el glucógeno hepático y el muscular disminuye con el ejercicio.

Los glucógenos son polímeros de D-glucopiranosa con enlaces α 1-4 y α 1-6 glucosídicos entre las moléculas. Una repre sentación de éste polímero se esquematiza en la Figura 1.3.

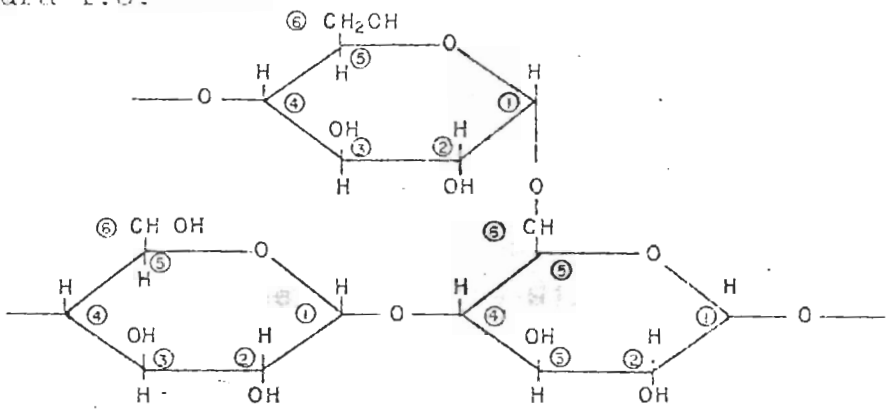

FIGURA 1.3. Representación esquemática del glucógeno.
Fuente: Price et al 1976.

La formación de glucógeno se denomina glucogénesis y la sustancias químicas que sirven de precursores se llaman sustancias glucogénicas. Entre estas se encuentran aminoácidos, glicerol, intermediarios glucolíticos como los ácidos láctico y pirúvico y las hexosas. Forrest (1.979).

La degración de glucógeno se conoce como glucogenólisis, llamándose glucólisis al proceso por el cual el producto resultante de la glucogenólisis, la glucosa-1-fosfato, es convertida en glucosa-6-fosfato y degradado a ácido pirúvico o láctico por el sistema Embdem - Meyerhof. La glucólisis ocurre anaeróbicamente y es responsable de la acumulación de ácido láctico que tiene lugar en el músculo post-mortem. (Price et al 1.976, Forrest et al 1.979, Sánchez 1.984, Gartz 1.987).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLÍN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA "EFE" GOMEZ

En general al proceso de sacrificio de los animales está asociada la exanguinación, lo cual implica la eliminación del vehículo de transporte de oxígeno a los tejidos y de eliminación de metabolitos residuales, instaurándose por tanto un estado anaerobio.

Es posible que en el músculo se presenten eventualmente condiciones de anaerobiosis durante momentos de extrema actividad que ocasionan acumulación de ácido láctico (acidosis) y falta de oxígeno (anoxia tisular). Cuando las condiciones externas causantes de la actividad metabólica acelerada cesan, las condiciones aeróbicas se recobran. (Forrest et al 1.979).

Si un animal es sacrificado en estado anóxico pero sin quedar exhausto, en el músculo post-mortem se acumula gran cantidad de ácido láctico aún a temperaturas altas, próximas a la temperatura corporal (39ºC), dándo lugar a la desnaturalización de algunas proteínas sarcoplasmáticas que precipitan sobre las miofibrilares, ocasionando un fenómeno óptico que hace ver la carne pálida, además de húmeda y suelta. Si el sacrificio se produce una vez se hallan agotado las reservas de glucógeno, sin haberse permitido la recuperación de estas, el músculo post-mortem presentará un pH alto, la carne se verá más oscura y tendrá una apariencia seca. (Sánchez 1.984).

Estos estados anormales de glucólisis post-mortem dan lugar a la aparición de carnes pálidas, sueltas y exudativas en el primer caso y oscuras, dura y seca en el segundo: a ambas condiciones puede estar expuesto cualquier animal, pero el primer fenómeno es más común que aparezca en la carne de cerdo, sobre todo en ejemplares de razas mejoradas las cuales son más susceptibles al estrés. El fenómeno de carne oscura, dura y seca es más

común en bovinos, lo cual no implica que el primero no suceda, el hecho es que al tener mayor concentración de mioglobina el músculo bovino, la palidez es menos perceptible. (Sánchez 1.984).

Los factores que más afectan la glucogénesis y la glucogenólisis son:

1. El estado nutricional: el cual tiene que ver con las reservas hepáticas y musculares.
2. El ejercicio y la exposición a factores estresantes: los cuales aumentan las demandas energéticas disminuyendo las reservas de glucógeno.
3. Hormonas con funciones reguladoras sobre la glucogénesis y la glucogenólisis. La insulina es necesaria para la oxidación de la glucosa y para la síntesis de glucógeno. La epinefrina en cantidades importantes durante el estrés estimula la glucogenólisis en el hígado tendiendo a producir hiperglucemia; también degrada el glucógeno muscular produciendo ácido láctico. La administración de glucagón determina la rápida degradación del glucógeno hepático a glucosa, pero no afecta el tisular. (Forrest et al 1.976, Sánchez 1.984).

Mucopolisacáridos. Son los polisacáridos que contienen aminoazúcares. El condroitín sulfato presente en los cartílagos, huesos, piel, tendones y en la córnea, hace parte de la matriz gelatinosa donde se encuentran las proteínas del tejido conectivo. (Lehninger 1.976).

1.3.5. Componentes inorgánicos. Sólamente el 3.5% del peso corporal del animal es de naturaleza inorgánica o mineral y está constituido por calcio, fósforo, potasio, azufre, sodio, cloruro, hierro y magnesio; encontrándose elementos como el manganeso, cobre, iodo, zinc y cobalto en cantidades trazas pero que son esenciales para la

función metabólica normal. (Price et al 1.976).

De éste contenido mineral, del 15% al 20% está presente en la carne, cumpliendo funciones especiales sobre propiedades como la terneza, la cual se ve afectada a través de los cambios que sufren los tejidos del animal al pasar del estado vivo a post-mortem, siendo el más importante el relacionado con la membrana celular y la habilidad de las células para retener las máximas cantidades de agua en ellas, lo cual afecta la jugosidad y la terneza de la carne. Esta acción es realizada a través del mantenimiento del equilibrio osmótico el cual incide en el mantenimiento de una concentración normal de iones en el fluído extracelular ocasionando que el agua permanezca en el interior de la célula favoreciendo la jugosidad. (Forrest et al 1.979).

1.3.5.X. Determinación de cenizas. El glucógeno residual de la glucólisis post-mortem y los componentes inorgánicos presentes en la carne o en los productos cárnicos se determinan como cenizas.

El método de determinación se fundamenta en la adición de acetato de magnesio, desecación en baño de agua o en baño de arena, incineración en un horno a 550°C y posterior determinación de la masa del residuo, teniendo en cuenta la cantidad de óxido de magnesio proveniente de la adición de la solución de acetato utilizada al comienzo de la determinación.

Equipos y materiales. Cápsulas de porcelana de cuarzo o platino con fondo plano, de apróximadamente 15 cm^2 de superficie y 25 mm de altura, de paredes ligeramente inclinadas., pipetas de 1 y 2 ml de doble aforo, baño de agua o de arena o placa calefactora, horno provisto de

termóstato y capaz de alcanzar al menos 600 °C, desecador provisto de un agente deshidratante activo, balanza analítica y pinzas adecuadas para el manejo de las cápsulas.

La muestra de carne debe ser tomada como se indicó en el procedimiento para determinación de proteína, agua destilada, acetato de magnesio tetrahidratado. Esta solución debe prepararse a partir de 25 g de acetato de magnesio llevándolos a un balón de fondo plano de 100 ml, completando el volúmen.

Procedimiento. Introducir la cápsula bien limpia en el horno regulado a 550°C durante 20 minutos. Sacarla e introducirla en el desecador permaneciendo en él por lo menos 30 minutos. Determinar su masa con una precisión de por lo menos 0.1 mg.

Introducir en la cápsula una determinada masa P de muestra, apróximadamente 5 g, adicionar uniformemente un ml de acetato de magnesio tetrahidratado para luego colocar la cápsula en un baño de arena o una placa calefactora, hasta conseguir la carbonización de la muestra, prestando mucha atención a las posibles proyecciones (salpicar). Una vez carbonizada la muestra transferir la cápsula al horno, el cual debe estar estabilizado a 550°C, por espacio de al menos una hora. Si las cenizas no alcanzan el grado de blancura deseado, debe sacarse la muestra, dejarla enfriar y añadir unos mililitros de agua destilada (2-4), evaporar el agua en baño de arena, introduciendo de nuevo la cápsula en el horno por 30 minutos y repetir las operaciones anteriores, si es necesario, hasta conseguir unas cenizas blancas o ligeramente grises, una vez obtenidas sacarlas del horno e introducirlas en el desecador durante 30 minutos, determinando poste-

riormente su masa. Debe realizarse siempre el análisis por duplicado.

Cálculos.

Porcentaje de cenizas: $(M_2 - M_o - M_3) \times 100/(M_1 - M_o)$

Siendo M_o : masa de la cápsula.

M_1 : masa de la cápsula conteniendo la muestra.

M_2 : masa de la cápsula y el residuo después de la incineración.

M_3 : masa del óxido de magnesio proveniente de la disolución de acetato de magnesio añadido.

La diferencia entre dos determinaciones sobre la misma muestra, realizadas simultánea o consecutivamente pero en forma contínua, no debe ser superior a 0.1 g por 100 g de muestra.

Este método de determinacioón está de acuerdo con la norma internacional ISO R 936. Panreac (1.986).

1.4. CALIDAD INDUSTRIAL - CARACTERISTICAS BASICAS

1.4.1. Capacidad de retención de agua. Es la habilidad que exhibe la carne para retener el agua que se encuentra en ella durante la aplicación de fuerzas externas como cortes, calentamiento, trituración y prensado. De aquí se han derivado diversas formas de entender o aplicar el concepto; en frigoríficos y plantas faenadoras se entiende como la capacidad que tiene la carne para retener su jugo durante el almacenamiento, la conservación por tiempos importantes y la maduración de la misma. Para la industria transformadora de carnes significa la habilidad que tiene la carne para retener el agua contenida o

agregada a la misma. de tal manera que no se separe en las diferentes operaciones de transformación.

El agua presente en la carne puede considerarse agregada en diferentes formas según la fortaleza con que se encuentre unida al músculo. De acuerdo con esta consideración, del 4% al 5% del agua total se encuentra unida directamente a los grupos hidrófilos de las proteínas miofibrilares, este tipo de unión química es fuerte, de tal manera que el agua perteneciente a este grupo sufre muy poca alteración de tipo químico o físico al sucederse algún cambio en la carne, aún de la modificación en la capacidad de retención de agua de la misma, por cambios en la carga eléctrica de la proteína. Un segundo tipo comprende el agua que está presente en el músculo, atrapada debido a la configuración geométrica de las proteínas miofibrilares, sin estar unidas a ellas, la cual se conoce como agua inmovilizada. La tercera forma es la llamada agua libre o suelta, la cual resulta exprimida al comprimir levemente el músculo y donde escasamente participan fuerzas de Wan der Walls para unirla al músculo. Un leve cambio en la capacidad de retención de agua provocaría la separación del agua libre del músculo, Wirth citado por Restrepo, 1.986, y un cambio drástico acompañado de violenta contracción muscular provocaría aún la separación de parte del agua inmovilizada. La disminución de la capacidad de retención de agua se manifiesta por la exudación de un líquido que se denomina weep cuando procede de carne fresca y drip cuando procede de carne descongelándose. (Lawrie, 1.967).

La disminución en la capacidad de retención de agua es una consecuencia inevitable de la muerte del animal, ya que la glucólisis post-mortem que tiene lugar en los

músculos no cesa, por lo general, hasta que el pH del músculo tenga un valor de apróximadamente 5.5 el cual está muy próximo al punto isoélectrico de la proteina. Esto ocasiona que los espacios entre las proteinas se vean reducidos decrementando con ello la posibilidad física de alojamiento de agua. Una modificación del pH hará que la carga neta de las proteínas sea positiva o negativa originando una repulsión eléctrica entre ellas permitiendo la creación de espacios para el alojamiento de agua. (Forrest et al 1.979).

En la carne pálida, suelta y exudativa (p.s.e.), la glucólisis se desarrolla abruptamente, esto significa que el pH dentro de la hora posterior a la matanza, desciende marcadamente, llegando a valores inferiores a 5.8, éste valor de pH es alcanzado muy rápidamente con velocidades de descenso de seis veces o más respecto de las normales.

Este tipo de músculo presenta una pésima capacidad de retención de agua, debido a que el brusco descenso del pH origina una desnaturalización de la proteína que crea, precisamente por esto, una estructura abierta que refracta en forma diferente la luz, dando la apariencia de palidez aunque los pigmentos musculares continuen intactos. La desnaturalización de las proteínas sarcoplasmáticas es tanto mayor cuanto mayor es la velocidad de descenso del pH, las cuales al desnaturalizarse no solo pierden su capacidad de retención de agua sino que al precipitar sobre las proteínas miofibrilares reducen también la capacidad de retención de agua de las mismas incluso aunque no estén desnaturalizadas. Al aumentarse la velocidad de descenso del pH aumenta tambien la tendencia de las proteínas miofibrilares a la contracción, lo que determina la expresión del líquido disociado de

las proteínas miofibrilares, Bendall et al citado por Lawrie 1.967.

En el músculo oscuro, duro y seco (d.f.d.), la formación de ácido láctico se desarrolla muy lentamente o muchas veces casi ni se cumple, esta carne no alcanza un pH normal, sino que se mantiene en un pH alto, algunas veces muy cercano a 7.0, lo que significa una capacidad de retención de agua muy buena. La pérdida de ATP y la subsiguiente formación del complejo actomiosina reducen la capacidad de retención de agua, aunque el pH final no descienda.

Honikel y Hamm, 1.980, demostraron que el desarrollo de la rigidez cadavérica no es de importancia para la modificación de la capacidad de retención de agua de la carne vacuna sin salar (picada y sin picar), mientras que para la carne desmenuzada y salada o el pastón de embutidos escalados, produce una gran disminución de la capacidad de retención de agua.

Si la sal se agrega antes del rigor y luego de un picado, la concentración de sal origina, debido a un complejo proceso con la admisión de agua, un fuerte hinchamiento de la carne picada por separación de los filamentos entre sí. Si se agrega sal después del rigor mortis, la capacidad de retención de agua se ve disminuida en gran medida con respecto a un pH más elevado. Si el hinchamiento se produce antes de la degradación del ATP, no se puede formar el complejo actomiosina, por lo cual la capacidad de retención de agua luego del faenado se mantiene y sólo provoca un leve descenso por la disminución del pH.

Se ha observado que la capacidad de retención de agua de

la carne de diferentes especies varía considerablemente. En general la carne de cerdo tiene mayor capacidad de retención de agua que la carne vacuna, ésta igual a la del caballo y la de las aves incluso menor que las anteriores. La edad también juega un papel preponderante. Shon y Sheeper, citados por Lawrie 1.967; comprobaron que el jugo exprimible era significativamente mayor en la carne de ternera que en la carne de vaca.

La capacidad de retención de agua de la carne de animales de la misma especie varía considerablemente, influye en esta variación, inclusive, la localización anatómica, por ejemplo la capacidad de retención de agua del músculo dorsal largo de cerdo puede ser menor en la región lumbar que en la toráxica. (Restrepo 1.986).

1.4.1.1. Determinación de la capacidad de retención de agua. El agua ligada e inmovilizada generalmente se determina por la cantidad que permanece en la carne después de someterla a algún tipo de expresión física. Esto puede hacerse apropiadamente, midiendo el agua libre expulsada ya que el contenido acuoso total es relativamente constante. Generalmente, la presión se aplica, bien comprimiendo la carne entre dos placas o mediante la fuerza centrífuga. Dado que existe una transición continua entre el agua inmovilizada y el agua libre, la cantidad exacta de agua liberada puede ser determinada.

En numerosos estudios, la capacidad de retención de agua de la carne se ha evaluado centrifugando un homogenizado de carne en soluciones salinas diluídas. Bandall citado por Lawrie 1.967.

Después de centrifugar durante 15 minutos a 3000 - 3500

r.p.m. el exceso de solución es separado del residuo centrifugado constituído fundamentalmente por proteínas fibrilares. A partir del peso del residuo puede calcularse facilmente la cantidad de agua retenida por gramo de proteína.

Swift y Bernan citados por Pedersen, citado por Restrepo, 1.986, mezclaron cantidades iguales de carne picada y agua destilada fría, dejaron la mezcla durante la noche y la centrifugaron seguidamente durante 20 minutos a 15000 r.p.m., trás añadir una pequeña cantidad de agua. Para determinar la retención de agua utilizaron la diferencia entre los pesos original y final de la carne.

Existen algunas variaciones a este método de determinación. Calentando la carne a una temperatura apropiada (70 °C para la fresca y 40 ° C para la descongelada) antes de la centrifugación el volumen de agua liberado permite su medición exacta.

De los métodos de compresión entre dos placas, el más usado fué ideado originalmente por Grau y Hamm (1.953), citado por Restrepo, 1.986, el cual consiste en la compresión de una muestra de carne colocada sobre un papel de filtro, entre dos placas de plexiglas; como resultado de esta compresión se forma una delgada película circular de carne y se libera agua que es absorbida en unos minutos por el papel filtro, dejando un circulo mojado en torno a la película. La diferencia entre el área del círculo y el área de la película de carne es proporcional a la cantidad de agua libre de la muestra.

Otra forma de determinar el agua libre de la carne consiste en utilizar métodos gravimétricos directos, el comprimir una muestra de carne entre dos pedazos de papel

filtro y registrar la diferencia de peso de la muestra permite determinar la capacidad de retención de humedad. Este método presenta una gran dificultad operacional que consiste en la recuperación de la muestra entre los papeles de filtro.

El método desarrollado por Honikel, Fischer y Hamm, 1.983, es uno de los más comunmente aceptados por lo sencillo de su procedimiento y por la confiabilidad de los datos, asi su tiempo de ejecución sea mucho mayor que el de la prensa de plexiglas el cual es muy usado industrialmente.

El método consiste en tomar las muestras de un tamaño y forma geométricas uniformes, pesándolas exactamente. Posteriormente las muestras se suspenden mediante un cordel en bolsas impermeables al agua y se sellan. Las condiciones de realización del ensayo deben ser controladas. Las muestras deben permanecer libremente colgadas impidiendo de esta forma el contacto de ésta con el exudado. La determinación del peso de la muestra después de haber terminado el ensayo, permite determinar la pérdida de humedad de la misma.

La mayoría de estos métodos presentados requieren un conocimiento previo de la cantidad de humedad presente en la carne originalmente, lo cual puede obtenerse mediante las técnicas presentadas en la sección correspondiente al agua.

De la capacidad de retención de agua dependen aspectos como pérdidas por refrigeración de canales y carnes, rendimiento de los productos (porcentaje del peso final respecto del peso fresco), algunas características de calidad de la carne y los productos cárnicos y el factor

económico de la producción.

Recientemente se ha especulado muchísimo respecto a la baja capacidad de rentención de agua que presenta la carne de los bovinos implantados con sustancias anabolizantes, argumentándose por parte del carnicero las altas pérdidas por refrigeración que presentan las canales de estos animales; existen algunos estudios con resultados francamente contradictorios. Este tema merece ser estudiado más a fondo.

1.4.2. Capacidad emulsificante. Una de las propiedades más importantes de las carnes es la llamada capacidad emulsificante. Esta propiedad habilita la carne de una especie animal o algunos de sus cortes, para ser usados industrialmente como materia prima básica para la elaboración de productos de pasta fina (productos emulsificados), los cuales son los más comunes y de mayor consumo. Ello significa que si la carne de una especie animal posee una capacidad emulsificante alta, su posibilidad de usarse industrialmente también es alta y dado el caso, de ser una especie poco comercial, sus posibilidades de desarrollo están aseguradas considerándose que la industria de carnes es el principal consumidor de carne fresca.

La capacidad emulsificante de una carne depende, entre otros factores de la composición de la misma, asi cuando la industria al comprar carne por lotes les asigna un valor económico menor a los lotes más grasos, indirectamente está pagando mejor la capacidad emulsificante. (Rua y Sierra 1.988).

La capacidad emulsificante denota la máxima cantidad de aceite que puede ser emulsificado por una dispersión