenciales son: alanina, arginina, ácido aspártico, ácido glutámico, cisteína, cistina, glicina, hidroxiprolina, prolina, serina y tirosina. La lista de aminoácidos esenciales difiere en función de la especie animal.<sup>1</sup>

Las proteínas son muchas y variadas. Esta variación se debe a la combinación de diferentes aminoácidos, a las diferencias en la secuencia de los aminoácidos dentro de la cadena y a las diferentes formas que adopta la cadena. Por ello hay cadenas rectas, enrolladas y dobladas. Estas diferencias son en gran parte responsables de los distintos sabores y texturas de los músculos de pollo, de vacuno y de leche cuajada.<sup>1</sup>

Las cadenas de proteínas pueden orientarse entre sí paralelamente o como los cabos de una cuerda, como sucede en la lana, pelo y en el tejido fibroso de la pechuga de pollo, o bien pueden enredarse al azar de forma similar a como se enmaraña una cuerda. De aquí, que las proteínas de diferentes alimentos, como huevos, leche y carne, pueden dar un análisis químico de C, H, O y N muy similar, incluso respecto de sus aminoácidos y sin embargo, contribuir o aportar estructuras marcadamente diferentes en los alimentos que las contienen.<sup>1</sup>

Además, la compleja y sutil configuración de las proteínas cambia fácilmente, no sólo por efectos de los reactivos químicos, sino también por los medios físicos. Algunas proteínas en solución, se convierten en gel o precipitan. Esto ocurre con la clara de huevo que coagula por el calor. Este proceso también puede revertir: el precipitado se transforma en gel o solución, como sucede al disolver las pezuñas de animales en ácido o álcali para hacer cola.<sup>1</sup>

Cuando se altera la organizada configuración molecular o espacial de una proteína se dice que la proteína se ha desnaturalizado. Esto puede producirse por calor, métodos químicos, agitación excesiva de las soluciones de proteínas y por ácidos y álcalis. Cuando la clara de huevo se calienta, se transforma en un sólido en vez de un líquido ya que está irreversiblemente desnaturalizada.<sup>1</sup>

Estos cambios en las proteínas de los alimentos se reconocen fácilmente en la práctica. Cuando se calienta la carne, las cadenas de proteínas se encogen y por ello los filetes se acortan durante el cocinado. Cuando la leche coagula por acción del ácido y el calor, las proteínas precipitan formando cuajada. Si el calor o ácido es excesivo, la cuajada se encoge y se vuelve dura y gomosa.<sup>1</sup>

Las soluciones de proteínas pueden formar películas y esta es la razón por la que la clara de huevo puede batirse. Las películas retienen atrapado aire, pero si se bate demasiado se desnaturaliza la proteína, las películas se rompen y la espuma colapsa.<sup>1</sup>

Como los polímeros de carbohidratos, las proteínas pueden hidrolizarse dando productos intermedios de varios tamaños y propiedades, esto puede conseguirse con ácidos, álcalis y enzimas. Los productos de la degradación de las proteínas, en orden decreciente de tamaño y complejidad, son: proteína, proteosomas, peptonas, polipéptidos, péptidos, aminoácidos,  $\text{NH}_3$ , y nitrógeno elemental. Además, durante su descomposición se forman compuestos muy olorosos, como mercaptanos, escatol, putrescina y  $\text{H}_2\text{S}$ .<sup>1</sup>

La maduración controlada del queso conlleva un deseable grado de degradación de las proteínas. La putrefacción de la carne es consecuencia de una degradación excesiva de las proteínas, acompañada de otros cambios. Los deliberados e inevitables cambios de las proteínas durante el procesado y manipulación de los alimentos son unos de los aspectos más interesantes de la Ciencia de los alimentos. Hoy día se extraen proteínas de animales vegetales y microorganismos que pueden modificarse e incorporarse a numerosos productos alimenticios. Además de su valor nutritivo, se seleccionan por sus atributos funcionales específicos, como dispersabilidad, solubilidad, absorción de agua, viscosidad, cohesión, elasticidad, efectos emulgentes, capacidad de formación de espuma, estabilidad de la espuma y formación de fibras.<sup>1</sup>

## **GRASAS Y ACEITES**

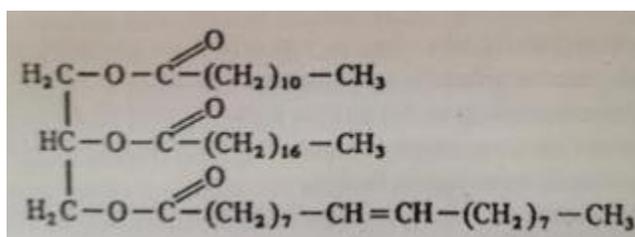
Las grasas se diferencian de los carbohidratos y proteínas en que no son polímeros formados por la repetición de unidades moleculares (monómeros). No forman cadenas moleculares largas, ni contribuyen a fortalecer las estructuras de los tejidos vegetales y animales. Las grasas son sustancias blandas, untuosas e insolubles en agua.<sup>1</sup>

La grasa es fundamentalmente una fuente de energía tanto para animales y plantas que las contienen como para los animales que las consumen. Tienen alrededor de 2.25 veces las calorías que posee una cantidad igual de peso seco de proteínas o carbohidratos. Por esta razón la disminución del contenido calórico de los alimentos se consigue a menudo sustituyendo la grasa por proteínas o carbohidratos. En los alimentos naturales las grasas siempre se asocian a otras sustancias, como las vitaminas liposolubles A, D, E, K; los

esteroles (colesterol en grasas animales y ergosterol en grasas vegetales) y algunos lípidos naturales emulgentes conocidos como fosfolípidos debido a la presencia de ácido fosfórico en sus moléculas.<sup>1</sup>

Una molécula de grasa típica consiste en glicerol combinado con tres ácidos grasos. El glicerol tiene tres grupos hidroxilos reactivos, y los ácidos grasos un grupo carboxilo reactivo. Por lo tanto, en cada molécula de glicerol pueden combinarse tres moléculas de ácidos grasos, eliminándose tres moléculas de agua. Tales grasas se denominan triglicéridos.<sup>1</sup>

Hay unos veinte ácidos grasos diferentes que se unen corrientemente al glicerol en las grasas naturales. Estos ácidos grasos difieren en longitud y en el número de átomos de hidrógeno que contienen. El ácido fórmico (HCOOH), el ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH), y el ácido propiónico (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COOH) son los tres ácidos grasos más cortos. El ácido esteárico (C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>COOH) es uno de los ácidos grasos corrientes más largo. Algunas de las posibles variaciones de las grasas naturales pueden deducirse en la fórmula de un triglicérido típico:



Fuente: N. Potter y J. Hotchkiss.<sup>1</sup>

En este caso, los ácidos grasos que reaccionan con el glicerol son el láurico, el esteárico, y el oleico, con una longitud de la cadena de 12, 18 y 18 carbonos respectivamente. Los ácidos esteárico y oleico, aunque tienen la misma longitud, difieren en el número de átomos de hidrógeno de la cadena. El ácido esteárico está saturado con respecto al hidrógeno. El ácido oleico, con dos átomos menos de hidrógeno, es un ácido insaturado. Otro ácido graso insaturado de 18 carbonos, con cuatro átomos de hidrógeno menos y con dos puntos de insaturación es el ácido linoleico. El linoleico es un ácido graso insaturado esencial para la salud. El grado de insaturación también afecta a las propiedades físicas como la temperatura de fusión de las grasas.<sup>1</sup>

Las moléculas grasas difieren entre sí en longitud de sus ácidos grasos, en el grado de insaturación de los mismos, en su posición en los tres átomos de carbono del glicerol, en

la orientación de las cadenas de los ácidos grasos insaturados que produce variaciones espaciales dentro de dichas cadenas y en otras particularidades.<sup>1</sup>

Las moléculas de grasa no necesitan que los tres grupos hidroxilo de su glicerol reaccionen con tres ácidos grasos como en los triglicéridos. Cuando reaccionan dos grupos hidroxilo, la molécula resultante se conoce como diglicérido y cuando se combina un ácido graso con la molécula de glicerol, se obtiene un monoglicérido. Los diglicéridos y monoglicéridos tienen propiedades emulgentes especiales.<sup>1</sup>

Las grasas naturales no se componen de un solo tipo de moléculas, sino que son mezclas de muchos tipos, que varían en algunas de las particularidades antes descritas. Esta complejidad de la química de las grasas es hoy bien conocida, tanto que se producen grasas con propiedades muy especiales, según los deseos de los consumidores y se mezclan para usos específicos. Las variaciones químicas de las grasas dan lugar a grandes diferencias funcionales, **y nutricionales** y también a distinta capacidad de conservación. El punto de fusión de las distintas grasas es un ejemplo de esta variedad funcional. Los ácidos grasos más largos producen grasas más duras, mientras que los ácidos grasos de cadena corta originan grasas más blandas. La insaturación de los ácidos grasos también contribuye a la producción de grasas blandas. Un aceite es simplemente una grasa que permanece líquida a temperatura ambiente. Esta es la base de la elaboración de grasas sólidas a partir de los aceites. Para saturar los ácidos grasos muy insaturados se les adiciona hidrógeno, proceso que se conoce como hidrogenación. La hidrogenación es un método químico el cual hidrogena un aceite, saturando sus ácidos grasos y convirtiéndolo en sólido, usualmente se utiliza para convertir un aceite vegetal en una grasa concreta sólida.<sup>1</sup>

## GENERALIDADES DE LOS LÍPIDOS

La palabra lípido proviene del griego *lipos*, que significa grasa y cuya aplicación no ha sido bien establecida; originalmente se definía como “una sustancia insoluble en agua, pero soluble en disolventes orgánicos como cloroformo, hexano y éter de petróleo”; con esta consideración de solubilidad, existen muchos otros compuestos, como terpenos, vitaminas y carotenoides que también están incluidos. Sin embargo, algunos autores consideran como lípidos sólo a aquellas moléculas que son derivados reales o potenciales de los ácidos grasos y sustancias relacionadas; según esta definición, los aceites y las grasas se consideran por antonomasia como lípidos.<sup>3</sup>

Los lípidos son grupos de compuestos constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno que integran cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas, aunque también contienen fósforo y nitrógeno. Desempeñan muchas funciones en los tejidos, además de que son la

βfuente energética más importante, ya que cada gramo genera 9 kcal (38.2 kJ) porque en su estructura contienen más átomos de carbono que las proteínas y los hidratos de carbono que producen 4 kcal/g (17 kJ/g) cada uno; muchos cumplen una actividad biológica, unos son parte estructural de las membranas celulares y de los sistemas de transporte de diversos nutrimentos, otros son ácidos grasos indispensables, vitaminas y hormonas, algunos son pigmentos, etcétera. También actúan como aislantes naturales en el hombre y en los animales ya que, por ser malos conductores del calor, el tejido adiposo mantiene estable la temperatura del organismo.<sup>3</sup>

Las grasas y los aceites son los principales lípidos que se encuentran en los alimentos, y contribuyen a la textura y, en general, a las propiedades sensoriales y de nutrición; no hay una distinción entre ambos grupos, aun cuando algunos consideran que las grasas son de origen animal y los aceites de origen vegetal, o bien, las grasas son sólidas a “temperatura ambiente”, mientras que los aceites son líquidos. Sus principales fuentes son las semillas oleaginosas y los tejidos animales, terrestres y marinos, ya que las frutas y las hortalizas presentan normalmente muy bajas concentraciones, con algunas excepciones como el aguacate, las aceitunas y algunos tipos de nueces.<sup>3</sup>

## **CONTRIBUCIÓN DE LOS LÍPIDOS EN TRES ATRIBUTOS DE LOS ALIMENTOS**

### **CALIDAD:**

Textura, dan consistencia y estructura a muchos productos  
Lubricación y saciedad al consumirlos  
Color, debido a los carotenoides  
Sabor, gracias a las cetonas, aldehídos y derivados carbonilos<sup>3</sup>

### **NUTRICIÓN:**

Fuente de energía importante por la β-oxidación  
Vehículo de vitaminas liposolubles  
Son ácidos grasos indispensables, linoleico y linolénico  
Promueven la síntesis de miscelas y de bilis  
Facilitan la absorción de las vitaminas liposolubles<sup>3</sup>

### **BIOLÓGICO:**

Fuente de vitaminas A, D, E y K  
El colesterol es precursor de la vitamina D3, de corticosteroides y de ácidos biliares  
El ácido linoleico es componente de las acilglucoceramidas de la piel.<sup>3</sup>

## NOMENCLATURA DE LOS LÍPIDOS

Una manera de clasificarlos es dividirlos en tres grandes grupos, en función de su estructura química. Los simples abarcan las grasas y los aceites y, por lo tanto, resultan los más abundantes e importantes para el tecnólogo de alimentos. Los lípidos compuestos son aquellos que están integrados por una parte lipídica y otra que no lo es, unidas covalentemente, como los fosfolípidos y los glucolípidos. También se incluyen las lipoproteínas pero, dado que sus integrantes (proteínas y lípidos) se enlazan hidrófoba y electrostáticamente, algunos autores no las consideran en este grupo; su importancia biológica es enorme puesto que, entre otras cosas, son parte de la membrana celular y de los complejos que forman con el colesterol.

Por último, los lípidos asociados o derivados son todos los que no se ubican en ninguna de las subdivisiones anteriores; en esta categoría están los ácidos grasos libres, carotenoides, vitaminas liposolubles, colesterol, etcétera.

También se dividen en polares y no polares; los primeros (ácidos grasos, fosfolípidos, esfingolípidos, etcétera) se orientan espontáneamente con el grupo polar hacia el agua, pues en su molécula contienen una parte hidrófila y otra hidrófoba, mientras que los segundos (colesterol, hidrocarburos, etcétera) permanecen asociados y no se orientan en la interfase acuosa. Por otra parte, debido a que las grasas y los aceites son los lípidos más comunes y más importantes para el tecnólogo de alimentos, se les ha clasificado en función de su origen y de su contenido de ácidos grasos; así tenemos que se les divide en: grasas animales (sebo, manteca de cerdo, huevo); aceites marinos (fauna de acompañamiento de la pesca); grasa de la leche (mantequilla); grasas vegetales (cacao); aceites con ácido láurico (coco y palmiste); aceites con ácidos oleico y linoleico (maíz, girasol, algodón); y aceites con ácido linolénico (soya).<sup>3</sup>

## CLASIFICACIÓN DE LOS LÍPIDOS

**A. Lípidos simples.** Ésteres de ácidos grasos y alcoholes.

1. Grasas y aceites. Ésteres de glicerol con ácidos monocarboxílicos.
2. Ceras. Ésteres de alcoholes monohidroxilados y ácidos grasos.<sup>3</sup>

**B. Lípidos compuestos.** Lípidos simples conjugados con moléculas no lipídicas.

1. Fosfoglicéridos. Ésteres que contienen ácido fosfórico en lugar de un ácido graso, combinado con una base de nitrógeno.
2. Glucolípidos. Compuestos de hidratos de carbono, ácidos grasos y esfingosinol, llamados también cerebrósidos.
3. Lipoproteínas. Integradas por lípidos y proteínas.<sup>3</sup>

**C. Lípidos asociados.**

1. Ácidos grasos (derivados de los lípidos simples).
2. Pigmentos.
3. Vitaminas liposolubles.
4. Esteroles.
5. Hidrocarburos.<sup>3</sup>

## ASPECTOS NUTRICIONALES DE LOS LÍPIDOS

En los últimos años se ha generado mucha información inadecuada sobre el consumo de grasas y aceites, al grado que incluso se ha sugerido reducirlos sustancialmente de la dieta del hombre. Sin embargo, estas consideraciones resultan incongruentes cuando se enumeran todos los compuestos con que los lípidos contribuyen al bienestar de las personas. Es un hecho que, por ser una excelente fuente de energía, su consumo excesivo provoca obesidad si no hay una adecuada actividad física.

Debido al dilema beneficio-daño que provocan las grasas y los aceites, se han establecido lineamientos para una dieta balanceada: se recomienda que su consumo represente hasta 30% de las calorías totales de una persona, de las cuales 10% máximo provengan de grasas saturadas (menos de 10% de preferencia), 10% de las monoinsaturadas y 10% de las poliinsaturadas. Tecnológicamente, el desarrollo de la fase lipídica de un alimento que cumpla con todos los aspectos nutricionales y sensoriales al mismo tiempo puede significar un buen reto; por ejemplo, el linoléico es muy sensible a la oxidación y en la industria se reduce por hidrogenación para aumentar su estabilidad, pero es de los ácidos grasos más recomendados en la dieta.<sup>3</sup>

Se considera que del total de los lípidos que una persona ingiere al día, las grasas "visibles", como la margarina, el aceite para freír, las cremas, la grasa de la carne, la mantequilla, etcétera, representan aproximadamente el 30%, mientras que las "invisibles", que son añadidas en la formulación de los alimentos (mantecas de panificación, grasas para embutidos, etcétera), suman 70%.<sup>3</sup>

Aún existe mucha controversia sobre los efectos biológicos que los ácidos grasos *trans* causan en el organismo humano. Se sabe que se absorben, metabolizan e incorporan a los tejidos de igual forma que los *cis* pero no presentan actividad biológica; al actuar como un ácido graso saturado, se han relacionado con el aumento del colesterol sanguíneo, la síntesis inadecuada de lipoproteínas, el desarrollo de muchas enfermedades cardiovasculares y hasta el cáncer. A pesar del cúmulo de información, es un hecho que no hay una opinión generalizada y fundamentada sobre su función e influencia en el organismo, por lo que las investigaciones deben de continuar hasta aclarar las actuales discrepancias. Mientras tanto, algunas legislaciones en el mundo, como la de Estados Unidos, exigen indicar el contenido de *trans* en las etiquetas de los alimentos.<sup>3</sup>

Al igual que con la situación de los *trans*, existen muchos estudios toxicológicos con animales de laboratorio relacionados con los daños que causa el consumo de grasas para freír altamente oxidadas. Se sabe que cuando un aceite se somete a condiciones muy drásticas de calentamiento, se generan compuestos aromáticos policíclicos derivados del antraceno, tales como el benzopireno y el benzantraceno, todos ellos agentes carcinógenos conocidos.<sup>3</sup>

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que estos estudios se han hecho usando animales alimentados con grandes cantidades de grasas oxidadas y con grados de oxidación que no se encuentran en las que el hombre consume normalmente; por esta razón no es posible

extrapolar los resultados negativos obtenidos en pruebas de laboratorio y considerar que el efecto sea el mismo en el humano.<sup>3</sup>

El inositol favorece la transmisión de señales

El ácido araquidónico es precursor de eicosanoides y lipoxinas

El ácido docosahexanoico forma parte de las membranas celulares

Los ácidos poliinsaturados son moduladores en la síntesis de eicosanoides

Los fosfolípidos acetílicos ayudan a la agregación de las plaquetas<sup>3</sup>

## **2. ASPECTOS NUTRITIVOS DE LOS CONSTITUYENTES DE LOS ALIMENTOS**

Los alimentos proporcionan la energía para todas las funciones corporales y los elementos estructurales precisos para su crecimiento y mantenimiento. Los adultos necesitan energía y reconstruir los componentes corporales que deben ser reemplazados. Por ejemplo, el estómago está constantemente perdiéndose y reemplazándose. Además se dispone de muchas pruebas que indican que la dieta tiene un papel preponderante en la defensa frente a las enfermedades, incluidas las crónicas como el cáncer o las cardiopatías y que, tanto el estado nutricional global como algunos nutrientes específicos, influyen en los procesos mentales y en el comportamiento humano.

El bromatólogo debe considerar los aspectos nutritivos de los alimentos desde dos puntos de vista:

1. Qué nutrientes contienen los alimentos y cuáles son los requerimientos humanos de éstos.
2. Cuál es la estabilidad relativa de dichos nutrientes y cómo puede verse afectada por la elaboración, almacenamiento y preparación de los alimentos.

La ciencia de la nutrición se interesa por el valor nutritivo de los alimentos y lo relaciona con los fenómenos fisiológicos y bioquímicos que permiten la utilización de los nutrientes por el organismo y también relaciona el valor nutritivo de los alimentos con el mantenimiento de la salud.

Los nutrientes de los alimentos, necesarios en cantidades equilibradas para proveer y mantener un estado de salud óptimo, pertenecen a los siguientes grupos: carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas y minerales.<sup>1</sup>

## ALIMENTOS Y ENERGÍA

Los alimentos son el combustible que proporciona toda la energía química que el cuerpo necesita, tanto para desempeñar su actividad diaria como para la biosíntesis de compuestos químicos. Las principales fuentes de energía para las personas son los carbohidratos, las grasas y las proteínas. Además de proporcionar energía, estos nutrientes desempeñan otras funciones específicas, pero su función energética es fundamental. El valor energético de los alimentos se expresa en unidades de calor llamadas calorías.<sup>1</sup>

## CALORÍAS

Una caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado centígrado (de 14.5 a 15.5° C) la temperatura de un gramo de agua. La kilocaloría (1000 calorías) es la unidad que habitualmente se utiliza para expresar el valor energético de los alimentos. El Sistema Internacional de Unidades (SI) usa a veces el kilojulio en lugar de la kilocaloría (kilocaloría por 4.2 = kilojulio).<sup>1</sup>

La energía potencial proporcionada por los alimentos y sus componentes se determina quemando el alimento, bajo una elevada presión de oxígeno en una bomba calorimétrica de acero. La bomba y el agua en la que está inmersa, experimentan un incremento de temperatura que está directamente relacionado con el valor energético bruto del alimento. A esta operación se le conoce como calorimetría.<sup>1</sup>

El valor energético potencial de un alimento, determinado por calorimetría, no suele ser igual a la energía que puede obtenerse del mismo en el organismo humano. Si un alimento o uno de sus componentes no se digieren o no se oxida completamente en el organismo, su valor calórico será inferior al teórico.<sup>1</sup>

No todos los carbohidratos, grasas y proteínas producen la misma cantidad de energía cuando se queman en un calorímetro. Sin embargo, los promedios habituales de los estudios calorimétricos, en kcal/g, son de 4.1 para carbohidratos, 9.5 para grasas y 5.7 para proteínas.<sup>1</sup>

Los carbohidratos que, como los azúcares y almidones, son digeridos normalmente en un 98% y completamente oxidados por los humanos, proporcionan unas 4 kcal/g. la mayoría de las grasas se digieren en un 95%, proporcionando 9 kcal/g. las proteínas debido a su digestión y oxidación incompleta (70%) tienen un equivalente energético de 4 kcal/g. Así, a igualdad de peso, las grasas proporcionan 2.25 veces más calorías que las proteínas o carbohidratos. Las calorías se necesitan para satisfacer los requerimientos energéticos del

organismo, para producir calor, sintetizar tejidos y rendir en el trabajo. Si bien el contenido calórico de los alimentos está relativamente establecido, las necesidades calóricas de las personas varían ampliamente, dependiendo de factores como actividad física, condiciones climáticas, peso, edad, sexo y diferencias metabólicas individuales. Las necesidades calóricas dependen del gasto energético, los requerimientos diarios de los hombres adultos pueden variar desde 2,500 a 5,000 kcal. En el caso de un trabajador manual que necesita 5,000 kcal/día debe comer algo de grasa ya que el estómago humano no es tan grande como para contener los suficientes carbohidratos y proteínas que proporcionan esas mismas calorías.<sup>1</sup>

Mientras que las grasas son la fuente más concentrada de calorías, los carbohidratos son la fuente más barata y las proteínas la más cara. Generalmente se admite que, excepto para niños muy pequeños y ancianos, una ingesta diaria inferior a las 2,000 kcal es insuficiente.<sup>1</sup>

### **OTRAS FUNCIONES DE LOS CARBOHIDRATOS, GRASAS Y PROTEÍNAS EN NUTRICIÓN**

Los hidratos de carbono, las proteínas y las grasas se interrelacionan de muchas formas y son interconvertibles en el metabolismo animal. Aunque los carbohidratos de la dieta constituyen una fuente barata de calorías y proporcionan energía disponible rápidamente para una gran variedad de funciones fisiológicas, el organismo puede satisfacer sus requerimientos energéticos a partir de las proteínas y de las grasas. Asimismo, a partir de proteínas y grasas, puede sintetizar glucosa, glucógeno hepático, la ribosa de los ácidos nucleicos y otros hidratos de carbono biológicamente importantes.<sup>1</sup>

Por otra parte, los hidratos de carbono de los alimentos ingeridos facilitan la utilización eficiente de la grasa por el organismo; lo hacen proporcionando ácido pirúvico, intermediario de la oxidación de los carbohidratos, necesario para la oxidación completa de la grasa a CO<sub>2</sub> y agua. Si la grasa no se oxida de forma eficiente, se acumulan en el organismo cuerpos cetónicos y pueden provocar una enfermedad que recibe el nombre de cetosis.<sup>1</sup>

Los hidratos de carbono ejercen también un efecto ahorrador de proteínas. Cuando en el organismo animal se produce una depleción de carbohidratos y el animal necesita energía adicional, la obtiene por oxidación de grasas y proteínas. En el caso de las proteínas, este requerimiento energético se satisface a expensas de las necesidades corporales de aminoácidos y proteínas que constituyen los tejidos corporales, las enzimas, los anticuerpos y otros compuestos nitrogenados esenciales. Sin embargo, si se aportan hidratos de carbono, el organismo los oxida con preferencia a las proteínas para obtener energía y de esta forma se ahorran proteínas. De forma similar, las grasas pueden ejercer un efecto ahorrador de proteínas.<sup>1</sup>

El papel de algunos carbohidratos como la celulosa y hemicelulosas, que proporcionan fibra y volumen a las heces, es esencial para mantener el buen funcionamiento intestinal. La disolución relativamente lenta de algunos carbohidratos como el almidón y la lactosa hace que la permanencia de estos en el tracto intestinal sea mayor en relación a azúcares de solubilidad mucho más elevada. En este caso, sirven de nutrientes fácilmente disponibles para los microorganismos que sintetizan varias de las vitaminas del complejo B. Por otra parte, la lenta velocidad de absorción intestinal de la lactosa puede provocar diarrea en algunos adultos que ingieren cantidades excesivas de dicho azúcar. La lactosa, asimismo, incrementa la retención de calcio en los niños.<sup>1</sup>

El valor nutritivo de las distintas proteínas depende de su composición aminoacídica. Una proteína completa es aquella que contiene todos los aminoácidos esenciales en cantidad y proporciones suficientes para el mantenimiento de la vida y el sostenimiento del crecimiento cuando se utiliza como única fuente proteica. Se dice que dicha proteína es de elevado valor biológico. Muchas proteínas de origen animal, como las presentes en la carne, aves, pescado y huevos tienen elevado valor biológico. Constituye una excepción la gelatina (colágeno) que posee cantidades reducidas de isoleucina, treonina y metionina y carece de triptófano. Las proteínas de origen vegetal no tienen, en general, un valor biológico tan alto como las de origen animal debido a los aminoácidos limitantes. Así, por ejemplo, la mayoría de variedades de trigo, arroz y maíz carecen de lisina; el maíz carece también de triptófano; las leguminosas tienen una calidad proteica ligeramente mayor, aunque tienen bajos contenidos de metionina.<sup>1</sup>

Las proteínas incompletas pueden suplementarse con los aminoácidos esenciales de que carecen, bien sea en forma de compuestos obtenidos por síntesis o como concentrados proteicos de fuentes naturales. Pero los componentes complementarios deben suministrarse en la misma toma, puesto que el organismo tiene una capacidad muy limitada de almacenamiento de aminoácidos y se necesitan todos ellos para la síntesis proteica diaria. En la actualidad la suplementación es una práctica muy habitual para mejorar las fuentes alimentarias mundiales.<sup>1</sup>

La cantidad de proteínas que se necesita diariamente, que después de la primera infancia varía de 40 a 60 g depende de la demanda corporal, siendo mayor durante el crecimiento, el embarazo y la lactación.<sup>1</sup>

Las necesidades proteicas más acuciantes de la población mundial son las de los niños después del destete y las de los niños pequeños. La falta de proteínas o malnutrición proteica se corrige de forma espectacular con una dieta adecuada. Sin embargo, en aquellas ocasiones en que los aportes proteicos adecuados y las dietas suficientes se han

retrasado demasiado, la recuperación puede que no sea completa debido a lesiones irreversibles y a un posible retraso mental.<sup>1</sup>

Además de proporcionar energía, las grasas contienen ácidos grasos poliinsaturados, de los cuales al menos uno, el ácido linoléico, es un ácido graso esencial. Al igual que ocurre con los aminoácidos esenciales, el ácido linoléico recibe el nombre de ácido graso esencial porque los animales no pueden sintetizarlo de forma adecuada y por lo tanto debe ser suministrado con la dieta. En las ratas y en los lactantes humanos, la falta de ácido linoléico interfiere en las tasas normales de crecimiento y da lugar a un trastorno cutáneo. Otros dos ácidos grasos poliinsaturados, el linolénico y araquidónico, se consideraron inicialmente ácidos grasos esenciales. No obstante, dado que el organismo puede transformar el ácido linoléico en araquidónico y que el linolénico sólo puede sustituir en parte al linoléico, nosotros consideramos ahora como ácido graso esencial sólo al ácido linoléico. Los cereales y los aceites de semillas, las grasas de los frutos secos y las grasas de las aves son buenas fuentes de ácido linoléico.<sup>1</sup>

### **CALIDAD PROTEICA**

Según se ha mencionado el valor relativo de las proteínas depende de su diferente composición en aminoácidos, en especial de sus contenidos en aminoácidos esenciales: fenilalanina, leucina, isoleucina, lisina, metionina, treonina, triptófano y valina, más histidina necesaria para satisfacer las demandas de crecimiento durante la infancia.<sup>1</sup>

La calidad o el valor nutritivo de una proteína, tiene interés sólo en cuanto la proteína es útil para fines vitales específicos como el crecimiento, la reposición de pérdidas metabólicas y de tejidos deteriorados, la reproducción, lactación y en general el bienestar. La utilidad de una proteína puede que no sea la misma para varias de estas funciones. Además, la medida del valor de las proteínas, a partir de su composición en aminoácidos obtenida por análisis químico, se complica por una serie de factores. Entre ellos cabe mencionar la exactitud del método de análisis en condiciones que pueden implicar que se detecte uno u otro aminoácido o que tenga lugar su destrucción; la disponibilidad y digestibilidad de las proteínas de los alimentos que no son fácilmente degradados por las enzimas digestivas ni absorbidas por el intestino y los factores que contribuyen a que el alimento proteico tenga una mala palatabilidad. Otro factor a considerar es el relacionado con el desequilibrio aminoacídico. Es posible que una proteína tenga un exceso relativo de uno o más aminoácidos, lo cual puede tener un efecto negativo sobre las tasas de crecimiento.<sup>1</sup>

Las objeciones señaladas al determinar la calidad proteica a partir del contenido de aminoácidos obtenido por análisis químico no tienen lugar cuando se aplica un método biológico, como por ejemplo, un ensayo en animales. Aunque en este caso surgen una

serie de obstáculos distintos. Uno de los más obvios es si se pueden extrapolar los resultados obtenidos en los animales de laboratorio al hombre. Incluso cuando se prescinde de aspectos como la digestibilidad y las respuestas vitales, para obtener una estimación válida de la utilidad de una fuente proteica desde el punto de vista nutricional, deben tenerse en cuenta las diferencias de palatabilidad entre las especies. A pesar de estas dificultades, se ha demostrado que los resultados obtenidos en ratas jóvenes son, en general, aplicables a los seres humanos y que los ensayos de alimentación en condiciones predeterminadas se realizan mucho más fácilmente en ratas que en seres humanos. Dichos ensayos pueden llevarse a cabo en distintas condiciones experimentales lo que influirá en la interpretación que pueda hacerse de las observaciones de interés nutricional.<sup>1</sup>

Se han desarrollado varios métodos de evaluación proteica que utilizan ratas. Uno de los más usuales implica la determinación del incremento de peso por gramo de proteína ingerida. Se conoce como Relación de Eficiencia Proteica (PER). Una de las principales limitaciones del valor de la PER es que los resultados dependen del valor de alimento ingerido, lo que puede dar una imagen errónea cuando es mala la palatabilidad del alimento para el animal de ensayo. Para mejorar el PER se ha propuesto una modificación a la que se da el nombre de Retención Neta Proteica (NPR). Si se utilizan dos grupos de animales y a uno se le da una dieta que contiene la proteína objeto de estudio y al otro una dieta sin proteína, la pérdida de peso de este último grupo puede compararse con el aumento de peso del grupo de animales al que se le administra la proteína. Si el ensayo se controla de forma adecuada, es independiente de la ingesta alimentaria. Otra medida es la proporción del nitrógeno absorbido que es retenido por el organismo para el mantenimiento y/o crecimiento; recibe el nombre de Valor Biológico (BV). Para estimarlo debe medirse la proteína que se ingiere y la fracción que se excreta por orina y heces. Puesto que el valor biológico mide el porcentaje de nitrógeno absorbido que se retiene, no se tiene en cuenta la digestibilidad de la proteína. La Digestibilidad (D) también puede medirse y es el porcentaje de nitrógeno ingerido que se absorbe. Cuando el Valor Biológico (BV) se corrige con el factor de digestibilidad, se obtiene el porcentaje de nitrógeno ingerido retenido, lo que se conoce como Utilización Neta Proteica (NPU), que es igual  $BV \times D$ . Puesto que el valor nutritivo de una proteína alimentaria implica tanto al contenido como a su calidad, hay otra forma de expresión que utiliza la NPU multiplicada por la cantidad de proteína del alimento y que se conoce como Valor Neto Proteico (NPV)<sup>1</sup>

La complejidad de la evaluación de la calidad y utilidad proteica ha tenido gran importancia en los esfuerzos realizados para desarrollar alimentos de elevado contenido proteico y suplementos para corregir las deficiencias nutricionales en las regiones subdesarrolladas del mundo. De aquí, la importancia repetidamente señalada, de los estudios de campo, con seres humanos en condiciones reales de vida. Muchos de los

nuevos alimentos de excelente contenido proteico, medido mediante sofisticados métodos de laboratorio, han sido inútiles por su escasa palatabilidad, por haberse elaborado con un estado físico inusual o por presentarse en forma desacostumbrada a los hábitos y status social de los consumidores.<sup>1</sup>

### **BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES**

Al igual que ocurre con las proteínas, los contenidos de otros componentes alimenticios obtenidos por análisis químico o físico, pueden llevar a conclusiones erróneas sobre el valor nutritivo de los alimentos. Además del contenido, es importante que la forma en que se encuentre el nutriente pueda utilizarse en el metabolismo; esto es que el nutriente sea biodisponible. Por ejemplo, la adición de pequeñas partículas de hierro a los cereales, aumentará su contenido en este elemento, pero su disponibilidad para quien los ingiera será baja y, por tanto, de escaso valor.<sup>1</sup>

Entre los muchos factores que influyen en la biodisponibilidad de los nutrientes, se incluyen la digestibilidad del alimento y la absorbabilidad del nutriente en el tracto gastrointestinal, sobre las que influyen la fijación del nutriente a componentes indigeribles de los alimentos y las interacciones nutriente-nutrientes en los propios alimentos. La elaboración y cocción pueden también influir en la biodisponibilidad de los nutrientes. Aparte del propio alimento, la biodisponibilidad de un nutriente específico, puede variar mucho en función de la especie animal que se considera. La edad, el sexo, el estado fisiológico, el consumo de medicamentos, el estado nutricional y la composición de la dieta, son, entre otros, los factores que influyen en la capacidad de un individuo para utilizar un determinado nutriente.<sup>1</sup>

La biodisponibilidad de hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas y minerales puede aumentar o disminuir, puesto que los nutrientes son compuestos que reaccionan con facilidad y sus contenidos en los alimentos son variables. Las ingestas dietéticas recomendadas en los EE UU y en otros países intentan tener en cuenta la biodisponibilidad. No obstante, debido a los numerosos factores que influyen en la biodisponibilidad y a las dificultades que conlleva su correcta evaluación todavía se precisan muchos estudios en dicho campo.<sup>1</sup>

## ESTABILIDAD DE LOS NUTRIENTES

Una de las principales responsabilidades de los bromatólogos es mantener los contenidos de nutrientes a lo largo de todas las fases de obtención, elaboración, almacenaje y preparación de los alimentos. La clave para conseguirlo es conocer la estabilidad de los nutrientes en distintas condiciones. Según se indica en la tabla de la pág. 34 la vitamina A es muy sensible (es decir, inestable) a los ácidos, al aire, a la luz y al calor, por otra parte la vitamina C es estable en medio ácido, pero sensible a la alcalinidad, al aire, a la luz y al calor. Debido a la inestabilidad de los nutrientes en distintas condiciones y a su solubilidad en agua las pérdidas de algunos de los nutrientes esenciales durante la cocción de los alimentos puede superar el 75% (ácido ascórbico (C), ácido fólico, inositol, niacina, riboflavina (B<sub>2</sub>), tiamina (B<sub>1</sub>)). No obstante, en los procesos de elaboración actuales, raramente las pérdidas sobrepasan el 25%.<sup>1</sup>

Nutriente	Neutro pH 7	Ácido pH < 7	Alcalino pH > 7	Aire u. oxígeno	Luz	Calor	Pérdidas Cocción (%)
<b>Vitaminas</b>							
Vitamina A	S	U	S	U	U	U	0-40
Ácido ascórbico (C)	U	S	U	U	U	U	0-100
Biotina	S	S	S	S	S	U	0-60
Caroteno (pro-A)	S	U	S	U	U	U	0-30
Colina	S	S	S	U	S	S	0-5
Cobalamina (B <sub>12</sub> )	S	S	S	U	U	S	0-10
Vitamina D	S	U	U	U	U	U	0-40
<b>Ácidos grasos esenciales</b>							
Ácido fólico	U	U	S	U	U	U	0-100
Inositol	S	S	S	S	S	U	0-95
Vitamina K	S	U	U	S	U	S	0-5
Niacina (PP)	S	S	S	S	S	S	0-75
Ácido panoténico	S	U	U	S	S	U	0-50
Ácido p-aminobenzoico	S	S	S	U	S	S	0-5
Vitamina B <sub>6</sub>	S	S	S	S	U	U	0-40
Riboflavina (B <sub>2</sub> )	S	S	U	S	U	U	0-75
Tiamina (B <sub>1</sub> )	U	S	U	U	S	U	0-80
Tioctato (B <sub>7</sub> )	S	S	S	U	U	U	0-55
<b>Aminoácidos esenciales</b>							
Isoleucina	S	S	S	S	S	S	0-10
Leucina	S	S	S	S	S	S	0-10
Lisina	S	S	S	S	S	U	0-40
Metionina	S	S	S	S	S	S	0-10
Protilisina	S	S	S	S	S	S	0-10
Treonina	S	S	S	S	S	S	0-5
Triptófano	S	U	U	S	S	U	0-20
Valina	S	U	S	S	U	S	0-15
Valor nutricional	S	S	S	S	S	S	0-10
Valor energético	S	S	S	S	S	S	0-3

**Fuente:** Harris, R.S. and Kamas, E. 1975. Nutritional Evaluation of Food Processing, 2<sup>nd</sup> ed. AVI Publishing Westport, CT. Extraída de N. Potter y J. Hotchkiss.<sup>1</sup> pag. 71.

**S = estable; U = inestable**

En aquellos casos en que las pérdidas de nutrientes son inevitablemente altas, se permite legalmente su recuperación o enriquecimiento mediante la adición de nutrientes esenciales. El enriquecimiento de la harina y del pan es un ejemplo.<sup>1</sup>

El valor nutritivo final de un alimento refleja las pérdidas que ha sufrido a lo largo de su historia, desde el granjero hasta el consumidor. El valor nutritivo se inicia con la genética del vegetal o animal. Los programas de fertilización de la tierra influyen en la

composición tisular de los vegetales, y en la de los animales que los ingieren, el clima y el estado de madurez en el momento de la recolección influyen igualmente en la composición de los tejidos. Las condiciones de almacenamiento antes de la elaboración afectan a las vitaminas y a otros nutrientes. El lavado, la trituration y los tratamientos térmicos influyen en el contenido de nutrientes. El enlatado, la evaporación, la deshidratación y la congelación modifican los valores nutritivos, por lo que debe llegarse a un compromiso entre tiempos y temperaturas seleccionadas para estas operaciones unitarias, y de la buena destrucción bacteriana y la mínima destrucción de nutrientes. El envasado y almacenamiento siguientes también influyen en los nutrientes. Uno de los factores más importantes es la preparación final del alimento en el hogar o restaurante, los armarios o mesas a vapor para mantener los platos calientes, pueden destruir mucho de lo que se ha preservado en las manipulaciones previas.<sup>1</sup>

### PROTEÍNAS Y NUTRICIÓN

Desde los niños pequeños hasta los adultos necesitan proteínas, los niños precisan grandes cantidades de proteínas para tener un crecimiento apropiado y los adultos para reemplazar las que pierden cada día por las reacciones bioquímicas normales del organismo. las proteínas de la dieta son necesarias debido a que nuestro organismo sólo es capaz de sintetizar 10 de los 20 aminoácidos comunes a partir de moléculas precursoras simples; hay que obtener los otros 10 aminoácidos (llamados aminoácidos indispensables o esenciales) de los alimentos mediante la digestión de las proteínas comestibles. En la siguiente tabla se listan los estimados de los aminoácidos esenciales que requieren un niño pequeño y un adulto.<sup>5</sup>

Aminoácido	Requerimiento diario (mg/kg de peso corporal)	
	Menor	Adulto
Arginina	?	Ninguno
Histidina	33	?
Isoleucina	83	12
Leucina	35	16
Lisina	99	12
Metionina	49	10
Fenilalanina	141	16
Treonina	68	8
Triptofano	21	3
Valina	92	14

Fuente: John McMurry<sup>5</sup>

No todos los alimentos proporcionan cantidades suficientes de los 10 aminoácidos indispensables para satisfacer nuestras necesidades diarias mínimas. La mayor parte de la carne y los productos lácteos son satisfactorios, pero muchas fuentes vegetales, por ejemplo, el trigo y el maíz son incompletos, es decir, muchas proteínas vegetales contienen muy poco de uno o más aminoácidos indispensables para sostener el crecimiento de los animales de laboratorio. El trigo es bajo en lisina y el maíz es bajo en lisina y en triptófano.<sup>5</sup>

Si se utiliza un alimento incompleto como única fuente de proteína, se puede ocasionar deficiencias nutricionales, especialmente en los niños. Las legumbres (semillas contenidas en las plantas de la familia de las leguminosas) y las nueces son útiles para compensar las deficiencias del trigo y los granos. En la siguiente tabla se presenta una lista de los aminoácidos limitantes que se encuentran en varios alimentos.<sup>5</sup>

<b>Alimento</b>	<b>Aminoácido limitante</b>
Trigo, granos	Lisina, treonina
Guisantes, frijoles, legumbres	Metionina, triptofano
Nueces, semillas	Lisina
Verduras de hoja verde	Metionina

Fuente: John McMurry<sup>5</sup>

Las proteínas poseen un papel fundamental en la nutrición, ya que proporcionan nitrógeno y aminoácidos que podrán ser utilizados para la síntesis de proteínas y otras sustancias nitrogenadas. Cuando se ingieren aminoácidos en exceso o cuando el aporte de hidratos de carbono y grasa de la dieta no es suficiente para cubrir las necesidades energéticas las proteínas se utilizan en la producción de energía.

De los veinte aminoácidos de origen proteínico son ocho los considerados como indispensables para los adultos ya que deben ser suministrados por la dieta porque su velocidad de síntesis en el organismo humano es despreciable, los cuales son: leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina. Los niños requieren además de histidina. El resto de los aminoácidos son denominados no indispensables porque el organismo puede sintetizarlos eficazmente a partir de los indispensables, siendo estos: glicina, alanina, ácido aspártico, ácido glutámico, asparagina, glutamina, cisteína, prolina, tirosina y serina.<sup>3</sup>

Existen dos factores que determinan el valor nutricional de fuentes proteínicas en cuanto a que éstas cubran los requerimientos de nitrógeno y aminoácidos garantizando un crecimiento y mantenimiento adecuado del individuo, que son: el contenido proteínico y la calidad de la proteína. Respecto al primero se ha sugerido que en los alimentos que forman la base de la dieta, el porcentaje debe asemejarse al de los cereales (8-10%) para satisfacer las necesidades proteínicas de los adultos en tanto se consuma una cantidad

adecuada para cubrir los requerimientos energéticos. En lo referente a la calidad de la proteína, ésta depende tanto de la proporción de aminoácidos indispensables que contiene en relación con los requerimientos humanos, como de la biodisponibilidad de los mismos, término que se refiere a la capacidad para incorporar los aminoácidos de la dieta a las estructuras corporales y que puede verse afectada tanto por una mala digestión como por una absorción incompleta.

Existen varios factores que pueden ocasionar una baja biodisponibilidad de aminoácidos, como la inaccesibilidad de la proteína a las proteasas debida a su conformación, la dificultad para digerir proteínas que fijan metales, lípidos o celulosa, la presencia de factores antinutricionales que también la reduzcan, así como el tamaño y el área superficial de la proteína y el procesamiento al que haya sido previamente sometida.<sup>3</sup>

En general se reconoce que las proteínas de origen animal son de mejor calidad que las de origen vegetal; sin embargo se sostiene que las provenientes de leguminosas a pesar de ser ligeramente deficientes en metionina tienen una calidad aceptable. Las proteínas halladas en oleaginosas presentan bajos niveles de metionina y lisina, y las de los cereales son bajas en lisina, triptófano y treonina. Adicionalmente se ha señalado que la biodisponibilidad de aminoácidos de origen animal es generalmente mayor que la de aquéllos de origen vegetal. Las deficiencias en aminoácidos de una fuente proteínica pueden corregirse mediante dos estrategias: ya sea administrando en la dieta proteínas cuya composición de aminoácidos sea complementaria, o suplementándola con aminoácidos libres. Si se opta por la segunda alternativa es necesario controlar la adición del L-aminoácido libre ya que una suplementación excesiva puede producir un antagonismo aminoacídico o incluso producir efectos tóxicos.<sup>3</sup>

## **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PROTEÍNICA**

El primer objetivo al evaluar la calidad de una proteína es otorgarle una calificación con base en su valor nutritivo potencial, de esta manera se puede construir un registro de las proteínas y en el caso de que la proteína o el alimento sufran cambios en el valor nutritivo a través del proceso y almacenamiento será más fácil detectar el cambio en su calificación. El segundo objetivo es que se pueda predecir la contribución nutritiva al alimento por parte de la proteína, o mezcla de proteínas alimenticias.

Para cubrir estos objetivos se han desarrollado diversos métodos para evaluar su calidad nutrimental. La medición más exacta de la calidad de nuevas fuentes proteínicas para uso humano se obtiene mediante estudios clínicos realizados en sujetos, miembros de una población dada en los que se mide ya sea el crecimiento u otros indicadores metabólicos, como es el caso del Balance de Nitrógeno (NB) en que se evalúa el nitrógeno retenido. En el año de 2003 Morens y sus colaboradores evaluaron la calidad nutrimental de una dieta alta en proteína en humanos midiendo la concentración del nitrógeno en suero después de ingerir dietas ricas en proteína, los resultados indicaron que al evaluar una dieta alta en

proteína de soya el nitrógeno retenido es menor con respecto a una dieta alta en proteína de leche. No obstante, esta clase de análisis no puede llevarse a cabo de manera rutinaria tanto por razones de ética como de costo, por lo que ha sido necesario desarrollar otro tipo de técnicas, como bioensayos, métodos químicos, métodos enzimáticos y métodos microbiológicos.<sup>3</sup>

Los bioensayos se basan ya sea en la determinación del crecimiento o en la retención de nitrógeno, en función del consumo de proteína, en donde las ratas son los animales experimentales más utilizados. Los métodos químicos por su parte miden el contenido de aminoácidos indispensables y lo comparan con los patrones de referencia establecidos por instituciones internacionales. Los métodos enzimáticos estiman la digestibilidad de la proteína *in vitro* mediante la acción de proteasas. Los métodos microbiológicos evalúan el crecimiento de microorganismos cuyos requerimientos de aminoácidos indispensables son similares a los del ser humano.<sup>3</sup>

Entre los estudios que se han desarrollado, la Relación de la Eficiencia de la Proteína (PER) es un bioensayo que ha sido ampliamente utilizado desde 1919, mediante el cual se evalúa la ganancia de peso por gramo de proteína consumido, verificada por ratas jóvenes a las cuales se les administra una dieta de prueba. Se requirieron estudios en colaboración para lograr estandarizar ciertos parámetros como la cantidad de proteína administrada, la duración del ensayo, etcétera, finalmente al publicarse en el manual de la American Official Analytical Chemists (AOAC) se estableció entre otras cosas la duración de 28 días del ensayo y la composición de la dieta, cuyo contenido proteínico fue fijado en 10%. No obstante después de dicha publicación se han realizado distintos estudios buscando obtener una mayor precisión. A pesar de ser un método oficial en Estados Unidos y Canadá, ha causado una gran controversia tras décadas de uso. Se ha postulado que no es adecuado para la evaluación de nuevas fuentes proteínicas, principalmente porque los valores obtenidos no son directamente proporcionales a la calidad ya que no considera la contribución de la proteína al mantenimiento del organismo.<sup>3</sup>

Existe otro bioensayo, desarrollado en 1957 y conocido como Relación Neta de la Proteína (NPR) cuya duración original era de 10 días aunque tras estudios más recientes se ha recomendado extenderlo a 14 días. En éste se incluye un lote de ratas al que se administra una dieta sin nitrógeno, llamado grupo metabólico. Se considera que la pérdida de peso de este lote es un indicador de la proteína requerida para el mantenimiento de los lotes de prueba, expresando entonces el valor de NPR como el incremento de la ganancia de peso del grupo de prueba más el valor absoluto de la pérdida de peso del grupo metabólico, dividida entre la proteína consumida por el grupo de prueba. A pesar de haberse sugerido su inclusión como método oficial tras demostrarse una mayor precisión que la obtenida mediante PER y una mejor exactitud al tomar en cuenta el mantenimiento, esto nunca ocurrió y otras variantes fueron desarrolladas. El R-NPR (Porcentaje de la Relación Neta de la Proteína) ha sido calculado por algunos investigadores como el porcentaje del NPR de la proteína de prueba con respecto al de la caseína, encontrándose una mayor reproducibilidad en los resultados, sin embargo, otros

autores han sugerido hacer este cálculo pero usando una dieta con caseína suplementada con metionina como referencia al reconocer que los requerimientos de aminoácidos azufrados de las ratas no son cubiertos por una dieta con 10% de proteína proveniente de caseína (ANRC) Animal National Research Council. Posteriormente se introdujo un nuevo cálculo, el CRNPR es decir: Corrected Relative Net Protein Ratio, que trató de corregir la subestimación de la calidad de proteínas de prueba debido a la diferencia en el requerimiento de aminoácidos azufrados entre ratas y humanos, multiplicando el valor de R-NPR por un factor constante de 1.5, lo cual ha sido criticado por no discriminar entre distintos niveles de deficiencias de aminoácidos azufrados.<sup>3</sup>

Existen otros bioensayos como la Utilización Neta de la Proteína (NPU) que evalúa el nitrógeno corporal en función del ingerido, y dos métodos donde se estima la pendiente de la curva de crecimiento de ratas en respuesta a la administración de diferentes niveles de proteína son: el Valor Relativo de la Proteína (RPV) y el Valor Relativo del Nitrógeno (RNV), cuyo uso no es apropiado como método de rutina debido a la dificultad experimental que representan, y en el caso de los dos últimos la necesidad de aplicación de métodos estadísticos complejos.<sup>3</sup>

Teóricamente, una buena manera de evaluar la calidad de una proteína sería analizando químicamente su contenido de aminoácidos y comparándolo con los requerimientos de los seres humanos. Durante mucho tiempo, en la práctica no se contó con los medios para determinar de manera reproducible la composición de aminoácidos de las proteínas, ni tampoco los requerimientos humanos con exactitud. Sin embargo, en 1985 se publicó un patrón basado en el requerimiento de aminoácidos indispensables de niños en edad preescolar así como los requerimientos de otros grupos concretos, por parte de la FAO/WHO/UN.<sup>3</sup>

Recientemente se han cuestionado los criterios de digestibilidad. Al considerar los requerimientos, correspondientes a niños preescolares y adultos, mostrados en el cuadro de la página 40, se vio la posibilidad de utilizar del factor conocido como Cuenta Química (CQ), mediante la cual se calcula el cociente del contenido de cada aminoácido indispensable de la proteína de prueba, entre el contenido del mismo aminoácido en el patrón para niños preescolares; aquél que presente el menor cociente se conoce como aminoácido limitante y es el que determina el valor de la Cuenta Química. Cabe aclarar que éste sería válido para niños y adultos, mientras que para lactantes debe utilizarse otro patrón cuya composición se basa en la composición de la leche materna.<sup>3</sup>

**Cuadro 1. Patrón de referencia basado en los requerimientos de aminoácidos indispensables de niños pre-escolares (2-5 años) y requerimientos de adultos**

<i>Aminoácido indispensable</i>	<i>Patrón general (mg<sub>ad</sub>/g proteína)<sup>a</sup></i>	<i>Cuenta Química General (%)<sup>b</sup></i>	<i>Requerimiento de adultos (mg<sub>ad</sub>/g proteína)<sup>a</sup></i>	<i>Cuenta química para adultos (%)<sup>c</sup></i>
Histidina	19	178.39	16	211.84
Isoleucina	28	163.98	13	353.18
Leucina	66	138.04	19	479.50
Lisina	58	66.31	16	240.38
Metionina y cistina	25	288.46	17	424.21
Fenilalanina y tirosina	63	166.36	19	551.62
Treonina	34	138.57	9	523.50
Triptofano	11	161.71	5	355.77
Valina	35	168.96	13	454.88

<sup>a</sup> Fuente FAO/who/UNU.

<sup>b</sup> Calculada con respecto al patrón.

<sup>c</sup> Calculada con respecto al requerimiento de adultos (mg aa/g proteína).

Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

No obstante, como se había discutido anteriormente, la biodisponibilidad de los aminoácidos depende de la digestibilidad de cada proteína. Por ello también se han desarrollado diferentes técnicas para su evaluación, como la Digestibilidad Verdadera (DV), donde se determina la cantidad de nitrógeno absorbida por ratas con respecto a la ingerida, al administrar una dieta con 10% de proteína y descontando el nitrógeno excretado por un grupo metabólico, técnica que fue adoptada por la AOAC.

Como alternativas más simples que el bioensayo existen distintos métodos enzimáticos para estimar la digestibilidad *in vitro*, ya sea por una caída de pH tras la adición de una mezcla enzimática, o según la cantidad de NaOH requerida para mantener constante un cierto valor de pH durante una digestión hecha en laboratorio. Se ha reconocido la utilidad de estas técnicas pero no se les ha utilizado ampliamente porque no puede asumirse que todos los aminoácidos liberados a partir de la digestión *in vitro* serán absorbidos y utilizados al ingerir el alimento que contenga la proteína en cuestión.<sup>3</sup>

Debido al conocimiento generado en torno a la evaluación de la calidad de nuevas fuentes proteínicas, la necesidad de encontrar un consenso sobre el método más representativo de los requerimientos de aminoácidos indispensables para los seres humanos, fue causa de numerosas consultas tanto por parte del Comité de Proteínas Vegetales del Codex Alimentarius como por parte de la FAO/WHO, quienes tras analizar toda la información, coincidieron en reconocer que lo más apropiado hasta el presente es efectuar una corrección a la CQ, multiplicando dicho valor por el de la DV, siguiendo los lineamientos descritos anteriormente, parámetro que se conoce como PDCCEAS (Cuenta Química con Digestibilidad Verdadera), que es el término que más se usa en la actualidad.<sup>3</sup>

Se ha avanzado mucho en el conocimiento del papel metabólico de las proteínas y en su papel para mantener la salud. Por parte de las autoridades sanitarias, se recomienda que la ingesta diaria se mantenga al mínimo para prevenir una desnutrición proteica, puesto que el consumo de carbohidratos satisface ampliamente los requerimientos energéticos, y son mucho más económicos que las proteínas. Un consumo elevado de proteína puede ser negativo, ya que no se emplea eficientemente y su degradación provoca una carga excesiva al organismo. Sólo se recomienda en ciertos estados críticos (embarazo, lactancia, crecimiento y ciertas enfermedades). Si ocurre que el consumo de proteína es superior al de la recomendación diaria y se incluye en una dieta restringida en energía, puede ocurrir una pérdida de peso corporal y de grasa en el organismo, sin ir acompañada de pérdida de masa muscular, a diferencia de las dietas isocalóricas con alto contenido de carbohidratos aunque no dejan de existir controversias. Una ventaja adicional de las dietas altas en proteína es que no incrementan los niveles de insulina.<sup>3</sup>

Es importante también hacer notar que el impacto de las proteínas es diferente, dependiendo de su composición de aminoácidos. Aquéllas que tienen altos niveles de aminoácidos ramificados, en particular de leucina, desempeñan un papel particular al no ser metabolizadas en el hígado sino en músculo, en donde se canalizan a síntesis de proteínas y producción de energía. El papel de la leucina es crítico al ser detectado por las vías de señalización de insulina y participar en la iniciación de síntesis de proteínas, aunque en humanos, a diferencia de lo reportado en ratas, el efecto parece ser el evitar la pérdida de proteínas, más que en estimular síntesis. En este proceso también son importantes los aminoácidos indispensables. Por tanto, el consumo de proteínas ricas en aminoácidos ramificados e indispensables, o con altos niveles de leucina, puede ser benéfico para la salud, y éste sería, el caso de las proteínas de suero lácteo.<sup>3</sup>

Por otra parte, los efectos de péptidos y proteínas en la salud van más allá de satisfacer el estado nutricional. Es bien conocido el efecto de alergia e hipersensibilidad, que en alimentos puede manifestarse de diferentes maneras. Una de las más importantes es la reacción con inmunoglobulinas IgE, si bien existen muchas reacciones de hipersensibilidad con etiología e inmunología desconocida. En niños, un problema que puede ser serio es el síndrome de enterocolitis inducido por proteína alimenticia, de la que pueden ser responsables proteínas lácteas, soya o productos sólidos. En adultos, uno de los ejemplos más estudiados es el de la enfermedad celíaca producida por intolerancia a las gliadinas de trigo. Estos problemas de intolerancia pueden conducir a vómito, diarrea y deshidratación, que a la larga generan problemas de desnutrición. Las proteínas resultan útiles tanto en forma nativa como modificada por tratamientos químicos o enzimáticos.<sup>3</sup>

### 3. CONSIDERACIONES NUTRITIVAS DEL POSTRE ELABORADO

La principal fuente de energía de la dieta son los hidratos de carbono, para que las niñas y niños puedan aprender y desarrollar todas sus actividades del día. Se recomienda que se consuman en su mayoría los hidratos de carbono complejos como la papa, yuca, trigo, maíz, arroz, así como en sus derivados como la harina, el fideo y los panificados. Se debe consumir menos de los hidratos de carbono simples que son los azúcares y mieles. Los hidratos de carbono deben aportar, al menos, entre un 50-60% de la energía total consumida diariamente y se debe limitar al 10% la energía consumida diariamente, que ésta provenga de los azúcares simples.<sup>6</sup>

Las proteínas son el componente principal de las células. Entre las funciones que pueden tener en el organismo, la más importante es la de formar y reparar las partes del cuerpo. Las proteínas de origen animal (carnes, leche, huevo) son las más completas en relación a las proteínas de origen vegetal (legumbres secas, cereales), estas últimas necesitan ser complementadas con otros alimentos. Las proteínas deben aportar entre un 12-15% de la energía total consumida diariamente en la infancia.<sup>6</sup>

Las grasas tienen tres funciones principales que son: almacenar energía, ayudar al organismo a absorber las vitaminas liposolubles (A, D, E, K) y proporcionar ácidos grasos esenciales para el organismo. Los alimentos de origen animal que aportan grasas son: grasa de cerdo, grasa de vaca, crema de la leche, manteca, etc. Y los alimentos de origen vegetal que aportan grasas son: aceites y margarina o manteca vegetal. Se aconseja que las grasas no aporten más del 30% de la energía diaria que necesita la persona.<sup>6</sup>

La infancia constituye una etapa de la vida en la que la correcta alimentación tiene un papel esencial. Cualquier tipo de malnutrición, por exceso o por deficiencia, puede tener consecuencias en la capacidad de aprendizaje y el estado de salud a corto y largo plazo de las niñas y niños. Los hidratos de carbono complejos, son la principal fuente de energía del organismo; por ello, deben constituir la base de la alimentación, especialmente en la infancia por la gran necesidad de energía. Las principales fuentes de energía de nuestra alimentación son las grasas y los carbohidratos. Las proteínas deben ser consumidas para formar y reparar tejidos y no para proporcionar energía, porque generalmente se encuentran en alimentos de mayor precio.<sup>6</sup>

## IMPORTANCIA DE CADA COMIDA:

**EL DESAYUNO:** Antes de ir a la escuela el **desayuno** es una de las comidas más importante del día y debería cubrir, al menos, el **20 a 25%** de las necesidades nutricionales de las niñas y niños en edad escolar. Se deben servir alimentos nutritivos como lácteos, frutas y panes que les gusten a las niñas y niños para facilitar que no dejen de comer el desayuno.<sup>6</sup>

**LA MEDIA MAÑANA O MEDIA TARDE: (MERIENDA)** La merienda de la mañana o de la tarde es un tiempo de comida entre el desayuno y el almuerzo o entre el almuerzo y la cena. Tiene como objetivo principal hacer con que la niña o el niño lleguen con menos hambre al almuerzo o cena y además para que se pueda distribuir mejor durante el día el consumo de los nutrientes necesarios para el buen funcionamiento del cerebro y del cuerpo. Debe cubrir de **10 a 15%** de las necesidades nutricionales de las niñas y niños.<sup>6</sup>

**ALMUERZO:** Es el momento del día en que se come la comida más consistente y debe cubrir al menos **25 - 35%** de las necesidades nutricionales diarias de la niña o niño.<sup>6</sup>

**CENA:** Se debe promocionar la “cena en familia” y el consumo de alimentos variados para mantener una alimentación saludable. Debe ser consumida no muy tarde para evitar que la proximidad al momento de dormir impida que las niñas y niños duerman bien. Debe cubrir de **25 a 30%** de las necesidades nutricionales.<sup>6</sup>

### ASPECTOS BASICOS

La **merienda** tanto de la mañana como de la tarde deberá aportar alrededor de **10 a 15%** de la energía total que necesita la niña y el niño en edad escolar.

El **almuerzo** del mediodía deberá aportar alrededor de un **25 a 35%** de la energía total de las necesidades diarias

La cantidad de calorías se debe calcular teniendo en cuenta la ingesta de todo el día.

De esa forma se pueden permitir que el menú escolar tenga pequeñas diferencias en cuanto a la cantidad de calorías, porque la merienda y el almuerzo representan solo una parte de la comida del día de las niñas y niños.

De forma general, se recomienda que el contenido de **grasa** del menú se adecue de forma que no aporten más del **30-35%** de calorías totales, las **proteínas** proporcionen un **12-15%** del contenido calórico y el resto debe ser de los hidratos de carbono.<sup>6</sup>

## NECESIDADES NUTRICIONALES DEL SER HUMANO

### ¿QUE SON LAS NECESIDADES NUTRICIONALES?

Son las cantidades de energía y nutrientes esenciales que cada persona requiere para lograr que su organismo se mantenga sano y pueda desarrollar sus variadas y complejas funciones. Las necesidades nutricionales dependen de la edad, sexo, actividad física y estado fisiológico de la persona (embarazo, lactancia, etc.). La energía y los nutrientes son aportados por los alimentos. Son nutrientes esenciales: algunos aminoácidos (proteínas), algunos ácidos grasos, las vitaminas, las sales minerales y el agua.<sup>4</sup>

### ¿QUÉ ES LA ENERGÍA?

La energía es el combustible que utiliza nuestro organismo para desarrollar sus funciones vitales. La unidad de expresión de la energía son las calorías o kilocalorías (kcal). La cantidad de energía que necesita una persona depende de su edad, sexo, estado fisiológico y actividad física. Esta última se clasifica en ligera, moderada e intensa. Las personas que tienen una actividad sedentaria o ligera gastan menos energía que las que desarrollan una actividad intensa.<sup>4</sup>

### ¿CÓMO SE DISTRIBUYE EL GASTO ENERGÉTICO EN EL ORGANISMO?

La energía se gasta en:

Metabolismo basal*	60%
Actividad física	30%
Digestión de los alimentos y	
Absorción de nutrientes	<u>10%</u>
Gasto total de energía durante el día	100%

\* El metabolismo basal es el conjunto de procesos que constituyen los intercambios de energía en reposo, como la respiración, la circulación, etc., los que representan la mayor cantidad de energía consumida (60%).<sup>4</sup>

Para estimar las necesidades basales de energía, es necesario calcular la Tasa de Metabolismo Basal (TMB), mediante ecuaciones elaboradas por los organismos internacionales (FAO, OMS y UNU). La actividad física se calcula como múltiplos de la TMB. Por ejemplo, se considera que la actividad sedentaria significa un gasto de 1.4 veces el metabolismo basal (1.4 x TMB) en el hombre y en la mujer. La actividad ligera significa un gasto de 1.55 x TMB en el hombre y 1.5 en la mujer; la actividad moderada un gasto de 1.8 x TMB en el hombre y 1.6 en la mujer y la actividad intensa 2.0 x TMB en el hombre y 1.8 en la mujer.<sup>4</sup>

#### **NECESIDADES PROMEDIO DIARIAS DE ENERGÍA DE NIÑOS Y NIÑAS DE 1 A 12 AÑOS**

<b>EDAD (años)</b>	<b>NIÑOS (kcal/día)</b>	<b>NIÑAS (kcal/día)</b>
<b>1-2</b>	<b>1,200</b>	<b>1,140</b>
<b>2-3</b>	<b>1,410</b>	<b>1,310</b>
<b>2-4</b>	<b>1,560</b>	<b>1,440</b>
<b>4-5</b>	<b>1,690</b>	<b>1,540</b>
<b>5-6</b>	<b>1,810</b>	<b>1,630</b>
<b>6-7</b>	<b>1,900</b>	<b>1,700</b>
<b>7-8</b>	<b>1,990</b>	<b>1,770</b>
<b>8-9</b>	<b>2,070</b>	<b>1,830</b>
<b>9-10</b>	<b>2,150</b>	<b>1,880</b>
<b>10-11</b>	<b>2,190</b>	<b>1,910</b>
<b>11-12</b>	<b>2,240</b>	<b>1,980</b>

**Fuente: FAO/OMS/UNU. Necesidades de Energía y de proteínas. Serie Informes Técnicos 724. OMS, Ginebra 1985**

**Cantidad diaria de proteínas recomendada para cubrir las necesidades de la población con la dieta mixta latinoamericana. Calculado en base a recomendaciones de FAO/OMS/UNU 1985. Proteína con digestibilidad verdadera de 80-85% y cómputo aminoacídico de 90% en relación a la leche o al huevo**

<b>GENERO</b>	<b>EDAD</b>	<b>INGESTA RECOMENDADA g/kg/día</b>
<b>NIÑOS</b>	<b>4-6 meses</b>	<b>2.5</b>
	<b>7-9 meses</b>	<b>2.2</b>
	<b>10-12 meses</b>	<b>2.0</b>
	<b>1-2 años</b>	<b>1.6</b>
	<b>2-3 años</b>	<b>1.55</b>
	<b>3-5 años</b>	<b>1.5</b>
	<b>5-12 años</b>	<b>1.35</b>
	<b>HOMBRES</b>	<b>12-14 años</b>
<b>14-16 años</b>		<b>1.3</b>
<b>16-18 años</b>		<b>1.2</b>
<b>18 y más años</b>		<b>1.0</b>
<b>MUJERES</b>	<b>12-14 años</b>	<b>1.3</b>
	<b>14-16 años</b>	<b>1.2</b>
	<b>16-18 años</b>	<b>1.1</b>
	<b>18 y más años</b>	<b>1.0</b>
<b>GRAMOS</b>	<b>ADICIONALES / DÍA</b>	
<b>EMBARAZO</b>		<b>8</b>
<b>LACTANCIA</b>	<b>PRIMEROS 6 MESES</b>	<b>23</b>
<b>LACTANCIA</b>	<b>DESPUÉS DE 6 MESES</b>	<b>16</b>

**Fuente: Guías de alimentación. Bases para su desarrollo en América Latina. Reunión UNU/Fundación CAVENDES. Caracas 1988.**

### **¿CON QUÉ CANTIDAD DE ALIMENTOS SE CUBREN LAS NECESIDADES DE PROTEÍNAS?**

Ejemplo:

Un niño o niña de 12 o 13 años, que mide 1.48m y debe pesar aproximadamente 40kg, necesita 1.3g de proteína por kg de peso aceptable.

$$40 \times 1.3 = \mathbf{52 \text{ gramos de proteínas diarios.}}$$

Esta es la necesidad de proteínas del niño o niña.

<b>ALIMENTOS</b>	<b>GRAMOS DE PROTEÍNAS</b>
3 tazas de leche + yogurt	<b>26.4</b>
1taza de frijoles cocidos	<b>10.3</b>
200 gramos de pan	<b>12.8</b>
1 taza de arroz cocido	<b>3.2</b>
<b>TOTAL</b>	<b>52.7</b>
<b>EQUIVALENCIA = 52.7 * 4kcal=210kcal= 10% de las calorías</b>	

En este ejemplo, la mitad de las proteínas es de origen animal (leche y yogurt) y la otra mitad de origen vegetal. Se recomienda mantener una cantidad moderada de proteínas de origen animal (50% o menos), y evitar el exceso de proteínas, porque se transforma en grasa y aumenta innecesariamente el trabajo de los riñones.<sup>4</sup>

### **INFORMACIÓN ADICIONAL SOBRE LAS PROTEÍNAS**

Las proteínas son constituyentes fundamentales del cuerpo y participan en todos los procesos vitales. Después del agua, las proteínas representan la mayor proporción de los tejidos corporales. Las proteínas son grandes moléculas constituidas por aminoácidos que contienen nitrógeno, unidas entre sí por cadenas de aminas. Las grasas y los carbohidratos no pueden sustituir a las proteínas porque no contienen nitrógeno. El cuerpo humano utiliza 22 aminoácidos distintos, de los cuales, 9 no pueden ser producidos por el cuerpo y que deben estar presentes en los alimentos que comemos; siendo estos los aminoácidos esenciales: leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, triptófano, treonina, valina e histidina.<sup>4</sup>

Las proteínas de origen animal (leche, huevos, carne y pescados), contienen todos los aminoácidos esenciales en la cantidad que nuestro organismo requiere. Las proteínas de origen vegetal suelen tener cantidades menores de uno o más de estos aminoácidos. En este caso se habla de aminoácidos limitantes. Sin embargo, debido a que los aminoácidos limitantes son distintos (p.ej., en las leguminosas o legumbres es la metionina y en los cereales la lisina), comiendo una combinación de estos alimentos es posible obtener todos los aminoácidos esenciales. Esto tiene especial importancia para la población vegetariana y para las personas cuyos bajos ingresos no les permite comprar alimentos ricos en proteína de origen animal, pero agregando pequeñas cantidades de leche, huevo, carne o pescado al alimento básico (cereal o leguminosa) se obtienen todos los aminoácidos necesarios.<sup>4</sup>

## ¿QUÉ SON LOS CARBOHIDRATOS O HIDRATOS DE CARBONO?

Son nutrientes que aportan principalmente energía. Los hidratos de carbono incluyen los azúcares, los almidones y la fibra dietética. Proporcionan 4 kcal/g de energía para todas las actividades físicas y para mantener la temperatura corporal. Es recomendable preferir los alimentos que contienen hidratos de carbono complejos, como cereales, pastas, legumbres. Estos además contienen fibra, que tiene efectos beneficiosos para la digestión, disminuye el aporte energético total de la alimentación y ayuda a disminuir los niveles de colesterol y de azúcar en la sangre. Por estas razones, se considera que los alimentos ricos en fibra ayudan a prevenir la obesidad, las enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cánceres, por ejemplo, de colon.<sup>4</sup>

## ¿CÓMO SE DETERMINAN LAS NECESIDADES DE HIDRATOS DE CARBONO?

La cantidad de hidratos de carbono que debe incluir la alimentación de cada persona se estima como un porcentaje del total de calorías. Varía entre el 45 y el 65% del aporte calórico total. Se determina una vez que se ha calculado los aportes de grasas y proteínas. Ejemplo: un niño o niña de 12 a 13 años, que requieren 2,100 kcal diariamente y recibe un 10% de calorías proteicas y un 27% de calorías grasas, necesitará completar su calorías totales con 63% de calorías provenientes de los hidratos de carbono. Esto significa:<sup>4</sup>

$$2100 \times 0.63 = 1,323 \text{ kcal}$$

$$1,323 \text{ kcal} / 4 \text{ kcal/g} = 330 \text{ g de hidratos de carbono}$$

Los azúcares o carbohidratos simples pueden ser monosacáridos (glucosa, fructosa, galactosa,) o disacáridos (sacarosa, lactosa y maltosa). El almidón, glucógeno y la fibra dietética son hidratos de carbono complejos o polisacáridos. La glucosa es el hidrato de carbono más importante, es imprescindible para el funcionamiento del cerebro y es también la forma de carbohidrato que utilizan los seres humanos y otros mamíferos para obtener energía.<sup>4</sup>

Con la digestión los hidratos de carbono complejos se convierten en glucosa que puede utilizarse inmediatamente para obtener energía o convertirse en glucógeno (forma de glucosa almacenada en pequeñas cantidades en los músculos y el hígado) o en grasa. Cuando la concentración de glucosa en la sangre disminuye, el glucógeno se convierte de nuevo en glucosa, constituyendo una fuente de energía disponible. Este mecanismo tiene especial importancia para las personas que realizan actividad física intensa. Los hidratos de carbono complejos están formados por muchas moléculas de glucosa que constituyen largas cadenas. Durante la digestión el almidón se descompone en azúcares simples que pueden absorberse y utilizarse.<sup>4</sup>

## **NECESIDADES DE GRASAS O LÍPIDOS**

Las grasas o lípidos son sustancias nutritivas o nutrientes esencial para la vida, por lo que deben formar parte de nuestra alimentación en cantidades pequeñas. Sirven para proporcionar energía a nuestro organismo (9kcal/g). Además, proporcionan ácidos grasos esenciales para el crecimiento y mantenimiento de los tejidos del cuerpo, el desarrollo del cerebro y la visión. Estos ácidos grasos se encuentran en los aceites de origen marino y en algunos aceites vegetales. Sirven de transporte de las vitaminas liposolubles y rodean los órganos de nuestro cuerpo protegiéndolos de golpes y traumas.<sup>4</sup>

En general, se recomienda consumir una pequeña cantidad de grasas y preferir las de origen vegetal, como aceites, aceitunas, nueces y almendras, ya que estos alimentos contienen ácidos grasos insaturados, que ayudan a bajar el colesterol y a prevenir las enfermedades cardiovasculares. Las grasas de origen animal como la manteca, mantequilla, mayonesa y otras, contienen ácidos grasos saturados que aumentan el colesterol y otros lípidos sanguíneos, convirtiéndose en factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares.<sup>4</sup>

### **¿QUÉ ES EL COLESTEROL?**

El colesterol es una sustancia presente en la grasa de origen animal. Constituye un elemento esencial para todas las células del cuerpo, en especial para fabricar las membranas celulares y algunas hormonas como los estrógenos. La mayor parte del colesterol presente en el cuerpo se produce en el hígado (70%), y la otra parte proviene de los alimentos (30%) como vísceras, embutidos, carnes de vacuno, cordero, cerdo, pollo y pescado; el colesterol está presente en la yema del huevo, en productos lácteos como la leche entera, mantequilla y crema. Los productos que tienen más grasa de origen animal también contienen más colesterol. Los alimentos de origen vegetal no contienen colesterol.<sup>4</sup>

## **CANTIDADES RECOMENDADAS DE GRASAS O LÍPIDOS**

Dependiendo de su grado de actividad y sus hábitos alimentarios, se recomienda que los adultos consuman entre el 15 y el 35% de sus calorías como grasa, limitando el consumo de colesterol a < 300mg/día y la ingesta de grasas saturadas a menos del 10% del aporte calórico total.<sup>4</sup>

**Ejemplos de la cantidad máxima recomendada de grasas totales y grasas saturadas (en % y g) en planes de alimentación con distinto aporte calórico.**

<b>CALORIAS</b>	<b>GRASAS</b>	<b>TOTALES</b>	<b>GRASAS</b>	<b>TOTALES</b>	<b>GRASAS</b>	<b>SATURADAS</b>
<b>TOTALES</b>	<b>25%</b>	<b>g</b>	<b>30%</b>	<b>g</b>	<b>10%</b>	<b>G</b>
1,600	400	44	480	53	160	18
1,800	450	50	540	60	180	20
2,000	500	55	600	66	200	22
2,200	550	61	660	73	220	24
2,400	600	66	720	80	240	26

**Fuente: FAO/OMS/UNU**

**¿CÓMO SE CUBREN LAS NECESIDADES DE GRASAS?**

Ejemplo: un niño o niña de 12 a 13 años que requiere 2,100 calorías diarias para cubrir sus necesidades de energía, puede recibir el 25 a 30% de sus calorías de las grasas.

$$2,100 \times 0.3 = 630 \text{ calorías}$$

$$630 \text{ calorías} / 9\text{cal/g} = 70\text{g de lípidos o grasas diarios.}^4$$

**INFORMACIÓN ADICIONAL SOBRE LAS GRASAS**

Las grasas o lípidos se definen como sustancias insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos. En los alimentos las grasas se encuentran como triglicéridos. Desde el punto de vista químico los triglicéridos son moléculas de grasa compuestas por tres ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol. La dieta habitual proporciona lípidos principalmente como triglicéridos, ácidos grasos libres y colesterol. Hay otros tipos de lípidos como los fosfolípidos y los esteroides pero aproximadamente el 95% de las grasas que comemos están en forma de triglicéridos. Los ácidos grasos son cadenas de átomos de carbono unidos con átomos de hidrógeno y un ácido graso –COOH que se obtienen por hidrólisis de las grasas. Las cadenas pueden tener 4, 6, 8, 10 a 22 átomos de carbono. Cuando cada átomo de carbono está unido a dos átomos de hidrógeno (3 en el caso del carbono terminal), se dice que el ácido graso está saturado. Cuando algunos de los átomos de carbono solo llevan unido un átomo de hidrógeno, se dice que el ácido graso está insaturado. Según el número de átomos de carbono, se dice que el ácido graso es monoinsaturado o poliinsaturado. Las grasas saturadas generalmente son de origen animal y sólidas a la temperatura ambiente; la única excepción son las grasas de los pescados que tienen una mayor proporción de ácidos grasos insaturados. Las grasas insaturadas se encuentran principalmente en los aceites vegetales y son líquidas a la

temperatura ambiente. En este caso, la excepción son los aceites de coco y palma que tienen una mayor proporción de ácidos grasos saturados. Las grasas insaturadas se oxidan más fácilmente. Con la oxidación los alimentos se enrancian, y debido a que la industria alimenticia necesita grasas con mayor estabilidad (que no se enrancien), se utiliza la hidrogenación, que consiste en agregar hidrógeno a los carbonos insaturados. Este proceso transforma los aceites en grasa sólida y aumenta su vida útil. La hidrogenación produce ácidos grasos trans, estos ácidos grasos actúan como grasas saturadas, es decir elevan el colesterol total y el colesterol LDL (malo) en la sangre. Algunas margarinas y mantecas contienen cantidades variables de ácidos grasos trans.<sup>3</sup>

### **ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES**

Son ácidos grasos insaturados que el organismo no puede sintetizar por sí mismo por lo que debe recibirlos de los alimentos. Son el ácido linoleico (omega 6), y el ácido alfa-linolénico (omega 3). Un balance adecuado en el consumo de ácidos grasos omega 6 y omega 3 determina un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares, alergias, enfermedades inflamatorias y algunos tipos de cáncer. El ácido linoleico se encuentra principalmente en el maíz. Su consumo disminuye los niveles de colesterol total y colesterol LDL. El ácido alfa linolénico permite la síntesis en el organismo de dos ácidos grasos altamente poliinsaturados: el docosahexaenoico (DHA) y el eicosapentaenoico (EPA). El DHA es muy importante para el desarrollo cerebral y de la visión del niño desde su gestación. El EPA protege de las enfermedades del corazón porque ayuda a disminuir los lípidos en la sangre y evita la formación de coágulos en las arterias. Los ácidos DHA y EPA se encuentran principalmente en los aceites de pescado, nueces y en el aceite de soya.<sup>3</sup>

## 4. PROTEÍNAS DEL POSTRE ELABORADO

### PROTEÍNAS VEGETALES

Las proteínas vegetales constituyen una fuente de nutrimentos e ingredientes funcionales de interés por su variedad, disponibilidad y costo, explotándose tanto las propiedades funcionales como los beneficios nutricionales de cada grupo de proteínas. Inclusive, se pueden emplear ya para el diseño de empaques biodegradables. Las proteínas vegetales se obtienen principalmente de semillas de leguminosas, cereales, oleaginosas y en baja proporción de hojas verdes. Existe una gran variabilidad de niveles de proteína aun en variedades de la misma especie, lo que depende de factores genéticos, climáticos y ecológicos. Las posibilidades de aprovechamiento en la industria de alimentos dependen tanto de su resistencia al procesamiento como de la presencia de compuestos antinutricionales en la fuente vegetal de interés.<sup>3</sup>

Este grupo de proteínas se ha estudiado desde hace más de 250 años, en particular lo referente a las proteínas de semillas. Inicialmente se han clasificado y agrupado en términos de solubilidad con el procedimiento de Osborne, o según su función: estructurales o metabólicas, de defensa, resistencia a estrés o de almacenamiento. Los criterios más recientes, elaborados tras la descripción completa del genoma de algunas plantas, como *Arabidopsis*, para la que se han encontrado más de 25,000 proteínas, definen a las familias de proteínas vegetales en términos de sus relaciones estructurales y evolutivas, lo que no ha sido simple ya que el número de familias, secuencias y motivos es muy elevado, por ejemplo, la superfamilia de prolaminas incluye a las proteínas de almacenamiento en cereales, a una variedad de proteínas de bajo peso molecular ricas en S y algunas glicoproteínas de pared, proteínas de transferencia de lípidos, inhibidores de alfa amilasa y/o de tripsina y albúminas 2S, muchas de las cuales son alergénicas. Otra superfamilia importante es la de las cupinas, que incluye a las principales globulinas con función de almacenamiento, como las de soya, nuez, etcétera. También puede mencionarse a la de cisteína-proteasa C1, que incluye a enzimas como la papaína y la proteína alergénica de kiwi.<sup>3</sup>

La función biológica de las principales proteínas vegetales que se explotan comercialmente es formar parte del endospermo de la semilla, a la que nutren durante la germinación y desarrollo, procesos durante los que se modifican los niveles de las diferentes proteínas. El grupo proteínico preponderante varía de acuerdo al grupo de plantas del que se trate: en el caso de los cereales dominan las glutelinas, en las leguminosas las globulinas.<sup>3</sup>

Los ingredientes vegetales ocupan un lugar importante en la dieta de la población menos favorecida en términos económicos, y por otro lado entre quienes por diferentes razones (filosóficas, religiosas, económicas, visión de salud) optan por regímenes alimentarios libres de productos animales.

Su valor agregado puede incrementarse al obtener y explotar componentes por su composición y funcionalidad, rubro en el que han adquirido gran importancia los aislados proteínicos de diferentes fuentes, en especial los de soya.<sup>3</sup>

A pesar de la gran cantidad de plantas utilizables para alimentación, en el mercado hay pocas variedades que se explotan ampliamente, como se puede apreciar en el cuadro. En particular, las últimas dos décadas han visto el crecimiento del mercado de la proteína de soya, que en 2004 alcanzó un área cultivada a nivel mundial de 86 millones de hectáreas, siendo un 56% de ellas manipuladas genéticamente, lo que le convierte en el cultivo transgénico más extendido a nivel comercial en el mundo. A pesar de ello, existen alternativas de aislados proteínicos de especies como chícharo, canola, lupinos y ajonjolí, entre otros, por los altos contenidos proteínicos que poseen las semillas, como se presenta en el siguiente cuadro.<sup>3</sup>

### CONTENIDO PROTEÍNICÓ DE LAS PRINCIPALES SEMILLAS

<i>Cultivo<sup>a</sup></i>	<i>Proteína total</i>
<i>Cereales</i>	
Cebada	8.2-11.6
Maíz	7.2-9.4
Mijo <sup>b</sup>	10.0-11.0
Avena	12.1-14.2
Arroz	7.5-9.0
Sorgo <sup>b</sup>	9.0-15.0
Trigo	11.0-14.0
<i>Pseudo cereales</i>	
Amaranto <sup>c</sup>	13.2-18.2
Trigo sarraceno	13.8
Quinoa	12.0-20.0
<i>Leguminosas</i>	
Garbanzo	20.0-28.0
Haba	20.0-30.0
Lenteja	23.0-29.0
Frijol	19.0-21.0
Chícharo	21.0-28.0
Cacahuete	25.0-28.0
Soya	32.0-42.0
<i>Oleaginosas</i>	
Algodón	17.0-21.0
Colza	20.0-25.0
Ajonjolí	25.0
Girasol	27.0

Fuente: Segura-Nieto M. y Jiménez-Flores R. Genetic Modification of Plant Seed Protein Food Production. pp. 411-492. En Paredes-López Octavio, Editor. (1999). Molecular Biotechnology of Plant Food Production. Ed. Technomic Publishing Company Inc. Pennsylvania, USA. 621 pp.

**Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>**

### PROTEÍNAS DEL MAÍZ

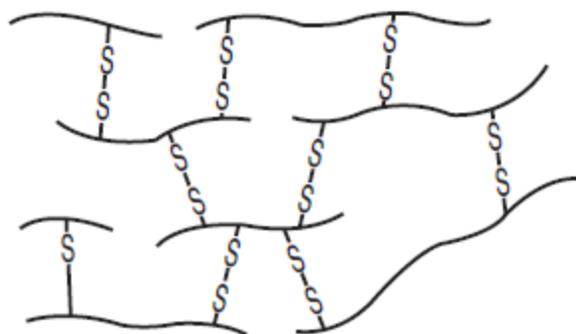
El maíz representa en muchos países, como México, el principal alimento para gran parte de la población, sobre todo la de escasos recursos económicos; se consume en formas muy variadas, como tortillas, tamales, atole, pinole, etcétera. El maíz es deficiente en

lisina y en triptófano y la relación de concentraciones de leucina/isoleucina es muy elevada, estos factores, aunados a su estructura terciaria rígida, hacen que su calidad nutricional sea reducida. La composición química de cada variedad de maíz, como el contenido de carbohidratos, de proteínas y de algunos otros componentes debe también considerarse. La dureza del grano está dada por la composición y grosor del pericarpio, y de la relación de concentración de amilosa y amilopectina. Algunas de las proteínas del maíz son: albuminas, globulinas, glutelina (que contiene lisina y triptófano) y niacina que originalmente no se encuentra biodisponible pero con el proceso de nixtamalización la niacina se hace biodisponible. En pueblos como por ejemplo, Egipto donde el maíz se consume sólo cocido sin adición de álcalis, se desarrollaba la pelagra, enfermedad mortal causada por la deficiencia de niacina. Además la nixtamalización hace biodisponible el triptófano que es el precursor de esta vitamina (niacina) y corrige la relación leucina/isoleucina. Aun cuando la nixtamalización mejora la calidad nutritiva del maíz, es un producto deficiente en lisina, pero rico en metionina.<sup>3</sup>

#### Cambios de Composición en el Maíz Durante la Nixtamalización

	<i>Sin tratar</i>	<i>Nixtamalización</i>
Proteína (%)	11.0	10.6
Fibra cruda (%)	2.3	2.0
Extracto etéreo (%)	5.1	4.5
Cenizas (%)	1.7	2.3
Calcio (%)	76	1,230

Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>



estructura tridimensional de la glutelina de maíz

Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

Se ha propuesto la fortificación de las tortillas con harina de soya, lo que incrementa la utilización biológica y el índice PDCCEAS (Cuenta química con digestibilidad verdadera) de

las tortillas elaboradas, con efectos notables si la dieta se mantiene por más de una generación en animales de laboratorio.<sup>3</sup>

### **PROTEÍNAS DE LEGUMINOSAS**

Las leguminosas comprenden cerca de 20,000 especies y tienen gran importancia tradicional en la dieta tanto oriental como occidental. Las familias correspondientes son leguminosas y fabáceas, y las principales especies que se explotan son frijol (*Phaseolus vulgaris*), chícharo (*Pisum sativum*), lenteja (*Lens culinaris*), garbanzo (*Cicer arietinum*), cacahuete (*Arachis hypogaea*), haba (*Vicia faba*) y soya (*Glycine max*). Su superficie cultivada correspondía al 13% del área sembrada mundialmente en 2004 y se produjeron 300 millones de toneladas métricas, que proveen (a nivel mundial) el 30% del nitrógeno de la dieta. Son particularmente importantes en el ciclo del nitrógeno en la naturaleza, ya que la gran mayoría tiene la capacidad de asociación con bacterias simbióticas que contribuyen a fijar nitrógeno atmosférico, por lo que su producción puede llevarse a cabo con menor cantidad de fertilizantes que la que usan los cereales. Existe, además, un gran número de especies no explotadas que podrían introducirse como alimento o sus derivados, como diversas especies de lupinos o frijoles silvestres, así como posibilidades de explotar generando productos de mayor valor agregado, como los aislados proteicos, especies explotadas tradicionalmente como comestibles, como el caso del chícharo.<sup>3</sup>

### **PROTEÍNAS DE LA SOYA**

La soya constituye actualmente la leguminosa de mayor valor económico en los Estados Unidos, además de ser de gran importancia en la dieta oriental, como se mencionó con anterioridad. Paulatinamente, se ha incrementado el área de cultivo en América Latina. Las proteínas de la soya han cobrado especial importancia por poseer diversos efectos fisiológicos, como la capacidad de reducir el colesterol sanguíneo, de reducir la grasa corporal e inclusive la FDA ha aprobado la reivindicación de que su consumo previene enfermedades coronarias. Otros posibles beneficios serían el alivio de síntomas de osteoartritis. El rápido crecimiento del mercado ha generado una enorme gama de productos, buscando mejorar funcionalidad y reducir defectos, como el sabor “a verde” o “afrijolado”, la generación de flatulencia por su contenido de oligosacáridos no digeribles, así también se busca diversificar sus aplicaciones. Una de las herramientas disponibles para generar nuevos productos de soya o de otras fuentes vegetales es la proteólisis selectiva, empleando proteasas vegetales como la papaína o enzimas microbianas, y enriqueciendo las fracciones en alguna de las globulinas:  $\beta$ -conglucina o glicina para mejorar la capacidad de gelificación, emulsificación y espumado.<sup>3</sup>

Las propiedades nutricionales y digestibilidad de las proteínas de soya pueden ser mejoradas por procesos que destruyen los factores antinutricionales, como el inhibidor de tripsina, y liberan péptidos que se asimilan mejor.<sup>3</sup>

Las principales proteínas de almacenamiento en soya son la b-conglicinina (7S), deficiente en aminoácidos azufrados, y la glicinina (11S), rica en los mismos. Ambas son consideradas como excelentes fuentes de proteína dietaria. La glicinina comprende del 25 al 30% de la proteína de la soya. Las diferentes presentaciones comerciales varían en la concentración selectiva de diferentes fracciones, en la presencia de otro tipo de proteínas, lípidos y carbohidratos, lo que permite tener una amplia y variada gama de usos.<sup>3</sup>

## 5. ENVASE PARA EL POSTRE ESCOLAR NUTRITIVO

Los productos deshidratados comprenden bajos contenidos de humedad entre el 1 y 20%, la harina de soya tiene 12%, la fécula de maíz hasta 13% y la leche en polvo tiene < 5%. Algunos de estos tienen una actividad de agua que permite el crecimiento de ciertos microorganismos. Comprenden todo tipo de alimentos deshidratados mecánicamente por aire caliente, liofilización, secado al vacío, etc. Estos pueden ser susceptibles de un oscurecimiento no enzimático y a cambios oxidativos por lo que el envase debe prevenir la transferencia de humedad y evitar la permeabilidad del oxígeno y del anhídrido sulfuroso.<sup>7</sup>

Las películas flexibles tienen las siguientes propiedades: un costo relativamente bajo, buenas propiedades de barrera contra humedad y gases. Presentan buenos sellos para prevenir fugas de su contenido; tienen una resistencia a la humedad y secamiento. Son fácilmente manejables para el fabricante, el vendedor y el consumidor. Tienen poco peso, pueden tomar la forma del alimento y ocupan poco espacio durante el almacenamiento y distribución.<sup>7</sup>

Entre las películas flexibles está el polietileno, está el polietileno de baja densidad el cual es sellable por calor, es inerte, libre de olor y se encoge cuando es calentado. Es una buena barrera para la humedad pero tiene una alta relativa permeabilidad de gases. Muy sensible a los aceites y una mala resistencia a los olores. Esta es la película menos cara y es la que está difundida más ampliamente. Los sacos hechos con un grosor de 0.03 a 0.15mm de espesor tienen una alta resistencia a las rasgaduras, resistencia a la penetración y al sellado. Son a prueba de agua y químicamente resistentes y pueden ser usados en lugar de sacos de papel.<sup>7</sup>

Las películas recubiertas son cubiertas con otros polímeros o aluminio para mejorar las propiedades de barrera o para tener sello calórico, por ejemplo, la nitrocelulosa es cubierta de un lado de película de celulosa para dar una barrera de humedad, pero no retiene la permeabilidad del oxígeno. Una cobertura de nitrocelulosa de ambos lados de la película mejora la barrera al oxígeno, humedad y olores y hace que la película pueda ser sellada.<sup>7</sup>

<b>Type of laminate</b>	<b>Typical food application</b>
Polyvinylidene chloride coated polypropylene (2 layers)	Crisps, snackfoods, confectionery, ice cream, biscuits, chocolate
Polyvinylidene chloride coated polypropylene-polyethylene	Bakery products, cheese, confectionery, dried fruit, frozen vegetables
Cellulose-polyethylene-cellulose	Pies, crusty bread, bacon, coffee, cooked meats, cheese
Cellulose-acetate-paper-foil- polyethylene	Dried soups
Metallised polyester-polyethylene	Coffee, dried milk
Polyethylene-aluminium-paper	Dried soup, dried vegetables, chocolate

Fuente: Dr. R. Solís. Presentación de Empaques y Envases de Alimentos.

En base a lo anterior, se establece que el tipo de envase a utilizar debe ser una película flexible con una capa de poliéster metalizada con aluminio y una capa de polietileno.

## **6. MAÍZ CEREALES, LEGUMINOSAS Y SEMILLAS OLEAGINOSAS**

Los cereales son plantas que producen granos comestibles, como trigo, centeno, arroz y maíz. Los granos de los cereales proporcionan la mayoría de los alimentos calóricos del mundo y aproximadamente la mitad de sus proteínas. Se consumen directamente o modificados de distintas formas: harina, almidón, aceite, salvado, jarabes de azúcar; constituyendo la parte mayoritaria de la dieta ya que con ellos se alimenta al ganado y por consiguiente, se transforman en carne, leche y huevos.<sup>1</sup>

Casi toda la producción de arroz va destinada a la alimentación humana y se producen cantidades similares de trigo y maíz, pero una gran proporción del maíz se utiliza en la alimentación animal, mientras que el trigo sólo se emplea para este fin en una pequeña proporción. La mayor parte de la producción mundial de maíz se cultiva en EE UU. Los principales cereales cultivados en EE UU son: maíz, trigo, avena, sorgo, cebada, centeno y arroz, siendo el maíz el cereal más importante.<sup>1</sup>

Las leguminosas son plantas con flores que al fructificar producen vainas que contienen semillas. Las oleaginosas son plantas cuyas semillas tienen un elevado contenido de aceite por lo que se cultivan ampliamente. Tanto las leguminosas como las oleaginosas tienen un contenido de proteínas considerablemente mayor que los granos de los cereales; lo cual se puede apreciar en la siguiente tabla:

<i>Vegetales</i>	<i>Proteínas (%)</i>	<i>Animales</i>	<i>Proteínas (%)</i>
Cereales	7-15	Leche entera	3,5
Legumbres	20-25	Huevos	13
Semillas oleaginosas (desengrasadas)	45-55	Carne (roja)	16-22
Concentrados (soja, semillas de algodón)	60-80	Pescado	18-25
Aislados (soja, trigo)	90-95	Carne (aves)	20-25
		Leche en polvo desengraada	36

Fuente: Norman Potter y Joseph Hotchkiss<sup>1</sup>

Las leguminosas incluyen variedades de guisantes y judías la mayoría de las cuales son bajas en grasas, con la notable excepción de la soja. El término semillas oleaginosas se aplica a las que, incluida la soja, son procesables por su aceite. Otras semillas oleaginosas, son el cacahuete (manía), algodón, girasol, colza, lino y sésamo; el coco también es una semilla oleaginosa importante.<sup>1</sup>

Los granos de cereales no solamente tienen una cantidad de proteínas comparativamente menor sino que además, estas proteínas son deficientes en ciertos aminoácidos esenciales, especialmente en lisina. Las leguminosas, al igual que muchas de las semillas oleaginosas, son ricas en lisina pero relativamente pobres en metionina<sup>1</sup>

Algunas semillas oleaginosas, como las de soja, maní y coco, son alimentos importantes, además de una buena fuente de aceite. Las semillas oleaginosas también producen grandes cantidades de harinas que, durante muchos años, se utilizaron principalmente para engordar animales. La tecnología moderna ha permitido separar proteínas de alta calidad de estas harinas, y hoy en día, las proteínas de las semillas oleaginosas se utilizan, bajo diversas formas, para mejorar las propiedades nutritivas de los productos de cereales, facilitando un mejor aprovechamiento de las de la carne, y aumentando la disponibilidad de proteínas a nivel mundial.<sup>1</sup>

## GRANOS DE CEREALES

### COMPOSICIÓN GENERAL Y ESTRUCTURA

Cereal	Humedad	Hidratos de carbono	Proteínas	Grasa	Fibra indigestible	Kilocaloría (por 100 g)
Malt	11	72	10	4	2	352
Trigo	11	69	13	2	3	340
Avena	13	58	10	5	10	317
Sorgo	13	70	12	4	2	348
Cebada	14	63	12	2	6	320
Centeno	11	71	12	2	2	321
Avena	11	65	8	2	9	310
Trigo sarraceno	10	64	11	2	11	318

Fuente: Norman Potter y Joseph Hotchkiss<sup>1</sup>

En la tabla anterior se indican los componentes mayoritarios de los principales granos de cereales. Estos granos contienen alrededor del 10-14% de agua, 58-72% de glúcidos, 8-13% de proteínas, 2-5% de grasas y 2-11% de fibra indigestible. También contienen alrededor de 300-350 kcal/100g. Aunque estos son los valores típicos, las composiciones varían dependiendo de las variedades de un cereal concreto, de las condiciones geográficas y climáticas y de otros factores.<sup>1</sup>

Un contenido de humedad del 10-14% es característico de los granos bien maduros y secos. Cuando al recolectarlos en el campo el contenido de humedad supera este intervalo, deben secarse hasta conseguir la humedad indicada, pues de no hacerlo, durante su almacenaje se pueden enmohecer y alterar, antes de procesarse. Algunos mohos que crecen en los granos de cereales que contienen excesiva humedad producen metabolitos tóxicos que pueden causar enfermedades en el hombre y en los animales que los consumen. Alrededor de los dos tercios de los granos de cereales son hidratos de carbono, la mayoría de los cuales están en forma de almidones y azúcares digeribles. Las operaciones de molienda separan generalmente la mayoría de la fibra indigerible y las grasas de los granos que se destinan al consumo humano.<sup>1</sup>

La calidad nutritiva de las proteínas de los cereales no es tan alta como la de la mayoría de proteínas de origen animal en la tabla siguiente se señalan los aminoácidos esenciales lisina, metionina (más cistina), treonina y triptófano de varios cereales comparados con los del huevo entero, y con el estándar de referencia de la mezcla de estos aminoácidos recomendados por la FAO. Debido a que el primer aminoácido limitante de los cereales es la lisina, la relación entre la concentración de lisina de la proteína de un cereal y su concentración en el huevo entero, o en el estándar de referencia de la mezcla de la FAO, se puede usar como índice de calidad. Esta relación multiplicada por 100 da la valoración

química de un cereal, que puede mejorarse al adicionarse lisina. El efecto limitante del aminoácido lisina también puede mejorarse consumiendo los cereales junto con otros alimentos ricos en lisina.<sup>1</sup>

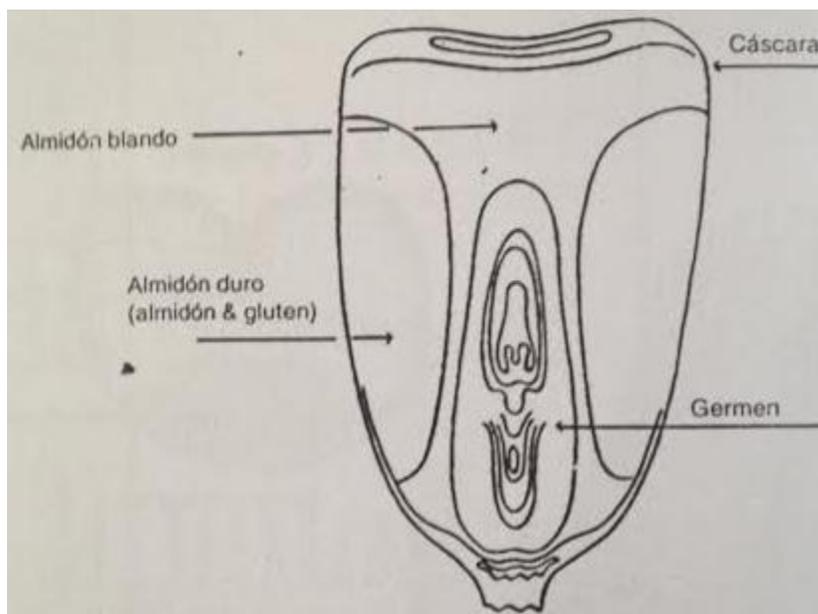
Cereal	mg de aminoácido/g N				Aminoácido limitante	Puntuación química (Huevo)	Puntuación química*
	Lisina	Metionina y cistina	Treonina	Triptófano			
Cebada	216	246	207	96	Lisina	50	64
Harina de maíz	167	217	225	38	Lisina	38	49
Mijo	214	302	241	106	Lisina	49	63
Avena	232	272	207	79	Lisina	53	68
Arroz pulido	226	229	207	84	Lisina	52	66
Ragi	181	357	263	105	Lisina	42	53
Centeno	212	210	209	46	Lisina	49	62
Sorgo	126	181	189	63	Lisina	29	37
Teff <sup>(1)</sup>	174	301	213	93	Lisina	40	51
Trigo búlgaro	161	219	177	66	Lisina	37	47
Harina blanca de trigo	130	250	168	67	Lisina	30	38
Estándar de huevo de gallina	436	362	320	93	-	-	-
FAO/WHO 1973	340	220	250	60	-	-	-

FUENTE: Jansen (1977).  
 FUENTE: FAO/WHO (1973).  
<sup>(1)</sup> N. del T.: Principal cereal de Abisinia

Fuente: Norman Potter y Joseph Hotchkiss<sup>1</sup>

Los granos de cereales tienen unos cuantos rasgos estructurales comunes que constituyen la base de su molienda y de otros procesos industriales. Todos los granos de cereales son semillas de plantas con un gran endospermo de almidón, situado centralmente, que también es rico en proteínas, unas capas exteriores protectoras, como la cascarilla y el salvado, y un embrión o germen situado generalmente cerca del extremo inferior de la semilla.<sup>1</sup>

### Diagrama de un Núcleo de Maíz



Fuente: Norman Potter y Joseph Hotchkiss<sup>1</sup> (Cortesía de J.T. Goodwin)

Para la mayoría de sus empleos alimenticios, se eliminan la cascarilla y el salvado que, en su mayor parte, son indigestibles para el hombre y también el germen, muy rico en aceite y enzimáticamente activo, que, bajo determinadas condiciones, produce rancidez en el grano. Por lo tanto, el componente que se aprovecha básicamente es el endospermo, constituido por almidón y proteína. Ya que el salvado es rico en vitaminas del grupo B y en minerales, la adición de estos nutrientes a los granos procesados, de los que se ha eliminado el salvado, es una práctica común, conocida como enriquecimiento.<sup>1</sup>

### MAÍZ

El maíz se utiliza como alimento humano de muchas formas. Cosechado verde, se consume como hortaliza. Los granos de una variedad especial se secan y se consumen como poporopo (palomitas de maíz). Los granos para poporopo explotan porque al calentarse, la humedad retenida en el centro del grano se convierte en vapor y este escapa con fuerza suficiente para hacerles explotar. Las palomitas pueden considerarse, por lo tanto como el primer cereal esponjado. Pero la mayoría del maíz consumido como alimento humano, se somete a la molienda y se consume como una fracción específica o

modificada del grano de cereal original. Al igual que los otros granos de cereales, el maíz se muele para eliminar el salvado y el germen. Ambas fracciones sirven para la alimentación animal. Además el germen es una fuente importante de aceite de maíz. El maíz se muele de dos formas distintas: en molienda seca y en molienda húmeda.<sup>1</sup>

### **MOLIENDA SECA**

Los granos se acondicionan primero a una humedad de, aproximadamente un 21% y después se pasan entre unos conos rotativos especiales que separan el salvado y el germen del endospermo. Después, esta mezcla se seca hasta aproximadamente un 15% de humedad para facilitar la molienda subsiguiente por rodillos y el cernido. El salvado se elimina ahora por chorros de aire. A partir de este momento, la molienda de maíz es prácticamente igual a la del trigo. El endospermo y el germen se pasan por rodillos que aplastan el germen y trituran el endospermo que es más quebradizo. El cernido separa fácilmente el germen aplastado de las partículas de endospermo. El endospermo puede separarse en forma de sémola gruesa o maíz molido, o bien pasarse de nuevo por otros rodillos más finos que lo convierten en harina de maíz.<sup>1</sup>

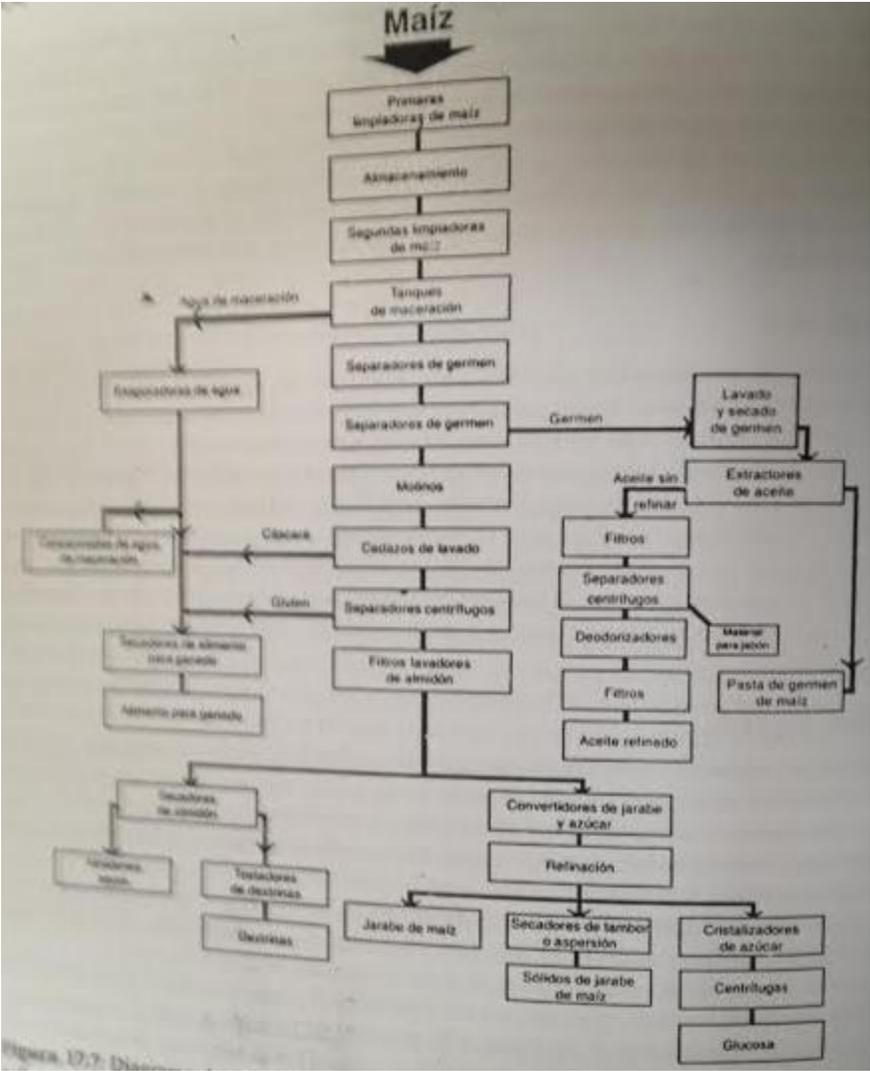
### **MOLIENDA HÚMEDA**

Después de acondicionar y limpiar el maíz, el primer paso de la molienda húmeda es la maceración de los granos en grandes tanques de agua caliente que contienen generalmente como conservadores suaves ácidos y dióxido de azufre. Los granos ablandados se pasan por un molino triturador que los rompe. La masa pastosa de esta molienda se traslada por bombas a tanques de sedimentación llenos de agua. En ellos, el germen de aspecto gomoso y de menor densidad, flota en la superficie, de donde se separa y se le extrae el aceite. La papilla restante contiene todavía el salvado y las fracciones de proteínas y almidón del endospermo. La papilla acuosa se pasa por unas cribas para separar el salvado.<sup>1</sup>

La papilla acuosa restante, que contiene las fracciones de almidón y proteínas, se centrifuga a alta velocidad para separar el almidón, más pesado, de la fracción proteica que es más liviana. Finalmente se seca la fracción de almidón para producir el tan familiar almidón de maíz. La fracción proteica se seca también para producir gluten de maíz, que es rico en zeína. El gluten de maíz se utiliza normalmente como ingrediente de los piensos para animales. La zeína aislada tiene diversas aplicaciones en la industria, algunas de ellas como ingrediente alimentario. El almidón de maíz se emplea como tal en algunos alimentos manufacturados o bien se convierte posteriormente en jarabe de maíz mediante la acción hidrolítica de un ácido o de enzimas que desdobl原因 el almidón.<sup>1</sup>

Las relaciones entre los distintos productos que se originan de la molienda húmeda del maíz se muestran en el siguiente diagrama de flujo.

**Diagrama de Flujo del Proceso de Molienda Húmeda**



Fuente: Norman Potter y Joseph Hotchkiss<sup>1</sup> (Cortesía de la Asociación de Refinadores de Maíz).

## LEGUMINOSAS Y OLEAGINOSAS

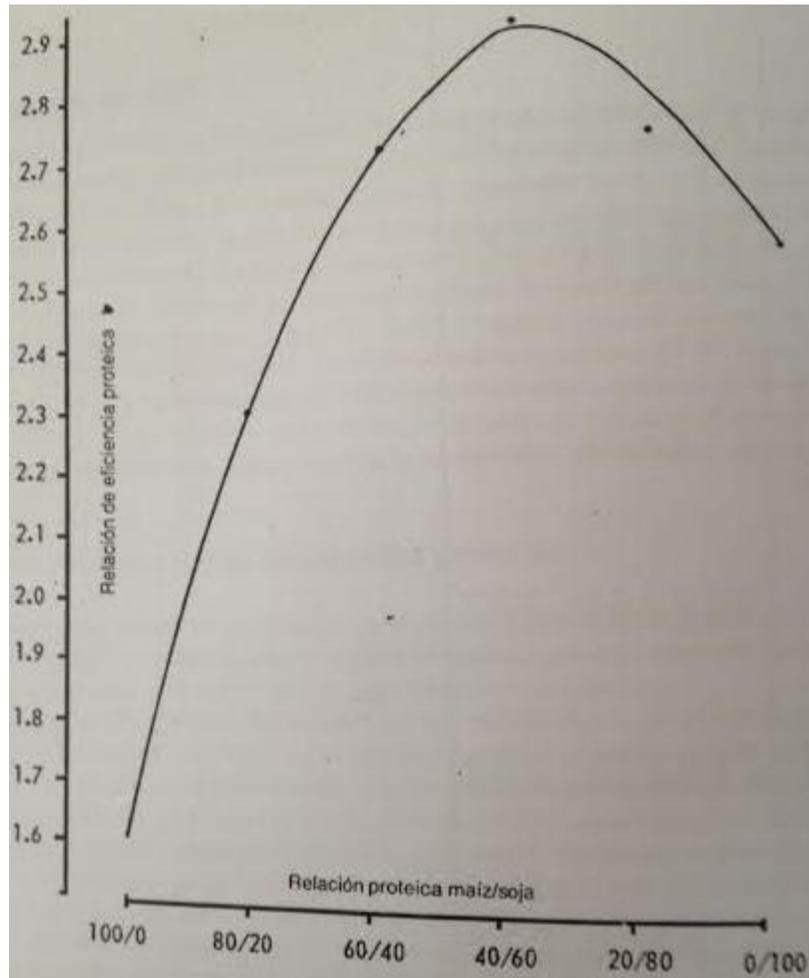
### COMPOSICIÓN GENERAL

Las leguminosas y oleaginosas son mucho más ricas en proteínas que los cereales, y las oleaginosas, además, son también mucho más ricas en grasas. Mientras que las diferentes semillas de los cereales contienen alrededor de 7-14% de proteínas y del 2-5% de grasas, las legumbres y semillas oleaginosas secas contienen alrededor de un 20-40% de proteínas, los niveles de grasa en guisantes y judías son bajos pero llegan al 20-50% en las semillas oleaginosas. Estas composiciones se reflejan en los alimentos y en las harinas de las leguminosas y oleaginosas. Hay tablas que dan las composiciones de algunas harinas de leguminosas descascarilladas, así como su rendimiento en proteínas. El alto contenido en grasa de la semilla de soja es la causa de que esta leguminosa se cite también corrientemente entre las oleaginosas. Si se elimina la grasa de la semilla de soja descascarillada, la harina que se obtiene entonces es incluso más concentrada en proteínas.<sup>1</sup>

### SUPLEMENTACIÓN Y COMPLEMENTACIÓN PROTEICA

Aunque generalmente los granos de cereales son relativamente pobres en proteínas totales y en lisina y otros aminoácidos, estas deficiencias pueden superarse mezclándose con productos derivados de las semillas de leguminosas u oleaginosas. El resultado más evidente de esta mezcla es el ser más rica en proteínas que el componente cereal solo. Además de esto, las leguminosas y oleaginosas mejoran la calidad de las proteínas del cereal suplementándolas con los aminoácidos limitantes, como la lisina y a veces el triptófano o la treonina. A esto se le denomina **suplementación proteica**. Por otro lado las leguminosas y algunas oleaginosas, que son deficientes en metionina, pueden suplementarse con semillas de cereales que no son deficientes en este aminoácido. Este balance mutuo entre uno y otro aminoácido se conoce como **complementación proteica**.

En la figura de abajo se muestra un ejemplo de esto; se alimentaron ratas con mezclas de maíz y de soja y se midieron sus ganancias de peso por gramo de proteína consumida (Relación o Coeficiente de Eficiencia Proteica, REP). Se obtuvieron resultados óptimos con una relación proteica de 40% de maíz y 60% de soja. Con menos soja la lisina llega a ser limitante, con más soja, el aminoácido limitante fue la metionina.<sup>1</sup>



Fuente: Norman Potter y Joseph Hotchkiss<sup>1</sup> (Cortesía de Bressani et al.)

## TECNOLOGÍA DE LA SOYA

De todas las leguminosas y oleaginosas, la soya es la principal fuente de proteínas debido a su alto contenido proteico y a la relativa facilidad de su extracción. La soya se ha estudiado en profundidad y se han desarrollado muchos procesos para obtener y modificar su proteína con fines alimenticios especiales. Algunas de las operaciones de procesado más importantes y los productos resultantes se indican en la figura de la página 71. Por descascarillado de la semilla y posterior extracción del aceite a baja temperatura se obtiene una harina apta para alimentación con un 50% aproximadamente de proteínas. También se dispone de harinas parcialmente desengrasadas. La harina desengrasada puede concentrarse en proteína mediante el lavado ácido del almidón y de otros componentes de la proteína precipitada con ácido o puede concentrarse más hasta obtener el aislado de proteína, por disolución en álcali de la harina desengrasada, seguido de filtrado, reacidificación y centrifugado del precipitado proteico del suero. Este aislado proteico puede modificarse con enzimas y otros tratamientos que afectan a su solubilidad, a su aptitud para el batido y a otras propiedades, deshidratándose por nebulización; o bien el aislado puede disolverse en álcali, forzándolo a pasar por una placa perforada y recogiendo sus fibras coaguladas en un baño ácido. De esta forma se les puede dar a las proteínas de la soya una textura parecida a la carne y usarse en la fabricación de análogos de la carne. Las proteínas de soya pueden texturizarse por otras vías menos costosas, como por ejemplo, por cocción-extrusión directamente a partir de la harina de soya. En este proceso, harinas con un contenido proteico de alrededor de un 50% se humedecen hasta aproximadamente un 30-40% de humedad y se coagulan por calor bajo presión. Su posterior texturización tiene lugar al expandirse y orientarse la masa que atraviesa el orificio de extrusión. La masa se corta entonces en trozos y se seca. Después de reconstituida y cocinada su textura y aspecto son muy parecidos a los de la carne. Estos productos son menos costosos que la carne y se emplean cada vez más como sustitutos parciales de la carne en las mezclas de carne con otros componentes.<sup>1</sup>

## ALGUNOS PROBLEMAS ESPECIALES

Las legumbres contienen ciertos factores tóxicos y antinutricionales que deben inactivarse si queremos obtener de ellas el máximo provecho. Las semillas de soya crudas contienen un factor antitripsina o inhibidor de la tripsina. Otras semillas de leguminosas contienen hemoaglutininas. Estos factores interfieren el crecimiento normal de los animales y de las personas pero afortunadamente se inactivan con el calor del cocinado o por el calentamiento controlado que se aplica durante su procesado.<sup>1</sup>

Las manías, debido a la humedad que tienen al recolectarse permiten el crecimiento de mohos y el desarrollo de sus metabolitos tóxicos, como las aflatoxinas. Hoy día para minimizar este riesgo el maní se almacena en condiciones que controlan el crecimiento de los mohos y son cuidadosamente inspeccionados. Las aflatoxinas también pueden eliminarse del maní mediante extracción con disolventes y las inactivan los agentes oxidantes, el amoníaco y otros tratamientos. Debido a la naturaleza ubicua de los mohos, las aflatoxinas y otras micotoxinas nunca se eliminan completamente de las semillas y de los alimentos aunque pueden disminuirse hasta niveles insignificantes. La molienda seca o húmeda del maíz por ejemplo, elimina una gran parte de las posibles aflatoxinas que hubiera inicialmente. El procesado mediante calor y el cocinado reducen todavía más la cantidad de aflatoxina restante. Normalmente en muchos países se han establecido los niveles máximos permisibles en partes por millardo.<sup>1</sup>

El endospermo de la semilla de algodón posee unas glándulas que contienen un pigmento tóxico, el gossipol. Todo el que llega al aceite se elimina durante el proceso de refinado. La presencia de gossipol en los alimentos ha impedido la aceptación de la harina y de las proteínas de la semilla de algodón en alimentación humana. Las glándulas que contienen los pigmentos se eliminan intactas mediante una desintegración controlada de las semillas en hexano, seguida de la separación por centrifugación de las glándulas que son más ligeras que el resto del endospermo. Los genetistas agrarios han desarrollado variedades de semillas de algodón carentes de estas glándulas y por tanto libres de gossipol. Problemas como estos, que generalmente se evitan con investigaciones y procesos controlados deben tenerse siempre en cuenta cuando se propone usar en alimentación en regiones tecnológicamente subdesarrolladas fuentes de alimentos poco corrientes.<sup>1</sup>

## 7. SOYA

La soya, o frijol de soya, (*Glycine max*) pertenece a las leguminosas, aunque por su elevado contenido de aceite se incluye también, junto con la canola, el algodón, el girasol, la aceituna y el cacahuete, en las oleaginosas.

Estados Unidos y Brasil conjuntamente cosechan más del 80% de la producción mundial. Es un cultivo anual de verano de clima caluroso y húmedo, y sus vainas contienen tres o más semillas que se utilizan industrialmente para la extracción del aceite, y el residuo, o pasta, rico en proteínas, se utiliza para la alimentación humana o animal. Debido a sus propiedades nutritivas, principalmente por sus proteínas, en las últimas décadas ha habido un gran desarrollo científico y tecnológico para su aprovechamiento integral. La producción de proteínas de soya representa una alternativa muy importante para la gran deficiencia que existe de las proteínas convencionales, como las de la leche, la carne y el huevo. Como sucede con la mayoría de los alimentos provenientes del campo, su composición química depende de muchos factores, tales como la variedad de la semilla, el tipo de suelo, la irrigación, la fertilización, la temperatura ambiental, etcétera; se conocen algunas variedades cuyo contenido de proteínas es mayor, pero a expensas de la grasa y de los hidratos de carbono, así como del rendimiento por hectárea. En los últimos años y mediante manejos genéticos, se ha mejorado su producción y también se ha modificado su composición química.<sup>3</sup>

En forma general, la soya está anatómicamente constituida por tres fracciones principales: la cascarilla, que representa aproximadamente el 8% del peso total de la semilla, el hipocotilo (2%) y el cotiledón (90%); en este último se localiza el aceite en pequeños compartimientos llamados esferosomas, de 0.2 a 0.3  $\mu$ , que a su vez están dispersos entre los cuerpos proteínicos (aleuronas) de mayor tamaño (2 a 20  $\mu$ ), integrados por aproximadamente un 98% de proteínas y algo de lípidos y de ácido fítico. La función de la proteína es de reserva para la germinación y el crecimiento de la planta.<sup>3</sup>

La fracción lipídica está integrada por triacilglicéridos, llamados comúnmente triglicéridos, que contienen aproximadamente un 12% de ácidos grasos saturados, 20% de ácido oleico, 60% de ácido linoleico y 4% de ácido linolénico, con un punto de fusión de  $-16^{\circ}\text{C}$  y un índice de yodo de 130.

También se encuentran fosfolípidos, esteroides y tocoferoles; cabe indicar que de la refinación del aceite se obtiene la lecitina, ampliamente utilizada por sus propiedades funcionales. La acumulación de lípidos en las oleaginosas va acompañada de un decremento de los hidratos de carbono, lo que significa que es muy probable que éstos sean los precursores en la síntesis del aceite.<sup>3</sup>

Por su parte, el contenido de hidratos de carbono se divide casi en partes iguales en compuestos insolubles y solubles en agua y se pueden clasificar como:

**a)** Polisacáridos insolubles en agua y en etanol (tales como arabinogalactanas, arabinanas, xilanas, galactomananas, celulosa y un polímero ácido muy parecido a las sustancias pécticas), que representan aproximadamente el 50% de los hidratos de carbono totales.

**b)** Oligosacáridos hidrosolubles, tales como verbascosa (en muy baja concentración), estaquiosa (3.8%), rafinosa (1.1%) y sacarosa (4.5%), que son los responsables de la flatulencia que provoca el consumo de oleaginosas.

**c)** Monosacáridos en menor cantidad, principalmente glucosa y arabinosa.<sup>3</sup>

Al igual que sucede con otros tejidos vegetales, la soya contiene en su estado natural diversos factores antifisiológicos, como son los inhibidores de tripsina y las hemaglutininas, que no representan un riesgo, debido a que se destruyen durante los distintos procesos industriales, sobre todo los térmicos, a los que se somete el grano.

Los ácidos nucleicos se encuentran en muy baja concentración y, cuando la determinación de proteína se hace con el método de Kjeldahl, se incluyen como nitrógeno total (factor de conversión, 6.25).<sup>3</sup>

A diferencia de los cereales (maíz, arroz, trigo, etcétera) que son abundantes en glutelinas y prolaminas, las proteínas de la soya y de otras oleaginosas son una mezcla heterogénea de globulinas (60 a 75% del total) y de albúminas, con pesos moleculares muy variados, solubles en disoluciones salinas y en agua, y precipitan en su punto isoeléctrico, en el intervalo de 4.2 a 4.8. En general, las proteínas de las leguminosas son ricas en los aminoácidos indispensables, tales como lisina, treonina, isoleucina, leucina, fenilalanina y valina; sin embargo, son deficientes en metionina y cisteína (ver cuadro siguiente).

Algunos procesos de obtención de aislados de proteína de soya a pH muy alcalinos provocan todavía una pérdida de dichos aminoácidos azufrados. Por su contenido de lisina, se ha sugerido usarlas como complemento de las proteínas de cereales.<sup>3</sup>

**AMINOÁCIDOS EN PROTEÍNAS COMERCIALES DE SOYA**  
**(Gramos de aminoácidos por 100g de proteína)**

<i>Aminoácido</i>	<i>Harinas desgrasadas</i>	<i>Concentrados</i>	<i>Aislados</i>
Isoleucina	4.6	4.9	4.8
Leucina	7.7	8.0	7.8
Lisina	6.2	6.2	6.0
Metionina	1.3	1.3	1.0
Cistina	1.2	1.6	1.0
Fenilalanina	5.3	5.3	5.5
Treonina	4.2	4.3	3.7
Triptofano	1.4	1.4	1.3
Valina	4.9	5.0	4.8

**Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>**

Las proteínas de la soya tienen la capacidad de formar geles. Los geles basan su estructura en el fenómeno de asociación-disociación de las proteínas, lo que a su vez está determinado por diversos factores, como la temperatura, la fuerza iónica y el tipo de sal. Las fuerzas que hacen posible la formación de geles son diversas, y algunas influyen más en una fracción proteínica, cuando algunas fracciones se calientan, las proteínas que las conforman interactúan entre sí y ayudan a producir rápidamente ese estado de dispersión, sin embargo, en forma individual algunas fracciones establecen geles por medio de puentes de hidrógeno, mientras que las provenientes de otra fracción proteínica establecen geles gracias a la creación de interacciones electrostáticas con iones divalentes (p.ej. sulfato de calcio) y de enlaces disulfuro, como ocurre en la elaboración del tofu. Además de estas uniones, cuando se elaboran geles con el conjunto total de proteínas de la soya, también influyen las fuerzas hidrófobas.

Debido a su compleja estructura, estas fracciones proteínicas son muy sensibles a muchos agentes desnaturizantes, como los pH extremos, las temperaturas altas, las concentraciones elevadas de disolventes y de sales, etcétera. De todos estos, el efecto del calor es el más importante, ya que los tratamientos térmicos son las operaciones unitarias que más se emplean en la manufactura de los alimentos.

La consecuencia de esto es, en una primera instancia, la reducción de la solubilidad de las proteínas, lo que puede llegar a inducir la gelificación. El calentamiento de las dispersiones de proteínas de soya en una concentración de 7% causa rápidamente la formación de geles.<sup>3</sup>

## FORMAS COMERCIALES DE LA SOYA

### COMPOSICIÓN DE DIFERENTES DERIVADOS DE LA SOYA

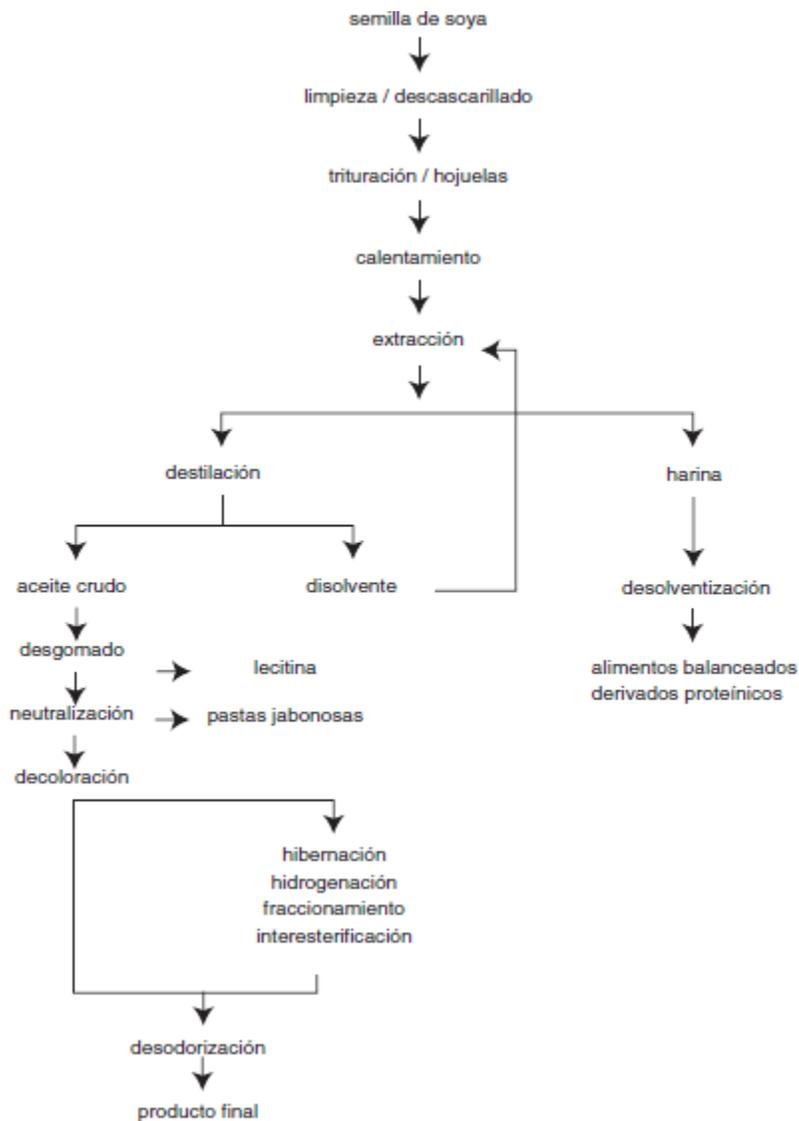
	<i>Harinas</i>		<i>Concentrados</i>			<i>Aislados</i>
	<i>Sin desgrasar</i>	<i>Desgrasada</i>	<i>Alcohol</i>	<i>Ácido</i>	<i>Calor húmedo</i>	
Proteína	41.5	53.0	66.0	67.0	70.0	93.0
Grasa	21.0	1.0	0.3	0.4	1.2	0.0
Humedad	5.0	5.0	6.7	5.2	3.1	4.7
Fibra cruda	2.1	2.9	3.5	3.4	4.5	0.2
Ceniza	5.2	6.0	5.6	4.8	3.8	3.8
ISN	—	—	5.0	7.0	3.0	85.0

ISN = Índice de solubilidad de nitrógeno.

**Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>**

A partir de esta leguminosa se han elaborado diversos productos comerciales clasificados de acuerdo con su contenido de proteínas; las que contienen menos son las harinas enteras, luego las desgrasadas parcial o totalmente, le siguen los concentrados y, por último, los aislados (ver cuadro anterior). Para fabricarlos es preciso romper el arreglo

interno ordenado de las células del cotiledón, para separar adecuadamente los diferentes constituyentes; cada uno de estos derivados tiene ciertas características y propiedades funcionales que pueden aprovecharse en la producción de otros alimentos más complejos y elaborados. En la figura siguiente se muestra un diagrama para la obtención del aceite de soya; en este caso, el “residuo” es la harina desgrasada que se utiliza para la elaboración de alimentos balanceados y de derivados proteínicos para consumo humano tales como las harinas, los concentrados y los aislados.<sup>3</sup>

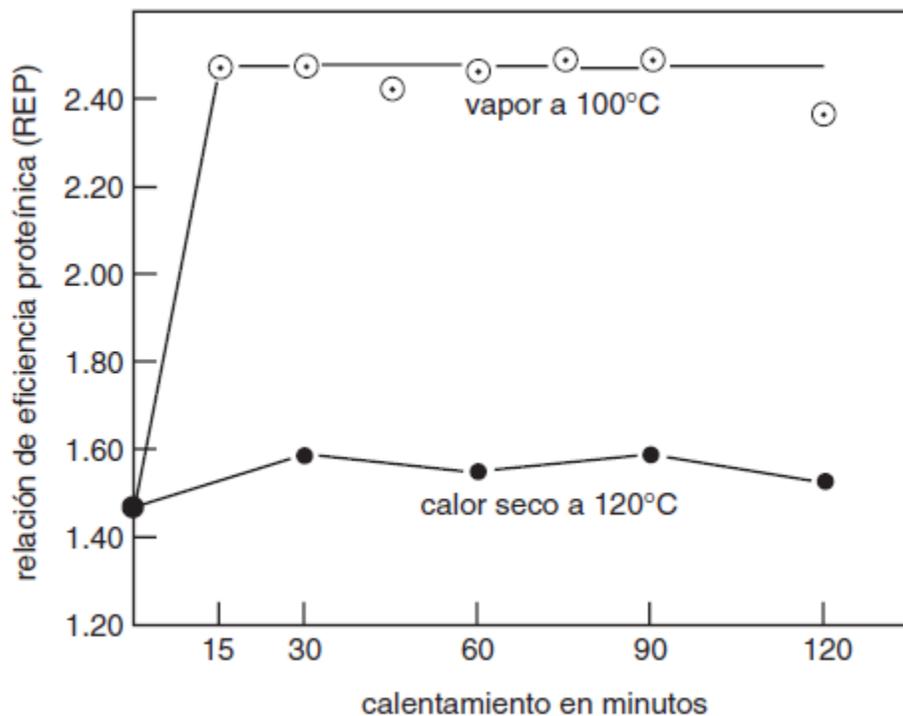


Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

## HARINAS

Las harinas son la forma menos refinada de la soya; se pueden fabricar con toda su grasa, y parcial o totalmente desgrasadas, ya sea como hojuelas, gránulos o polvo; contienen un mínimo de 40% de proteínas, y durante su manufactura se someten a un calentamiento con vapor para eliminar el residuo del disolvente usado para la extracción de aceite, y a un tostado (115°C durante 15 a 25 minutos) para inactivar la lipoxigenasa, los inhibidores de tripsina y otros factores antifisiológicos. Después de estos procesos, el producto resultante tiene un mejor valor nutritivo, que se observa por el aumento de la relación de eficiencia proteínica REP (PER, *Protein Efficiency Ratio*) que aumenta de 1.45 a 2.45 al tratarse con calor húmedo (vapor), como se muestra en la siguiente figura.<sup>3</sup>

### EFFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN EL VALOR NUTRITIVO DE LA SOYA



Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

En la producción de harinas es preciso controlar los tratamientos térmicos, ya que la proteína es muy sensible y se puede desnaturizar fuertemente con el vapor; para determinar la intensidad del calentamiento, se emplean los índices de solubilidad de nitrógeno (ISN) y el de dispersibilidad de proteína (IDP). Por definición, el ISN es el porcentaje del nitrógeno total que es soluble en agua en determinadas condiciones de extracción, mientras que el IDP es el porcentaje de la proteína total que es dispersable en agua. Ambos métodos miden el grado de desnaturización de la proteína y están basados en principios un tanto empíricos, por lo que existen muchos factores que influyen en su determinación: pH, temperatura, tamaño de partícula, tipo de mezclador, tiempo y velocidad de mezclado, etcétera. El cuadro de abajo muestra los valores del ISN de la soya

sujeta a diferentes tratamientos, y permite observar que el valor nutritivo mejora a medida que se incrementa la intensidad del calentamiento, pero al mismo tiempo se reduce la solubilidad de la proteína.

Además de estos dos métodos para medir la intensidad del calentamiento, existe la prueba de la actividad ureásica; la enzima ureasa es muy abundante en la soya cruda, produce amoníaco a partir de la urea y se desnaturaliza mediante tratamiento térmico, lo que trae consigo la pérdida de su actividad.

El análisis se basa en los cambios de pH que resultan de la formación de amoníaco cuando la harina se incuba con una solución de urea.<sup>3</sup>

Existen varios procedimientos para elaborar harinas con diferentes valores de ISN e IDP, y por lo tanto, con una gran diversidad en sus propiedades funcionales.

Los lípidos de las harinas sin desgrasar contribuyen al valor nutritivo; sin embargo, éstos contienen un alto porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados indispensables, aproximadamente 60% de ácido linoleico y 4% de linolénico, propensos a reacciones de oxidación que traen consigo pérdidas en las cualidades sensorial y nutricional. Hay procesos industriales de molido que no dañan los esferosomas donde se encuentra el aceite, y por tanto se reducen considerablemente las reacciones de oxidación; además, la lecitina y los tocoferoles que contiene funcionan como antioxidantes naturales y ayudan parcialmente a estabilizar el aceite y a evitar estos cambios indeseables.<sup>3</sup>

#### Valor Nutritivo e ISN de la soya sujeta a diferentes tratamientos térmicos

<i>Tratamiento térmico</i>	<i>Eficiencia proteínica relativa<sup>a</sup> (%)</i>	<i>ISN</i>
Insignificante	40-50	85-90
Ligero	50-60	40-60
Moderado	75-80	20-40
Tostado	85-90	10-20

a. La leche deshidratada descremada representa el 100% de eficiencia.

**Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>**

Las harinas desgrasadas son muy comunes en el mercado, ya que la extracción del aceite resulta económicamente ventajosa; las pastas recuperadas de dicha extracción tienen un muy amplio consumo en la industria de alimentos, tanto para el hombre como para los animales.<sup>3</sup>

El aceite de soya se utiliza industrialmente en la manufactura de margarinas, aceites de mesa, mayonesa y en muchos otros productos alimenticios e industriales; un subproducto de la refinación es la lecitina que se emplea ampliamente en la formulación de alimentos, debido a sus propiedades emulsionantes y antioxidantes, como en el caso de los derivados de la confitería; además, la lecitina, por ser un producto natural, es el único emulsionante permitido en ciertos alimentos infantiles. La obtención de este fosfolípido se hace por medio de un tratamiento de las gomas que se separan en la refinación del aceite de soya crudo.

Además de estos productos que derivan de la obtención de las harinas desgrasadas, también se pueden obtener las proteínas vegetales hidrolizadas. Para este fin, la harina se somete a una intensa hidrólisis ácida con HCl a presión y temperatura elevadas; la proteína se transforma en oligopéptidos y aminoácidos. El líquido resultante se filtra, se neutraliza y se puede someter a operaciones de desodorización y de decoloración; por último se concentra o se deshidrata y se usa como saborizante y potenciador del sabor en alimentos como consomés, sopas, aderezos, etcétera.<sup>3</sup>

### **CONCENTRADOS**

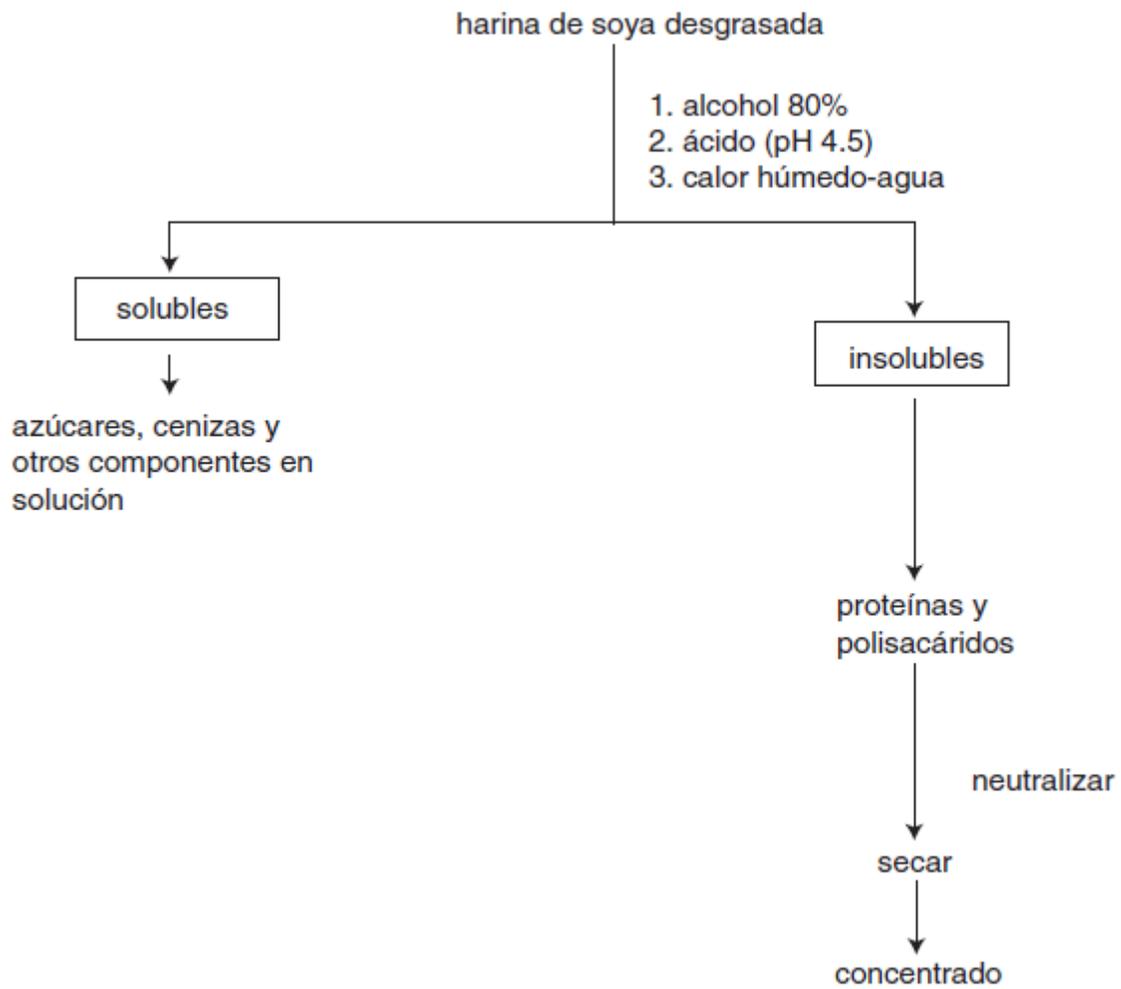
Estos productos son más refinados que las harinas y contienen un mínimo de 65% de proteínas; en su manufactura se elimina menos de la mitad de los hidratos de carbono de las harinas, además de otros componentes de menor importancia. Para su elaboración se pueden seguir tres diferentes procesos que se pueden apreciar en las figuras de abajo; el primero utiliza una solución de etanol al 80% para quitar ciertas fracciones solubles como son los oligosacáridos, parte de las cenizas y otras sustancias de peso molecular bajo; en estas condiciones, las proteínas y los polisacáridos precipitan debido a que son insolubles en alcohol y se pueden recuperar sometiéndolos a una desolventización para obtener un concentrado proteínico como residuo final; existe una modificación a este proceso que consiste en utilizar una mezcla de hexanol-etanol para desechar los lípidos residuales antes de efectuar el tratamiento con el etanol acuoso.<sup>3</sup>

El segundo proceso implica una extracción de las proteínas en su punto isoeléctrico, en el que las globulinas y los polisacáridos se insolubilizan y precipitan, y posteriormente se neutralizan y se secan. El tercer método utiliza calor húmedo para desnaturalizar e insolubilizar los polipéptidos de la harina, seguido de un lavado con agua para eliminar los azúcares y otras moléculas pequeñas.<sup>3</sup>

Los concentrados obtenidos mediante estos tres procesos tienen aproximadamente la misma composición; sin embargo, las propiedades físicas y funcionales son diferentes en cada caso.

El ISN varía considerablemente, ya que los productos elaborados con ácidos son mucho más solubles que los producidos con etanol o con calor húmedo. En general, tienen un sabor y un olor menos intenso que las harinas, ya que durante las etapas de manufactura se eliminan algunos de los compuestos responsables del sabor. Debido a su contenido de polisacáridos, los concentrados retienen mucha agua y producen geles más firmes.<sup>3</sup>

## Diagrama de Obtención de Concentrados Proteínicos de Soya (Primer proceso)



Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

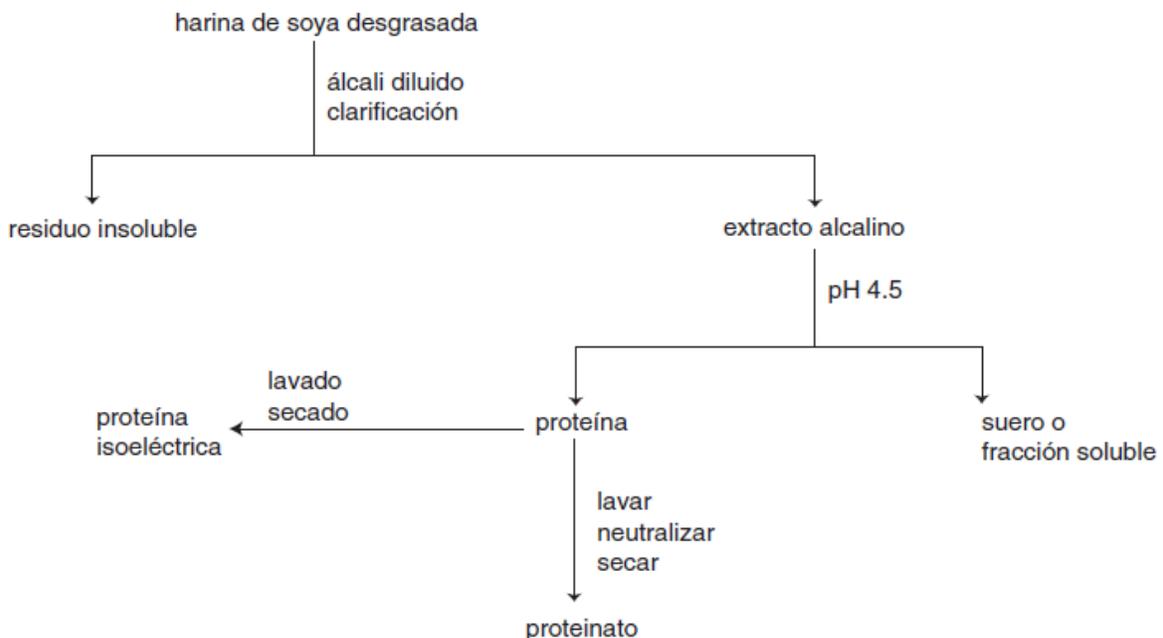
## AISLADOS

Estos productos son la forma comercial más purificada de las proteínas de soya, ya que contienen 90% o más de ellas; se logran eliminando de los concentrados los polisacáridos, los oligosacáridos residuales y algunos otros componentes. El proceso de aislamiento se basa en las diferencias de solubilidad de las fracciones globulínicas con respecto al pH; para su obtención se parte de harinas desgrasadas que han recibido un tratamiento térmico mínimo, y la extracción se efectúa con una disolución acuosa de hidróxido de sodio a 60° C y pH 9-11; el residuo insoluble contiene principalmente polisacáridos que se eliminan por centrifugación. El extracto se acidifica a pH 4.5, lo que hace precipitar la mayor parte de la proteína en forma de crema, que se separa del suero (fracción soluble) por centrifugación; posteriormente se lava y se neutraliza con hidróxido de sodio para resolubilizarla y, por último, se seca por aspersión; así se obtiene un proteinato de sodio que es más soluble en agua que la proteína en su punto isoeléctrico.<sup>3</sup>

Los aislados todavía contienen ciertos compuestos de bajo peso molecular como saponinas, fosfolípidos, isoflavonas y algunos glucósidos.

Al igual que sucede con los concentrados, los diferentes aislados comerciales tienen aproximadamente la misma composición química; sin embargo, sus propiedades físicas y funcionales pueden variar, e incluso se pueden diseñar de acuerdo con diferentes métodos de modificación.<sup>3</sup>

### Diagrama de Obtención de Aislados Proteínicos de Soya



Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

## PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS PROTEÍNAS DE LA SOYA EN ALIMENTOS

<i>Propiedad funcional</i>	<i>Forma de la proteína</i>	<i>Sistema utilizado</i>
Emulsificación		
Formación	H, C, A	Salchichas, embutidos, salami, panes, pasteles y sopas
Estabilización	H, C, A	Productos batidos como crema chantilly, postres congelados, embutidos en general
Absorción de grasa		
Promoción	H, C, A	Salchichas, embutidos y hamburguesas
Prevención	H, A	Donas y bollos
Absorción de agua		
Absorción	H, C	Pasteles, panes y pastas
Retención	H, C	Pan y pasteles
Textura		
Viscosidad	H, C, A	Sopas y salsas
Gelificación	A	Sustitutos de carne molida
Formación de fibras	A	Sustitutos de carne
Formación de masas	H, C, A	Productos de panificación
Formación de películas	A	Salchichas y salami
Adhesión	C, A	Embutidos, carnes frías
Cohesión	H, A	Productos horneados, macarrones y sustitutos de carne
Elasticidad	A	Productos horneados y sustitutos de carne
Control del color		
Blanqueado	H	Pan
Oscurecimiento	H	Pan y derivados

**Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>**

Por problemas de disponibilidad de alimentos de origen animal y por razones de salud, en los últimos años han surgido diversas tecnologías que permiten la incorporación de proteínas vegetales, hasta llegar a la total sustitución de las de la carne, huevo y leche. Las propiedades funcionales de las distintas formas comerciales de soya (harinas con o sin grasa, concentrados, aislados, texturizados, extruidos, etcétera) varían de acuerdo con su composición química y método de obtención, y en consecuencia, su empleo se limita a ciertos productos alimenticios en donde se desarrollan y se aprovechan verdaderamente dichas propiedades. En algunos casos se emplean mezcladas con otras proteínas, como los caseinatos, para lograr efectos más específicos, como la estabilidad de emulsiones.

Las propiedades funcionales incluyen su capacidad como emulsionante, espesante, hidratante, gelificante, espumante, formador de películas, promotor de la viscosidad, termoplástico, etcétera; en el cuadro anterior se presenta un resumen de las distintas aplicaciones de los derivados de la soya en la industria de los alimentos. El contenido proteínico es particularmente importante para desarrollar estas propiedades, aunque también pueden influir otros constituyentes; por ejemplo, una harina absorbe mayor cantidad de agua que los concentrados y que los aislados, debido a la presencia de hidratos de carbono. Cabe indicar que muchas de las propiedades mencionadas se

obtienen al modificar los aislados por alguno de los métodos que más adelante se mencionarán.<sup>3</sup>

Se debe encontrar un equilibrio entre dicha funcionalidad y el valor nutritivo, ya que, como se vio, este último se incrementa con un calentamiento controlado. En algunos alimentos es posible llegar a una relación óptima; tal es el caso de la industria de la panificación que requiere de proteínas no desnaturalizadas para la formación de la masa (propiedad funcional) que posteriormente se hornea para producir el pan (mejora el valor nutritivo).

Se ha propuesto utilizar la soya para enriquecer la dieta de pueblos cuya alimentación se basa en el maíz, que es deficiente en triptófano y en lisina. Es un hecho que el valor nutricional del cereal se incrementa cuando se le añade proteína de soya (relación 1:1 con base en contenido de proteína), debido a que sus perfiles de aminoácidos se complementan, y más aún si también se les adiciona directamente metionina y lisina.<sup>3</sup>

### **FACTORES ANTIFISIOLÓGICOS**

La soya, al igual que otros tejidos, produce algunos metabolitos que pueden ser dañinos. La alimentación de animales de laboratorio con soya cruda causa muchos problemas debido a sus factores antifisiológicos; sin embargo, un calentamiento controlado los elimina, por lo que en la actualidad ya no representan un riesgo para la salud del hombre. Desde hace varias décadas, la industria productora de harina de soya y pastas ha optimizado los tratamientos térmicos para garantizar que los productos sean seguros al destruir los factores antifisiológicos, que tengan funcionalidad y que mantengan su valor nutricional.<sup>3</sup>

Los inhibidores de proteasas se encuentran en la soya, los cereales, los tubérculos, las verduras, etcétera, son proteínas de bajo peso molecular que se asocian con las proteasas del intestino y forman un complejo estable sin actividad catalítica. Los de la soya son siete a 10 polímeros, y destacan los que inhiben la tripsina y la quimotripsina, llamados de Kunitz y de Bowman-Birk y que se localizan en la fracción 2S.<sup>3</sup>

En la soya y en las crucíferas (rábano, col, mostaza) se han identificado tioglucósidos que inducen el bocio, al evitar la fijación del yodo en la glándula tiroides; en el caso de la leguminosa, la estructura de estos agentes es de oligopéptido o glucopéptido, de poca actividad y que se destruyen con los tratamientos térmicos tradicionales.

La soya también contiene 0.5% de saponinas, pero a diferencia de otras, éstas no son tóxicas ya que aun en elevadas cantidades no causan problemas en los animales de laboratorio. Su estructura química es de glucósido, se hidrolizan por la microflora intestinal en sus correspondientes hidratos de carbono y sapogeninas.

Los azúcares verbascosa, estaquiosa y rafinosa producen flatulencia en el hombre, debido a la falta de las enzimas que hidrolizan el enlace galactosídico; estos oligosacáridos llegan al intestino grueso en donde la microflora los metaboliza para producir gases. En los aislados prácticamente no se encuentran.<sup>3</sup>

## SOYA Y NUTRICIÓN

Tradicionalmente, en las culturas orientales no se observan las enfermedades crónicas (corazón, cáncer, etcétera) que están permanentemente presentes en los países occidentales. Se supone que una razón de esto es la dieta basada en soya de países como Japón y China. En los últimos años se ha publicado una enorme cantidad de trabajos que muestran las relaciones benéficas del consumo de la proteína de soya con la prevención de las enfermedades cardiovasculares (principal causa de muerte en México), del cáncer, de la osteoporosis y de los síntomas de la post menopausia. En 1999 la *Food and Drug Administration* (FDA) de los Estados Unidos, señaló que el consumo de 25 g de proteína de soya al día, integrados a una dieta balanceada, reduce el riesgo de enfermedades del corazón.

Cabe indicar que la dieta oriental incluye pocas grasas saturadas y colesterol, agentes que definitivamente aceleran la hipercolesterolemia y en consecuencia, los trastornos cardiovasculares. Sin embargo, la influencia de la proteína de soya se ha comprobado en diversos estudios. La sustitución de proteína animal por soya reduce significativamente los niveles de colesterol, de LDL-colesterol y de triglicéridos. Las fracciones 7S y 11S tienen un efecto importante al interactuar con los receptores celulares de las LDL y además favorecen la eliminación fecal de los ácidos biliares y, por tanto, la remoción de colesterol. La presencia de las isoflavonas genisteína, daidzeína y gliciteína, englobadas como fitoquímicos, con actividad de fitoestrógeno, también se ha relacionado con la reducción del colesterol; son solubles en alcohol y parcialmente en agua, por lo que se reducen en las extracciones para obtener algunos derivados de la soya. La combinación de proteínas con isoflavonas tiene un mayor efecto que cualquiera de los dos de forma aislada. De igual manera, las isoflavonas influyen en la prevención de cáncer de mama y de próstata mediante un mecanismo desconocido, aun cuando se considera su acción antioxidante como una posible causa de este efecto benéfico.<sup>3</sup>

La osteoporosis que provoca la porosidad y la reducción de la densidad del hueso se presenta en adultos, sobre todo en mujeres post menopáusicas. La proteína de soya previene la excreción de calcio en la orina y las isoflavonas, con su capacidad estrogénica, ayudan al balance óseo al evitar la ruptura del tejido. Los síntomas postmenopáusicos se reducen con una dieta en la que se incluye la soya.<sup>3</sup>

## 8. LECHE DE VACA

En general, la leche está constituida por agua, grasas, proteínas, azúcares, vitaminas y minerales, además de otras sustancias que están presentes en menor concentración y que en conjunto forman un sistema fisicoquímico estable de más de 450 compuestos; esto se debe a que todos sus ingredientes se encuentran en equilibrio, estableciendo diversos estados de dispersión. Los sólidos totales (grasa y sólidos no grasos) representan del 11 al 15% de su composición y varían de acuerdo con muchos factores, tales como raza y edad de la vaca, tipo y frecuencia de la alimentación, estado de lactación, temperatura ambiente, enfermedades, época del año, hora del día de la ordeña, etcétera.<sup>3</sup>

Se observa que de todos los componentes, la grasa presenta la mayor variación (3.4-5.1%), ya que las proteínas (3.1-3.7%), la lactosa (4.4-4.7%) y las cenizas (0.71-0.75%) permanecen en un intervalo más cerrado. Existe una relación directa entre las concentraciones de algunos constituyentes y el contenido de grasa, de tal forma que se han desarrollado ecuaciones que las correlacionan. La proteína se encuentra generalmente por encima del 3% de los sólidos totales y es un componente fundamental en la nutrición y el buen desarrollo de las crías.<sup>3</sup>

### COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE VACA DE DIFERENTES RAZAS

<i>Raza</i>	<i>Agua</i>	<i>Grasa</i>	<i>Proteínas</i>	<i>Lactosa</i>	<i>Cenizas</i>
Holstein	88.1	3.4	3.1	4.6	0.71
Ayshire	87.3	3.9	3.4	4.4	0.73
Suiza café	87.3	3.9	3.3	4.6	0.72
Guernsey	86.3	4.5	3.6	4.7	0.75
Jersey	85.6	5.1	3.7	4.7	0.74

Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

### PROTEÍNAS LÁCTEAS

Las proteínas lácteas se agrupan en dos grandes conjuntos: las caseínas (80%) y las proteínas del suero o seroproteínas (20%). A pesar de que se encuentran entre las proteínas más estudiadas, la generación de información con nuevas metodologías ofrece cada día más detalles acerca de su composición y propiedades. Por otra parte, los avances tecnológicos que permiten la separación y purificación han permitido también generar nuevas aplicaciones y usos.<sup>3</sup>

La leche es un buen alimento debido a la alta calidad de sus proteínas, y para estudiar éstas últimas han sido divididas en dos grandes grupos, de acuerdo con su estado de dispersión: las caseínas, que representan 80% del total, y las proteínas del suero o seroproteínas, con el 20% restante. Cabe indicar que la relación de caseína/proteína de suero en la leche de vaca es aproximadamente 5.9, mientras que en la leche humana es 0.66; esta situación se debe considerar al desarrollar leches que imiten a la de la mujer para la alimentación infantil.

Cuando su determinación se hace por el método de Kjeldahl, también se incluye un 5% de nitrógeno no proteínico, proveniente de compuestos como aminoácidos, amoniaco, adenina, guanina, ácidos orótico, hipúrico y úrico, urea, creatina, creatinina y otros.<sup>3</sup>

Por su gran importancia nutricional y comercial, las propiedades físicas y químicas de ambos grupos de proteínas se han estudiado con detalle.

Debido a que las caseínas y las proteínas del suero están estabilizadas por diferentes mecanismos en el seno de la leche, es sencillo separarlas mediante la manipulación de parámetros como pH, temperatura y fuerza iónica, y con el uso de sustancias, como la urea. Un método para fraccionarlas consiste en la precipitación de las caseínas a pH 4.6 (que corresponde a su punto isoeléctrico), donde quedan como sobrenadante las proteínas del suero, que a su vez se recuperan por una precipitación térmica y con el uso de sales. Cada uno de estos grupos se separa en sus respectivos constituyentes mediante diversas técnicas de precipitación selectiva y de electroforesis, de tal manera que se obtienen todas las fracciones que se indican en el siguiente cuadro.<sup>3</sup>

	Total de proteínas (%)	Peso molecular	Número de aminoácidos	Punto isoeléctrico
<b>Caseínas</b>	80			
$\alpha_{s1}$	34	23,612	199	4.1
$\alpha_{s2}$	8	25,228	207	
$\beta$	25	23,980	209	4.5
$\kappa$	9	19,005	169	4.1
$\gamma$	4			5.8
<b>Proteínas del suero</b>	20			
$\beta$ -lactoglobulina	9	18,263	162	5.3
$\alpha$ -lactalbúmina	4	14,174	123	5.1
proteosa peptona	4	4,000-200,000		
inmunoglobulinas	2	150,000-1 × 10 <sup>6</sup>		4.5-8-3
seroalbúmina	1	69,000		4.7

Fuente:Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

### CASEÍNAS

Las caseínas (del latín *caseus*, queso) son por definición las fosfogluco proteínas que precipitan de la leche descremada a pH 4.6 y 20°C, es decir, son proteínas que contienen tanto residuos de hidratos de carbono como de fosfatos. Su contenido de nitrógeno es aproximadamente de 15.6%, excepto en el caso de la fracción k que es de 14.3%, ya que contiene una mayor cantidad de hidratos de carbono.

Existen cuatro fracciones principales que se diferencian por su movilidad electroforética:  $\alpha_s$ ,  $\beta$ ,  $\kappa$ , y  $\gamma$ . A su vez, la  $\alpha_s$  está constituida por cuatro componentes (los dos primeros son los principales)  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\alpha_{s3}$  y  $\alpha_{s4}$ .

Las caseínas tienen varias propiedades comunes:

1. Un alto contenido de ácidos glutámico y aspártico, cuyos carboxilos se encuentran ionizados al pH 6.7 de la leche

2. El aminoácido prolina, también abundante, está distribuido homogéneamente a lo largo de la estructura primaria de las caseínas

3. Presentan regiones fosforiladas que facilitan sus interacciones con calcio.

Todas las caseínas tienen secciones con una hidrofobicidad alta que proviene de los aminoácidos aromáticos y alifáticos, además de una carga neta negativa de los ácidos aspártico y glutámico; estos dos factores son los que determinan su estabilidad y, al mismo tiempo, su solubilidad. Una de las características de las caseínas es que no contienen cistina o cisteína.<sup>3</sup>

### PROTEÍNAS DEL SUERO

A diferencia de las caseínas, las proteínas del suero son compactas, globulares, con un peso molecular que varía entre 14,000 y 1, 000,000 de daltones, y son solubles en un intervalo de pH muy amplio (incluso a pH ácidos, siempre y cuando no se hayan desnaturizado por el calor). En estado natural no se asocian con las caseínas, pero en las leches tratadas térmicamente y homogeneizadas, hay una fracción que sí lo hace.

Las proteínas constan por lo menos de ocho fracciones diferentes, entre las cuales destacan la  $\beta$ - lactoglobulina, la  $\alpha$ -lactalbumina, las inmunoglobulinas, la albúmina bovina y las proteosomas peptonas.

En general son muy sensibles a las temperaturas altas y en menor grado al pH ácido (situación contraria a lo que sucede con las caseínas), debido a que están muy hidratadas y no tienen tanta carga eléctrica externa; son las primeras proteínas de la leche en desnaturizarse y su calentamiento libera grupos sulfhidrilo que reducen el potencial de oxidación-reducción, lo que llega a inhibir parcialmente las reacciones de oxidación. Contienen la mayoría de los aminoácidos y presentan un mejor balance de éstos que las propias caseínas, por lo que su valor nutritivo es superior.<sup>3</sup>

La  $\beta$ -lactoglobulina es la fracción proteínica que se ha estudiado con más detalle ya que ejerce una influencia decisiva en la estabilidad térmica de los productos lácteos. Suma aproximadamente 45% del total de las proteínas del suero y existe como dímero (pm 36,520) unido no covalentemente, en el pH normal de la leche; los cambios de pH provocan que se convierta en dos monómeros mediante una reacción reversible. Sus grupos disulfuro le imparten características de estructura terciaria, y el sulfhidrilo libre la hace muy reactiva; de hecho, es la fuente más importante de -SH de la leche.

La  $\beta$ -lactoglobulina no se encuentra en la leche materna y se considera como responsable de algunas reacciones alérgicas que se observan en infantes alimentados con leche de vaca.<sup>3</sup>

La  $\alpha$ -lactalbumina es, por orden de importancia, la segunda proteína del suero, y tiene actividad biológica, ya que es parte constitutiva del sistema enzimático requerido para la síntesis de la lactosa.

De hecho, las leches de algunos animales que no presentan esta proteína tampoco contienen lactosa. No tiene grupos sulfhidrilo libres, pero sí cuatro disulfuros provenientes de cistinas, lo que la hace tener 2.5 veces más azufre que las caseínas. Entre sus características se cuentan su bajo peso molecular, su alto contenido de triptófano y una

secuencia de aminoácidos bastante parecida a la lisozima del huevo. Tiene una estructura globular compacta con cuatro disulfuros y se desnaturaliza a 63°C, pero vuelve a su estado natural con el enfriamiento.<sup>3</sup>

Por su parte, las inmunoglobulinas suman el 10% de todas las proteínas del suero, provienen de la sangre del animal, constan de moléculas de glucoproteínas con un alto contenido de grupos azufrados y con una actividad biológica de anticuerpo. La cría (humano o becerro) obtiene cierta inmunidad a través del calostro que consume por su alto contenido de inmunoglobulinas (hasta 100 g/litro).

Se designan como IgM, IgA, IgG<sub>1</sub> e IgG<sub>2</sub>; la primera es un pentámero y la IgA es un dímero de la IgG. Son componentes importantes de la membrana del glóbulo de grasa y promotoras del cremado, además de que contribuyen a las propiedades antibacterianas naturales de la leche.<sup>3</sup>

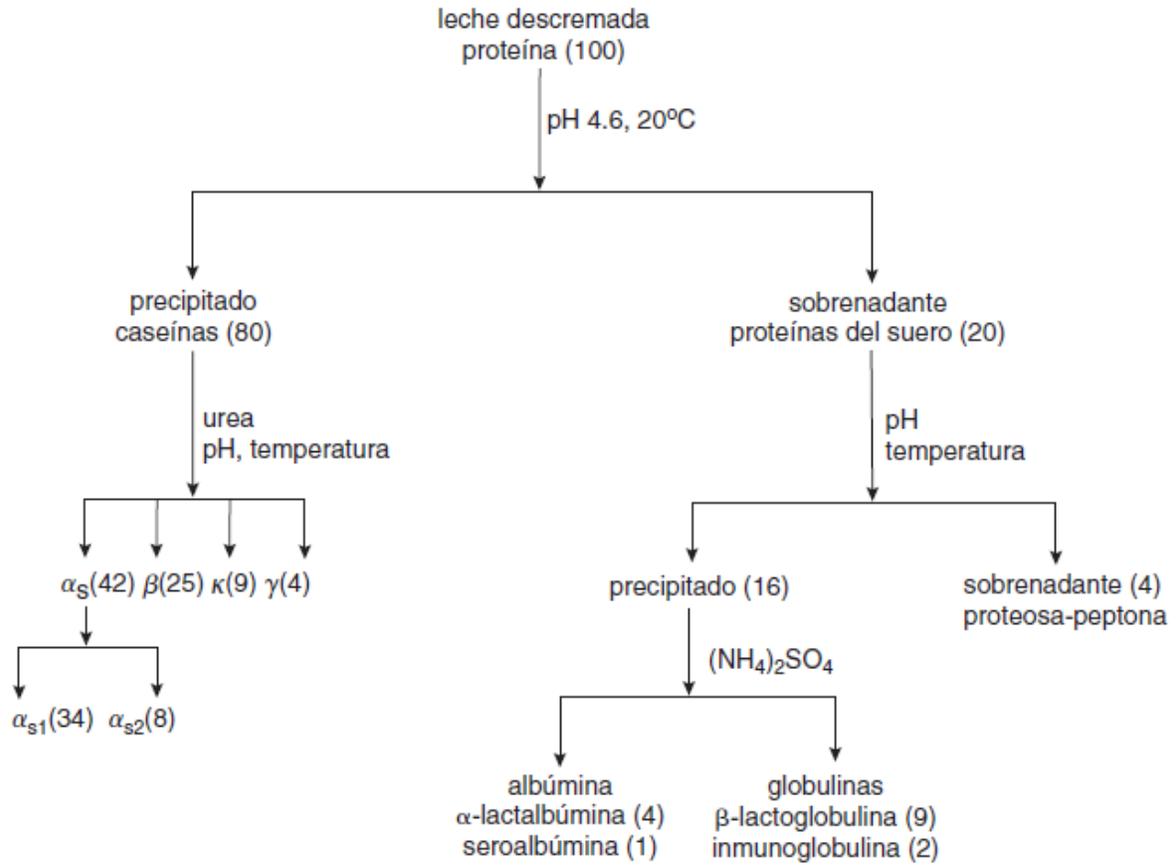
### Composición de las Leches de Vaca y Humana

	<i>Vaca</i>	<i>Humana</i>
Sólidos totales	12.65	12.7
Proteínas	3.25	1.5
caseínas	2.78	0.6
del suero	0.47	0.9
$\alpha$ -lactalbúmina	0.063	0.235
$\beta$ -lactoglobulina	0.251	—
inmunoglobulinas	0.051	0.152
seroalbúmina	0.040	0.083
lactoferrinas	0.038	0.235
lisozima	—	0.083
otras	0.027	0.108
Grasa	3.76	4.10
Hidratos de carbono	4.84	6.90
lactosa	4.70	6.71
Sales	0.80	0.20

Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

## ASPECTOS MÁS RELEVANTES DE LA CASEÍNAS Y DE LAS PROTEÍNAS DEL SUERO

Fraccionamiento de las proteínas de la leche; los números entre paréntesis representan el porcentaje del total de proteínas.



Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

## COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS DE LAS PROTEÍNAS DE LA LECHE

3

Aminoácidos	Caseínas				Proteínas del suero				
	$\alpha_{s1}$	$\beta$	$\kappa$	$\gamma$	$\beta$ -Lg	$\alpha$ -Lac	Albúmina	Inmuno-globulinas	Proteínas totales
Ácido aspártico	7.3	4.3	7.3	3.9	10.2	17.1	9.4	8.1	7.4
Treonina	2.1	4.0	8.0	3.9	4.5	5.0	4.9	8.9	4.7
Serina	6.0	5.8	6.0	4.7	3.4	4.3	3.5	9.5	6.0
Ác. glutámico	21.3	21.1	18.3	20.1	17.9	11.9	14.4	10.7	23.9
Prolina	7.0	13.8	10.2	15.6	4.3	1.4	4.1	8.4	11.3
Glicina	2.2	1.2	0.6	1.1	1.0	2.4	1.4	4.0	2.0
Alanina	2.7	1.5	5.2	1.7	5.5	1.5	5.0	3.8	3.5
Cisteína	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	5.5	2.7	1.8
Cistina (1/2)	0.0	0.0	1.1	0.0	2.3	5.8	0.0	0.0	0.0
Valina	4.6	7.8	5.7	8.2	5.5	4.2	5.0	8.1	7.0
Metionina	2.8	3.3	1.4	3.8	2.9	0.9	0.7	0.8	2.5
Isoleucina	5.3	4.7	7.1	3.9	6.3	6.4	2.2	2.6	6.5
Leucina	8.1	10.4	4.8	10.5	13.8	10.4	10.6	8.3	10.0
Tirosina	7.0	2.7	7.7	3.2	3.6	4.6	4.6	6.0	5.2
Fenilalanina	5.0	5.5	3.1	6.4	3.3	4.2	5.9	3.5	4.9
Triptofano	1.6	0.8	1.0	1.0	2.1	5.3	0.5	2.4	1.4
Lisina	7.6	5.9	6.1	6.2	10.7	10.9	11.2	6.0	7.9
Histidina	2.9	3.4	2.2	4.0	1.5	2.9	3.3	1.8	2.7
Arginina	4.0	2.6	4.1	1.5	2.6	1.1	5.3	3.7	3.7

Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

### LÍPIDOS LÁCTEOS

Esta fracción está representada por un gran número de sustancias solubles en disolventes orgánicos, aun cuando el 96 a 98% corresponde al grupo de los triacilglicéridos. Por esta razón, sus propiedades físicas y químicas son un reflejo de los ácidos grasos que contiene. Los otros lípidos que se encuentran en menor concentración desempeñan funciones importantes; los lípidos que destacan son los diacilglicéridos, monoacilglicéridos, fosfolípidos, ácidos grasos libres, esteroides y sus ésteres y algunos hidrocarburos.<sup>3</sup>

### LÍPIDOS DE LA LECHE DE VACA

	Porcentaje del total de lípidos	Concentración (g/L)
Triacilglicéridos	96-98	31.0
Diacilglicéridos	2.10	0.72
Monoacilglicéridos	0.08	0.03
Fosfolípidos	1.10	0.35
Ácidos grasos libres	0.20	0.08
Colesterol	0.45	0.15
Hidrocarburos	rastros	rastros
Ésteres de esteroides	rastros	rastros

Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

Los triacilglicéridos se encuentran como pequeñas partículas llamadas glóbulos que en la leche cruda tienen un tamaño de 2-8  $\mu\text{m}$  con una membrana constituida por diversos lípidos, proteínas y algunas sales. Presentan una enorme diversidad de ácidos grasos, ya que mientras en la mayoría de los aceites usados en los alimentos (soya, cártamo, manteca de cerdo, etcétera) sólo se encuentran 8-10 de ellos, en la grasa láctea se han identificado más de 400, lo que la hace la fracción lipídica más compleja conocida hasta ahora. Contienen ácidos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados, de cadenas corta, mediana y larga, con un número non de átomos de carbono, hidroxilados, ramificados, cíclicos, isómeros geométricos *trans* y posicionales *iso*, etcétera; sin embargo, cerca de 96% del total lo forman un grupo de 14 ácidos, resaltando el mirístico, palmítico y oleico (ver cuadro pag. 87). Esta gama tan amplia de ácidos se debe a la dieta, a la muy intensa actividad de la microflora del rumen y a la síntesis celular; si en la dieta se incluyen productos con un alto contenido de insaturados protegidos por una proteína, la leche también los contendrá; los de menos de diez átomos de carbono son sintetizados por la microflora del rumen en una fermentación anaeróbica a partir de polisacáridos como la celulosa.<sup>3</sup>

La relación de saturados a insaturados y los ácidos de cadena corta determinan el estado físico de la grasa, al igual que su susceptibilidad a las reacciones químicas que afectan el sabor de la leche y de los productos lácteos; su sensibilidad a la oxidación aumenta directamente con el contenido de insaturados.

Por la gran diversidad de ácidos grasos que contiene se puede deducir que si su distribución fuera al azar, el número de posibles combinaciones en los triacilglicéridos sería de varios millones; en general, lo que sucede es que hay un cierto orden en la localización de los ácidos en la molécula de glicerol: el butírico, caproico y caprílico se ubican preferentemente en la posición 3, mientras que el linolénico en la 2 y el esteárico en la 1. Esta distribución determina las propiedades físicas de la grasa láctea, como su punto de fusión de 37°C y su patrón de cristalización.

La peculiaridad de la grasa de la leche, también llamada grasa butírica, es su elevado contenido de ácidos grasos de cadena corta, en especial de ácido butírico que prácticamente sólo se encuentra en este alimento. Debido a que ésta es muy cotizada para la fabricación de la mantequilla, en ocasiones, por centrifugación, se extrae parcialmente de la leche cruda y se sustituye con grasa de coco o con algún aceite parcialmente hidrogenado; la adulteración puede ser identificada, ya que la relación de concentraciones de los ácidos butírico y cáprico es única para la leche y su determinación se efectúa por cromatografía de gases.<sup>3</sup>

## Ácidos grasos más comunes en la grasa de la leche de vaca

Ácidos grasos	% en peso
<b>Saturados</b>	
Butírico 4:0	3.6
Caproico 6:0	2.5
Caprílico 8:0	1.5
Cáprico 10:0	3.6
Láurico 12:0	4.8
Mirístico 14:0	12.4
Pentadecanoico 15:0	1.4
Palmítico 16:0	35.7
Esteárico 18:0	9.1
<b>Monoinsaturados</b>	
Miristoleico 14:1	1.3
Palmitoleico 16:1	2.5
Oleico 18:1	15.2
<b>Poliinsaturados</b>	
Linoleico 18:2	2.1
Linolénico 18:3	0.7
<b>Ramificados, hidroxilados y otros</b>	3.6

Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

### FOSFOLÍPIDOS LÁCTEOS

Representan aproximadamente el 1% del total de los lípidos de la leche, el cual corresponde a una concentración promedio de 0.35 g/l y está constituido principalmente por lecitina (34%), cefalina (28%) y esfingomiélna (30%), además de fosfatidilinositol y fosfatidilserina. En general, sus ácidos grasos presentan una cadena mayor a 14<sup>o</sup>C y son constantes, ya que no varían tanto como los de los triacilglicéridos; los saturados más importantes son el palmítico y el esteárico, y los insaturados, el oleico y el linoleico. A pesar de su baja concentración, los fosfolípidos desempeñan un papel muy relevante pues cumplen varias funciones biológicas y, además, afectan la estabilidad de la leche; actúan como emulsionantes naturales de los glóbulos de grasa y los estabilizan, y por ser ricos en ácidos insaturados, se oxidan fácilmente. Cuando la leche no se homogeneiza, la oxidación se inicia precisamente en los fosfolípidos de la membrana del glóbulo.<sup>3</sup>

### OTROS LÍPIDOS DE LA LECHE

La grasa láctea además contiene pequeñas cantidades de otros lípidos como el colesterol (150 mg/l) y, en menor grado, el lanosterol; también se ha encontrado el dihidrolanosterol y el β-sitosterol (esterol fundamentalmente del reino vegetal). Se ha identificado a más de 30 hidrocarburos, entre ellos carotenoides y escualeno, al igual que cetoácidos, cerebrósidos, gangliósidos, plasmalógenos y otros.

Debido a que el colesterol se localiza en la membrana, su concentración se relaciona con el contenido de grasa.<sup>3</sup>

### **LACTOSA**

La lactosa sólo se encuentra en las leches, representando su principal hidrato de carbono y considerado por algunos autores como el único; sin embargo, también se ha identificado a pequeñas cantidades de glucosa (6 mg/100 ml), galactosa (2 mg/100 ml), sacarosa, cerebrosidos y aminoazúcares derivados de la hexosamina. A pesar de que estos últimos están en concentraciones muy bajas, llegan a ejercer una influencia en la estabilidad de la leche, sobre todo cuando se somete a tratamientos térmicos intensos.<sup>3</sup>

### **VITAMINAS**

La leche fresca, recién ordeñada, contiene la mayoría de las vitaminas, aun cuando algunas de ellas están en concentraciones muy bajas, insuficientes para satisfacer las necesidades diarias del hombre (ver cuadro pag. 89); los diversos tratamientos a los que se le somete inducen fuertes pérdidas de las más termosensibles, principalmente las hidrosolubles.

Las vitaminas liposolubles A, D, E y K se encuentran interaccionando con los glóbulos de grasa, principalmente en la membrana; la primera se presenta en mucho mayor proporción que las otras tres. Su contenido en la leche depende de la dieta de la vaca.

Por su parte, en el suero se localizan las hidrosolubles, tales como riboflavina, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, C, biotina, niacina, tiamina, folatos y ácido pantoténico; sus concentraciones no dependen tanto de la dieta de la vaca y permanecen más o menos constantes. A pesar de que la niacina se encuentra en baja concentración, la leche es una buena fuente de esta vitamina por su alto contenido de triptófano, precursor de ésta en el cuerpo humano. La microflora intestinal de la vaca sintetiza varias vitaminas del grupo B y la K, y una alta proporción se absorbe a través de la pared intestinal y luego se incorpora a la leche.

Cabe indicar que la leche es un buen alimento que se presta para ser enriquecido con vitamina D, práctica que es común en muchos países nórdicos que cuentan con pocos días soleados al año. La vitamina C y la riboflavina son fotosensibles, y las altas temperaturas las dañan tanto a ellas como a la tiamina, mientras que el oxígeno afecta al ácido fólico. La vitamina A, y en menor grado la B<sub>6</sub>, son sensibles a la luz fluorescente. Los daños ocasionados por los efectos de la luz se han minimizado al reemplazar el vidrio por empaques de cartón. En la leche descremada se añaden vitaminas A, D y E, ya que se pierden al quitar la grasa. Las hidrosolubles se van con el suero en la fabricación de quesos.<sup>3</sup>

La leche contiene varias sales, de las que destacan los citratos, cloruros, bicarbonatos y fosfatos de calcio, magnesio, sodio y potasio, los cuales se encuentran en solución o formando parte del sistema coloidal de las caseínas. Aproximadamente el 50% del fósforo total está esterificado a las fosfoserinas de las caseínas, y la mayoría de los elementos químicos están presentes en forma iónica en el suero, aunque parte del calcio se asocia

con las proteínas. A pesar de que el alto contenido de calcio de la leche (120 mg/100g, aproximadamente) es superior a la concentración de saturación de una solución acuosa, está estabilizado, ya que el 70% se encuentra en forma coloidal, unido a las caseínas mediante el fosfato correspondiente y el resto se localiza solubilizado en el suero. La relación de concentraciones de Ca:P es la adecuada para que exista una buena absorción y aprovechamiento de ambos elementos en el organismo humano<sup>3</sup>

#### COMPOSICIÓN VITAMÍNICA DE LA LECHE POR 100 GRAMOS

	<i>Cruda</i>	<i>Pasteurizada<sup>b</sup></i>	<i>UHT<sup>c</sup></i>	<i>Concentrada<sup>a</sup></i>	<i>En polvo</i>
Vitamina A, RE <sup>d</sup>	35	35	35	88	270
Vitamina D, UI	3	3	3	5	18
Vitamina E, $\mu\text{g}$	80	80	80	200	700
Tiamina, $\mu\text{g}$	45	40	40	67	310
Riboflavina, $\mu\text{g}$	150	150	150	375	1,150
Ácido Pantoténico, $\mu\text{g}$	350	350	350	875	2,700
Niacina, $\mu\text{g}$	85	85	85	215	600
Biotina, $\mu\text{g}$	1.5	1.5	1.5	3.4	10
Vitamina B <sub>6</sub> , $\mu\text{g}$	40	36	36	80	265
Vitamina B <sub>12</sub> , $\mu\text{g}$	0.30	0.25	0.24	0.10	1.6
Vitamina C, $\mu\text{g}$	2,000	1,700	1,700	2,000	13,000

<sup>a</sup> Nivel de concentración  $\times 2.5$ .

<sup>b</sup> 72°C/15 segundos.

<sup>c</sup> 130-140°C, menos de un segundo.

<sup>d</sup> Equivalente de retinol: 1  $\mu\text{g}$  retinol o 6  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno.

**Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>**

#### PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LECHE

La leche, al igual que todos sus derivados, presenta propiedades particulares que son reflejo de su composición y de las interacciones entre sus constituyentes. Las características físicas, como peso específico, tensión superficial, calor específico, temperatura de congelamiento, etcétera, se toman en cuenta para diseñar procesos como pasteurización, esterilización, homogeneización y transporte a los que se somete la leche; dado que estas propiedades son semejantes entre los productos lácteos, se han establecido modelos matemáticos para su estudio y predicción.

El color blanco se debe fundamentalmente a una completa dispersión del espectro visible provocada por los glóbulos de grasa, pero también por las miscelas de caseína y el fosfato de calcio coloidal. Mientras más pequeñas son estas partículas mayor es el área de dispersión de la luz, y en consecuencia, el producto se ve más blanco; por el contrario, cuando las partículas sólidas se asocian y forman agregados, como en la crema, se reduce la dispersión, lo que causa una tonalidad ligeramente azul.

La homogeneización rompe los glóbulos grandes y produce un gran número de glóbulos pequeños que provocan la blancura de la leche, tan apreciada por el consumidor. Cabe indicar que los carotenoides y la riboflavina tienen algo de influencia sobre el color, ya que los primeros le confieren tonalidades amarillas, y verdes la segunda.<sup>3</sup>

A pesar de contener de un 12 a un 14% de sólidos, la leche se comporta prácticamente como un fluido newtoniano (por ejemplo, el agua), ya que tiene una viscosidad de 2 centipoises. Tanto las miscelas como los glóbulos de grasa son los principales responsables de la viscosidad de los productos lácteos, por lo que la leche descremada y el suero son fluidos con 1.2 a 1.5 centipoises, semejante aún más al agua, quien tiene un centipoise. La acidez titulable normal se debe a la presencia de los grupos ionizables de las proteínas, como son los carboxilos de los ácidos aspártico y glutámico. El pH es de 6.5 a 6.7 y cualquier cambio en este valor indica una alteración del producto: por ejemplo, los pH menores se deben a una acidificación microbiana y los mayores a una posible infección de la vaca, como la mastitis.<sup>3</sup>

### LECHE EN POLVO

Tanto la entera como la descremada se obtienen mediante secado por aspersion, después de eliminar parcialmente el agua por evaporación; el producto resultante forma grumos difíciles de desbaratar y se vuelve poco soluble por efecto de los diversos daños térmicos en las proteínas y la lactosa (p.ej. desnaturalización, reacción de Maillard, etcétera). Para remediar la falta de solubilidad, se procede a la aglomeración del producto seco, aplicando vapor, con lo cual se producen partículas más porosas que fácilmente se hidratan; en esta operación, la lactosa, que se encuentra en estado amorfo, se humidifica y recristaliza en formas más solubles. Su estabilidad a la oxidación disminuye por la eliminación de agua (- 5%), por lo que algunas legislaciones permiten el uso de antioxidantes; para evitar su deterioro se recomienda mantenerla a temperaturas moderadas y protegida de la luz solar.<sup>3</sup>

### COMPOSICIÓN DE LOS PRODUCTOS LÁCTEOS CONCENTRADOS

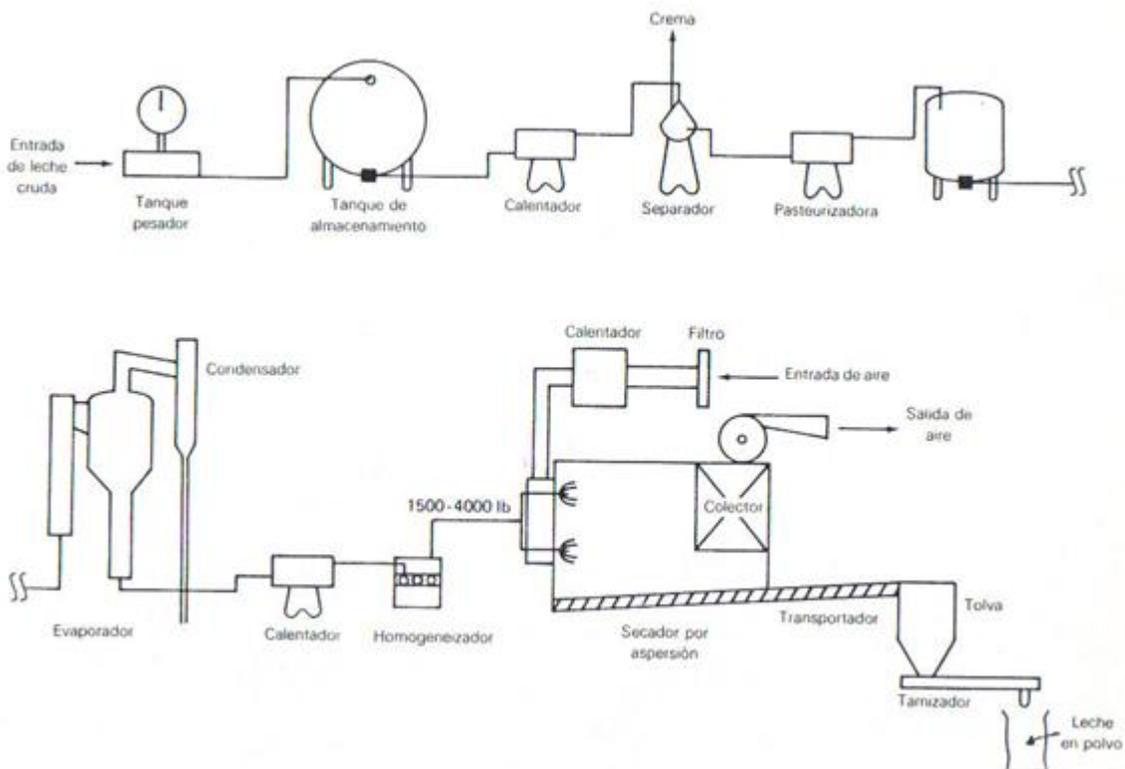
<i>Producto</i>	<i>Agua</i>	<i>Proteínas</i>	<i>Grasa</i>	<i>Hidratos de carbono</i>	<i>Cenizas</i>
Leche evaporada	73.8	7.0	7.9	9.7	1.6
Leche condensada	27.1	8.1	8.7	54.3	1.8
Leche en polvo	3.0	24.6	26.5	38.8	7.1
Leche en polvo descremada	3.0	35.8	1.0	52.3	7.9

Fuente: Salvador Badui Dergal<sup>3</sup>

## PROCESAMIENTO DE LA LECHE EN POLVO

La leche líquida sigue por lo general el siguiente proceso antes de ser secada:

- A. Recepción de leche líquida de buena calidad en la planta de procesamiento.
- B. Separación de la leche líquida si se va a producir leche en polvo desengrasada y procesamiento de la crema resultante para la elaboración de mantequilla. Para fabricar leche entera en polvo se omite la separación, pero con frecuencia se sustituye por clarificación.
- C. Pasteurización con proceso de alta temperatura y tiempo corto se calienta la leche a 71° C durante 15 segundos.
- D. Dependiendo del uso final del producto de leche en polvo, en especial leche en polvo desengrasada, se utiliza un tratamiento térmico adicional para obtener productos donde el contenido de nitrógeno de las proteínas del suero no esté desnaturalizado.
- E. La condensación de la leche en un evaporador al vacío. Como la humedad se elimina en forma más eficiente por este proceso que por medio de aire caliente dentro del secador, el contenido total de sólidos en la leche condensada aumenta al menos a 40%.<sup>7</sup>



Fuente: Dr. R. Solís. Presentación Ciencia de los Alimentos. Universidad Galileo.<sup>7</sup>

## 9. OPERACIONES UNITARIAS EN LA INDUSTRIA DE LAS HARINAS

### REDUCCION DE TAMAÑOS

Las materias primas se presentan a veces en tamaños muy grandes para su uso, por lo que es preciso reducirlo. Esta operación se puede dividir en dos grandes categorías, en función de que la sustancia sea sólida o líquida. Si la sustancia es un sólido la operación se llama trituración y corte, y si la sustancia es un líquido se denomina emulsificación o atomización. Todos estos procesos dependen de la reacción a las fuerzas de cizalla dentro de los sólidos y líquidos.<sup>2</sup>

### TRITURACIÓN Y CORTE

La trituración y el corte reducen el tamaño de las sustancias sólidas por acción mecánica, dividiéndolas en partículas más pequeñas. Quizás la aplicación más extensa de la trituración en la industria de los alimentos sea la conversión de granos de trigo en harina, usándose también en la trituración del maíz para producir almidón de maíz, en la trituración del azúcar y en la elaboración de productos secos, como las legumbres (leguminosas). El corte se utiliza para transformar grandes pedazos de productos alimenticios en otros de tamaño adecuado para un tratamiento ulterior, como es el caso de la preparación de la carne para su venta al por menor, la preparación de carnes enlatadas y las hortalizas.<sup>2</sup>

En el proceso de trituración las sustancias se reducen de tamaño fracturándolas. El mecanismo de la fractura no se conoce bien, aunque se puede decir que durante el proceso, la sustancia es sometida a tensiones por la acción mecánica de la máquina trituradora, que en principio son absorbidas internamente por la sustancia en forma de energía de deformación; cuando las energías locales de deformación exceden un valor crítico, que depende de la sustancia, tiene lugar la fractura a lo largo de las líneas débiles y la energía almacenada se disipa. Parte de esa energía se utiliza para formar una nueva superficie, aunque la mayor parte se disipa en forma de calor. El tiempo también influye en el proceso de fractura, resultando que la sustancia se fractura a una tensión menor si se pueden mantener estas tensiones por períodos de tiempo más largos. La trituración se consigue, por tanto, por tensiones mecánicas seguidas de fractura, y la energía necesaria depende de la dureza de la sustancia y también de la tendencia del material a cuartearse, es decir, de su friabilidad.<sup>2</sup>

La fuerza aplicada puede ser de compresión, de impacto o de cizalla, y tanto la magnitud de la fuerza como el tiempo de aplicación influyen en la cantidad de trituración alcanzada. Para que la trituración sea eficaz, la energía aplicada a la sustancia debe exceder a la

energía mínima para romperla en un margen tan pequeño como sea posible. Cualquier exceso de energía se pierde en forma de calor, por lo que esta pérdida debe ser lo más pequeña posible. Los factores importantes a estudiar en el proceso de trituración son la cantidad de energía utilizada y la nueva superficie formada durante la trituración.<sup>2</sup>

### ENERGÍA UTILIZADA DURANTE LA TRITURACIÓN

La trituración es un proceso muy ineficaz por lo que es importante que la energía utilizada en el proceso se aproveche al máximo. Desgraciadamente no es fácil calcular la energía mínima necesaria para un proceso de reducción dado; sin embargo, se han propuesto algunas teorías útiles a este fin. Estas teorías parten de la suposición básica de que la energía necesaria para producir un cambio  $dL$  en una partícula de dimensión característica  $L$  es una potencia de  $L$ .

$$dE/dL = KL^n \quad (1)$$

en la que  $dE$  es la energía necesaria,  $dL$  es el cambio en una dimensión típica,  $L$  es la magnitud de una dimensión longitudinal típica y  $K$  y  $n$  son constantes. La ecuación (1) es una ecuación general que da la potencia requerida para la reducción de tamaños y a partir de ella se derivan la ley de Kick, la ley de Rittinger y la ecuación de Bond<sup>2</sup>

**La ley de Kick**, supone que la energía necesaria para reducir el tamaño de una sustancia es directamente proporcional a la relación de reducción de tamaño  $dL/L$ . Esto implica que  $n$  en la ecuación 1 es igual a **-1**. La ley de Kick presupone que la energía necesaria para triturar una sustancia, por ejemplo de 10 cm a 5 cm, es la misma que la energía necesaria para triturar una sustancia desde 5 mm a 2.5 mm.<sup>2</sup>

**La ley de Rittinger**, supone que la energía necesaria para la reducción de tamaño es directamente proporcional no al cambio en una dimensión longitudinal, sino al cambio en el área superficial. Esto conduce a un valor de **-2** para  $n$  en la ecuación 1, ya que el área es proporcional al cuadrado de la longitud. La ley de Rittinger postula que la energía requerida para reducir la masa de partículas desde 10 cm a 5 cm será la misma que se necesita para reducir la misma masa desde 5 mm a 4.7 mm. Esta es una reducción mucho más pequeña para esa cantidad de energía por unidad de masa que la predicha por la ley de Kick.<sup>2</sup>

Se ha observado experimentalmente que la ley de Kick es una aproximación razonable para la trituración de partículas groseras, en las que el aumento de área superficial por unidad de masa es relativamente pequeño. Por otra parte, la ley de Rittinger encaja mejor con los datos experimentales en la reducción de tamaño de polvos finos.<sup>2</sup>

Además, está la **ecuación de Bond** donde L se mide en micras y  $E_i$  es la cantidad de energía necesaria para reducir la unidad de masa de la sustancia desde una partícula de tamaño infinitamente grande hasta un tamaño de  $100 \mu^2$

Estas ecuaciones se utilizan principalmente para comparar **la potencia** requerida para conseguir grados de reducción diferentes.<sup>2</sup>

### **NUEVA SUPERFICIE FORMADA DURANTE LA TRITURACIÓN**

Cuando se tritura una partícula uniforme, después de la primera trituración el tamaño de las partículas resultantes varía mucho, encontrándose partículas gruesas y finas e incluso polvo; a medida que continúa la trituración, las partículas mayores reducen aún más su tamaño, pero habrá menos cambio en el tamaño de las partículas finas. Por ejemplo, el trigo, después de la primera trituración da una variación de tamaños bastante amplia de tamaños de partículas en la harina gruesa, pero cuando continúa la trituración la fracción predominante resulta ser la que pasa el tamiz de  $250 \mu$  de luz de malla y es retenida por el tamiz de  $125 \mu$ . Esta fracción tiende a crecer cualquiera sea el tiempo que dure la trituración, siempre que se emplee el mismo tipo de maquinaria, rodillos en este caso.<sup>2</sup>

El área superficial de una sustancia constituida por partículas finas es muy grande y puede ser importante. La mayoría de reacciones están relacionadas con la superficie disponible, por lo que la superficie específica tiene una influencia considerable en las propiedades de la sustancia. Por ejemplo, el trigo en forma de grano es relativamente estable siempre que se mantenga seco, pero si se pulveriza hasta harina fina puede explotar y arder, propiedad bien conocida en las instalaciones de molienda.<sup>2</sup>

A la superficie por unidad de masa se le denomina superficie específica. Para calcular la superficie de una masa conocida de sustancia es necesario conocer la distribución de tamaños de las partículas y también su factor de forma. El tamaño de partícula es una dimensión denominada dimensión típica  $D_p$  de la partícula, que se puede relacionar con la superficie. Para calcular el área superficial de una partícula se puede usar la siguiente ecuación

$$A_t = 6\lambda w / \rho_p D_p \quad (2)$$

Donde  $A_t$  es el área total de la masa de partículas,  $\lambda$  es una constante (1.75) y es el factor de forma de las partículas,  $w$  es el porcentaje de la masa que pasa a través del tamiz,  $\rho_p$  es la densidad de la partícula y  $D_p$  es la dimensión típica de la partícula. La ecuación (2) se puede combinar con los resultados obtenidos a partir del análisis con tamices para calcular la superficie total de un polvo.<sup>2</sup>

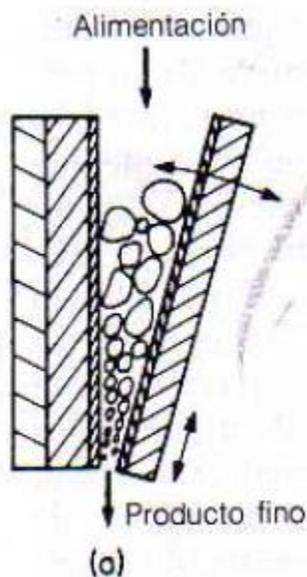
## APARATOS UTILIZADOS EN LA TRITURACIÓN

Los equipos utilizados en la tritución se pueden dividir en dos clases: quebrantadoras o machacadoras y pulverizadores; en las quebrantadoras la tritución se realiza por compresión, mientras que en las pulverizadoras se trata de una acción combinada entre las fuerzas de cizalla e impacto con las fuerzas de compresión.<sup>2</sup>

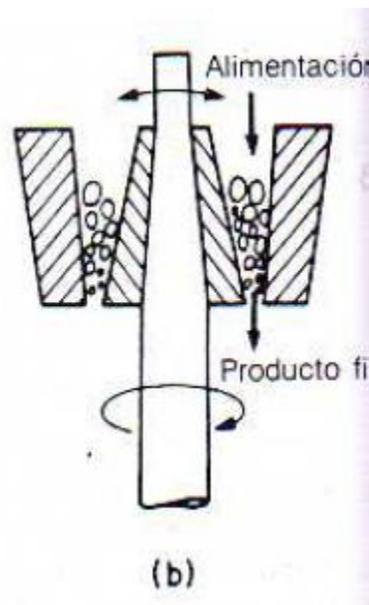
### QUEBRANTADORAS O MACHACADORAS

Las machacadoras de mandíbula y giratorias son aparatos pesados que no se utilizan con mucha frecuencia en la industria alimenticia. En una quebrantadora de mandíbulas se añade la sustancia en medio de dos grandes mandíbulas, una fija y otra con movimiento de avance y retroceso, de modo que la sustancia se mueve cada vez a una posición cada vez más baja, siendo triturada a medida que desciende. La quebrantadora giratoria consiste en una carcasa en forma de cono truncado, dentro del cual gira excéntricamente un vástago de tritución con forma de cono invertido para que la sustancia a triturar sea atrapada entre el cono exterior y el interior, forzándola a dirigirse a un espacio cada vez menor a medida que avanza la tritución.<sup>2</sup>

Machacadoras: a) de mandíbulas



b) giratorias



Fuente: R.L. Earle<sup>2</sup>

La tritadora de rodillos consiste en dos rodillos pesados montados en paralelo y muy próximos entre sí, que giran en la misma dirección, con lo que el material es atrapado triturándose a medida que pasa por la abertura. En algunos casos los rodillos giran a la misma velocidad. En otros pueden girar con velocidades diferentes o bien uno de ellos

puede estar inmóvil. Su principal aplicación se encuentra en la industria de azúcar de caña, donde se tritura la caña al pasar por etapas sucesivas de rodillos.<sup>2</sup>

## **PULVERIZADORES**

### **MOLINOS DE MARTILLOS**

Los molinos de martillos están constituidos por un martillo oscilante unido a un rotor que se mueve a gran velocidad dentro de una carcasa fuerte. La sustancia es triturada y pulverizada entre los martillos y la carcasa y permanece en el molino hasta que es lo suficientemente fina para pasar a través del tamiz que forma el fondo de la carcasa. En los molinos de martillos se pueden manejar tanto sustancias quebradizas como fibrosas, aunque para estas últimas se utilizan secciones agudas que proporcionan una acción de corte.<sup>2</sup>

### **MOLINOS DE BARRAS**

Existen distintas formas de molinos en los que la sustancia se cizalla entre un elemento percutor fijo y una carcasa móvil, cuya separación con frecuencia es muy pequeña. Un molino de este tipo es el molino de barras en el que tanto la placa estática como la móvil tienen barras en su superficie entre las que se tritura el material.<sup>2</sup>

### **MOLINOS DE PLACAS**

En los molinos de placas la sustancia se coloca entre dos placas circulares, una fija y la otra giratoria. La alimentación entra cerca del eje de rotación y es cizallada y triturada a medida que se mueve hacia el exterior. Las placas se pueden montar horizontalmente como en la tradicional piedra de Buhr para la molienda de maíz, aunque también se pueden montar verticalmente. La mejora de los molinos de placas ha conducido al molino coloidal, que utiliza separaciones entre placas muy pequeñas y velocidades muy grandes, con lo que da lugar a partículas de dimensiones coloidales.<sup>2</sup>

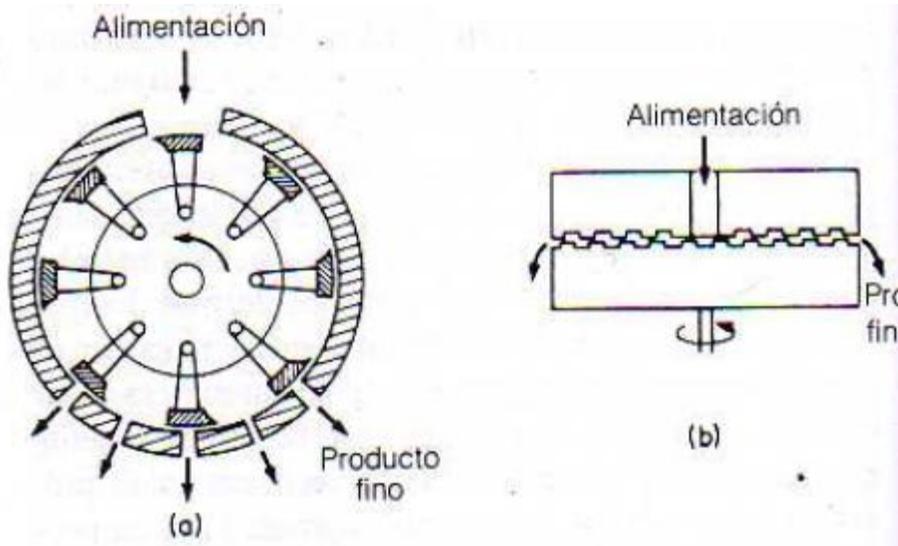
### **MOLINOS DE RODILLOS**

Los molinos de rodillos son similares a las trituradoras de rodillos, sólo que están formadas por rodillos pulidos que giran a velocidades diferentes. Se utilizan extensamente para producir harina. Debido a su forma sencilla se puede regular el tamaño máximo de partícula que puede pasar entre los rodillos. Si se conoce el coeficiente de fricción entre

los rodillos y la sustancia a triturar se puede calcular el tamaño de partícula más grande que puede ser atrapada entre los rodillos.<sup>2</sup>

**Pulverizadores: a) molino de martillos**

**b) molino de placas**



Fuente: R.L. Earle<sup>2</sup>

### OTROS APARATOS DE PULVERIZACIÓN

El número de aparatos de molienda es muy grande. Entre ellos se incluye el molino de bolas, en los que la sustancia se sitúa en un cilindro horizontal o en cono y gira junto con un gran número de bolas de acero, cantos rodados o piedras artificiales que rompen y trituran la sustancia. La aplicación de los molinos de bola en la industria de alimentos es limitada, aunque se utiliza en la pulverización de sustancias colorantes para alimentos. Los molinos de aristas giratorias, que básicamente están constituidos por una rueda ancha y pesada que gira a lo largo de un canal circular, se utilizan para pulverizar chocolate y productos semejantes. Tradicionalmente se utilizan muchos tipos de equipos de molienda en numerosas industrias, que con frecuencia proporcionan una acción característica adecuada para cada producto.<sup>2</sup>

### CORTADORAS

Las máquinas de cortar, en general, son sencillas y consisten en cuchillas giratorias montadas de distintas formas. Uno de los problemas más importantes es conservar las cuchillas afiladas de forma que corten en lugar de rasgar. Un ejemplo, es la cortadora giratoria de cuchillas, en la que un plano que contiene el material gira por debajo de una cuchilla vertical giratoria.<sup>2</sup>

## **10. OPERACIONES UNITARIAS EN LA INDUSTRIA DE LA LECHE**

Las industrias lácteas tienen como materia prima la leche entera procedente de la vaca. La leche contiene proteínas, carbohidratos, grasa, minerales y agua. El derivado más simple de la leche es la propia leche, pero incluso en este caso es necesario enfriarla, y someterla a tratamientos térmicos, como la pasteurización para higienizarla y también frecuentemente se homogeniza o se elimina la grasa, ya que a veces el consumidor así lo exige. Otros productos lácteos importantes son la crema, la mantequilla, el queso, la caseína, y la leche evaporada. La ingeniería de procesos es muy importante en la producción eficiente de estos productos, especialmente en las fábricas que procesan cientos, incluso miles de metros cúbicos de leche por día. Para el tratamiento de la leche se utiliza un número muy grande de operaciones básicas.<sup>2</sup>

### **BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA**

Las materias primas que entran en una planta de procesamiento de leche salen de ella como productos o como desechos. Debido a que los desechos no tienen valor, o incluso pueden tener un valor negativo ya que deben ser procesados para satisfacer las exigencias medio ambientales de la comunidad, es importante minimizarlos y tenerlos en cuenta realizando balances de materia. Los balances de materia de las aguas de desecho son una herramienta válida en la industria láctea. Se pueden hacer otros balances correspondientes a los productos deseados, como la grasa de la leche, puesto que pueden indicar la necesidad de una mayor economía o de una tecnología de recuperación. La energía es uno de los principales conceptos en el coste de operaciones como la de secado, de tal forma que en muchas industrias lecheras se utilizan sistemas de recuperación de calor del producto, compresión del vapor y sistemas de recuperación de la energía en forma de electricidad o de fuerza mecánica.<sup>2</sup>

### **FLUJO DE FLUIDOS**

Como las materias primas y muchos de los productos resultantes de la leche son fluidos, en cada fábrica se aplica la teoría del flujo de fluidos cuando la leche se bombea de un proceso a otro. Algunos productos tienen unas características reológicas complejas, por lo que es importante considerar las propiedades de los fluidos no newtonianos.<sup>2</sup>

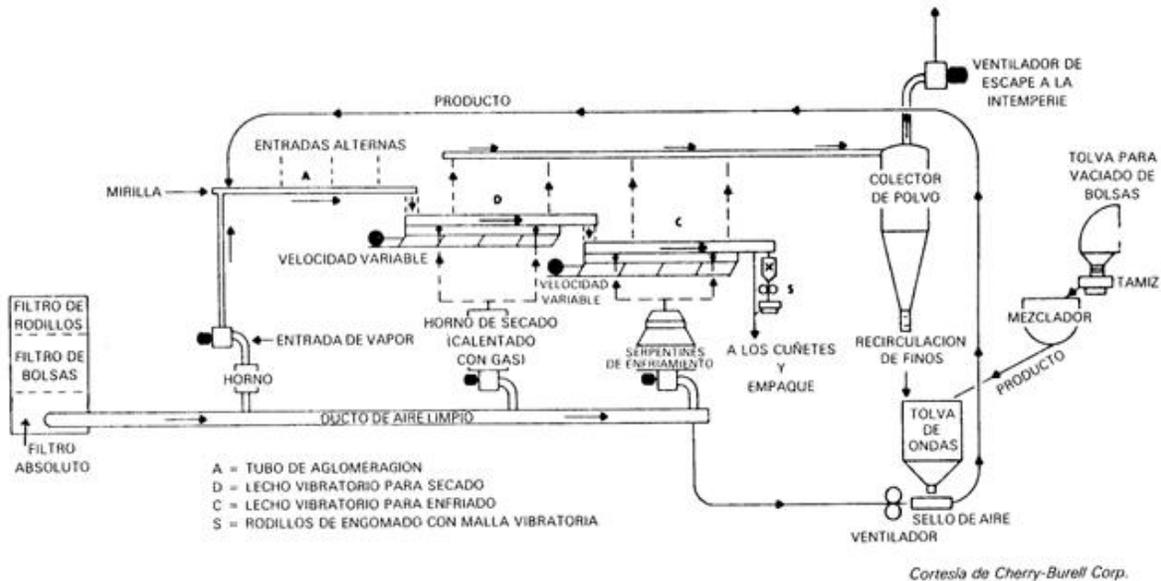
## **TRANSFERENCIA DE CALOR**

La transferencia de calor tiene gran importancia en el procesado inicial de la leche, ya que minimiza su deterioro y destruye los organismos patógenos que pueda contener. La mayor parte de la leche se pasteuriza, aunque a veces se somete a temperaturas más altas para obtener leche estéril, ya que así se conserva durante mucho más tiempo. El calentamiento y el enfriamiento son pues, operaciones incluidas en el procesamiento de la leche, y para ello se utilizan extensamente, intercambiadores de calor de placas y de superficie barrida, así como de carcasa y de tubo en los evaporadores. El calentamiento se utiliza en algunas de las etapas de extracción de agua, para obtener productos secos como la leche en polvo, caseína, lactalbumina y lactosa. La refrigeración y la congelación son necesarias en la fabricación de la mantequilla y del queso, así como también en los tanques de almacenamiento, para minimizar el deterioro de los productos.<sup>2</sup>

## **SECADO**

Como muchos de los productos son polvos, se precisan procesos de desecación. En algunos casos los polvos se secan en secadores por aire, tal como es el caso de la caseína, o en salas de secado como en el caso de los quesos. Otras veces se desecan líquidos, tal como en la desecación de la leche en secadores de rodillos o en secadores atomizadores. El secado se aplica también a la mantequilla para producir grasa de leche anhidra. En el almacenamiento el secado es importante en productos como el queso, lo mismo que el contenido de humedad en el equilibrio de los productos pulverulentos.<sup>2</sup>

En el procesamiento por aspersion se utilizan dos tipos de secadores por aspersion, los horizontales y los verticales (de torre). La leche líquida pasteurizada que se ha condensado al 40% de sólidos o más se alimenta a presión a una boquilla de aspersion (atomizador) donde el líquido dispersado entra en contacto con una corriente de aire caliente filtrado. Las gotitas de leche condensada se secan de inmediato y caen al fondo de la cámara de acero inoxidable. La leche en polvo se retira continuamente; se transporta a través de un sistema de enfriamiento y recolección y se lleva a una tolva para empacarla en bolsas de 25 a 45 kg. Para el secado por aspersion de productos lácteos fueron establecidas las normas 3-A.<sup>7</sup>



Fuente: Dr. R. Solís. Presentación Ciencia de los Alimentos. Universidad Galileo.<sup>7</sup>

## EVAPORACIÓN

Previo al secado de los líquidos, muchas veces es económicamente rentable eliminar una proporción sustancial de agua por evaporación; esta es una operación muy común en la industria láctea. Los evaporadores son cada vez de mayor tamaño y más elaborados, incluyendo hasta 7 e incluso más efectos, con sistemas muy complejos para economizar calor, entre ellos la recompresión del vapor, los eyectores de chorro de vapor y los precalentadores de la alimentación.<sup>2</sup>

## SEPARACIÓN POR CONTACTO DE EQUILIBRIO

El lavado se utiliza para separar las impurezas contenidas en la mantequilla y en la caseína. La destilación se usa para extraer los malos olores y sabores de la nata antes de convertirla en mantequilla. La cristalización tiene una influencia muy grande sobre las propiedades de la mantequilla, de la leche en polvo, de la leche evaporada y de los helados, y es una etapa esencial en la manufactura de la lactosa. Las grasas que componen la mantequilla se pueden separar por cristalización fraccionada con solventes. Las membranas, en especial en la ultrafiltración, se utilizan en el tratamiento del suero para separar las proteínas de los carbohidratos que contiene en función de sus distintos pesos moleculares.<sup>2</sup>

## **SEPARACIONES MECÁNICAS**

El agua se separa de la cuajada del queso por filtración. Los filtros se utilizan también para eliminar las sustancias extrañas de la leche y la crema y para separar partículas de polvo de las corrientes de aire en los secadores de productos tales como la caseína y la lactosa. Los filtros rotatorios de vacío se utilizan para recuperar los precipitados de tamaño de partículas muy pequeñas como la lactalbumina. La sedimentación se utiliza con cuajadas como el queso y la caseína, y se puede suplementar con centrifugas. La clasificación y el tamizado permiten la separación de productos pulverulentos secos en función de sus distintos tamaños e incluso, si fuera necesario, separan fracciones en partículas, que se reciclan en un procesado posterior. Las centrifugas se utilizan muy frecuentemente en la separación de la crema de la leche y en la obtención de precipitados de caseína y de lactosa en agua.<sup>2</sup>

## **REDUCCIÓN DE TAMAÑO**

Muchos productos lácteos sólidos requieren molienda para producir polvos finos: la caseína, la lactalbumina, la leche en polvo y el suero seco se deben triturar. La homogenización de la leche es un proceso que evita la sedimentación de la nata. La mantequilla y el queso se pueden cortar para obtener un tamaño que satisfaga la demanda del consumidor.<sup>2</sup>

## **MEZCLADO**

La operación de mezclado se utiliza para obtener productos uniformes, tanto con líquidos como por ejemplo, la mezcla de leches una vez llegan de los lugares de ordeño, como con sólidos en los que la mezcla elimina las pequeñas variaciones en la materia prima o en las condiciones del proceso. También durante el transporte se pueden separar los componentes de los productos pulverulentos por lo que puede ser preciso un nuevo mezclado.<sup>2</sup>

Todas estas operaciones unitarias básicas ya mencionadas para la industria láctea, se aplican igualmente en el procesamiento de otras industrias de alimentos.<sup>2</sup>

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia Prima:

Se utilizó una mezcla de dos harinas, una de ellas proveniente de un cereal, en este caso el maíz y la otra proveniente de una leguminosa, la soya. Además se utilizó leche entera en polvo y como ingrediente gelificante se utilizó agar-agar.

Tomando en cuenta que el producto llegará al consumidor final en su presentación industrial, es decir, en polvo, y será la persona encargada del consumidor (niños o niñas) la que prepare el alimento en casa; se realizaron dos fórmulas: la fórmula industrial y la fórmula para poder realizar el panel sensorial y que además sirve de guía para las instrucciones de como se debe preparar en casa.

### FÓRMULA INDUSTRIAL

INGREDIENTES	PORCENTAJES
Harina de Soya	24.0
Fécula de Maíz	16.0
Leche Entera en Polvo	57.75
Agar-Agar	1.75
Esencia de vainilla	0.5
<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>

### FÓRMULA PARA EL PANEL SENSORIAL

INGREDIENTES	MUESTRA A %	MUESTRA B %	MUESTRA C %
Harina de Soya	4.2	4.2	4.2
Fécula de Maíz	2.8	2.8	2.8
Leche Entera en Polvo	10.5	10.5	10.5
Agar-Agar	0.3	0.6	1.0
Sacarosa	9.0	9.0	9.0
Esencia de vainilla	0.5	0.5	0.5
Agua	72.7	72.4	72.0
<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

## EXPERIMENTACIÓN

La experimentación se realizó con el objetivo de desarrollar el producto a nivel industrial, por lo tanto, el énfasis es a éste nivel; pero también se explica el procedimiento para que el ama de casa lo prepare, y es el mismo que se utilizó para preparar las muestras para el panel sensorial.

### PROCEDIMIENTO A NIVEL INDUSTRIAL

1. Pesar cada uno de los ingredientes.
2. Mezclar bien todos los ingredientes.
3. Envasado automático de sobres individuales del empaque primario.
4. Llenar con los sobres las cajas del empaque secundario.
5. Almacenamiento en bodega seca.

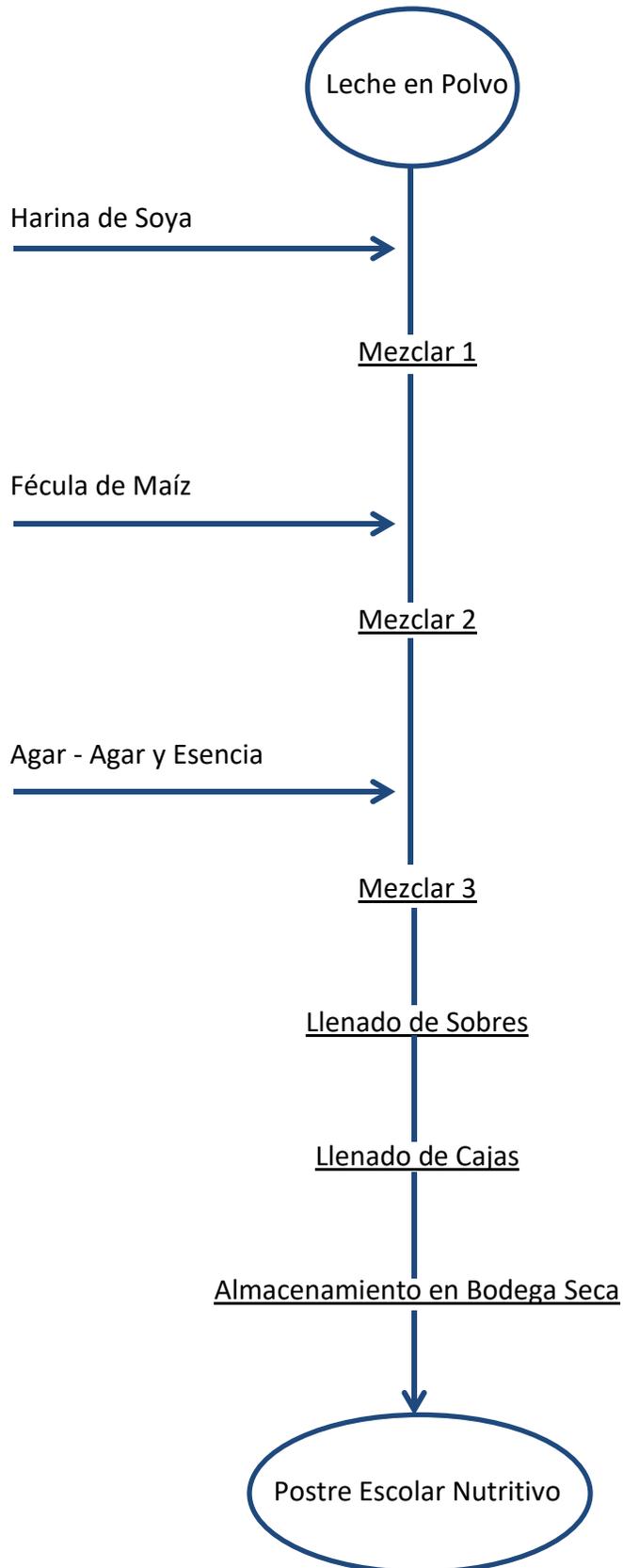
### PROCEDIMIENTO PARA PREPARARLO EN CASA

1. Calentar el agua a fuego moderado por 10 minutos.
2. Vaciar el sobre que contiene todos los ingredientes en polvo.
3. Agitación continua y moderada mientras alcanza la temperatura de ebullición.
4. Hervir por dos minutos.
5. Enfriar y servir.

### EQUIPO UTILIZADO DURANTE LA INVESTIGACIÓN

APARATO	MARCA	MODELO	ESPECIFICACIONES
Balanza digital	Nordika	EK 5055	1gramo hasta 11lbs
Mezcladora	S/M	Manual	
Estufa de hornillas	DeLonghi	Antiqua	Gas propano
pH metro	Oakton	Eco Testr	pH 2

## DIAGRAMA CUALITATIVO DE FLUJO



## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### 1. CALIFICACIONES DE LOS PANELISTAS

PANELISTA	MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C	TOTAL	TOTAL <sup>2</sup>
1	3	1	2	6	36
2	2	3	3	8	64
3	1	2	3	6	36
4	1	2	4	7	49
5	1	2	2	5	25
6	1	2	4	7	49
7	2	1	3	6	36
8	1	2	3	6	36
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>51</b>	<b>331</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.5</b>	<b>1.9</b>	<b>3</b>		

1= EXCELENTE

2= BUENA

3= REGULAR

4= MALA

5= MUY MALA

### 2. FACTOR DE CORRECCIÓN

$$51^2 = 2601 / 24 \text{ muestras} \\ = 108.4$$

### 3. SUMA DE CUADRADOS DE LAS MUESTRAS

$$(12^2 + 15^2 + 24^2) = 144 + 225 + 576 \\ = 945$$

$$945 / 8 \text{ panelistas} = 118.1 - 108.4 \\ = 9.7$$

### 4. SUMA DE CUADRADOS DE LOS PANELISTAS

$$331 / 3 \text{ muestras} = 110.3 - 108.4 \\ = 1.9$$

### 5. SUMA TOTAL DE LOS CUADRADOS

PANELISTA	MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C
1	$3^2 = 9$	$1^2 = 1$	$2^2 = 4$
2	$2^2 = 4$	$3^2 = 9$	$3^2 = 9$
3	$1^2 = 1$	$2^2 = 4$	$3^2 = 9$
4	$1^2 = 1$	$2^2 = 4$	$4^2 = 16$
5	$1^2 = 1$	$2^2 = 4$	$2^2 = 4$
6	$1^2 = 1$	$2^2 = 4$	$4^2 = 16$
7	$2^2 = 4$	$1^2 = 1$	$3^2 = 9$
8	$1^2 = 1$	$2^2 = 4$	$3^2 = 9$
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>31</b>	<b>76</b>

$$22 + 31 + 76 = 129 - 108.4$$

$$= 20.6$$

### 6. ANÁLISIS DE VARIANZA

DATOS	DF	SS	MS	F
MUESTRAS	2	9.7	4.85	7.58
PANELISTAS	7	1.9	0.27	0.42
ERROR	14	9	0.64	
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>20.6</b>		

Tabla del 5% (Statistical Chart 2)

$$= 3.74$$

**Si hubo diferencia significativa entre muestras.**

**No hubo diferencia significativa entre panelistas.**

### 7. RANGO MULTIPLE DE DUNCAN

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
12 / 8	15 / 8	24 / 8

### 8. MEDIA DE LAS MUESTRAS

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1.5	1.9	3

### 9. ERROR ESTANDAR

SE =  $\sqrt{\text{MS error} / \text{número de panelistas}}$

$$\text{SE} = \sqrt{0.64 / 8}$$

$$= 0.28$$

<b>P</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>rp (5%)</b>	<b>3.03</b>	<b>3.18</b>
<b>RP</b>	<b>0.85</b>	<b>0.89</b>

$$A - C = 1.5 - 3 = -1.5 < 0.89 \quad (R_3)$$

$$A - B = 1.5 - 1.9 = -0.4 < 0.85 \quad (R_2)$$

$$R_1 = A$$



# ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO



pag 1 de 1

Fecha: 30 de abril de 2019

## INFORME DE RESULTADOS No. 108 -19

### I. Información general

**Nombre del cliente:** Héctor David Morales  
**Institución:** Particular  
**Dirección:** Villas de San Pedro casa 35, Antigua Guatemala.  
**Análisis solicitado:** Coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* y recuento total de mohos y levaduras  
**Tipo de muestra:** Alimento

**Descripción de la muestra:**  
 Postre escolar nutritivo en polvo (mezcla de harinas con leche)

**Fecha y hora del muestreo:\*\*** 23 de abril de 2019 20:00  
**Responsable del muestreo:** Cliente  
**Fecha y hora de recepción de la muestra:** 24 de abril de 2019 8:10  
**Fecha de inicio de análisis:** 24 de abril de 2019

### II. Resultados

Parámetro	Metodología <sup>1</sup>	Resultado <sup>2</sup>	Límite Permitido <sup>3</sup>
Coliformes totales	BAM CH4	< 3 NMP/g	N/A
Coliformes fecales	BAM CH4	< 3 NMP/g	N/A
<i>Escherichia coli</i>	BAM CH4	< 3 NMP/g	N/A
Recuento Total de Mohos y Levaduras	BAM CH18	< 10 UFC/g	N/A
<i>Salmonella spp.</i>	BAM CH5	Ausencia/25g	N/A

\*\* datos proporcionados por el cliente

1 FDA Bacteriological Analytical Manual

2 UFC/g = Unidades Formadoras de Colonia por gramo de muestra. NMP/g = Número más probable por gramo de muestra.

3 Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:17 ALIMENTOS. CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS PARA LA INOCUIDAD DE ALIMENTOS.

### III. Conclusiones

Los resultados obtenidos indican ausencia de contaminación de origen fecal (ausencia de coliformes totales, fecales y *E. coli*). La ausencia de mohos/levaduras son indicadores de la calidad del producto reflejando que en el proceso y manipulación se cumplieron las buenas prácticas de manufactura. Los resultados obtenidos generalmente concuerdan con alimentos seguros para el consumidor.

Debido a que el alimento no se pudo clasificar en ninguno de los grupos establecidos en el RTCA 67.04.50:17 no se colocan límites permitidos en los resultados de cada uno de los parámetros analizados; para determinar el grupo del alimento al que pertenece la muestra se recomienda consultar en el Departamento de Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

**Nota aclaratoria:** Los resultados aplican a la muestra analizada. El Laboratorio Microbiológico de Referencia -LAMIR- no se hace responsable por el uso que se dé al presente resultado.

"Id y Enseñad a Todos"

M.Sc. Sergio A. Lickes  
 Químico Biólogo Col 2239

**Laboratorio Microbiológico de Referencia -LAMIR-**

Prohibida la reproducción parcial de los resultados sin previa autorización del laboratorio

-----  
 ÚLTIMA LINEA

Edificio T-12 2o. Nivel, Facultad de CC QQ y Farmacia, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, C.A. Tel. 2418-9400, ext. 108

Correo electrónico: laboratoriolamir@usac.edu.gt, laboratoriolamir@gmail.com

http://sitios.usac.edu.gt/wp\_lamir/?cat=1

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### RESULTADO ESTADÍSTICO

Considerando que si hubo una diferencia significativa entre muestras y no hubo diferencia significativa entre panelistas, se puede establecer que el resultado estadístico confirma que los panelistas estuvieron de acuerdo sobre cuál es la mejor muestra y que además, en relación a la diferencia mínima del gelificante entre una muestra y otra, los panelistas fueron capaces de notar a través de las propiedades organolépticas del producto la diferencia mínima de gelificante.

Por otra parte, el análisis estadístico confirmó lo que a simple vista se notó al analizar las calificaciones de los panelistas que mostraban la tendencia de que la muestra A era la mejor, la cual posteriormente fue confirmada por el Análisis de Varianza ya que al consultar la tabla del 5% para la distribución de F el valor correspondiente a los grados de libertad para el denominador que representa el valor del error de DF para 14; es de 3.74 y el valor de F en la tabla del Análisis de Varianza correspondiente a las muestras es de 7.58; lo que indica que si hubo una diferencia significativa entre muestras.

Adicionalmente, el valor de F en la tabla del Análisis de Varianza correspondiente a los panelistas es de 0.42; lo que indica que no hubo una diferencia significativa entre panelistas.

Posteriormente, los resultados del Rango Múltiple de Duncan al analizar la tabla del 5% correspondiente se establece que los grados de libertad para la segunda muestra con un error en DF de 14 es de 3.03 y para la tercera muestra es de 3.18 los cuales al multiplicarlos por el error estándar de 0.28 establecido en dicho análisis nos da los valores de 0.85 para la segunda muestra y 0.89 para la tercera muestra.

Al finalizar los cálculos del Rango Múltiple de Duncan se estableció que  $R_1$  el cual representa la mejor muestra, le corresponde a la muestra A.

### RESULTADO DEL ANÁLISIS PROXIMAL

Tomando en cuenta que el objetivo principal de este trabajo es desarrollar un alimento nutritivo con un alto porcentaje de proteínas y con un alto porcentaje de carbohidratos complejos, el análisis proximal confirmó que el objetivo se alcanzó satisfactoriamente. Ya que este postre escolar nutritivo contiene como base seca 30.27% y como alimento 25.89% de proteínas y contiene como base seca 59.78% de extracto libre de nitrógeno.

Los resultados completos del análisis proximal son los siguientes:

En base seca:

Agua 14.49% Materia Seca Total 85.51% Extracto Etéreo 1.16% Fibra Cruda 3.24% Proteína 30.27% Cenizas 5.56% y Elementos Libres de Nitrógeno 59.78%

Como alimento:

Extracto Etéreo 0.99% Fibra cruda 2.77% Proteína 25.89% Cenizas 4.75%

Los métodos de referencia que utilizó el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de San Carlos de Guatemala son los siguientes:

Para la prueba de Proteína Cruda: AOAC: 976.05 Tecator Manual del Kjeltex Auto 1030 Analyser.

Para la prueba del Extracto Libre de Nitrógeno: Bateman 10.200

Para la prueba de Fibra Cruda: Tecator Manual del 1010/1021 Fibertec System I AOAC 962.09 Bateman

Para la prueba de Materia Seca: AOAC: 930.15 y 925.04 y Bateman 6.111

Para la prueba del Extracto Etéreo: Bateman 9.110

Para la prueba de Cenizas: AOAC 942.05

## **RESULTADO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

El recuento de Coliformes totales reportó < 3 NMP/g

El recuento de Coliformes fecales reportó < 3 NMP/g

*Escherichia coli* reportó < 3 NMP/g

Para los análisis anteriores se utilizó la metodología BAM CH4

Recuento Total de Mohos y Levaduras se utilizó la metodología BAM CH18 y reportó < 10 UFC/g

*Salmonella* spp reportó: Ausencia/25g y se utilizó la metodología BAM CH5

Los resultados obtenidos indican ausencia de contaminación de origen fecal (ausencia de coliformes totales, fecales y *E. coli*). La ausencia de mohos y levaduras son indicadores de la calidad del producto reflejando que en el proceso y manipulación se cumplieron las

buenas prácticas de manufactura. Los resultados obtenidos generalmente concuerdan con alimentos seguros para el consumidor.

Debido a que el alimento no se pudo clasificar en ninguno de los grupos establecidos en el RTCA 67.04.50:17 (Criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos) no se colocan límites permitidos en los resultados de cada uno de los parámetros analizados; para determinar el grupo del alimento al que pertenece el producto, se recomienda consultar en el Departamento de Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

### **RESULTADO DEL PRODUCTO**

El análisis proximal confirma la hipótesis verdadera, es decir, si es posible desarrollar un postre escolar nutritivo con un alto porcentaje de proteínas y de carbohidratos complejos; que además sea agradable al consumidor.

Se establece que el Postre Escolar Nutritivo se desarrolló de acuerdo a las buenas prácticas de manufactura ya que el análisis microbiológico lo confirma, y además el análisis proximal confirmó las cualidades nutritivas que se esperaban de este producto.

Se concluye que el Postre Escolar Nutritivo es apto para el consumo humano desde el punto de vista nutricional e inocuo desde el punto de vista microbiológico.

## CONCLUSIONES

- A.** En general se considera que se alcanzó el objetivo principal de esta investigación, el cual era desarrollar un postre dirigido a niños y niñas en edad escolar entre 7 a 12 años, dicho postre debe contener un alto porcentaje de proteínas y de carbohidratos complejos ya que el objetivo nutricional de este postre es que cubra un buen porcentaje de las necesidades calóricas-proteicas de los niños de esta edad.
- B.** De acuerdo a la FAO un niño o niña de 12 años debe pesar aproximadamente 40kg necesita 1.3g de proteína/kg de peso. Esto significa:  
 $40 \times 1.3 = 52$  gramos de proteínas diarias  
Se establece que consumiendo una onza del postre desarrollado, el niño o niña alcanza a cubrir el 14% de su requerimiento diario de proteínas.
- C.** De acuerdo a la FAO un niño o niña de 12 años requieren 2,100 kcal diariamente, y recibe un 10% de calorías proteicas y un 30% de calorías grasas, necesitará completar sus calorías totales con 60% de calorías provenientes de los carbohidratos. Esto significa:  
 $2100 \times 0.6 = 1260$  kcal  
 $1260 \text{ kcal} / 4 \text{ kcal/g} = 315$  gramos de carbohidratos diarios  
Se establece que consumiendo una onza del postre desarrollado, el niño o niña alcanza a cubrir el 5.4% de su requerimiento diario de calorías.
- D.** De acuerdo a los puntos anteriores, se concluye que cada sobre del Postre Escolar Nutricional tendrá el contenido necesario para ser consumido por una familia de 5 personas.

## RECOMENDACIONES

1. El empaque primario que usan los fabricantes en la fécula de maíz es polietileno de baja densidad pero de un calibre grueso, al igual que los fabricantes de la harina de soya y como empaque secundario utilizan papel o cartón. No así los fabricantes de leche en polvo, quienes venden su producto en un empaque laminado, por tal razón se recomienda utilizar el mismo empaque que se utiliza para la leche en polvo que es un empaque flexible laminado con una capa de poliéster metalizado y una capa de polietileno.
2. El postre se desarrolló con la finalidad de que se consuma después de cocinarlo, pero se recomienda tener una presentación ya preparada con una vida de anaquel similar a la de los postres tipo flan. Para lograrlo habría que contar con un sistema de pasteurización UHT.
3. Por razones de los atributos nutritivos y sensoriales de la leche, se utilizó este ingrediente en el postre desarrollado, pero se recomienda hacer pruebas con leche descremada y con suero de leche y hacer una evaluación sensorial.
4. Por razones de costos también se recomienda hacer un estudio sobre cuanto bajaría el nivel calórico-proteico del postre si se omite la leche en polvo.
5. Para determinar el grupo del alimento al que pertenece el Postre Escolar Nutritivo se recomienda consultar en el Departamento de Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1.** Potter, N.N. y Hotchkiss J.H. 1995. Ciencia de los Alimentos. 5ª edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
- 2.** Earle, R.L. 1983. Unit Operations in Food Processing. 2ª edición. Pergamon Press.
- 3.** Badui, S.D. 2006. Química de los Alimentos. 4ª edición. Pearson Educación.
- 4.** FAO/OMS. Necesidades Nutricionales 2.
- 5.** McMurry, J. 5ª edición.
- 6.** Serafin, P. 2012. Manual de la Alimentación Escolar Saludable.
- 7.** Comunicaciones personales del Dr. R. Solís durante toda la carrera.