Mediante dos terminales eléctricas, que pueden ser pinzas o barras, aplicadas en el tabique nasal, en la región cervical y cerca al tendón común del calcáneo, en el cuello, en la región isquiática femoral o través del nervio, es conectada la canal al electro estimulador. (Smulders et al 1.987).

Se han realizado muchos ensayos donde se han combinado voltajes, tiempos de aplicación, momento de aplicación, temperaturas, forma de aplicación, etc. obteniéndose resultados que dependiendo de las condiciones se reflejan más o menos en la terneza, mermas en la cocción, color, etc, encontrando resultados semejantes a los ya expuestos (Smulders et al 1.987, 1.988, sin embargo Wolterdorf en 1.989, circunscribe el efecto ternizador de la estimulación eléctrica a la existencia previa del acortamiento por frío.

A la acción de las enzimas proteolíticas de origen vegetal y bacterial también es expuesta la carne con el fin de ternizarla. Se ha concluído que las enzimas proteolíticas de origen microbiológico exhiben una potente actividad hacia las fibras musculares y en algunos casos ligera actividad hacia las fibras colagénas. La papaina, tripsina y viocasa muestran una considerable actividad hacia la fibra muscular. La bromelina de la piña, muestra una menor actividad a este respecto. (Velásquez 1.986).

Bavissotto citado por Velásquez (1.986), reporta que la respuesta del músculo fibroso a la acción proteolítica de la papaina fué caracterizada por la desintegración del sarcolema y el núcleo, seguida por la desaparición de las estriaciones cruzadas, acompañado de un decrecimiento en la extensión de la fibra.

En un ensayo realizado por Velásquez en 1.986, se probaron tres niveles de papaina sobre el músculo gastrocnemio del bovino a dos temperaturas diferentes, encontrándose que el principal limitante a la acción proteolítica fué la difusión en la muestra, sin embargo el efecto ternizador de la papaina fué notorio cuando se midio la terneza en una cuchilla Warner - Bratzler.

3. CONSERVACION DE LA CARNE

3.1. INTRODUCCION

Como complemento indispensable al proceso de obtención de la carne se considera, el o los procesos mediante los cuales la carne es conservada en buenas condiciones para ser usada, bien como producto fresco para la preparación culinaria directa, o como materia prima básica para la elaboración de productos.

Los cambios que determinan la pérdida de calidad de la carne son de todos los tipos, tanto físicos como químicos y microbilógicos, pero los que revisten mayor gravedad y se producen más rápidamente son los cambios microbiológicos, los que además propician alteraciones de los otros dos ordenes.

La contaminación de la carne de los animales de abasto público o de caza es inevitable, el mismo proceso de sacrificio y la posterior exanguinación, propician la apertura de nuevas vías de invasión de los microorganismos del tracto intestinal a todo el cuerpo del animal y si se considera que mediante la exanguinación se están eliminando los leucocitos y anticuerpos, la posibilidad de evitar la difusión de estos microorganismos es alta. Adicional a esto deben considerarse las condiciones de temperatura (39°C aprox.) y de pH (7.0 aprox.) naturales

de la canal de un animal (bovino, porcino) sano, con un buen manejo premortal, que no solo no dificultan sino que favorecen la proliferación microbial.

Mediante la puesta en práctica de procedimientos como la rápida evisceración, el uso de implementos y utensilios limpios y correctas y eficientes operaciones de faenamiento, puede llegarse comercialmente a la minimización de la carga bacteriana inicial, pero no a la eliminación total. Es por esto que, una vez obtenida la canal debe inmediatamente aplicarse un método de conservación que permita prolongar el tiempo de vida útil del producto, posibilitando un real aprovechamiento del mismo.

El método a escoger debe reunir una serie de condiciones que pueden resumirse en cinco aspectos principales. (Price et al, 1.976):

1. Efecto sobre la calidad del producto. Esta característica debe entenderse como que no tenga efecto negativo, o por lo menos no severo, desde el punto de vista físico y químico sobre la calidad del producto.

2. Implicación de riesgo sanitario para los manipuladores o consumidores. En caso de ser positiva esta consideración, el método en cuestión no tendría aplicación comercial.

3. Posibles fallas del método. Esto implica que si el procedimiento de conservación elegido no presenta una respuesta uniforme frente al mismo estímulo, el método no es confiable y por tanto es no aplicable.

4. Establecer claramente los problemas relativos a la distribución y comercialización del producto. Específicamente deben considerarse los condicionamientos a los

cuales queda sujeto el producto, una vez sea conservado mediante el procedimiento en cuestión, definiendo claramente que tipo de inconvenientes puede acarrear.

5. Evaluación económica e ingenieril de la aplicación comercial del método. Se refiere a la determinación de la factibilidad técnica económica del proyecto en consideración .

En general, los métodos de conservación de canales, carne y productos cárnicos se fundamentan en procesos físicos (incrementos y decrementos de la temperatura, transferencia de masa, modificaciones en la presión, colocación de barreras, etc) químicos (adición de sustancias) y físico-químicos.

3.2. PROCESOS FISICOS

3.2.1. Modificaciones de la temperatura. Los métodos particulares para la modificación de la temperatura que se emplean para carnes se fundamentan exactamente en los mismos principios que para cualquier sustancia en la naturaleza, es decir, mediante los procesos de flujo de energía térmica, solo que las sustancias que participan directamente en los procesos, deben de reunir, además de unas buenas características térmicas, características de compatibilidad con la carne o el producto cárnico a tratar. (Earle 1.967, Restrepo 1.987).

Las eventuales incompatibilidades que puedan presentarse, son subsanadas mediante procedimientos complementarios, que minimizan o eliminan los efectos negativos derivados del proceso principal de conservación.

3.2.1.1. Decrementos de la temperatura. Para los proce-

sos de conservación de canales y carne fresca, son comunmente usados los métodos que implican la disminución de la temperatura como mecanismo para retardar la proliferación de microorganismos, así como para disminuir la velocidad con que transcurren las reacciones químicas y enzimáticas deterioratívas de la carne. En la medida que el enfriamiento es más severo, mayor será el control que se puede efectuar, además si la disminución de la temperatura es tan drástica que el agua presente cambios de estado, el control es mucho mayor ya que la disponibilidad de agua, como medio universal para las reacciones, es menor.

Es claro que mientras más drástico sea el descenso de la temperatura, más costoso será el proceso, así mismo, mientras mayor sea la velocidad del descenso, es decir mientras más rápido se obtengan las condiciones finales, mayor será el costo.

Este costo de proceso está fundamentado en la cantidad de energía a retirar para el caso de los procesos que impliquen disminución de la temperatura, y en el tiempo disponible para hacerlo, lo cual está en relación íntima con la calidad y el costo del material que lo hace. Parece lógico que cuando el fluído refrigerante sea aire ambiental, el costo del enfriamiento por grado de temperatura sea mucho más barato que si se hubiese utilizado para este proceso un aire pre-enfriado y pre-humedificado, condiciones que a la vez mejorarán el intercambio calórico disminuyendo el tiempo para la obtención de las condiciones finales, lo cual incide directamente en la calidad del producto .

Cuando el material a tratar es un producto cárnico, el método más usado consiste en incrementar la temperatura

rápidamente, con el fin básico de destruir los microorganismos potencialmente toxigénicos y los causantes de alteraciones, que pueda contener el producto. En la medida en que el tratamiento sea severo, la efectividad del tratamiento será mayor y por ende más costosa, sin embargo, el tratamiento no garantiza que el producto quede excento de la recontaminación o de la microflora remanente (en el caso de que el tratamiento no asegure esterilidad) causantes de deterioración, por lo tanto estos métodos siempre van acompañados de otro u otros métodos de conservación complementarios; un buen empaque, vacío, disminución de temperatura, etc. (Cadavid y Jaramillo 1.986).

Las observaciones hechas para los tratamientos térmicos que implican disminución de temperatura, relacionadas con la efectividad del proceso y el costo, son igualmente válidas para los procesos que implican incrementos de temperatura. Así mismo son válidos los mecanismos de transmisión de calor, solo que acá la dirección del flujo calórico es diferente. (Restrepo 1.987).

En los procesos de enfriamiento lo que se transfiere desde el material (canales, carne, productos) hasta el fluído refrigerante es energía. energía térmica, al igual que en los procesos de calentamiento (carne, productos), lo que se transfiere desde el fluído calefactor hasta el material, no es más que energía térmica.

Independiente de quien sea el que entrega energía o de quien sea el que la reciba, solo existen tres mecanismos para este intercambio calórico: la conducción, la convección y la radiación.

En la transmisión de calor por conducción se intercambia

directamente energía molecular, cediendo las moléculas de mayor energía parte de ella a las moléculas vecinas de menor energía. Es el mecanismo predominante cuando un sólido se calienta o enfría.

La transmisión de calor por convección se caracteriza por el movimiento de grupos de moléculas energizadas, el cual puede ser natural (por cambios de densidad) o inducido, llamándose libre y forzado. Es el mecanismo predominante cuando un fluído se calienta o enfría, sirviendo como medio refrigerante o calefactor.

El tercer mecanismo es el de radiación en el cual se trasmite energía por ondas electromagnéticas. (Restrepo, 1.987).

Con el propósito de ilustrar esta situación considérese una canal de un bovino, recientemente obtenida y en la sala de oreo de un matadero ubicado en una zona fría. La canal a 39 ° C está radiando calor al ambiente y a todos los objetos que la rodean, así mismo se está enfriando, entrégandole energía térmica al aire circundante, es decir, intercambiando calor por convección con el aire circundante y ella misma enfriándose por conducción. (Farchmin 1.977, Restrepo 1.987).

Microscópicamente lo que sucede en este caso es que las moléculas calientes de la superficie de la canal, están en contacto directo con una capa de moléculas frias de aire que están recubriendo la canal. estas moléculas son energizadas por las de la superficie de la canal que a la vez están colocándose en equilibrio térmico con éstas, cediéndoles parte de su energía en forma de calor. Allí el intercambio calórico es por conducción. Al interior de la canal lo que sucede es que las moléculas vecinas a

las de la superficie que cedieron energía, disminuyendo su temperatura, están en equilibrio térmico con ellas cediéndoles a la vez parte de su energía y por ende, disminuyendo su temperatura; así sucesivamente continúa el fenómeno en toda la canal entre capas de moléculas adyacentes. Es claro que aquí se configura el clásico mecanismo de trasmición de calor por conducción.

Lo que sucede en el aire es que las moléculas que estuvieron en contacto con las de la superficie de la canal se energizaron, aumentando su temperatura y disminuyendo su densidad, ascendiendo libremente en un medio más denso que ellas y claro está, chocando con otras moléculas menos energizadas a las cuales trasmiten parte de su energía, configurando así el clásico mecanismo de transmisión de calor por convección.

Cuando un producto cárnico escaldado es expuesto al vapor de agua para su cocción, los fenómenos que se suceden son exactamente los mismos que los descritos en el ejemplo anterior, lo único que cambia es la dirección del flujo calórico, aquí el fluido no se calienta sino que se enfría y el producto no se enfría sino que se calienta.

La rapidez para la obtención de las condiciones finales deseadas depende de varios factores:

1. La naturaleza y composición del material. Las propiedades térmicas del material dependen de este factor. La capacidad calórica y la conductividad de la carne magra, son diferentes a la de la grasa y las de estas a su vez, diferentes a las del hueso. Así mismo la capacidad calórica de la carne de pollo es diferente a la de la carne del pescado, además, la capacidad calórica puede variar de un músculo a otro dentro del mismo animal, por esto se habla de propiedades globales.

La carne de pescado en promedio, tiene una mayor capacidad calórica que la carne de cerdo, esto significa que para calentar 1 kg de carne de pescado 1 ° C, se debe gastar más energía que para calentar 1 kg, 1 ° C de carne de cerdo. (Earle 1.967, Restrepo 1.987).

La carne en general, tiene una mayor conductividad térmica que la grasa, esto quiere decir que la grasa se comporta como un aislante térmico comparativamente con la carne, en otras palabras, será mucho más difícil, más prolongado y más costoso, calentar o enfriar una carne grasa que una carne magra cuando el resto de condiciones permanecen invariables.

2. El tamaño y el espesor del material a tratar.
A mayor tamaño del material mayor dificultad, menor velocidad de flujo de calor; a mayor espesor más lento, menor la velocidad del flujo de energía térmica. A mayor tamaño y espesor más energía térmica tendrá que entregarse o retirarse, requiriéndose mayor capacidad del fluido de intercambio.

3. Area de intercambio. El área de intercambio calórico es directamente proporcional a la rata de flujo de calor. A mayor área de intercambio calórico, mayor rata de transmisión de calor. Una salchicha de 2 m de larga, calibre 28 y de 1.5 Kg de peso, se calentará o enfriará más rápido que un salchichón calibre 50 del mismo peso más corto, esto por el área expuesta al tratamiento, más el efecto del diámetro.

4. Diferencia de temperatura. A mayor diferencia de temperatura entre el fluído de intercambio y el cuerpo (canal, carne, producto), la rapidez con que transcurre el proceso se ve mejorada. Es mucho más fácil calentar

una salchicha a 72 ° C con vapor de agua a 150 ° C que con vapor a 96 ° C, ya que el "potencial de acción", es mayor en el primer caso que en el segundo.

5. Naturaleza y composición del fluido de intercambio. Se refiere exactamente a los mismos factores que se consideraron en el numeral 1., solo que áca el material considerado es el fluido de intercambio calórico. Nuevamente la capacidad calórica y la habildad para la convección térmica (coeficiente de transmisión de calor por convección), serán los factores a tener en cuenta. La capacidad calórica puede entenderse para fines prácticos como la capacidad de ceder o cargar una cantidad de énergía térmica por cada unidad de masa y por cada grado de temperatura, es decir, un fluido que tenga una capacidad calórica muy baja estará pobremente capacitado para ceder, o "robar" calor a un cuerpo o a otros fluídos, así mismo, si tiene un bajo coeficiente de trasmisión de calor por convección su velocidad de realización del proceso se verá disminuída. En la medida en que estas dos condiciones mejoran, el costo del material más el asociado con su uso, se incrementan.

Desde el punto de vista del proceso de transmisión de calor, estos son los factores más importantes a tener en cuenta para hacerlo posible. sin embargo, por tratarse de un alimento tan susceptible a la pérdida de calidad, debe tenerse especial cuidado para realizar los procesos de intercambio calórico, de tal manera que la pérdida de calidad, medida en términos diferentes al parámetro microbilógico sea minima.

Refrigeración. El proceso de refigeración para canales y carne se entiende como la disminución de su temperatura hasta valores próximos al punto donde se inicia la congela-

ción del agua de la carne, es decir, valores cercanos a - 1.5 ° C. Normalmente se entiende que la carne, conservada en refrigeración ha estado a una temperatura en un intervalo de 0 ° C a 4 ° C. (Price et al 1.976, Farchmin 1.977, Jasper et al 1.978).

Debe distinguirse claramente la diferencia entre la refrigeración y la conservación en refrigeración; en el primer proceso se disminuye la temperatua hasta un valor determinado en el rango de refrigeración, en el segundo proceso lo que se hace es mantenerla en el rango de refrigeración.

Las demandas energéticas de estos dos procesos son diferentes, siendo generalmente mucho mayores las relativas a la refrigeración que al proceso de conservación en refrigeración.

La forma de hacerlo varía con la especie y con las condiciones particulares de la canal y de la carne.

Las canales bovinas una vez obtenidas se encuentran a una temperatura próxima a los 39 ° C, permitiendo poder establecer un aceptable potencial de acción con el medio ambiente que puede hallarse a 22 ° C, por ejemplo. Sí se aprovecha esa diferencia de temperatura entre la canal y el ambiente en un sitio que bien puede ser una sala del matadero, la primera fase del proceso de refrigeración se cumplirá allí, permitiendo además que comience a transcurrir parte de los procesos bioquímicos asociados con la muerte y que el agua de lavado de la canal (práctica común en los mataderos) sea eliminada de la misma, bien sea por goteo o por evaporación. La disminución de la temperatura que se produce aquí es poca, básicamente por el fluido de enfriamiento usado, aire natural, quien

tiene muy baja capacidad de enfriamiento, sin embargo, el ahorro energético, en algunos casos, puede ser importante. Este proceso conocido como oreo puede entenderse como una pre-refrigeración. (Farchmin, 1.977).

La refrigeración de canales se realiza básicamente con aire frio en una cámara aislada térmicamente hasta conseguir las condiciones finales deseadas. Se varía generalmente la velocidad del aire y la calidad del mismo, esta última propiedad se refiere a la humedad relativa. El agua de humidificación mejora las condiciones térmicas del aire. Un aire seco es menos buen refrigerante que otro a la misma temperatura pero con un 100% de humedad. La velocidad del aire también mejora la rata de pérdida del calor de la canal. Una vez enunciadas estas características se determina que la mejor forma de enfriar canales de bovino con aire es saturándolo de humedad y moviéndolo a altas velocidades lo que se logra con un proceso conocido comercialmente como turbochill, pero es costoso. Condiciones de velocidad del aire más bajas y humedades relativas bajas, dan por resultado tiempos de refrigeración prolongados, con el respectivo efecto sobre la calidad, y pérdidas de humedad por evaporación, importantes. Velocidades bajas con humedades relativas altas, si bien es cierto acortan un poco el tiempo de refrigeración y disminuyen las pérdidas por evaporación, también lo es que humedecen la superficie de las canales favoreciendo la proliferación de microorganismos. (Price et al 1.976, Jasper et al 1.978).

Estos dos últimos métodos son menos costosos que el primero, pero tambien, menos eficientes.

Podría pensarse en un flúido de mayor capacidad de refrigeración para ser utilizado en canales de bovino pero los