

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



**“ALTERNATIVAS DE UTILIZACIÓN DEL PLASMA Y LA
GLOBINA DE LA SANGRE DE BOVINO”**

TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA

BEATRIZ ROCHA SÁNCHEZ

MÉXICO, D. F.

2006.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado Asignado:

Presidente Prof. Federico Galdeano Bienzobas.

Vocal Prof. Eduardo Mendoza Martínez.

Secretario Prof. Miguel Ángel Hidalgo Torres.

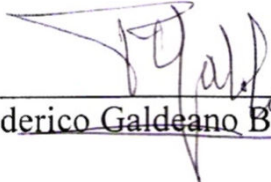
1er. Suplente Prof. Agustín Reyo Herrera.

2do. Suplente Prof. Rafael Carlos Marfil Rivera.

Sitio en donde se desarrolló el tema:

Biblio-hemeroteca de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Circuito Interior s/n Ciudad Universitaria. Delegación Coyoacán, México D. F.

Asesor:



Federico Galdeano Bienzobas

Sustentante:



Rocha Sánchez Beatriz

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por haberme permitido, a través de salud y fuerzas, llegar hasta aquí a pesar de las situaciones tan difíciles que pasé.

A la Gloriosa Universidad Nacional Autónoma de México porque desde bachillerato, me ha brindado la oportunidad de estudiar para crecer profesional y personalmente.

A la Facultad de Química que durante casi 6 años se convirtió en mi casa.

A todos y cada uno de los profesores que contribuyeron en mi formación y de manera muy especial a aquellos que además de transmitirme sus conocimientos me brindaron apoyo moral cuando lo necesité y su amistad...Rosa Luz Cornejo, y Patricia Severiano.

Al Profesor Federico Galdeano por el apoyo brindado en la realización de este trabajo, así como a los profesores Eduardo Mendoza y Miguel Ángel Hidalgo por sus valiosas aportaciones al mismo.

A mis amigos de mi ex laboratorio del Instituto de Investigaciones Biomédicas, Luis Macedo, Paty Tafolla, Lety Aldana y Rocío Rugerio por las magníficas horas de convivencia en las que reíamos y reíamos, gracias por todos los buenos momentos. Gracias también al Dr. Pablo Pérez por la oportunidad de trabajar con ellos.

A todos y cada uno de mis amigos y compañeros con los que pasé momentos de interminable tensión pero sobre todo momentos de alegría, de cotorreo, de relajación. La lista es grande, están incluidas muchas personas aunque sólo hayan sido contados los momentos compartidos, para mí fueron muy buenos momentos, todos a su manera aportaron algo a mi vida...

Sitzil, Tania, Bianca, Mario, Rodrigo Martínez, Ximena, Manuel, Luis Emmanuel, Juan Carlos Ramírez, Erika Reyes, Francisco Aguilar, Alicia Camacho, Jail, Luisito, Rodrigo Flores, Berenice, Nancy, Christian Orendain, Damián, Claudia Ferrand, Ramón, Sergio, Edgar, Roberto, Rebeca, Rocío, Paulina, Samantha, Daniela, Mario Alberto Reséndiz, Rodrigo Alonso, Rocío Tavera, Sazitl, Xelhua, Julieta, Señora Lety, Marce.

Edna te conocí algunos semestres después de iniciar la carrera pero eso no evitó que llegáramos a ser buenas amigas, gracias.

Ulises gracias por ser buen amigo, gracias por hacerme reír aún cuando las cosas se notaban difíciles, gracias por todos los buenos momentos.

Paola no sé como agradecer todo tu apoyo y compañía durante todo este tiempo, gracias por todo, sabes que desde que te conocí eres mi muy mejor amiga y espero que lo sigas siendo por mucho tiempo más. Gracias.

Finalmente, gracias a ti Alberto, gracias por todo el apoyo que me brindaste, por todos los días que pasamos porque me parece y estarás de acuerdo que fuiste una de las personas con las que pasé más tiempo durante la carrera. Gracias por ser buen amigo, por todas esas horas de risa, de enojo, de juego, de vida. Muchas Gracias.

DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicarlo a mis padres Ambrosio y Agustina por su esfuerzo y el apoyo que me han brindado así como a mis hermanos María, Juan y Teresa. También a mi primo German y a todas las personas que creyeron en mí.

ÍNDICE

1.0 INTRODUCCIÓN	1
2.0 OBJETIVO	3
3.0 GENERALIDADES DEL GANADO BOVINO	4
3.1 Desarrollo histórico.....	4
3.4 Tipos de Rastros en México.....	10
3.4.1 El sacrificio	12
3.5 Obtención de subproductos.....	17
3.6 Obtención de sangre.....	19
4.0 SANGRE DE BOVINO	21
4.1 Composición de la sangre	21
4.1.1 Plasma Sanguíneo	22
4.1.2 Otras sustancias contenidas en la sangre	23
4.1.3 Células de la sangre	24
4.2 Formación de la sangre	25
4.3 Funciones de la sangre	26
4.4 Propiedades Físicas de la sangre.....	28
4.5 Coagulación	29
4.6 Aprovechamiento de la Sangre	30
4.7 Fraccionamiento de la sangre.....	34
4.7.1 Obtención de plasma y sedimento celular en polvo.....	35
4.7.2 Obtención de plasma coagulado.	39
4.7.3 Obtención de globina.	40
5.0 EL PLASMA.....	44
5.1 Composición	44
5.2 Valor nutritivo.....	47
5.3 Propiedades funcionales.....	50
5.4 Aprovechamiento	53
6.0 LA GLOBINA.....	63
6.1 Composición	63
6.2 Valor nutritivo.....	65
6.3 Propiedades Funcionales.....	66
6.4 Aprovechamiento	69
7.0 CONCLUSIONES.....	72
8.0 BIBLIOGRAFÍA	74

1.0 INTRODUCCIÓN

En México el sector pecuario es muy diverso y se extiende por todo el territorio nacional, este sector está constituido por la cría de ganado bovino, porcino, caprino, ovino y avícola principalmente. La mayor parte de la producción pecuaria del país corresponde al ganado bovino; durante 2004 la producción de este ganado fue de alrededor de 32 millones de cabezas de las cuales aproximadamente 30 millones correspondieron a ganado bovino para producción de carne.

La producción de carne mediante el sacrificio de ganado bovino se lleva a cabo principalmente por tres tipos de matanza, la realizada en rastros Tipo Inspección Federal (TIF), en rastros Tipo Inspección de la Secretaría de Salud (TSS) también conocidos como rastros municipales y la matanza clandestina desarrollada en establecimientos ilegales bajo nulas condiciones higiénicas.

Siendo distintas las condiciones tanto higiénicas como de infraestructura entre los tres tipos de establecimientos en los que se realiza el sacrificio de ganado se presenta en ellos una constante, la mayor parte de la sangre obtenida como subproducto no es aprovechada y salvo una pequeña cantidad utilizada en la elaboración de moronga y harina de sangre, es vertida directamente al drenaje. Este hecho provoca un serio problema de contaminación de agua y suelo además de que la presencia de sangre en el ambiente es un punto a favor de la proliferación de fauna nociva.

Según datos reportados por SAGARPA, en México durante el año 2004 se sacrificaron 26 millones de cabezas de ganado de las cuales poco más de 7.5 millones correspondieron a ganado bovino. De cada bovino sacrificado es posible obtener de 10 a 12 L de sangre, por lo que prácticamente podrían recuperarse hasta 91 800 000 L o alrededor de 96 000 ton de sangre. Considerando la siguiente composición media: 80% de agua y 20% de sólidos de los cuales el 96% son proteínas y el 4% restante compuestos menores, se entiende que es posible recuperar alrededor de 18 400 toneladas de proteínas únicamente de origen bovino.

Esta es una posible solución al desperdicio de este subproducto de la industria cárnica ya que la recuperación de proteínas sanguíneas es valiosa desde el punto de vista nutrimental debido a la presencia de aminoácidos esenciales que se encuentran en poca cantidad en otros alimentos. Además la funcionalidad tanto de la fracción plasmática como de la globina es muy buena lo que permite emplearlas como ingredientes en una gran variedad de productos alimenticios y no de forma exclusiva en productos cárnicos.

2.0 OBJETIVO

Realizar una investigación bibliográfica exhaustiva y actualizada acerca de la recuperación de proteínas del plasma y de la globina de la sangre de bovino recolectada de rastros, así como de las alternativas para su aprovechamiento en la industria.

3.0 GENERALIDADES DEL GANADO BOVINO

3.1 Desarrollo histórico

Los bovinos se desarrollaron en el subcontinente indio y solo se propagaron a otras partes de Asia, al norte de África y Europa tras la glaciación hace unos 250 000 años. Se pueden distinguir dos subtipos: el jorobado *Bos primigenius namadicus* (antepasado de los cebúes actuales) y el *Bos primigenius primigenius* que carecía de joroba y dio lugar a los bovinos europeos actuales (Phillips C. J. C. 2003).

Los bovinos domésticos fueron desarrollados a partir de los salvajes *Bos primigenius* en medio oriente probablemente hace unos 8 000-10 000 años, con el objetivo de obtener leche y carne así como por su fuerza de tiro.

A mediados del siglo XVIII se introdujo el entrecruzamiento, el uso de sementales probados, la selección y el sacrificio de los ineptos, con lo que se dio lugar al desarrollo de muchas de las razas británicas actuales. Robert Bakewell fue uno de los primeros ganaderos ingleses que intentó mejorar la calidad del ganado vacuno (Lawrie R.A. 1998). A diferencia de la mayoría de ganaderos que realizaban cruces entre razas, Bakewell se dedicó a mejorar genéticamente a los individuos de una sola raza: la Longhorn con el objetivo de utilizarla únicamente para la producción de carne. Seleccionó especialmente la capacidad de engorde rápido y la de desarrollar depósitos subcutáneos de grasa en las extremidades superiores.

El legado de Bakewell es muy importante en el desarrollo de nuevas y mejores razas de bovino. Sobre todo, por que esto lo consiguió a través de un proceso de investigación científica, mismo que siguieron muchos criadores pioneros en Gran Bretaña para el desarrollo de razas para variedad de propósitos: producción de carne, leche o producción dual (Phillips C. J. C. 2003).

Tabla 1. Algunas razas de vacuno del Reino Unido

Razas para carne	Razas lecheras	Razas de doble finalidad
Charolais, Limousin, Simmental, Hereford, Aberdeen Angus, Belgian Blue, Blonde d' Aquitaine, South Devon, Beef Shorthorn, Wels Black, Devon, Lincoln red, Murray Grey, Sussex, Galloway.	Holstein/Friesian, Jersey, Ayrshire, Guernsey, Dairy Shorthorn.	Meuse Rhine Issel Dexter Red Poll.

Fuente: Lawrie R.A.1998.

3.2 Características del ganado bovino.

El ganado bovino es muy importante en la producción de alimentos, razón por la cual actualmente se encuentra distribuido en todas las zonas climáticas principales. A pesar de esto, el bovino se encuentra mejor en regiones templadas con lluvias constantes que permitan un buen crecimiento de la hierba para el pastoreo durante una buena parte del año. En climas fríos la cría del ganado se realiza en instalaciones interiores por lo menos por 6 meses. Mientras tanto, en los climas mediterráneos es menor la cría de bovinos debido a que es un clima muy árido para este ganado y por ellos es más frecuente la cría de ovinos y caprinos (Phillips C. J. C. 2003).

El bovino es un animal grande, de cuerpo robusto, patas fuertes y gruesas y cola larga con pelos en su extremo distal. La parte occipital del cráneo forma un ángulo agudo con la cara. La parte anterior del cuerpo es más masiva que la posterior y la espalda es prácticamente recta. El pelaje es corto y suave y es más denso en invierno. La coloración general es café en diferentes tonos, aunque actualmente van del negro total, al blanco, con patrones de manchas, etc. Ambos sexos poseen cuernos, pero son más grandes en los machos y se encuentran insertos distanciados entre sí en la parte superior del cráneo, pero desplazados a los lados de la cabeza. Los cuernos de los machos llegan a ser de hasta 800mm de largo. Una de las variedades de ganado doméstico es el cebú que tiene una característica joroba en el lomo y una papada grande, orejas gachas y grandes y su coloración puede ser café claro, gris, o negro (Álvarez-Romero, J.; Medellín. R. A. 2005).

La estructura del animal productor de leche debe ser angulosa, con una cubierta de carne relativamente pequeña y de cuerpo cilíndrico y su tejido mamario deberá estar particularmente desarrollado. El bovino para carne deberá estar bien cubierto de musculatura y ser corpulento y compacto para reducir la proporción de hueso. El desarrollo muscular deberá ser marcado en las nalgas, a lo largo de la espalda y hacia abajo por las patas.

La Aberdeen Angus ha sido considerada como la primera raza de carne de buena calidad. Sus canales dan una alta proporción de los cortes más demandados, normalmente suelen tener una cantidad sustancial de grasa y la calidad comestible de su carne es excelente (Lawrie R.A. 1998).

3.3 Producción Nacional

En México, el ganado bovino deriva en parte del ganado español introducido por los conquistadores, aunque hoy en día podemos observar un alto grado de cruza sin distinción de ganado europeo y cebuino que han sido introducidos en los pasados 70 años.

El ganado lechero es predominantemente de razas europeas, mientras que las razas de carne son más bien originarias de recientes importaciones de ganado americano y brasileño. Los animales más cercanos al ganado introducido por los españoles, son los denominados criollos puros, que ahora se encuentran en las regiones más remotas del país y que son capaces de soportar condiciones desérticas y alimentarse por ramoneo y de hierbas. Los más comunes son los criollos mixtos, que resultan de la cruce de los primeros con las variedades europeas, americanas y asiáticas de ganado bovino (Álvarez-Romero, J.; Medellín. R. A. 2005). Dentro del ganado bovino nacional se encuentran presentes las siguientes razas:

Tabla 2. Principales razas de ganado bovino en México.

Aberdeen Angus	Guzarat	Piamontesa
Beefmaster	Hereford	Romagnola
Belga azul	Holstein Friesian	Salers
Bradford	Indobrasil	Santa Gertrudis
Brahaman	Jersey	Simental
Brangus	Limousin	Tuli
Charolais	Marchigiana	Tropicarne
Droughtmaster	Nellore	
Gyr	Pardo Suizo	

Fuente: Gasque R.2001

México es un buen productor ganadero, no únicamente de ganado bovino, sino también de ganado porcino, ovino, caprino. Sin embargo, la producción de bovinos es mayoritaria y ha venido en aumento, no así la de ovinos y caprinos, que se ha mantenido constante ni la de porcinos, que incluso, ha venido disminuyendo en los últimos años según se puede apreciar en la siguiente tabla:

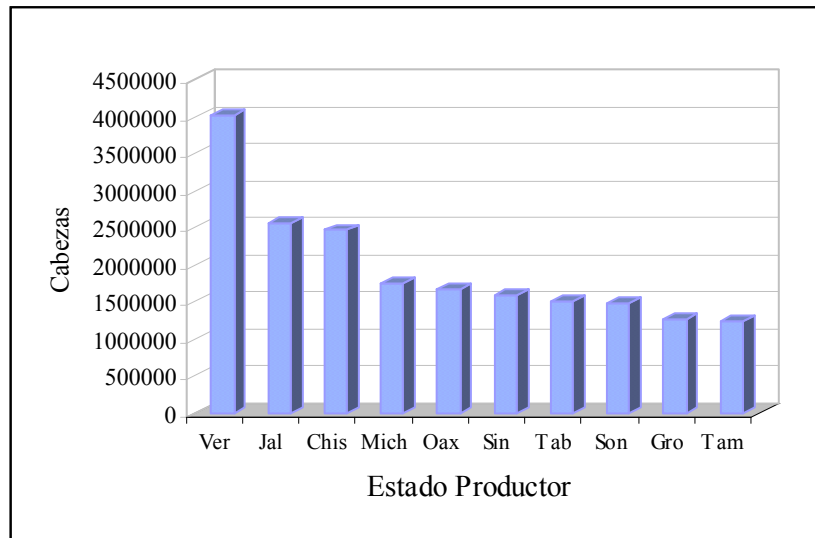
Tabla 3. Producción pecuaria en México (1999 – 2003). Cabezas.

	1999	2000	2001	2002	2003
Bovino	30 177 135	30 523 735	30 620 933	31 390 432	31 476 600
Bovino para Carne	28 313 158	28 449 218	28 480 803	29 224 283	29 306 931
Bovino para leche	1 863 977	2 074 517	2 140 130	2 182 672	2 169 669
Porcino	15 747 833	16 087 507	17 583 863	15 122 885	14 625 199
Ovino	5 948 764	6 045 999	6 164 757	6 417 080	6 819 771
Caprino	9 068 435	8 704 231	8 701 861	9 130 350	8 991 752
Ave	366 081 183	366 964 166	391 110 356	402 459 417	413 914 694
Guajolote o pavo	4 863 581	4 934 095	4 97 6 810	4 928 090	4 806 339

Fuente: Sistema de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA

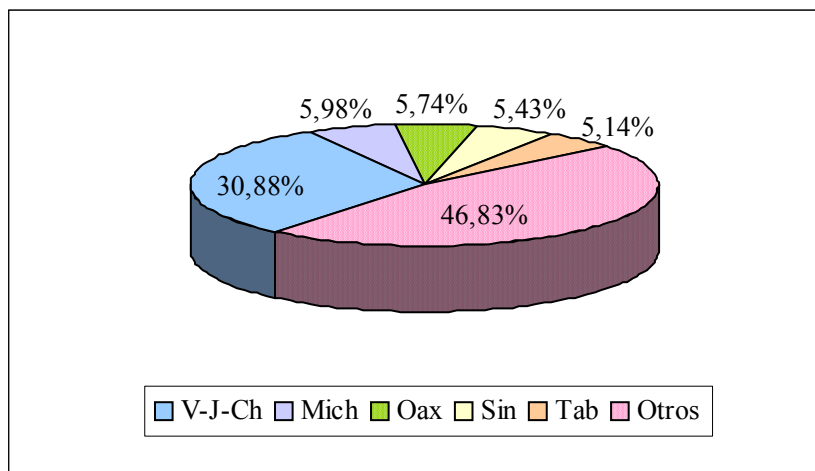
La ganadería bovina destaca por su importancia comercial. Se practica de forma extensiva en estados de la República como Veracruz, Jalisco y Chiapas, los cuales concentran un poco más de la cuarta parte de las existencias nacionales (9 049 249 cabezas, es decir alrededor del 30%). Junto con éstos, Michoacán, Oaxaca, Sinaloa y Tabasco producen prácticamente el 55% de la población bovina nacional. De aquí una buena parte se destina a la exportación principalmente hacia Estados Unidos. En algunos otros la ganadería se orienta de forma general a satisfacer la demanda del mercado interno.

Gráfica1. Principales Estados Productores de ganado bovino para carne (2003)



Fuente: Sistema de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA

Gráfica2. Participación de los principales estados productores de Ganado Bovino en la Producción Nacional de México (2003).



3.4 Tipos de Rastros en México

La industria de la matanza de bovinos en México opera en 3 tipos de rastro:

- a) Rastros Tipo Inspección Federal (TIF). Son los que tienen mejores condiciones sanitarias, con cadena de frío, prácticas humanitarias de sacrificio y (en algunos de ellos) aprobación para exportar a diversos países. En ellos se sacrifica alrededor del 20% del ganado.

Este tipo de rastro opera fundamentalmente para que sus productos se destinen a la comercialización de grandes centros urbanos y a la exportación, razón por la cual la inspección sanitaria se realiza sobre las carnes y en los procesos de industrialización.

Según la Administración de rastros municipales las funciones y actividades que se realizan en el rastro TIF son las siguientes:

- ✓ Matanza, que comprende el degüello y evisceración de animales, corte de cuernos, limpia de pieles y lavado de vísceras.
- ✓ Manejo de canales, que consiste en el corte de carnes.
- ✓ Empacadora de carnes, en la que se realizan embutidos como jamón, salchicha, salame, así como también chorizos y patés.
- ✓ Sutura clínica, donde se producen hilos para cerrar heridas.
- ✓ Industrialización de esquilmos, que consiste en el aprovechamiento de los desechos cárnicos para la producción de harinas y comprimidos destinados al alimento de animales.

La ventaja de los rastros TIF, es que el animal es mejor aprovechado favoreciendo con ello un mayor rendimiento y abaratamiento de la carne en beneficio de la economía familiar.

b) Rastros Tipo inspección de la Secretaría de Salud (TSS).Rastros Municipales. En ellos se sacrifica al 50% del ganado. Sus prácticas de operación son muy variables e inferiores a las de los rastros TIF. No se tiene un registro del número de rastros municipales pero se estiman en alrededor de 200 en todo el país. Se caracterizan por el equipamiento y servicios que proporcionan, así como por el tipo de inspección que lleva a cabo la Secretaría de Salud consistente en el control sanitario de la carne.

Las funciones y actividades que comprende son:

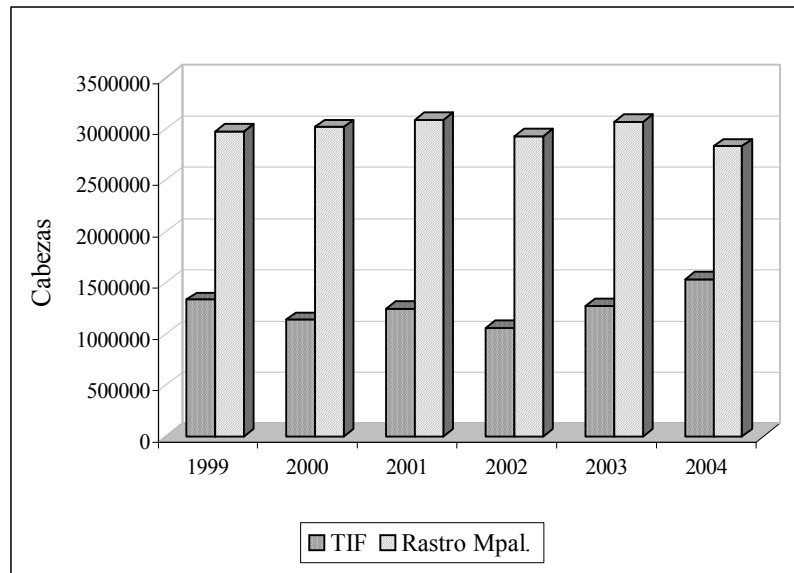
- ✓ Matanza, en ella se realiza el degüello y evisceración de los animales, corte de cuernos, limpia de pieles y lavado de vísceras.
- ✓ Manejo de canales, que consiste en el corte de carnes.
- ✓ Comercialización directa, en donde se expenden los productos derivados del sacrificio del ganado.

c) La matanza clandestina. Se realiza fuera de instalaciones adecuadas, sin inspección ni condiciones higiénicas mínimas. Se estima que representa el 30% del total nacional (Livestock Sector Report. México. FAO, 2003).

Debido a la falta de recursos tanto para la remodelación y/o construcción de instalaciones adecuadas, como para la adquisición de maquinaria y equipo necesarios para el sacrificio del ganado, se hace muy difícil la instalación de rastros TIF. Ante esta situación es más que evidente que la mayor parte de las cabezas de ganado son procesadas en rastros municipales

para la obtención de carne de consumo humano, según se puede observar en la siguiente gráfica:

Grafica 3. Comparativo de Sacrificio de Bovinos realizados en Plantas TIF y Rastros Municipales en México (1999-2004)



Fuente: INEGI

3.4.1 El sacrificio

Por sacrificio se entiende la muerte profesional e indolora de animales por sangrado y la subsiguiente manipulación con adecuado despiece de la canal (Prändl O.; Fisher A. 1994). Antes del sacrificio se evitará toda maniobra que excite o suponga maltrato para el ganado de abasto.

Lo mismo que en el manejo previo al sacrificio de animales vivos, se deben utilizar prácticas humanitarias e higiénicas en las operaciones de aturdimiento, trabado, degüello y sangría de los animales cuya carne tiene que ser vendida para consumo humano. Una vez que el animal ha sido aturdido certeramente, es esencial que sea trabado, colgado, degollado y sangrado sin

demora. Las siguientes son las operaciones seguidas en los rastros para obtener la carne de consumo:

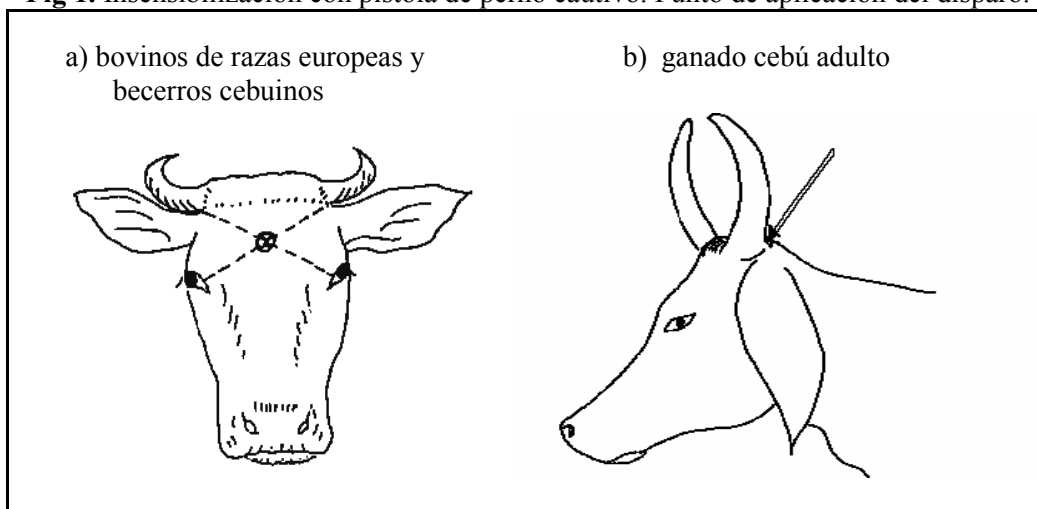
1. Conducción. Los animales deben trasladarse a la nave de sacrificio por el camino más corto y seguro. Así mismo se hará todo lo posible para evitar los estancamientos y retrasos por lo que de ser necesario los animales se azuzarán con vástagos electrificados para que progresen, sin embargo no es recomendable la utilización de éste aparato.

2. Aturdimiento. Mediante esta operación el animal debe perder la sensibilidad y la conciencia, así como quedar inmobilizado. Para ello, el aturdimiento tiene que ser rápido y no estimular al animal.

Tipos de aturdimiento

- Golpe en la cabeza
- Golpe con percutor romo
- Hundimiento de un vástago en el cerebro
- Acción de corriente eléctrica sobre el cerebro
- Inhalación de gases

Fig 1. Insensibilización con pistola de perno cautivo. Punto de aplicación del disparo.



FUENTE: NOM-033-ZOO-1995

3. Trabado. Los animales aturcidos se sujetan por una extremidad posterior a la cadena de una brida transportadora y, una vez elevados, se trasladan suspendidos hasta la sección de degüello.

4. Degüello y sangrado. El degüello se realiza de manera que resulten seccionados los vasos sanguíneos, tras lo cual la actividad cardíaca y el pulso hacen fluir la sangre por los vasos cortados. En los bovinos se practica en el cuello un corte longitudinal; luego se cortan las arterias cervical y braquial poco antes de su bifurcación en la región anterior del pecho. Es importante obtener la sangre en condiciones de limpieza cuando está se vaya a utilizar como alimento o como constituyente de productos alimenticios. Adoptando precauciones higiénicas adecuadas los índices microbianos pueden mantenerse en la magnitud de 1×10^4 - 1×10^5 UFC/mL. Para evitar la proliferación de éstos, tras su obtención la sangre ya desfibrinada debe refrigerarse.

5. Separación de los cuernos, pezuñas y cabeza. Estas actividades se realizan antes del desuello de la canal. Como se verá más adelante, esos desechos pueden ser aprovechados en la industria y al ser retirados se almacenan para su posterior utilización.

6. Desollado. En el desollado de la canal, se separa del tejido subcutáneo la piel, constituida por la epidermis y el corium, haciendo lo posible por no romperla, ni dejar adheridos a ella restos de carne o tejido adiposo. El desollado se realiza de forma manual o bien mediante máquinas.

El desollado manual puede practicarse con las canales suspendidas o bien manteniendo éstas en decúbito supino sobre caballetes desplazables, para acabar el desollado con las reses

colgadas. Se utilizan cuchillos y/o cuchillas de desollado. El inconveniente del desollado manual son los largos tiempos de operación, el requerimiento de mucho personal y el peligro de contaminación de los canales.

El desollado mediante máquinas se realiza generalmente bajo el siguiente procedimiento. Se coloca la canal de manera que se puede realizar en ella un corte en la cara interna de las extremidades y otro corte longitudinal que incida la piel de la región abdominal inferior; luego la piel de las 4 extremidades y de la cola y su entorno se desprende a mano en una anchura de 30-40 cm. Después se fija la piel al aparato desollador y se desprende mecánicamente.

Un procedimiento más simple y comúnmente utilizado consiste en desplazar la canal fijada por las extremidades anteriores y posteriores mediante una cinta transportadora en posición horizontal; la piel se fija a una segunda cadena transportadora y es separada hacia abajo.

7. Eviscerado de los canales. Se realiza a mano, con la ayuda de herramientas y máquinas (sierras). Las extremidades posteriores se separan entre sí. Se practica un corte medial a nivel de la pelvis con lo cual se abre la parte posterior del abdomen, luego por medio de una sierra se corta la pelvis en la juntura. Con una incisión circular se elimina el ano de la canal. El recto separado de su piel se fija de manera que no pueda deslizarse al interior de la cavidad abdominal y ensucie la canal. Se amplía el corte hasta el esternón, se extraen las vísceras pélvicas y abdominales (excepto los riñones). El esófago debe atarse en los dos extremos antes de seccionarse para evitar la salida del contenido estomacal o esofágico. En los bovinos se secciona la porción tendinosa del diafragma y se extraen los pulmones, el corazón y la tráquea.

8. División de la canal. Las canales de los bovinos de más de 2 años de edad (o con peso vivo superior a los 220 Kg) se suelen cortar por su línea media seccionando la columna vertebral, con lo que resulta abierto el canal vertebral. El corte puede efectuarse con cuchilla, con sierra de cinta de mano o con sierra circular (en las instalaciones de funcionamiento automático). Al seccionar las canales hay que poner especial cuidado en eliminar el revestimiento de grasa, esquirlas óseas, médula espinal y sangre residual de la hoja de la sierra y de la superficie de sección de la canal ya que en estas sustancias es rápida la proliferación microbiana y podría provocarse la descomposición de la canal.

9. Lavado. La limpieza de la canal se realiza con chorro de agua fría fuera del recinto de sacrificio.

10. Inspección de la canal. Generalmente, el rastro cuenta con un médico veterinario que se encarga de evaluar la calidad de la carne y es quien decide si la canal es apta o no para el consumo humano.

Técnica de inspección

Una vez terminado el sangrado del animal, se procede al examen de las pezuñas para detectar posibles lesiones y se retiran los cordones espermáticos y los penes. La inspección post-mortem comprende: observación macroscópica, palpación de órganos, corte de músculos, corte laminar de nódulos linfáticos, de cabeza, vísceras y de la canal en caso necesario. Debe revisarse el estado nutricional del animal, el aspecto de las serosas; presencia de contusiones, hemorragias, cambios de color, tumefacciones; deformaciones óseas, articulares, musculares o de cualquier tejido, órgano o cavidad y cualquier otra alteración.

Cuando una parte de la canal se rechaza a consecuencia de lesiones o traumatismos leves, la canal se marca como retenida hasta retirar la porción dañada, la cual es decomisada.

De acuerdo al resultado de la inspección efectuada, las canales pueden ser liberadas para consumo nacional, exportación o conserva. Las canales, vísceras y cabezas no aptas para el consumo humano, se envían para destruirse a la planta de rendimiento o al horno incinerador, conforme a lo que disponga el médico veterinario oficial o aprobado.

11. Pesado y etiquetado de la canal. Después de efectuar la inspección se realiza el sellado, marcado o rotulado de los animales, sus canales, partes, carne y productos comestibles, con los signos distintivos de inspección bajo la vigilancia del personal oficial adscrito a la planta. Para el marcado de las canales y productos aprobados para consumo humano se utiliza tinta indeleble atóxica de color rojo; los productos decomisados deben marcarse con tinta negra. En el caso de vísceras, éstas son marcadas con sello eléctrico (NOM-009-Z00-1994).

3.5 Obtención de subproductos

Aunque la carne es el producto más cuantioso de un rastro, los diversos subproductos hacen una aportación importante en el peso y en los términos monetarios y desempeñan un papel importante en una diversidad de nuevas industrias.

Los subproductos de la industria cárnica están compuestos de materiales *comestibles* (utilizados directa o indirectamente para consumo humano y animal) y *no comestibles* cuyo tratamiento puede tener lugar en la planta o más frecuentemente, en locales distintos. Los subproductos incluyen además de las vísceras, el pelo, los pellejos, las pezuñas, los cuernos, las pieles y la sangre (Gracey J. F. 2001).

La siguiente tabla muestra algunos de los subproductos de origen bovino mayoritariamente aprovechados industrialmente:

Tabla 4. Subproductos de la industria cárnica.

Subproductos Brutos	Subproductos elaborados	Uso
Sangre fresca comestible	Plasma y hematíes	Adhesivo para embutidos, budín de sangre
Sangre fresca no comestible	Harina de sangre Albúmina de sangre	Adhesivo para piensos del ganado y de las aves de corral, abono, extintores de fuego de espuma. Preparación de cuero, mordiente
Grasa bruta comestible	Grasa comestible Oleo estearina Aceite oleoso chicharrones	Fines de fritura Goma de mascar Manteca para repostería Harina de carne, alimento para mascotas.
Grasa bruta no comestible	Grasa no comestible	Adhesivos para los piensos del ganado y de las aves de corral, lubricante, jabones, velas, glicerina, aceites biodegradables, detergentes líquidos.
Estómago: Panza	Tripa comestible	Uso comestible, alimento para mascotas, harina de carne
Intestino delgado	Transformado	Tripas para embutidos, suturas quirúrgicas, heparina
Intestino grueso	Transformado	Harina de carne
Glándula mamaria		Harina de carne, alimento para mascotas, productos farmacéuticos
Hueso fresco comestible	Grasa comestible Trozos de hueso	Manteca para repostería Gelatina/harina de huesos, sebo, alimento para mascotas
Esófago	Transformado	Harina de carne
Recortes de carrillos y cabeza		Productos cárnicos, embutidos
Pulmones		Alimento para mascotas, heparina
Cerebro		Comestible, productos farmacéuticos
Médula espinal		Harina de carne, productos farmacéuticos
Páncreas		Obtención de Insulina
Glándulas pituitaria y tiroides		Productos farmacéuticos
Bilis		Agente de limpieza en la fabricación de cuero, pinturas y colorantes, productos farmacéuticos
Piel	Piel prelavada Pelo Recortes no comestibles	Artículos de cuero, tripas de colágeno Fieltro, tapicería Abonos
Patas	Aceite de pezuñas Patatas y harina	Lubricantes refinados Harina de huesos, sebo, colas, gelatina, gomas de mascar para perros, botones, gelatina de pezuñas de vaca
Cuernos y pezuñas	Proteína extraída Harina Cuernos, pezuñas	Extintores de fuego de espuma Mezclado con pienso para el ganado, abonos Botones, mangos para cuchillos, etc., peines.
Material decomisado (canales y partes)	Carne y harina de huesos de mamífero	Piensos para el ganado y para las aves de corral

Fuente: Gracey J. F. 2001

3.6 Obtención de sangre

La obtención de este subproducto debe realizarse lo más rápido posible después del aturdimiento, del trabado y de la elevación. El degüello y la sangría ocasionan la muerte por la pérdida rápida de sangre y la consiguiente falta de oxígeno en el cerebro. La sangría completa tarda unos 6 minutos en todas las especies (Gracey J. F. 2001).

La sangre constituye aproximadamente un 3-6 % del peso del animal dependiendo de la especie y de la edad:

Tabla 5. Peso de la sangre del ganado vacuno, ovejas, cabras, cerdos y caballos.

Especie	Peso de la sangre (kg)
Ganado vacuno	13.6
Oveja y cabra	1-2.5
Cerdo	2.2-3.6
Caballo	12

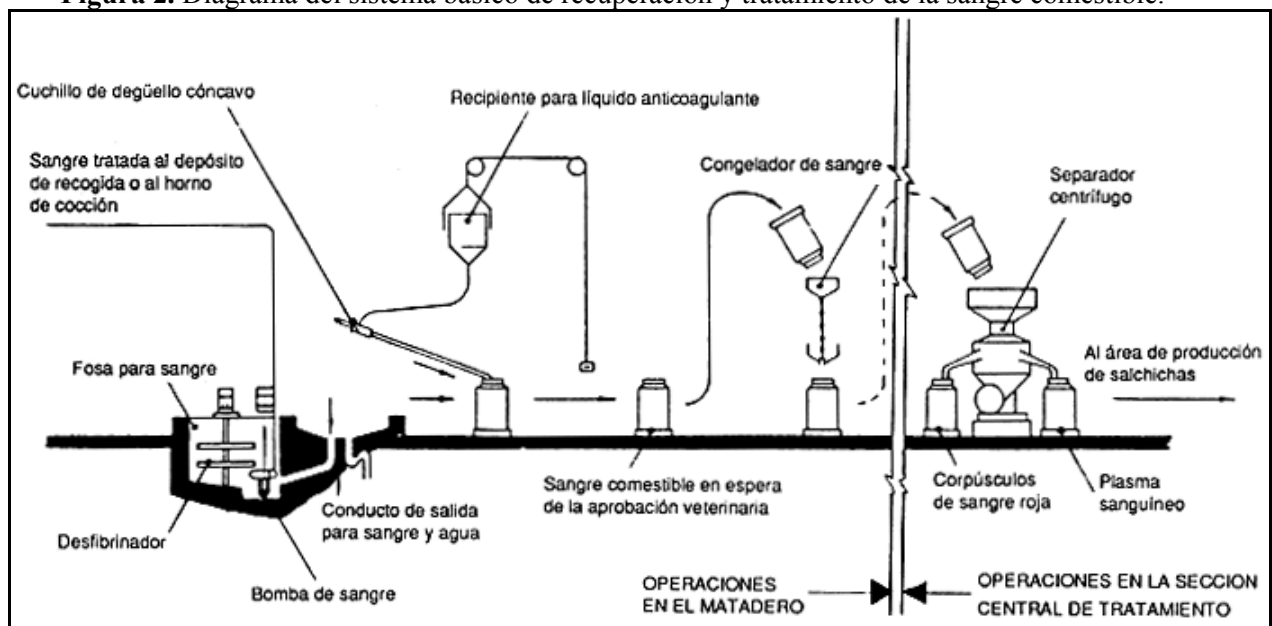
Fuente: Gracey J. F. 2001

La sangre consta de un plasma líquido (60-70%) y hematíes (20-40%). En la sangría solo se recupera más o menos la mitad del volumen de sangre total disponible en el animal. En el caso de los vacunos, por cada 1000kg de peso vivo se recolectan de 32.6-33.7kg de sangre, es decir de 26-26.5L de sangre con 80% de humedad. (Ockerman H. W.; Hansen C. L. 1994).

En el ganado vacuno, la recogida higiénica de la sangre sólo se puede realizar satisfactoriamente tomando determinadas precauciones como: fijar la cabeza por la nuca, eliminar la piel en el punto de incisión o estirar los bordes cutáneos tras practicar un corte en el cuello.

Usando un cuchillo hueco se evita que la sangre toque los bordes de la herida. Generalmente el cuchillo se encuentra conectado a un sistema de vacío (que mejora el flujo de la sangre) y al recipiente de recogida mediante una manguera a la cual se le adicionan anticoagulantes (citrato o fosfato de sodio o potasio para aportar de 0.8-1% de citrato) para evitar, precisamente, la coagulación de la sangre en dicho conducto. El cuchillo se tiene que esterilizar entre cada animal. Generalmente, en un mismo recipiente se recoge la sangre de varios animales y puede emplearse para consumo humano sólo después de que las canales de los animales cuya sangre se ha recogido en un mismo recipiente, hayan pasado la inspección sanitaria de manera satisfactoria. La sangre obtenida se almacena en refrigeración a 4° C (Prändl O., Fisher A. 1994).

Figura 2. Diagrama del sistema básico de recuperación y tratamiento de la sangre comestible.



FUENTE: Livestock Sector Report. México. FAO. 2003.

4.0 SANGRE DE BOVINO

4.1 Composición de la sangre

A pesar de que la sangre es un elemento constante en los organismos, su composición química cambia en función de factores como la raza, edad, estado fisiológico, alimentación, etc. Sin embargo se puede hablar de una composición media: 80% agua, 18% de proteínas y 2% de hidratos de carbono, lípidos y sales minerales.

Se divide en dos partes el plasma y el paquete celular, este último constituido por los glóbulos rojos, los glóbulos blancos y plaquetas. En el bovino, el plasma representa del 60 al 65% del total y el paquete globular del 35 al 40% (Linden G., Lorient D. 1996).

Tabla 6. Composición de la sangre, plasma líquido y paquete celular bovino (g/100mL)

Componente	Sangre	Plasma (60%)	Paquete celular (40%)
Agua	80-85	90-92	70-78
Proteínas	15-18	6-8	25-29
Lípidos	0.15	0.5-1	0.2
Hidratos de carbono	0.1	0.08-0.12	---
Sales Minerales	1	0.8-0.9	Trazas
Otras sustancias	0.55	0.2-0.3	---
Materia Seca	15-20	8-10	22-30

Fuente: Linden G. 1996

Una gran parte del plasma es agua, medio que facilita la circulación de muchos factores indispensables que forman la sangre. Un milímetro cúbico de sangre contiene unos 5 o 6 millones de glóbulos rojos (eritrocitos o hematíes); entre 5.000 y 10.000 de glóbulos blancos

(leucocitos) y entre 200.000 y 300.000 plaquetas (trombocitos). La sangre también transporta muchas sales y sustancias orgánicas disueltas.

4.1.1 Plasma Sanguíneo

El plasma es una sustancia compleja, su componente principal es el agua, es de color ámbar y su intensidad varía de acuerdo a la presencia de pigmentos biliares (bilirrubina), carotenos y otros pigmentos. También contiene proteínas plasmáticas, sustancias inorgánicas (como sodio, potasio, cloruro de calcio, carbonato y bicarbonato), azúcares, hormonas, enzimas, lípidos, aminoácidos y productos de degradación como urea y creatinina. Estas últimas sustancias aparecen en pequeñas cantidades.

Las proteínas del plasma tienen ciertas funciones generales, entre las que destacan las siguientes:

1. Mantenimiento de la presión osmótica de la sangre.
2. Participación en el equilibrio electrolítico.
3. Intervención en el proceso nutritivo, como fuente de aminoácidos para los tejidos.
4. Transporte de ligandos, tales como fármacos iones metálicos, hormonas, ácidos grasos, etc. (Rodríguez P. F. 1986).

Entre las proteínas plasmáticas se encuentran la *albúmina*, principal agente responsable del mantenimiento de la presión osmótica sanguínea y, por consiguiente, controla su tendencia a difundirse a través de las paredes de los vasos sanguíneos; una docena o más de proteínas, como el *fibrinógeno* y la *protrombina*, que participan en la coagulación; *aglutininas*, que producen las reacciones de aglutinación entre muestras de sangre de tipos distintos y la reacción conocida como anafilaxis, una forma de shock alérgico, y *globulinas* de muchos tipos, incluyendo los anticuerpos, que proporcionan inmunidad frente a muchas

enfermedades. Otras proteínas plasmáticas importantes actúan como transportadores hasta los tejidos de nutrimentos esenciales como el cobre, el hierro, otros metales y diversas hormonas.

4.1.2 Otras sustancias contenidas en la sangre

Hidratos de carbono.

El "azúcar sanguíneo" está constituido en los animales adultos principalmente por la glucosa, aunque existe además de este azúcar libre, otros monosacáridos ligados a proteínas plasmáticas como la manosa y la galactosa.

Lípidos.

La mayor parte de los lípidos presentes en la sangre está constituida por grasas neutras, colessterina y fosfátidos; una fracción de los lípidos se encuentra unida a proteínas.

Oligoelementos.

El hierro es el oligoelemento presente en mayor cantidad, se encuentra ligado a una proteína (la transferrina). El hierro presente en el suero es un hierro de transporte, llevado desde los lugares de absorción o de almacenamiento hasta el punto de utilización. El zinc que se encuentra en el suero también está ligado a una proteína. En cambio, la cantidad de cobalto, magnesio y yodo en la sangre es muy escasa.

4.1.3 Células de la sangre

Eritrocitos

Los glóbulos rojos tienen forma de discos redondeados, bicóncavos y con un diámetro aproximado de 7,5 micras. En el ser humano y la mayoría de los mamíferos los eritrocitos maduros carecen de núcleo. En algunos vertebrados son ovales y nucleados. La hemoglobina, una proteína de las células rojas de la sangre, es el pigmento sanguíneo especial más importante y su función es el transporte de oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, donde capta dióxido de carbono que conduce a los pulmones para ser eliminado hacia el exterior.

Leucocitos

Los glóbulos blancos de la sangre son de dos tipos principales: los granulados, con núcleo multilobulado, y los no granulados, que tienen un núcleo redondeado. Los leucocitos granulados o granulocitos incluyen los neutrófilos, que fagocitan y destruyen bacterias; los eosinófilos, que aumentan su número y se activan en presencia de ciertas infecciones y alergias, y los basófilos, que segregan sustancias como la heparina, de propiedades anticoagulantes, y la histamina que estimula el proceso de la inflamación. Los leucocitos no granulados están formados por linfocitos y un número más reducido de monocitos, asociados con el sistema inmunológico. Los linfocitos desempeñan un papel importante en la producción de anticuerpos y en la inmunidad celular. Los monocitos digieren sustancias extrañas no bacterianas, por lo general durante el transcurso de infecciones crónicas.

Plaquetas

Las plaquetas de la sangre son cuerpos pequeños, ovoideos, sin núcleo, con un diámetro mucho menor que el de los eritrocitos. Los trombocitos o plaquetas se adhieren a la superficie interna de la pared de los vasos sanguíneos en el lugar de la lesión y ocluyen el defecto de la pared vascular. Conforme se destruyen, liberan agentes coagulantes que conducen a la formación local de trombina que ayuda a formar un coágulo, el primer paso en la cicatrización de una herida.

4.2 Formación de la sangre

Los eritrocitos se forman en la médula ósea y tras una vida media de 120 días son destruidos y eliminados por el bazo. En cuanto a las células blancas de la sangre, los leucocitos granulocitos o granulocitos se forman en la médula ósea; los linfocitos en el timo, en los ganglios linfáticos y en otros tejidos linfáticos. Las plaquetas se producen en la médula ósea. Todos estos componentes de la sangre se agotan o consumen cada cierto tiempo y, por tanto, deben ser reemplazados con la misma frecuencia. Los componentes del plasma se forman en varios órganos del cuerpo, incluido el hígado, responsable de la síntesis de albúmina y fibrinógeno, que libera sustancias tan importantes como el sodio, el potasio y el calcio. Las glándulas endocrinas producen las hormonas transportadas en el plasma. Los linfocitos y las células plasmáticas sintetizan ciertas proteínas y otros componentes proceden de la absorción que tiene lugar en el tracto intestinal.

4.3 Funciones de la sangre

Las funciones de la sangre en los organismos son muy variadas, pero las principales que pueden mencionarse son las siguientes:

a) Función respiratoria

Gracias a la hemoglobina contenida en los glóbulos rojos de la sangre es posible el transporte de oxígeno desde los pulmones a todas las células del organismo

b) Función Nutricional

La sangre transporta las sustancias nutritivas obtenidas de los alimentos a las células del organismo. Los compuestos de peso molecular bajo como la glucosa, aminoácidos y ácidos grasos llegan a ella principalmente para proporcionar energía y ser utilizados en la biosíntesis.

c) Función excretora

Los productos finales del metabolismo son transportados por el torrente sanguíneo a los órganos especializados en la excreción.

d) Función Defensiva

En la sangre se encuentran anticuerpos, enzimas, leucocitos encargados de los mecanismos de defensa contra microorganismos, toxinas, cuerpos extraños, etc.

e) Función Reguladora del equilibrio hídrico del organismo

Cuando el agua ingresa en exceso es retenida en los espacios intersticiales a fin de ser transportada por la sangre hacia los centros de excreción (riñones, pulmones o piel).

f) Función Reguladora del pH

La hemoglobina actúa como amortiguador, así como las proteínas séricas y el sistema bicarbonato-ácido carbónico. Gracias a esto los valores de pH de la sangre se encuentran dentro de límites muy estrechos y prácticamente sin variación.

g) Función reguladora de la presión osmótica

Debido al contenido proteínico y de sales en la sangre, la presión osmótica es mantenida prácticamente constante. Esto es importante en los fenómenos de intercambio capilar y para el equilibrio hídrico en todos los tejidos.

h) Función transportadora de hormonas

Las hormonas son transportadas por el torrente sanguíneo desde los lugares de síntesis hasta los lugares donde ejercen su acción (órganos efectores)

i) Función de transmisión de calor

Como resultado del metabolismo se genera una gran cantidad de calor misma que es distribuida por todo el cuerpo a través de la sangre. Las pérdidas de calor ocurren en la piel y los pulmones gracias a la eficaz intervención de la sangre.

4.4 Propiedades Físicas de la sangre

Color

El color de la sangre es debido al pigmento hemoglobina contenido en los eritrocitos. El color rojo de la sangre varía de acuerdo a la cantidad de oxígeno presente en la misma. La hemoglobina de la sangre arterial está prácticamente saturada de oxígeno (forma oxihemoglobina) y exhibe un color rojo claro. En cambio la sangre venosa es de color rojo oscuro debido a la pobreza de oxígeno presente.

Sabor y olor

Debido a su contenido de sales y a la importante presencia de hierro, la sangre tiene un sabor salado y ligeramente metálico. Debido a la escasa presencia de ácidos grasos volátiles procedentes del metabolismo, no tiene un olor netamente definido.

Densidad

Esta propiedad normalmente se encuentra entre 1.042 y 1.056. La densidad del plasma es de 1.019 a 1.029 y la de los eritrocitos de 1.084 a 1.098. Gracias a esta propiedad es posible realizar la separación de las fracciones por centrifugación.

pH

El pH de la sangre de los animales domésticos se encuentra entre 7.35 y 7.45 y gracias a la hemoglobina, las proteínas séricas y el sistema bicarbonato-ácido carbónico, se mantiene prácticamente sin variación, aún en condiciones patológicas.

Presión osmótica

Esta propiedad es debida principalmente a la presencia de sales de las cuales el cloruro de sodio representa aproximadamente el 54%. También es debida a los componentes orgánicos como los coloides plasmáticos.

Viscosidad.

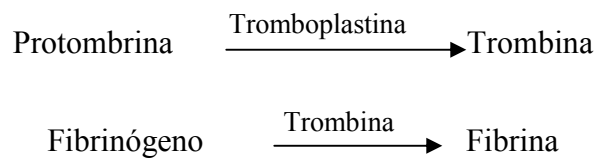
La viscosidad se mantiene generalmente constante, depende sobre todo del número de eritrocitos y del contenido proteínico del plasma. Alrededor de un tercio de la viscosidad total se debe al plasma.

4.5 Coagulación

Una de las propiedades más notables de la sangre es su capacidad para formar coágulos, o coagular, cuando se extrae del cuerpo. Dentro del organismo un coágulo se forma en respuesta a una lesión tisular, como un desgarro muscular, un corte o un traumatismo penetrante. En los vasos sanguíneos la sangre se encuentra en estado líquido, poco después de ser extraída adquiere un aspecto viscoso y más tarde se convierte en una masa gelatinosa firme. Después esta masa se separa en dos partes: un coágulo rojo firme que flota libre en un líquido transparente rosado que se denomina suero.

Un coágulo está formado casi en su totalidad por eritrocitos encerrados en una red de finas fibrillas o filamentos constituidos por una sustancia denominada fibrina. Esta sustancia no existe como tal en la sangre pero se crea, durante el proceso de la coagulación, por la acción

de la trombina, enzima que estimula la conversión de una de las proteínas plasmáticas, el fibrinógeno, en fibrina. La trombina no está presente en la sangre circulante. Ésta se forma a partir de la protrombina, otra proteína plasmática, en un proceso complejo que implica a las plaquetas, ciertas sales de calcio, sustancias producidas por los tejidos lesionados y el contacto con las superficies accidentadas. Si existe algún déficit de estos factores la formación del coágulo es defectuosa.



La adición de citrato de sodio elimina los iones de calcio (Ca^{2+}) de la sangre y por consiguiente previene la formación de coágulos. La carencia de vitamina K hace imposible el mantenimiento de cantidades adecuadas de protrombina en la sangre.

4.6 Aprovechamiento de la Sangre

La sangre recolectada higiénicamente en los rastros tiene muchas posibilidades de utilización, ya sea de forma entera o fraccionada, en la industria alimenticia o en otras más. Según la SAGARPA en México se sacrificaron alrededor de 26 millones de cabezas de ganado (bovino, porcino, ovino y caprino) en 2004. De esta cifra 7.5 millones de cabezas corresponden al ganado bovino, del cual es posible recuperar de 10 a 12 L de sangre en promedio por animal. Así se tiene que prácticamente podrían recuperarse hasta 91 800 000 L o alrededor de 96 000 ton de sangre, la cual contiene 20% de sólidos de los cuales 96% son hemoglobina, albúminas, globulinas y fibrinógeno; el restante 4% contiene otros compuestos

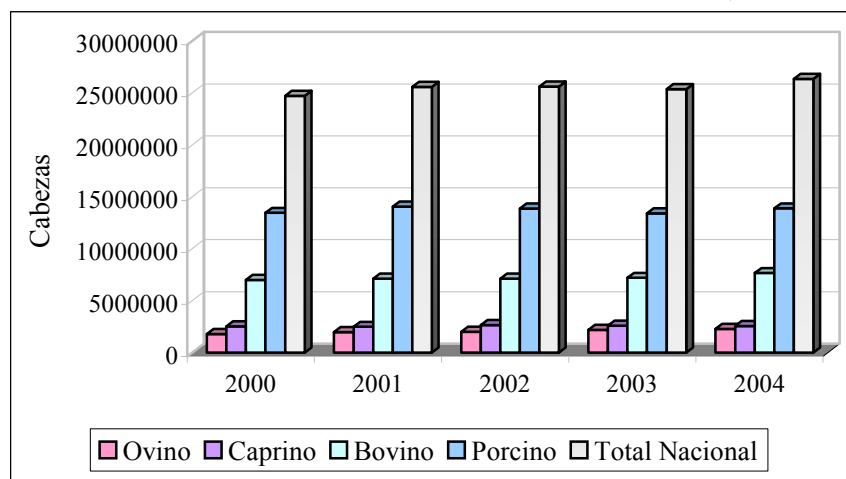
menores. Con esto se entiende que es posible recuperar alrededor de 18 400 toneladas de proteínas únicamente de origen bovino (SIAP, 2004. y Ockerman H. W.; Hansen C. L. 1994).

Tabla 7. Animales sacrificados en los rastros de México (2000-2004)

	2000	2001	2002	2003	2004
Ovino	1 790 281	1 962 642	1 996 688	2 173 329	2 259 747
Caprino	2 509 516	2 473 072	2 646 445	2 591 759	2 546 004
Bovino	6 975 749	7 099 784	7 111 997	7 190 363	7 650 065
Porcino	13 444 829	14 040 998	13 850 679	13 391 835	13 877 179
Total Nacional	24 720 375	25 576 496	25 605 809	25 347 286	26 332 995

Fuente: Servicio de Información y estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)

Grafica 4. Animales sacrificados en los rastros de México (2000-2005)



Fuente: Servicio de Información y estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)

Desafortunadamente en México la mayoría de los rastros son pequeños y no cuentan con los sistemas adecuados de recuperación de sangre, así que generalmente es desechada al drenaje ocasionando severos problemas de contaminación, o bien se utiliza en formas simples como lo es la elaboración de harina de sangre o la aplicación directa en embutidos y morcillas.

La harina de sangre es utilizada de distintas formas aunque la más frecuente es la fabricación de piensos para el ganado, como suplemento proteico, ya que la sangre es buena fuente de aminoácidos.

Tabla 8. Contenido de aminoácidos de la sangre de vacuno (%de la proteína total)

Aminoácido	Sangre de Vacuno Entera
Isoleucina	0.4-0.9
Leucina	12.4-13.6
Lisina	9.2-9.7
Metionina	1.3-1.8
Fenilalanina	7.0-8.0
Treonina	4.7-5.2
Triptófano	1.4
Valina	8.0-9.1
Histidina	5.6

Fuente: Ockerman H. W.; Hansen C. L. 1994

De hecho, la sangre entera tratada con urea al 1%, amoniaco al 0.5% o metabisulfito al 1%, puede mantenerse líquida sin la necesidad de anticoagulantes y así es utilizada directamente en los piensos para alimentación animal.

La harina de sangre es un producto granular de color marrón oscuro y seco (de 5 a 8% de humedad). Se obtiene de la desecación de la sangre entera, el rendimiento de harina de sangre a partir de la sangre entera es de aproximadamente 20%. La harina de sangre se elabora mediante cocción en una caldera de doble pared o por inyección directa de vapor con agitación para conseguir un calentamiento homogéneo y evitar atascos. Para evitar los malos

olores durante el secado, se añade óxido de calcio al 70% a un nivel de aplicación de 0.5-1.5%. El producto cocido de color marrón oscuro se prensa para eliminar la humedad y se deseca al aire libre o en horno a 60° C hasta alcanzar el nivel de humedad deseado. Finalmente se muele hasta conseguir un polvo que bien puede ocuparse en la elaboración de piensos para ganado, o bien como fertilizante. El inconveniente de utilizar la harina de sangre como fertilizante, es que atrae enormemente a los roedores. La conservación de la harina de sangre aumenta cuando es procesada con óxido de calcio. Cuando esto no ocurre, no se puede guardar más de un mes.

Al desecar la sangre a altas temperaturas y /o largos períodos de tiempo se disminuye su valor nutritivo. Como alternativa para la desecación existen los desecadores de lecho fluido o desecador por aspersión en los que la sangre es atomizada y secada por una corriente de aire caliente.

En general, la composición de la harina de sangre es la siguiente:

Tabla 9. Composición de la harina de sangre.

Humedad	8-12%
Proteína	75-83%
Grasa	1.2-1.6%
Fibra bruta	0.8%
Cenizas	3.8-5.6%
Azúcar	0.4%
Extracto libre de N	2.6%
Vitaminas	
Niacina	31.5 mg/kg
Ácido pantoténico	1.1 mg/kg
Riboflavina	1.5 mg/kg

Fuente: Ockerman H. W.; Hansen C. L. 1994

Otra forma de utilizar la sangre es en la elaboración de carbón de sangre el cual se prepara mezclando la sangre con agentes activadores y calentando la mezcla en recipientes herméticos

a 650-750° C en un horno durante 6-8 horas. El carbón de sangre contiene un 80% de carbono y se emplea como absorbente de gases, como decolorante industrial y como antídoto en envenenamientos químicos.

Algunos de los activadores utilizados en la preparación de carbón de sangre son el cloruro de zinc, sulfuro potásico, tiocianato potásico, ácido fosfórico, ácido sulfúrico, hidróxidos y carbonatos de metales alcalinos, cloruro de magnesio, cloruro de calcio, dióxido de carbono, carbonato de potasio o carbonato de sodio.

Otros usos industriales de la sangre la incluyen como componente de algunos tipos de adhesivos, en la industria de las colas, como fertilizante, en productos cerámicos moldeados, como estabilizante en materiales biológicos y medicamentos y en las espumas de extintores contra incendios, particularmente en los fuegos de líquidos inflamables como los hidrocarburos (gasolina, fuel, éter y naftas).

4.7 Fraccionamiento de la sangre

Por su valor nutritivo la sangre puede ser utilizada en productos alimenticios humanos pero debido a que se ha observado que su utilización en productos cárnicos como los embutidos, hace que éstos se pongan oscuros y sean poco apetecibles, sólo pueden adicionarse pequeños porcentajes de sangre a dichos productos. Por lo anterior se ha empezado a utilizar la sangre fraccionada en sus distintos componentes buscando la forma de aprovechar su alto contenido proteínico en beneficio de la nutrición humana.

En general las fracciones principales de la sangre que se busca recuperar son por un lado, el sedimento celular y por otro el plasma.

4.7.1 Obtención de plasma y sedimento celular en polvo.

La sangre obtenida higiénicamente de los animales sacrificados en los rastros es almacenada con anticoagulante en refrigeración dentro de recipientes herméticos. El anticoagulante más utilizado es el citrato de sodio en la concentración de 0.2% con o sin agua (2 partes de agua para una de citrato). También se utiliza la mezcla de fosfatos (22% de ortofosfato, 22% de difosfato tetrasódico, 16% de difosfato disódico y 40% de cloruro de sodio) en razón de 10g por litro de sangre; la heparina en forma de sales sódicas, líticas o cálcicas (200mg por litro de sangre) y oxalatos de sodio o calcio (solución acuosa al 30% a la dosis de 1g por litro de sangre).

Cuando es autorizada su utilización para alimentación, inicia su tratamiento para la recuperación de proteínas.

La sangre pasa a una centrífuga en la que se separa el plasma de los eritrocitos. Las fracciones se enfrían a 2° C para limitar al máximo el desarrollo microbiano. Como generalmente se requiere conservar por períodos largos de tiempo, las fracciones son congeladas o secadas.

Cuando se desecan las fracciones es importante cuidar que la desnaturalización de proteínas sea mínima ya que de lo contrario se reduce la calidad de dichas fracciones. Antes de secar el

plasma es conveniente concentrarlo por evaporación para pasar de un 8% de sólidos hasta un 20-25%. Posteriormente, el plasma se seca por atomización, bajo este método la temperatura del plasma se mantiene baja a pesar de que la temperatura del aire caliente es mucho mayor. Únicamente la temperatura del plasma se aproxima a la del aire, cuando se ha eliminado gran parte del agua y además como la evaporación se realiza desde una gran superficie, se minimiza la desnaturalización. Esto es debido al hecho de que el plasma es atomizado en diminutas gotas (con lo que se aumenta la superficie de contacto) y la corriente de aire caliente (a 130-160° C) evapora de forma violenta el agua provocando disminución de la temperatura evitando así la desnaturalización proteica. Cuando el proceso ha terminado se extraen las partículas desecadas del fondo de la cámara y se enfrían rápidamente para prevenir su alteración. Las partículas desecadas tienen un diámetro de 75 micras.

Debido a la adición de anticoagulantes, el plasma desecado tiene altas concentraciones de sales. Esto puede evitarse si antes de la desecación el plasma se somete a ultrafiltración mediante una membrana con límite de exclusión de peso molecular del orden de 350-500.

El sedimento celular separado por centrifugación tiene aproximadamente 35% de sólidos y no es necesario concentrar previo a la desecación.

Fig. 3 Diagrama de un secador por atomización

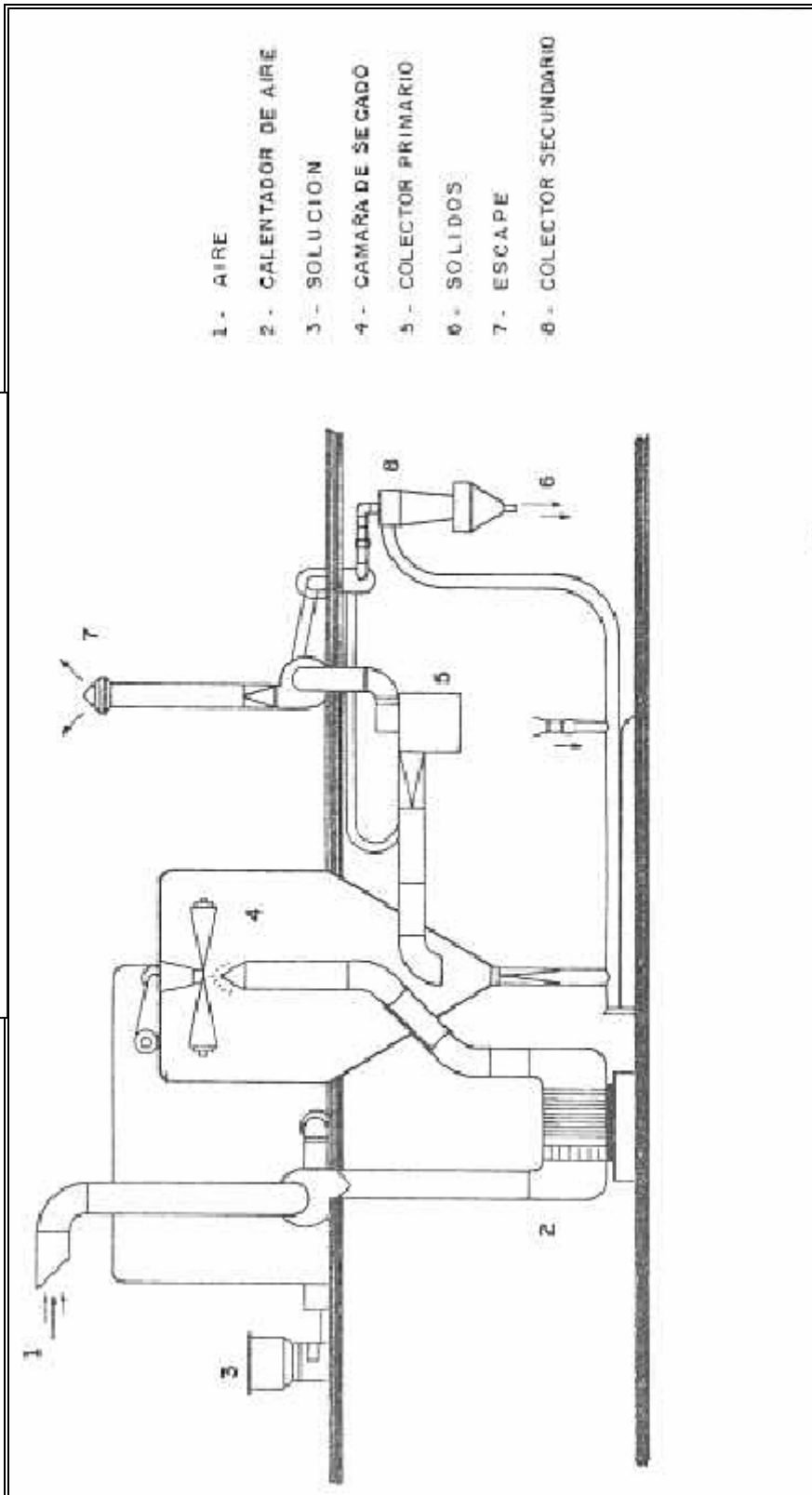
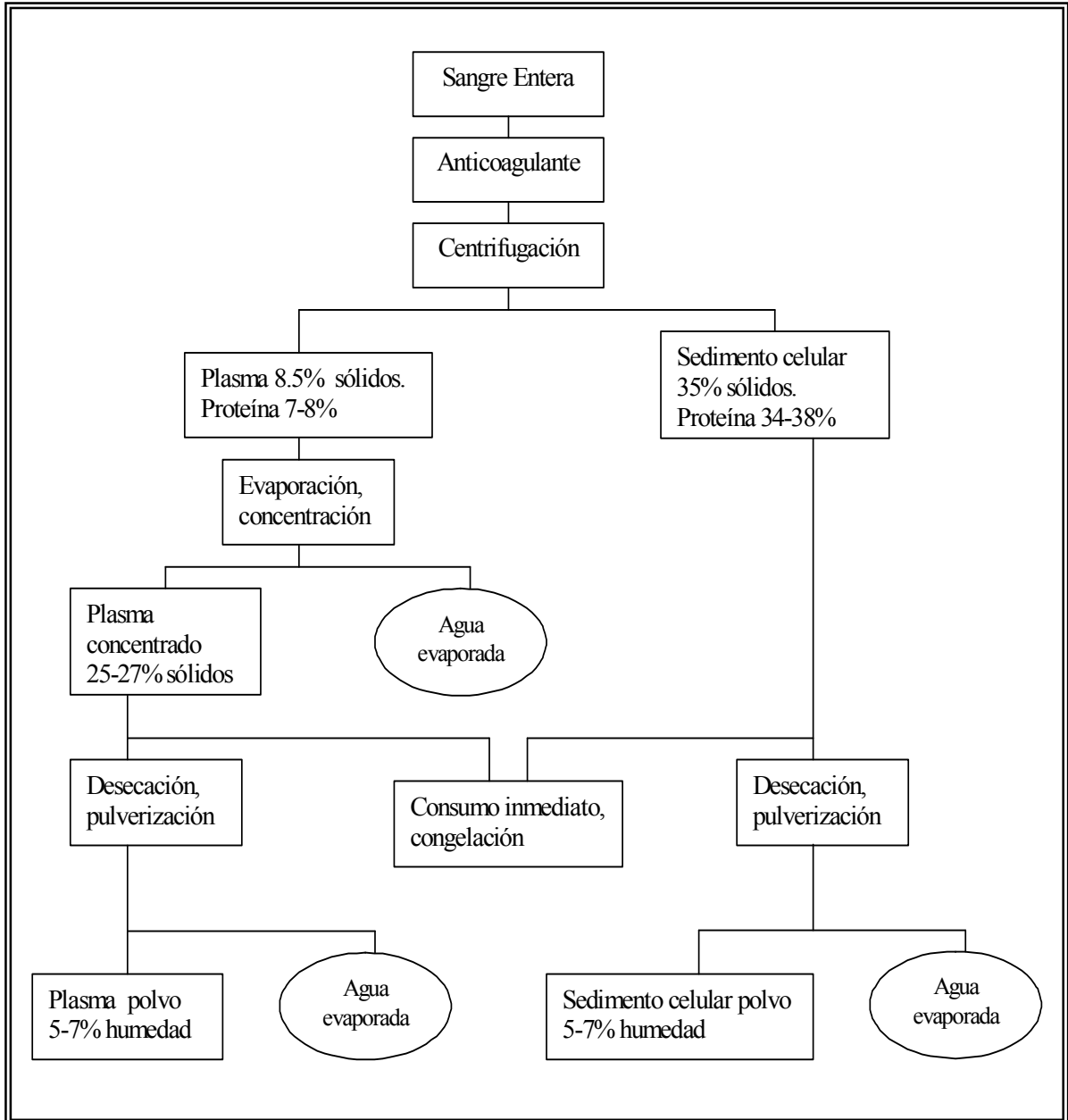


Fig 4. Obtención de fracciones desecadas de la sangre.



FUENTE: Ockerman H. W.; Hansen C. L. 1994

La congelación del plasma se hace generalmente en un tambor rotatorio cuya superficie se mantiene a baja temperatura (-10 a -40° C). Se incorpora el plasma el cual se congela al estar en contacto con la superficie del tambor y es separado en forma de copos por medio de una cuchilla rascadora.

4.7.2 Obtención de plasma coagulado.

Otro método de obtención del plasma es el presentado por Pérez-Gavilán. E. P. (2001) el cual en México se ha utilizado únicamente para el fraccionamiento de la sangre de porcino.

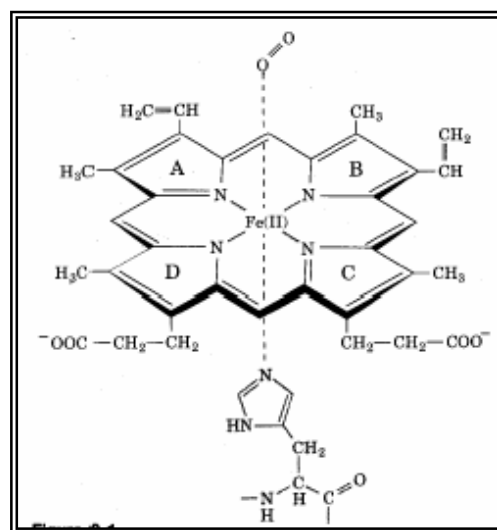
La sangre recolectada de forma higiénica y almacenada en refrigeración con anticoagulante se centrifuga a 3000 rpm durante 10 minutos para separar el sedimento celular del plasma. El plasma se diluye con agua al 50% y se adiciona antiespumante (silicón) en solución en una concentración de 2% a razón de 1 mL/L de plasma. La temperatura se eleva lentamente a 92° C con agitación constante y se mantiene así por 10 min. Posteriormente se decanta y se agregan 2 L de agua por cada litro de plasma coagulado, se agita por 3 minutos, se decanta y se repite la operación 2 veces más.

El plasma coagulado se coloca sobre una gasa y se presiona manualmente para eliminar el exceso de agua. Finalmente se envasa y se refrigera a 4 °C.

4.7.3 Obtención de globina.

Durante el fraccionamiento de la sangre además del plasma se obtiene el paquete de células rojas en polvo, mismo que no puede utilizarse en la industria alimenticia pues imparte un desagradable color y aroma, debido a la presencia del pigmento hemoglobina que posee un intenso color rojo, pero de acuerdo a su estado de oxidación va cambiando a tonos cafés.

Fig. 5. Estructura del grupo hemo



FUENTE: Voet D. Voet J. G. 1992

Por lo anterior, desde hace varias décadas se han realizado diversos estudios cuyo objetivo es la separación del grupo hemo y la obtención de la fracción proteica (globina) que pueda ser aprovechada en la industria.

En general, se puede hablar de 5 métodos utilizados para la obtención de globina mismos que son descritos a continuación:

a) Obtención de globina mediante extracción con solventes.

Tras el sacrificio, la sangre se recolecta y se mezcla con una solución anticoagulante (solución de NaCl al 0.85%, que además contenga una relación de 0.02% de citrato de sodio). La mezcla se mantiene a no más de 5° C, la centrifugación debe realizarse dentro de las siguientes 24 horas. Una vez obtenido el plasma y el sedimento celular, el primero es secado por atomización y el segundo es sometido a una hemólisis, para lo cual se mezcla en un tanque con agua en una relación 1:1.

El siguiente paso es la remoción de estromas para lo que pasa a otro tanque y se efectúa el mezclado con una solución de cloroformo (cloroformo:hemoglobina 1:4)

Después se adiciona ácido ascórbico a la solución de hemoglobina de modo que el pH descienda a 4.0; cuando esto ocurre la suspensión anterior se bombea hasta un mezclador de alta velocidad, equipado con baffles (cuya función es mejorar el contacto de la mezcla con el mezclador). El mezclador opera a una velocidad de 2500 r. p. m., aquí se da la conversión de la hemoglobina a coeglobina. Posteriormente la mezcla se transfiere a un segundo mezclador donde se agrega acetona acidificada, en una relación de 4:1 (acetona acidificada: sol. coeglobina).

Ya en este segundo mezclador, el grupo prostético de la cromoproteína es eliminado y la globina precipita en contacto con la solución de acetona acidificada. Finalmente se realiza una filtración a través de muselina no decolorada, lavando continuamente con acetona acidificada adicional volviendo a solubilizar el precipitado en agua, para practicar un secado por atomización.

b) Obtención de Globina por acción Enzimática.

El método se basa en la acción de una proteasa sobre el grupo prostético de la hemoglobina.

El paquete globular obtenido por centrifugación, según el método ya descrito, se somete a hemólisis por adición de agua (mínimo 200%); esto siempre y cuando el contenido de proteína sea del 8%. En dado caso de que no se tenga este porcentaje de proteína con la dilución anterior se puede intentar la adición de un 300% de agua a una fracción celular con un 35% de hemoglobina. La hidrólisis se efectúa a una temperatura de 55°C y pH de 8.5 empleando una dosis de enzima de 25 unidades Anson por kilogramo de proteína, es decir, aproximadamente 1.5 Kg de la proteasa (comercialmente llamada Alcalase^R) por cada 100Kg de hemoglobina. Se adiciona ácido hasta pH de 4 para inactivar la enzima manteniendo la temperatura a 55° C por 30 minutos. Se ajusta el pH a 4.5-5.0 y se centrifuga. El sedimento se lava con agua y se vuelve centrifugar. Se mezclan los dos sobrenadantes y se concentra el hidrolizado por ultrafiltración. En caso de que la mezcla de sobrenadantes tenga demasiado color se puede utilizar carbón activado en una cantidad de 1 Kg por cada 100L de hidrolizado.

c) Obtención de globina por precipitación con Carboximetilcelulosa.

El sedimento celular obtenido por centrifugación se somete a hemólisis. El pH de la suspensión se ajusta por debajo de 3.0 con HCl; posteriormente se adiciona una solución de carboximetilcelulosa al 0.5% en una relación de 15g de hemolizado por 100mL de la solución dicha. Así el grupo hemo se precipita dejando libre a la globina. Se centrifuga y se ajusta el pH a 3 para luego secar por atomización.

d) Precipitación del grupo hemo con Alginato de Sodio.

Se sugirió la utilización de alginato de sodio para la precipitación del grupo hemo debido a que la capacidad de intercambio del ión del ácido alginico es cuatro veces mayor que el de la carboximetilcelulosa (Young et. al. 1990 y Saldaña C. M.2000.)

El método consiste en disolver el paquete celular en agua desionizada hasta obtener una concentración de 0.3%, ésta se utilizará como solución stock. A 20 mL de la solución anterior, se le adicionan soluciones de alginato de sodio y cloruro de sodio de concentración de 2.5% p/v, hasta alcanzar una concentración de 0.107% y 0.348% respectivamente en la solución final. Entonces se ajusta el pH a 2.25. El volumen final se ajusta a 25 mL con agua desionizada. La precipitación se realiza a 20° C con agitación constante de la solución por 20 minutos y posterior centrifugación a 5000 x g durante 15 minutos. La fracción proteica permanece en la solución sobrenadante.

e) Obtención de globina – decoloración del grupo hemo con Peróxido de Hidrógeno.

El paquete globular obtenido por centrifugación se somete a hemólisis. Se añade entonces una solución de Peróxido de Hidrógeno al 3%, misma que oxida a la hemoglobina a metahemoglobina prácticamente incolora o ligeramente verdosa. Una vez completa la reacción, la temperatura se reduce a 30° C y el exceso de peróxido de hidrógeno se elimina con la adición de catalasa; las proteínas decoloradas precipitan en forma de pequeñas esferas (de 1-2 mm de diámetro) que se recogen por filtración (Ockerman H. W.; Hansen C. L. 1994).

5.0 EL PLASMA

5.1 Composición

Como se mencionó anteriormente, al fraccionar la sangre se obtiene por un lado el plasma y por otro, el paquete globular o sedimento celular. Diversos autores han realizado estudios para conocer la composición de estas fracciones, las cuales presentan ligeras variaciones, empezando por el tamaño en volumen de las fracciones recuperadas. A pesar de esto se puede establecer que en general es posible recuperar del 60 al 65% de plasma y del 35 al 40% de paquete celular. El plasma contiene sobre todo las proteínas circulantes y las sales, así como diversas sustancias como lípidos, hidratos de carbono, aminoácidos, etc. Duarte et. al.(1999) encontró la siguiente composición química para la fracción plasmática seca:

Tabla 10. Composición química del plasma seco

Componente	% en peso
Proteína (Nx6.25)	79.54
Humedad	6.67
Cenizas	7.26
Lípidos Totales	1.45
Carbohidratos	5.08

FUENTE: Duarte et. al. 1999

Las proteínas plasmáticas son una mezcla de diferentes cuerpos proteicos, cuya composición aproximada es de 44% de albúminas, 14% de α -globulinas, 11% de β -globulinas, 31% de γ -globulinas y 0.6% de fibrinógeno. A su vez, se han identificado varias proteínas dentro de estas fracciones, las cuales se pueden separar por diversos métodos como la precipitación por sales (como sulfato amónico o sódico), por acetona o etanol a baja temperatura, ultracentrifugación, etc.

Tabla 11. Propiedades Fisicoquímicas de algunas proteínas del plasma

Proteína	Punto isoeléctrico	Peso molecular
Albúmina	-	61,000
Albúmina sérica	4.7	69,000
α-Globulinas		
α-Globulinas	5.06	200,000-300,000
α-ácidoglucoproteína (orosomucoide)	2.7	44,100
α-lipoproteínas	-	435,000
Haptoglobina	4.1	85,000
α-2-glicoproteína	3.8	-
Plasminógeno	5.6	143,000
Ceruloplasmina	4.4	151,000
β- Globulinas		
β-Globulinas	5.12	93,000
β-lipoproteína	-	3.2 X 10 ⁶
Transferrina	4.4	88,000
γ-Globulinas		
γ-Globulinas	6.85	160,000
Fibrinógeno *	5.8	330,000

* Separado por efecto salino con NaCl 1.5 M.

Fuente: Haurowitz F.(1963). Haurowitz F.(1959)

Globulinas. Las globulinas se pueden separar del suero por efecto salino con una solución de sulfato amónico de concentración igual a la de semisaturación, o por medio de sulfato de sodio al 22%. Mediante electroforesis de zona (sobre acetato de celulosa o gel de almidón o de poliacrilamida) se sabe que las globulinas son una mezcla de tres fracciones de movilidad electroforética diferente, que se llaman α -,β -, y γ -globulina (Cheftel J. C; 1989). Si se realiza un fraccionamiento posterior con alcohol etílico a baja temperatura, se pone de manifiesto que cada una de estas globulinas se fracciona en una mezcla de muchas proteínas.

En el grupo de las α-1-globulinas se encuentran: la orosomucoide, glicoproteína ácida, rica en hidratos de carbono (40%), la α-1-antitripsina, glicoproteína de peso molecular de 54,000 daltons, que contiene 12% de hidratos de carbono y es un inhibidor de proteasas, y la α-1-

fetoproteína, esencial para el desarrollo del embrión la cual contiene 4.3% de hidratos de carbono y posee un peso molecular de 70,000 daltons.

En el grupo de las α -2-globulinas, se encuentran: las haptoglobinas, la α -2-macroglobulina (8% de hidratos de carbono, PM 850,000 daltons) y la ceruloplasmina, transportadora del 95% del cobre plasmático (Cheftel J. C; 1989).

La fracción β -globulínica contiene algunos anticuerpos, así como isoaglutininas, la protrombina, la enzima fibrinolítica plasmina y varias proteínas conjugadas como la transferrina o siderofilina, que asegura el transporte de hierro en el organismo.

La fracción γ -globulínica es notoriamente importante ya que, en ella se encuentran los anticuerpos que protegen al organismo contra enfermedades infecciosas. La estructura de las inmunoglobulinas se caracteriza por contar con un número extraordinariamente elevado de variaciones en la ordenación de los aminoácidos en una determinada zona de las cadenas ligeras y pesadas, de manera que es posible la existencia de un gran número de anticuerpos de estructura variable.

La *Albumina* es la proteína más abundante, ya que representa un 60% de la cantidad total de las proteínas plasmáticas. Está constituida por una cadena peptídica única de 582 aminoácidos. Esta cadena se polimeriza en medio ácido, contiene 17 enlaces disulfuro y un grupo -SH libre (residuo 34) (Cheftel; 1989). Las seroalbuminas juegan un papel muy importante en el mantenimiento de la presión osmótica del plasma, así como el transporte de ácidos grasos y pigmentos biliares. La albúmina se puede obtener en estado cristalino ya que tiene una muy buena afinidad hacia los aniones y cationes, y se combina rápidamente con los

iones cloruro o con los ácidos grasos, con muchos colorantes y drogas y también con el pigmento biliar, la bilirrubina (Haurowitz; 1959).

Fibrinógeno. Es la sustancia que provoca la coagulación de la sangre, se le considera como el precursor soluble de la fibrina, proteína insoluble que constituye el coágulo. Las soluciones de fibrinógeno son muy viscosas y muestran una alta birrefringencia, por lo que se puede decir que las moléculas de fibrinógeno son filiformes.

5.2 Valor nutritivo

El valor nutritivo de las proteínas está dado, en general, por el tipo y cantidad de aminoácidos presentes en su estructura. Se ha observado que la composición de los aminoácidos de las proteínas de la sangre es muy semejante a la composición de las proteínas consideradas como equilibradas en el plano nutricional. En la tabla 12 se presentan las características nutricionales tanto de la sangre de bovino como del plasma en comparación con algunas proteínas animales.

Tabla 12. Calidad nutricional de algunas fuentes de proteína animal.

	Aminoácido limitante	Índice químico*	PER**	CUD***
Sangre de bovino	Met	23	2.0	99
	Ile	27		
Plasma Bovino	Met	29	2.2	
	Ile	56		
Carne de vaca	Met	66	2.8	93
	Phe	77		
Caseína	Met	80	2.5	97
Proteínas del lactosuero	Met	51	3.2	97
Harina de pescado	Phe	68	2.6	95
	Met	82		
Huevo		100	3.9	98

* Calculado sobre el aminoácido más limitante

** PER: Relación de eficiencia proteica

***CUD: Coeficiente de utilización digestiva

FUENTE: Linden G.(1996)

Así mismo, el contenido de los aminoácidos estudiados no varía significativamente con la especie animal, y al ser comparados con los valores de referencia recomendados por FAO (contenido mínimo g de aminoácido/100g de proteína, para ser considerada como proteína altamente nutricional para niños en edad escolar, es decir de 6 a 12 años de edad), se observa que el contenido de Isoleucina es prácticamente igual a la referencia y el contenido de Lisina es mayor. El contenido de Metionina es menor respecto al valor de referencia pero éste último está dado por FAO como el contenido de Metionina-Cisteina.

Tabla 13. Proteína, Isoleucina, Lisina y Metionina en proteínas del plasma de diferentes especies.

Parámetro	Plasma			Ref. FAO
	Bovino	Porcino	Pollo	
Proteína	7.21	6.65	3.46	
Ile	2.56	2.25	2.87	2.8
Lys	7.18	6.12	5.87	4.4
Met	0.21	0.53	0.51	2.2

Proteína expresado como g/100g muestra
 Aminoácidos expresado como g/100g de proteína
 FUENTE: Márquez et. al. 2005.

Duarte et. al. (1999), también encontraron que el contenido de aminoácidos de la fracción plasmática se puede comparar muy bien con el perfil de aminoácidos recomendado por FAO tal y como se muestra a continuación.

Tabla 14. Comparación del contenido de aminoácidos del plasma bovino respecto a la recomendación FAO

Aminoácido (g/100g Proteína)	Plasma Bovino	Ref. FAO
Val	6.73	3.5
Ile	3.35	2.8
Leu	9.34	6.6
Thr	6.6	3.4
Cys	1.68	
Met	0.86	
Tyr	4.78	
Phe	5.16	
His	4.18	1.9
Lys	7.47	5.8
Try	1.18	1.1
Asp	9.8	
Ser	6.67	
Glu	14.08	
Pro	4.74	
Gly	3.39	
Ala	5	
Arg	3.30	

FUENTE: Duarte et. al. 1999.

Debido a lo anterior, el plasma bovino ha cobrado notable importancia en la fortificación de alimentos de origen de vegetal ya que se puede realizar la suplementación exitosa de los aminoácidos limitantes de dichos alimentos (lisina y treonina).

5.3 Propiedades funcionales

El plasma sanguíneo al calentarse forma un gel, y si se hierve durante 15-20 minutos se solidifica igual que la clara de huevo. Cuando las proteínas del plasma se desnaturalizan, se polimerizan, probablemente por efecto de una condensación amino-carboxílica, formando el gel, el cual retiene la grasa cuando se produce la solidificación, y el agua escapa de la matriz proteica; el volumen y la resistencia del gel aumentan linealmente con la temperatura entre 75°C y 95°C. La estructura del gel se desarrolla lentamente y se necesita aproximadamente 1 h a 90°C para conseguir la máxima resistencia.

La resistencia del gel también es mayor cuando aumenta la concentración salina y el pH. La formación del gel está ligada a la desnaturalización de las moléculas proteicas, que se produce entre 67°C y 73°C y con un pH entre 5.8 y 6.8 (Macedo S. L. 2004). Howell y Lawrie (1985) sugieren que la condensación amino carboxílica es el principal factor responsable de la formación de geles, pero otros piensan que el factor más importante son las fuerzas electrostáticas. En este trabajo se compararon las propiedades funcionales del plasma con las de la albúmina de huevo y se concluyó que la gelatinización del plasma así como de sus fracciones involucran a los enlaces disulfuro. Se observó que la reducción de puentes de hidrógeno y la reducción de fuerzas hidrofóbicas mediante el uso de urea y dodecilsulfato respectivamente, decrecen la fuerza del gel en las proteínas del plasma pero las incrementa en la albúmina de huevo. Es decir, la ruptura de enlaces disulfuro intramoleculares, le permite a las proteínas desdoblarse y así exponer sus grupos sulfidrilo reactivos iniciando así el proceso de gelificación (O' Riordan et. al. 1989).

Otra propiedad importante de las proteínas del plasma es la capacidad de emulsificación, Satterlee et al. (1973), estudiaron ésta propiedad funcional con proteínas de sangre en polvo, para ser utilizada en la emulsificación de productos cárnicos; posteriormente Caldironi y Ockerman (1982), estudiaron la capacidad emulsificante de la carne, el plasma y las globinas, así como diferentes mezclas, concluyendo que las proteínas del plasma tienen unas propiedades de emulsificación muy aceptables, ya que ésta fue equivalente a la de la carne, cuando las pruebas de emulsificación se realizaron a concentraciones de 0.4% de la proteína total. Concluyeron que es factible la sustitución de carne por el plasma como agente emulsificante. Sin embargo es importante observar que a medida que se reduce los niveles de carne disminuye la estabilidad de las emulsiones principalmente en aquellas donde no se utiliza plasma para compensar la disminución de carne.

Otra propiedad que es de interés se refiere a la solubilidad de las proteínas del plasma después de haber sido desecado y a su capacidad de retención de agua. Generalmente el plasma desecado tiene una solubilidad de entre 90 a 100% a un pH de 3 a 9 (Satterlee; 1975). La capacidad de retener agua es importante porque de ella dependerá la pérdida de agua especialmente durante el cocimiento de los productos que han sido formulados con proteínas del plasma.

King et. al (1989) compararon la solubilidad de aislados de plasma obtenido por centrifugación contra la de plasma comercial en polvo a distinto pH. Encontraron que la solubilidad del plasma comercial va del 75% a pH 4.5 al 87% a pH 8. La solubilidad a pH neutro es del 85%. La solubilidad de los aislados de plasma evaluados fue considerablemente menor a pH ácido, teniendo valores de 10% a pH 4.5 y de 58% a pH 5. Sin embargo, en el rango de pH de 5.5 a 8 la solubilidad fue prácticamente la misma.

Recientemente se realizó un estudio en el que se evaluó el efecto de la hidrólisis con tripsina, adición de NaCl y pH sobre las propiedades funcionales de las proteínas del plasma. Se concluyó que en general el pH no tiene efecto significativo sobre la solubilidad del plasma ya que se mantiene alta (entre 70% y 80%) a través del rango de pH de 3 a 8. Esta solubilidad se ve disminuida por efecto de la hidrólisis enzimática en todo el rango de pH de trabajo y en todos los tiempos de reacción. Teóricamente con el aumento en el grado de hidrólisis debe aumentar la solubilidad de las proteínas pero esto no se observa en los resultados obtenidos y concluyen que es debido a que no se trabajó con un aislado proteico sino directamente con el plasma que además contiene en disolución otras sustancias como lípidos, iones, hidratos de carbono, etc., que limitan su solubilidad. Finalmente, la adición de NaCl (0.035mol/L) disminuyó la solubilidad del plasma y de sus hidrolizados al pH de trabajo 5 y 6. Sólo se observó un aumento significativo a pH 5 para el tiempo de reacción hidrolítica de 5 min y a pH 6 para los tiempos de hidrólisis de 5 min y 60 min (Silva V.; Silvestre M. 2003).

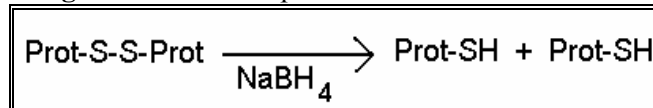
Además de las propiedades funcionales ya mencionadas, se ha estudiado la capacidad de formación de espuma, íntimamente relacionada con la solubilidad del plasma y la capacidad de emulsificación. Se ha observado que a medida que se aumenta el pH del medio de 4 hasta 10 va disminuyendo su capacidad espumante; así el volumen de espuma decrece de 133 mL a pH 4 hasta 108 mL a pH 9.6 (Rodríguez P. F. 1986).

Por otro lado, Rodríguez P. F. (1986) ha descrito también la propiedad antioxidante de las proteínas del plasma. Dicha propiedad es debida a la presencia de ciertos aminoácidos como la Cisteína y Metionina aminoácidos con suficientes grupos $-SH$ como para bloquear la acción de radicales libres mediante la donación de iones de hidrógeno H^+ .

Esta acción también la ejercen aminoácidos como Histidina y Triptófano pero a través de la reducción de ligaduras dobles presentes en su estructura.

La seroalbúmina bovina no posee grupos —SH libres, sin embargo al reducir los puentes disulfuro en gran cantidad, ya sea mediante calentamiento o con un agente reductor como el NaBH_4 , se observa un aumento de grupos —SH libres y por consiguiente un aumento de la capacidad antioxidante. La actividad antioxidante óptima reportada para la seroalbúmina es a un pH de 8.6, aunque a valores menores también se aprecia un efecto protector importante.

Fig. 6 Reducción de puentes disulfuro.



FUENTE: Rodríguez P. F. 1986.

Es importante destacar que la reducción de puentes disulfuro de la seroalbúmina no afecta su solubilidad como ocurre con otras proteínas tal como la albúmina de huevo.

5.4 Aprovechamiento

Debido a las propiedades funcionales de las proteínas del plasma y además a su alto valor nutritivo, desde hace varias décadas se ha buscado darles utilización, sobre todo en la industria alimentaria, aunque no de forma exclusiva. En los últimos años, se han realizado muchos trabajos de aplicación que van desde la incorporación en productos cárnicos, productos de panificación y pastas, hasta la elaboración de medios de cultivo y la producción de probióticos.

Productos cárnicos

Dado que estas proteínas son recuperadas de un subproducto animal, se ha pensado utilizarlas primordialmente como ingredientes en la elaboración de productos cárnicos emulsionados ya sea como sustituto parcial de carne o grasa. Por ejemplo, debido a las excelentes propiedades emulsionantes de las proteínas del plasma, se ha podido obtener paté con tan buenas propiedades funcionales como las que presentan aquellos elaborados con proteínas de soya o caseinato de sodio en sustitución de una parte de la carne de la formulación original (Torres M. R.; Ramos A. J. 1997).

Además, la incorporación de proteínas de la sangre tanto plasmáticas como globina, permiten obtener un paté con mayor contenido proteico y reducir de 25-30% de grasa, con lo que se da la posibilidad de obtener productos cárnicos *light* que en general, mantienen el aroma, sabor y consistencia de los productos no modificados, aunque sí presentan una ligera disminución de color, un aumento en la cohesividad y cierta dureza (Viana et. al. 2005). Esta facilidad que otorgan las proteínas del plasma es muy importante ya que realizar la reducción de grasa en productos cárnicos no es tarea fácil, pues la posibilidad de hacerlo exitosamente va a depender de factores como el nivel de reducción de grasa, la naturaleza del producto a reformular (emulsiones, grado de picado, untuosidad, etc.) y el tipo de procesado requerido por el mismo: formación de emulsión, tratamientos térmicos, maduración, entre otros (Lact. y Car. Mex., 2003).

También se han utilizado las proteínas del plasma en la elaboración de salchichas. Se han elaborado salchichas frankfort utilizando no solo proteínas del plasma, sino además una fuente proteica alterna. Así se tiene que es muy factible utilizar además de proteínas del

plasma, la globina decolorada obtenida también de la sangre de bovino. Las proteínas plasmáticas pueden incorporarse en mayor proporción que la globina decolorada pero no a niveles mayores del 12% de la formulación total, debido a que tienden a decolorar el producto obtenido. Sin embargo pueden utilizarse mezclas 3:1 y 4:1 (plasma:globina) para balancear el color y con la seguridad de que se obtendrán salchichas de una calidad aceptable, sin mostrar diferencias significativas en sabor o textura respecto a las elaboradas completamente con carne (Caldironi H. A.; Ockerman H. W., 1982-1).

En el caso de salchichas adicionadas de proteínas del plasma y/o proteínas extraídas de huesos, se obtuvo un producto de características sensoriales aceptables (sabor, textura, olor y color) sólo en el caso de las adicionadas de 10% de proteínas de huesos más 5% de proteínas plasmáticas en presencia de 0.4% de pirofosfato de sodio. Cuando en la formulación se adicionó un porcentaje mayor de proteínas de huesos, el producto se notó ligeramente más oscuro, sin embargo estadísticamente no se encontró diferencia significativa, pero sí se observan cambios en la textura y disminución de la intensidad de sabor (Caldironi H. A.; Ockerman H. W., 1982-2).

Terrel et. al. (1979) utilizaron además del plasma un extracto acuoso obtenido de la harina de la semilla de algodón. Observó que la salchicha a la que se le adicionó el aislado de plasma al 1% junto con el extracto de harina de semilla de algodón al 30% no presenta consistencia gomosa y no se ve modificada la fuerza y elasticidad respecto del producto elaborado únicamente a base de carne. En cambio, cuando se utilizó un nivel mayor de aislado de plasma (al 5%), se ve notablemente afectada la consistencia pues el producto llega a ser duro, gomoso y con tendencia a desmoronarse.

Cofrades et. al. (2000) elaboraron salchichas tipo Bologna reducidas en grasa y adicionadas de fibra de soya y/o plasma. Encontraron que éste tiene un efecto positivo y mayor que la fibra de soya sobre las propiedades de textura de las salchichas además de que es un mejor indicador para establecer el nivel de reducción de grasa de la formulación original. Así mismo, se establece que las proteínas del plasma pueden ser eficientes sustitutos de grasa en la elaboración de emulsiones cárnicas reducidas en este ingrediente.

No solo es factible utilizar las proteínas plasmáticas como sustitutas parciales de carne o grasa en embutidos como patés o salchichas, sino también en otros productos cárnicos elaborados a base de carne picada como por ejemplo, hamburguesas.

En este sentido, en México se han utilizado las proteínas del plasma de sangre no de bovino, sino de porcino en la formulación de hamburguesas. Según datos reportados por Macedo L. 2004, es posible sustituir hasta un 10% de la carne de la formulación original por proteínas plasmáticas mezcladas con un 10% de grasa y obtener un producto de mejores características sensoriales y mayor vida de anaquel respecto de la formulación sin proteínas plasmáticas. Además los atributos de textura como dureza, cohesividad, gomosidad, elasticidad y masticabilidad (evaluados instrumentalmente), se mantuvieron significativamente iguales para las formulaciones evaluadas.

Cuando se adicionan proteínas del plasma en un nivel mayor se ve afectado significativamente el sabor y la apariencia de las hamburguesas, haciéndolas menos preferidas por los jueces afectivos que participaron en la evaluación sensorial.

La importancia de utilizar las proteínas plasmáticas en la formulación de productos cárnicos radica no solo en el hecho de que, con la sustitución parcial de carne y/o grasa de las

formulaciones originales, se abaratan costos en la producción sino en el hecho de que se da utilidad a nuevas fuentes de proteínas de alto valor nutritivo que permiten mantener el contenido proteínico de aquellos productos que no son modificados, claro a ciertos niveles de sustitución de carne (Márquez E.; Izquierdo P. 1995).

Productos de panificación y pastas

La justificación principal de la utilización de las proteínas del plasma en productos cárnicos son sus excelentes propiedades funcionales que presenta como aislado proteico y las que imparte a los productos desarrollados. En el caso de los productos de panadería la justificación de la utilización del plasma de bovino es su alto valor nutritivo y, en especial, su perfil de aminoácidos que viene a complementar el contenido de aminoácidos de los productos elaborados a base de cereales. Por ello, su empleo en el área de panificación y elaboración de pastas es prometedor.

Gracias a su capacidad espumante y de inflamamiento, el plasma desecado ha sido utilizado como sustituto de la clara de huevo. La adición de un 2-6% en la elaboración de pan otorga resultados muy buenos, consiguiéndose un volumen de inflamamiento significativamente mayor. Con un 2% de adición, el contenido de proteína aumenta un 15% y aproximadamente un 75% de lisina respecto a las cantidades presentes antes de la adición (Ockerman H. W.; Hansen C. L. 1994).

Otro trabajo realizado en esta área, pero en este caso con un precipitado proteico de plasma equino, reporta que gracias a la evaluación sensorial realizada, es posible determinar la sustitución de hasta 50% del huevo empleado en la elaboración de panqué si se emplea el precipitado tal cual fue obtenido (por centrifugación con anticoagulante) o hasta un 25% si se emplea secado en estufa. Esto debido a que si se adiciona en mayor cantidad el plasma, se presentan cambios de textura (Díaz R. et. al. 2001).

En México, a principios de los 80's se realizó un trabajo de investigación en el que se buscó aprovechar las proteínas de la sangre de cerdo y de bovino tanto del plasma como de la fracción globular en la fortificación de pastas (Hinojosa S.; López P. 1981). Se desarrollaron formulaciones de pastas con 100g de sémola de trigo y se les adicionaron cantidades de 2 a 8 g de plasma de cada una de las especies animales (por separado) y 30mL de agua. Sólo se elaboraron las pastas con 5 y 6 g de plasma. No se notaron diferencias significativas en las características sensoriales y en la cocción entre las adicionadas con plasma y las de sémola. Sin embargo sí se notó una mejora nutrimental ya que como resultado del ensayo biológico realizado con ratas Sprague Dowley, el valor de la relación de eficiencia proteica (PER) se elevó de 0.97 a 2.57 y 2.74 con la adición de plasma de cerdo y bovino, respectivamente.

Al agregar 6g de plasma de cerdo o bovino se aumentó el contenido de proteína de 9.88% a 12.96% y 13.02% respectivamente. Hinojosa S. y López P. (1981) concluyeron que no hay diferencia entre los tipos de plasma utilizado debido a la especie de la que se obtuvo ya que todas las pastas obtenidas mostraron en general buenas características sensoriales y notables mejoras nutricionales ligeramente diferentes entre tipos de plasma, pero no significativamente.

En Argentina se realizó la formulación de una harina de trigo fortificada con proteínas de soya y plasma bovino con el fin de poder destinarla a la elaboración de panes, pizza, fideos y galletas. Formularon tres tipos de harina además del control (harina de trigo): harina con proteínas de soya, harina con proteínas del plasma y una harina mixta constituida por 86% de harina de trigo, 9.8% de harina de soya y 4.2% de plasma bovino desecado. Las tres formulaciones alternativas resultaron tener un contenido de aminoácidos mayor a los requerimientos de niños en edad preescolar. Por los resultados obtenidos, se utilizó la harina mixta para la elaboración de galletas marineras y fideos, resultando éstos con un contenido mayor de proteína y por ende, de lisina disponible respecto a los productos elaborados con harina de trigo (Pellegrino et. al. 1996).

Resultados nutricionales igualmente alentadores encontró Silveira et. al. (2000) al comparar una pasta a base de harina de trigo y huevos con una a base de harina de trigo y plasma bovino en sustitución de los huevos. Bajo las condiciones experimentales utilizadas, se observó que la formulación en la que se sustituyeron los huevos por plasma bovino tiene mayor contenido proteico, mayor digestibilidad *in vitro*, una mejor utilización de nitrógeno, digestibilidad *in vivo* y valor biológico, demostrando así superioridad nutricional.

Los buenos resultados obtenidos no solo corresponden al plano nutricional sino también a la calidad tecnológica de dicha pasta. La pasta a base de plasma posee mayor capacidad de absorción y de retención de agua, menor pérdida de sólidos y de proteínas y durante la cocción alcanza el punto *al dente* en $\frac{3}{4}$ del tiempo en el que lo alcanza la pasta patrón realizada a base de huevos (Silveira et. al. 1999).

En general, la pasta desarrollada con plasma bovino posee mayor intensidad de color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad que las pastas tradicionales, esto a un nivel máximo de 2.2% ya que a niveles mayores disminuye la aceptabilidad sensorial (Yousif A. M.; Cranston P.; 2003).

Otros productos

Las proteínas del plasma bovino también pueden utilizarse en el cultivo de bacterias ácido lácticas del género *Lactobacillus sp.*, como producción de probióticos. Un probiótico es un suplemento alimenticio microbiano que tiene efectos benéficos sobre el cuerpo hospedero al mejorar su balance microbiano intestinal (y a su vez la salud intestinal) tras su uso rutinario. Se ha observado que al utilizar como fuente de nitrógeno las proteínas del plasma de bovino, la masa celular obtenida es significativamente alta, de alrededor del 47% respecto al crecimiento obtenido en medio MRS. Así es factible utilizar esta valiosa fuente de nitrógeno en la producción económica de probióticos (Chang K. H.; Heuyn K. S.; 1998).

La elaboración de queso tipo manchego también puede realizarse de forma exitosa utilizando en la formulación el plasma obtenido, en este caso, de la sangre de cerdo. Valdés R. D. (1998) utilizó el plasma porcino coagulado y encontró que es posible utilizarlo hasta un nivel de 10g/L para obtener un producto aceptable, es decir un producto de características sensoriales de color, olor y textura muy semejantes (sin diferencia significativa) a un queso tipo manchego elaborado sin plasma. Cuando se utilizaron niveles mayores de plasma (de 22g/L y 30g/L), se observó una disminución significativa en la aceptabilidad del queso así como en los atributos sensoriales. Los tiempos de maduración de los quesos fueron de 15 y 30 días y

también tienen influencia en la aceptabilidad: mayor aceptabilidad a mayor tiempo de maduración.

En cuanto al rendimiento del queso, se observó que éste aumenta conforme se eleva el nivel de agregación de plasma. Para el queso tipo manchego con adición de plasma de 10g/L se obtiene un rendimiento de 10.53 L de leche/Kg de queso, no significativamente mayor que del queso sin plasma de 10.37 L de leche/Kg de queso.

Además de las alternativas de utilización del plasma de bovino enfocadas al consumo humano, el plasma ha sido utilizado en la alimentación animal como fuente importante de inmunoglobulinas (IgG). Quigley J. D. et. al. (2002) administraron oralmente una dieta suplementada con plasma de bovino, a un grupo de becerros de 9 días de edad durante un período de 56 días. Tras este período se observó que los becerros alimentados con esta dieta poseen un mejor desempeño presumiblemente por la reducción de cambios entéricos, es decir, su salud intestinal mejoró y no se observaron animales con diarrea efecto negativo que es observado cuando la alimentación materna de los becerros en edad temprana es sustituida por alimentos comerciales. Esto es muy importante ya que los desórdenes intestinales son una causa principal de mortalidad de becerros tras el destete temprano.

Dejando de lado el ámbito alimenticio, en el área de la medicina se ha buscado también la utilización de las proteínas del plasma bovino para la obtención de péptidos que pudieran llegar a utilizarse como agentes antígenotóxicos. Una sustancia antígenotóxica es aquella que presenta actividad preventiva de daños sobre el ADN que pudieran ser provocados por sustancias químicas o radiaciones.

Park K. J. y Hyun C. K. (2002) evaluaron la actividad antígenotóxica de péptidos obtenidos de las proteínas del plasma por medio de hidrólisis con Alcalasa, Neutrasa, Pepsina y Tripsina. Observaron que los péptidos con mayor actividad son aquellos obtenidos por medio de hidrólisis con Pepsina y Alcalasa. Este efecto se puso de manifiesto al evaluar el daño provocado por N-metil-N'-nitro-N-Nitrosoguanidina (MNNG) a células no tumorosas de embrión de ratón incubadas en presencia de los hidrolizados de plasma, albúmina y globina de bovino. Concluyeron que el efecto antígenotóxico de los péptidos no es debido a una inactivación química directa sino más bien a un efecto biológico de interacción con las células cambiando el metabolismo de detoxificación. Registraron que los péptidos de albúmina son mejores agentes preventivos de daño al ADN debido a una mayor presencia de aminoácidos aromáticos como Fenilalanina, Tirosina y Triptófano. Por lo anterior, se sugirió utilizar albúmina de plasma bovino como fuente proteica para la producción de péptidos antígenotóxicos como material para quimioprotección y utilizar la sangre proveniente de mataderos para esta nueva aplicación.

6.0 LA GLOBINA

6.1 Composición

El paquete celular representa el 35-40% del total de la sangre, la composición química propuesta por diversos autores varía ligeramente pero en general se puede establecer la siguiente:

Tabla 15. Composición química de la fracción celular de la sangre

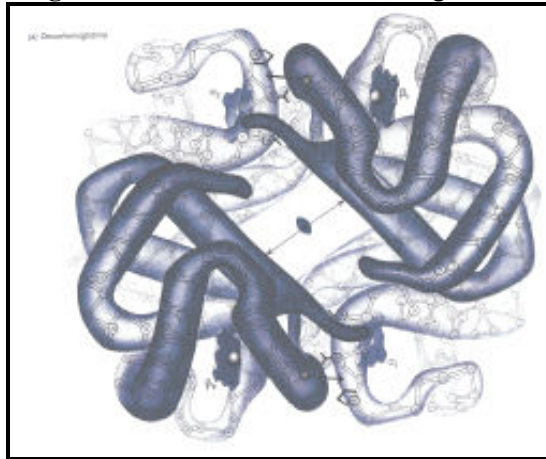
Componente	Paquete celular (40%)
Agua	70-78
Proteínas	25-29
Lípidos	0.2
Hidratos de carbono	---
Sales Minerales	Trazas
Otras sustancias	---
Materia Seca	22-30

FUENTE: Linden G. 1996

La fracción proteica del paquete celular está formada en un 85.5% de hemoglobina y 14.5% de estroma (Cheftel J. C. 1989). La hemoglobina se encuentra localizada en los eritrocitos en los cuales del 94-96% es globina y el 4-6% restante corresponde al grupo hemo. Del total del grupo hemo 9% es hierro (Saldaña C. M. 2000).

La hemoglobina está formada por dos cadenas α y dos cadenas β , la cadena α contiene 141 aminoácidos (PM 15100), la cadena β contiene 146 (PM 17200). Las cadenas α y β están muy fuertemente unidas por puentes de hidrógeno e interacciones iónicas; el núcleo hémico está oculto en una cavidad hidrófoba de la globina y rodeado de numerosos residuos apolares como treonina, valina, tirosina y triptófano, es decir la unión hemo-globina es especialmente de tipo hidrófobo (Cheftel J. C. 1989).

Fig 7. Estructura de la desoxihemoglobina



FUENTE: Voet D. Voet J. G. 1992

Debido a la estructura tetrapirrólica del grupo hemo, la hemoglobina posee un fuerte poder colorante. Esta característica sería aprovechable si fuera estable, pero durante los tratamientos térmicos evoluciona sobre todo a causa de los fenómenos de oxidación; es por ello que buscando emplear la fracción globina en la alimentación humana se han desarrollado diversos métodos para la decoloración de la hemoglobina mismos que ya fueron explicados anteriormente.

Después de realizar la decoloración de la hemoglobina por cualquiera de los métodos mencionados, se obtienen aislados de globina de apariencia y olor agradable, de color ligeramente beige, cuya composición química aproximada es la siguiente:

Tabla 16. Composición de la globina seca

Componente	% en peso
Humedad	3.5
Sólidos totales	96.5
Proteína	91-95.4
Cenizas*	1-6

*Dependiendo del anticoagulante utilizado

FUENTE: Ockerman, Hansen. 1994

6.2 Valor nutritivo

Al analizar la composición nutricional de la globina se ha encontrado que posee una relación de eficiencia proteica (PER) de -1.05 basada en la de la caseína de 2.5, esto debido a que es notablemente deficiente en Isoleucina. Su contenido de Metionina es también bajo, pero es abundante en Lisina, aminoácido esencial limitante en las proteínas de cereales.

Tabla 17. Comparación del contenido de aminoácidos de la Globina de bovino respecto a la caseína

Aminoácido (g/100g Proteína)	Globina de Bovino	Caseína
Triptófano	2.03	1.31
Lisina	9.84	7.69
Histidina	6.62	2.72
Treonina	4.11	4.15
Valina	9.36	6.4
Metionina	1.61	2.04
Leucina	13.17	8.79
Isoleucina	0.34	5.27
Fenilalanina	7.64	4.85

FUENTE: Satterlee L. D. 1975

Con resultados semejantes, Duarte et. al. (1999) señalan que de ser utilizada la globina como fuente única de proteínas en la dieta, no promovería el crecimiento. Así mismo, los resultados indican que el balance de Nitrógeno (nitrógeno ingerido que es retenido por el organismo) es el más bajo en comparación con el presentado por las proteínas del plasma y la caseína. Sin embargo, este balance presenta un ligero aumento cuando la globina se mezcla con plasma en proporción plasma: globina de 1:1 y 2:1.

6.3 Propiedades Funcionales

Debido a que el mayor contenido de proteínas de la sangre se encuentra en la globina, se han realizado diversos trabajos para estudiar sus propiedades funcionales con el objetivo de encontrarle una aplicación tecnológica. Por ejemplo, Shahidi et. al. (1984) encontraron que la globina es casi completamente soluble en la vecindad de pH 4 y 11, sin embargo en el rango de pH 7 a 9 presenta la mínima solubilidad. Además observaron que posee una excelente capacidad de formar espuma así como buena capacidad de emulsificación (0.5g aceite/100mL de solución) vinculada con la capacidad de retención de aceite de 2g /g de globina. Esto vino a comprobarse con la elaboración de aderezos tipo mayonesa que se mostraron estables por 8 semanas a 4° C.

La globina secada por aspersión presenta excelentes propiedades ligantes de agua; al ser comparada con un estándar de globina liofilizada, se observó que ésta posee menor capacidad de ligar agua lo cual probablemente es debido a las variaciones de porosidad en la globina obtenida por este método de secado. La capacidad ligante de agua de la globina es de alrededor de 3.2 mL/g (Rodríguez P. F. 1986).

La adición de cloruro de sodio disminuye la capacidad de retención de agua, especialmente a concentraciones mayores de 0.2 M; tal efecto es debido a que la sal comúnmente resalta la tendencia a la agregación en desorden por efecto iónico causando una disminución en la capacidad ligante de agua. Así mismo se observa que a medida que aumenta el pH hasta llegar a valores cercanos del punto isoeléctrico, esta capacidad disminuye, siendo muy ligera a pH de 7.0 (Rodríguez P. F. 1986).

Cuando se evaluó la capacidad de retención de agua de la globina en comparación con proteína de soya, lactoalbúmina y gluteína, se observó que esta propiedad es mayor, pero sin embargo disminuye notablemente cuando se modifica el pH del medio a valores mayores de 6. El pH también modifica la viscosidad de una solución de globina al 5% aumentando ésta entre el rango de pH de 5.2 a 5.8 a 95° C. Bajo estas condiciones se observó la formación de un gel muy firme (Autio et. al. 1984).

La gelificación de las proteínas involucra un mecanismo de dos pasos, en el primer paso ocurre el desdoblamiento o disociación de las moléculas de proteína y en el segundo paso, ocurre la agregación de las moléculas. Estos agregados en la globina, se forman a una temperatura entre 45° c y 50° C, cerca de los 60° C se forman los agregados solubles y cerca de los 80° C, los microagregados fibrosos. Autio et. al. (1985) observaron también que la concentración de proteína y NaCl influyen sobre el pH de gelificación de la globina; altas concentraciones otorgan la fuerza máxima a los geles formados a valores ácidos de pH sobre todo en el rango de 5 a 6.5. En el gel producido por una solución de 2% de proteína, la máxima fuerza de penetración se presentó a pH 6.2 mientras que para la solución al 4% de proteína la fuerza máxima de penetración del gel se observó a pH 5.2.

Estudiando las propiedades funcionales de la globina obtenida específicamente por el método de decoloración con peróxido de hidrógeno, se observó que la solubilidad de la proteína es notablemente influenciada por el pH del medio ya que del rango pH 6 a 9 está propiedad se nulifica mientras que la máxima solubilidad (90-95%) se logra a pH de 2 y de 11. Por otro lado, la capacidad de retención de agua es baja y se ve reflejada en los valores de viscosidad mínima reportados mismos que se mantienen sin variación dentro del rango de pH de 4 a 9. Tampoco se observó la formación de geles a las concentraciones de trabajo (5 y 10%).

Finalmente, para estudiar la capacidad de emulsificación se utilizó suero de albúmina bovina como referencia. Se encontró que para ambas proteínas, el EAI aumentó con el incremento de pH y durante el rango de 1 a 4 se observó el EAI más bajo. En general, los valores de EAI son mayores para el suero de albúmina bovina aunque no en gran medida así que se concluyó que la globina presenta buena capacidad espumante considerando que el suero de albúmina bovina es un excelente emulsificante (Saldaña C. M. 2000).

Ahora bien, las propiedades emulsificantes de la globina, como de cualquier otra proteína, se ven modificadas por factores como concentración de la proteína y pH principalmente pero también el tamaño de los péptidos presentes (cuando hay algún tipo de hidrólisis), modifican esta propiedad. Ornellas C. B. D. et. al (2001) preparando soluciones de globina en concentración de 0.1g/100 mL y sometiéndolas a hidrólisis con tripsina a tiempos de 5 a 60 min., observaron que los mejores resultados de capacidad emulsificante EC, estabilidad de la emulsión ES e índice de actividad emulsificante EAI se presentaron en el rango de pH ácido (de 3 a 6) mismo en el que se presenta la mayor solubilidad de la proteína. En general explican que la hidrólisis con tripsina favorece estas propiedades, especialmente la EC en todo el rango de pH estudiado (3 a 8), para EAI sólo a pH 4 y 5. Para ES se observó mejora a pH 7 sólo hasta que se hidrolizó la proteína durante 60 min.

Comparando las propiedades funcionales de la globina obtenida por métodos distintos (precipitación con carboximetilcelulosa GC y método de acetona ácida GA) con un estándar de caseinato de sodio CA, se observó que al pH de trabajo, pH 6 la GA es más soluble que la GC y CA. Con la adición de NaCl en concentraciones normalmente utilizadas en la elaboración de productos cárnicos (0.25mol/L), la solubilidad de las tres proteínas evaluadas,

disminuyó significativamente. Silva J. et. al (2003) observaron también que en ausencia de NaCl, la capacidad emulsificante de GA y GC es mayor que la de CA y tras la adición de NaCl también se ve disminuida pero en este caso, se observa que es mayor la de CA. Hablando del índice de actividad emulsificante, en ausencia de NaCl es prácticamente el mismo para las tres proteínas y tras la adición de sal es significativamente mayor para GA.

Las propiedades espumantes de la globina también han sido estudiadas, Rodríguez P. F. (1986), encontró que el mayor volumen de espuma para la globina se obtiene a un pH de 2.0 y el menor a 4. 0; así mismo presentó mayor estabilidad a este pH a través del tiempo respecto a la albúmina de huevo utilizada como patrón.

6.4 Aprovechamiento

Tras la evaluación de las propiedades funcionales de la globina realizada por diversos autores, es factible pensar en la utilización de la globina en la elaboración de productos alimenticios en los que se vean involucrados procesos de gelificación y/o emulsificación. Sin embargo, pocos son los trabajos que se han realizado encaminados al aprovechamiento de globina.

Al igual que para las proteínas del plasma, una manera de utilizar aislados de globina de bovino es la elaboración de embutidos como salchichas o patés. Caldironi H.A y Ockerman H. W. (1982-1) elaboraron salchichas en las cuales remplazaron proteínas de carne con proteínas del plasma, globina y mezclas de plasma-globina. Observaron que la capacidad de emulsificación de las mezclas que contenían globina tendía a disminuir conforme se incrementaba el contenido de globina. En general, la formulación con globina presentó mejor

capacidad de emulsificación a nivel de 0.2% de proteína, mientras que para el caso de las mezclas, la mejor fue con la proporción plasma: globina de 65%, 35% para una concentración total de proteína de 0.4 % de la formulación. En el aspecto sensorial, el panel que participó concluyó que no hay cambios significativos de sabor, textura, olor y color en las salchichas con 2.5% de globina + 10% de proteínas del plasma. Sin embargo, no puede utilizarse una mayor proporción de globina ya que disminuiría la calidad del producto dada la pobre capacidad de emulsificación que presentó en el estudio.

Como ya se mencionó con anterioridad, las proteínas de la sangre pueden ser utilizadas como sustitutas de grasa en productos que por su naturaleza y tipo de procesado lo permitan tal como embutidos, productos a base de carne picada, patés, pastel de carne, etc. Es factible la reducción de grasa y a que se ha observado que cuando se disminuye el contenido de grasa y se compensa con un aumento de proteína, se obtienen productos más duros que los originales (Lact. y Cár. Mex. 2003).

Mediante la elaboración de paté, Viana et. al. (2003) observaron que la adición de 10% globina (obtenida por el método de acetona ácida) en lugar de grasa, influía en la disminución significativa del color respecto al paté control. En cuanto al sabor, 10% de los panelistas dijeron haber identificado un ligero sabor metálico en el paté mismo que podría atribuirse a la presencia de hierro residual en la globina. Además se observó que la incorporación de globina originó un paté con más aroma característico de paté incluso que la muestra control, dato confirmado por el 64% del panel. Cuando se evaluó la incorporación de plasma al paté se observó disminución en la intensidad del aroma característico respecto del control pero con la adición de ambas proteínas sanguíneas, el aroma característico se mantuvo. En cuanto a la consistencia, se observó que todas las muestras en las que se redujo el contenido de grasa

presentaron una consistencia más cremosa, siendo por lo tanto menos firme que la muestra control. Este efecto se observó principalmente en la muestra adicionada con globina. En el caso de la cohesividad, elasticidad y adhesividad no hay diferencia significativa entre la formulación control y la de globina.

Cuando se comparó el efecto de la adición de globina obtenida por acetona ácida contra la adición de globina obtenida por precipitación del grupo hemo con CMC y contra caseinato de sodio en la elaboración de paté, se encontró que la globina obtenida por precipitación es mejor sustituto del caseinato que la obtenida por acetona ácida. Ésta última tiende a disminuir el contenido de proteína soluble y por ende, la capacidad de retención de agua en el paté (Silva J. G. et. al. 2003).

Por otro lado, aprovechando las propiedades emulsionantes de la globina, se realizó la elaboración de aderezos tipo mayonesa utilizando aislados de globina. Se observó que es factible sustituir de este tipo de productos la yema de huevo por globina bajo la condición de pH ácido (menor a 4.0). Evaluando la estabilidad del producto obtenido se concluyó que es factible la utilización de globina como aditivo en este tipo de productos además de que se obtienen adecuadas características sensoriales. Al realizar el perfil descriptivo de textura en el que se utilizó como referencia yema de huevo se observó que el aderezo a base de globina presenta mayor dureza y firmeza además de ser más harinosa, es igual de aceitosa que la referencia y menos cremosa (Rodríguez P. F. 1986).

7.0 CONCLUSIONES

La composición de la sangre es de un 60-65% de plasma con un contenido proteico del 79.5% (base seca) y 35-40% de paquete celular mismo que contiene 25-29% de proteína del cual el 80-82% es globina.

Aunque la sangre sea un elemento constante en los organismos, su composición varía en función de factores como la raza, edad, alimentación, estado fisiológico, etc.

Bajo métodos de recolección higiénica de la sangre del ganado bovino en los rastros del país, podrían recuperarse alrededor de 18 mil toneladas de proteínas sanguíneas al año.

Las proteínas recuperadas de la sangre de bovino tienen una composición de aminoácidos parecida a la de la caseína y a la de las proteínas cárnicas consideradas como completas o equilibradas.

Las proteínas del plasma tienen alta concentración de lisina y treonina razón por la cual han sido utilizadas en la fortificación de alimentos elaborados a base de cereales.

Las proteínas del plasma tienen excelentes propiedades de solubilidad, emulsificación, gelificación y viscosidad, propiedades que las hacen muy útiles en la producción de alimentos, sobre todo en las emulsiones cárnicas.

Los aislados de globina tienen propiedades de emulsificación, gelificación y viscosidad ligeramente menores que las del plasma, razón por la que se ha sugerido su aplicación en la elaboración de aderezos tipo mayonesa.

Un punto relevante es que las propiedades funcionales tanto de las proteínas plasmáticas como de los aislados de globina no se ven significativamente afectadas por modificaciones pH y/o concentración de NaCl en el medio, dando oportunidad de emplearse con confianza en diversidad de productos.

El aprovechamiento de las proteínas recuperadas de la sangre no se limita a la industria alimenticia ya que éstas han sido utilizadas de forma satisfactoria en la producción de probióticos y péptidos de aplicación médica.

8.0 BIBLIOGRAFÍA

1. Administración de Rastros Municipales. Consulta electrónica. Marzo 2006.
www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/ELOC_La_administracion_de_rastros_municipales
2. Álvarez-Romero, J. y Medellín R. A. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, UNAM. 2005.
Consulta electrónica. Marzo 2006:
<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/exoticas/fichaexoticas/Bostaurus00.pdf>
3. Autio K., Kiesvaara M., Mälkki Y., Kanko S. 1984. Chemical and functional properties of blood globin prepared by a new method. J. Food Sci.. V49 859-862.
4. Autio K., Lyytikäinen H., Mälkki Y., Kanko S. 1985. Penetration studies of blood globin gels. J. Food Sci. V50 615-617.
5. Bases de Datos y estadísticas de SAGARPA así como del Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Consulta electrónica. Marzo 2006.
[http:// www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx)
6. Caldironi H. A.; Ockerman H. W., 1982-1. Incorporation of blood proteins into sausages. J. Food Sci. V47 405-408.
7. Caldironi H. A.; Ockerman H. W., 1982-2. Bone and plasma protein extracts in sausages. J. Food Sci. V47 1622-1625.
8. Cofrades et. al. 2000. Plasma protein and soy fiber content effect on Bologna Sausage properties as influenced by fat level. J. Food Sci. V65 N2 281-287.
9. Consulta electrónica. Marzo 2006. <http://www.sagarpa.gob.mx>
10. Díaz R. et. al. 2001. Utilización de un precipitado proteico de plasma equino en la elaboración de panqué. Alimentaria. Marzo, 109-111.
11. Duarte R., Carvalho M. 1999. Bovine blood components: fractionation, composition, and nutritive value. J. Agric. Food Chem. V 47 321-236.

12. Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo. FAO, 1993. Consulta electrónica. Marzo 2006.
<http://www.fao.org/DOCREP/004/T0566S/T0566S01.htm>
13. Gasque R., Posadas E. 2001. Razas de ganado bovino en México. Departamento de Producción Animal: Rumiantes y SUA. FMVZ-UNAM.
14. Gracey J. F. 2001. Mataderos Industriales: Tecnología y funcionamiento. Editorial Acribia, Zaragoza España.
15. Hinojosa S.; López P. 1981. Obtención del plasma sanguíneo de bovinos y porcinos y su empleo en la fortificación de pastas alimenticias. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química, UNAM.
16. Hyun C. K., Shin H. K. 1998. Utilization of Bovine blood plasma obtained from a slaughterhouse for economic production of probiotics. Journal of Fermentation and Bioengineering. V86 N1 34-37.
17. King J., De Pablo S., Montes de Oca F. 1989. Evaluation of gelation and solubility of bovine plasma protein isolates. J. Food Sci. V54 N5 1381-1382.
18. Lácteos y Cárnicos Mexicanos, 2003. Consecuencias de la reducción del nivel de grasa sobre las características de los productos cárnicos. Junio/Julio, 11-16.
19. Lawrie R.A. 1998. Ciencia de la Carne. 3era Edición. Editorial Acribia, Zaragoza España.
20. Lee Y-Z., Wang R. M., Nakai S. 1990. Preparation of colorless globin from bovine hemoglobin using sodium alginate. J. Food Sci. V55 N2 557-578.
21. Linden G., Lorient D. 1996. Bioquímica Agroindustrial. Revalorización alimentaria de la producción agrícola. Editorial Acribia, Zaragoza España.

22. Livestock Sector Report. México. Condiciones estructurales, evolución (1990-2000) y perspectivas (2010, 2020, 2030). Livestock Information Sector analysis and Policy Branch. FAO. 2003. Consulta electrónica. Marzo 2006.
<http://www.fao.org/DOCREP/004/T0566S/T0566S01.htm>
23. Macedo L.; 2004. Posibilidades de las albúminas y globulinas del plasma animal en la formulación de hamburguesas. Tesis de licenciatura. Facultad de Química.
24. Márquez et. al. 2005. Proteins, isoleucine, lysine and methionine content of bovine, porcine and poultry blood and their fractions. Food Chem. V93 503-505.
25. NORMA Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne.
26. NORMA Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.
27. O' Riordan D., Mulvihill D. M., Morrissey P. A. 1989. Study of the molecular forces involved in the gelation of plasma proteins at alkaline pH. J. Food Sci. V54 N5 1203-1205.
28. Ockerman H. W.; Hansen C. L. 1994. Industrialización de subproductos de origen animal. Editorial Acribia, Zaragoza España.
29. Ornellas C. B. D., Silva J. G. 2001. Efeito do pH e da hidrólise trípica sobre as propriedades emulsionantes da globina bovina. Ciencia y Tec. Alim. Campina. V21 N1 51-56.
30. Park K. J. y Hyun C. K. 2002. Antigenotoxic effects of the peptides derived from bovine blood plasma proteins. Enzyme and Microbial Tech. V30 633-638.
31. Pellegrino N., Aldao M., Sambucetti M. 1996. Fortificación proteica de alimentos a base de harina de trigo. Heladería Panadería Latinoamericana. V125 30-39.
32. Pérez-Gavilán. E. P. 2001. Patente. Procedimiento para la recuperación de proteínas de la sangre de cerdo y su conservación. Exp. PA/ A/2001/008957. Reg. en IMPI.

33. Phillips C. J. C. 2003. Principios de Producción Bovina. Editorial Acribia, Zaragoza España.
34. Prändl O., Fisher A. 1994. Tecnología e Higiene de la carne. Editorial Acribia, Zaragoza España.
35. Quigley J. D. Kost C. J., Wolfe T. A. 2002. Effects of Spray-dried animal in milk replacers or additives containing serum and oligosaccharides on Growth and health of calves. *J. Dairy Sci.* V85 413-421.
36. Rodríguez P. F. 1986. Obtención de globina de bovino: posibles alternativas de uso como aditivo alimentario. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química.
37. Saldaña C. M. 2000. Decoloración de la hemoglobina para el aprovechamiento de las proteínas del paquete globular de la sangre de cerdo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química.
38. Satterlee L. D. 1975. Improving utilization of animal by-products for human foods –A review. *J. Animal Sci.* V41 N2 687-697.
39. Shahidi F., Naczk M., Rubin L. J., Diosady L. 1984. Functional properties of blood globin. *J. Food Sci.* V49 370-372.
40. Silva J., Morais H., Silvestre M. 2003. Comparative study of the functional properties of bovine globin isolates and sodium caseinate. *Food Research International.* V36 73-80.
41. Silva V.; Silvestre M. 2003. Functional properties of bovine blood plasma intended for use as a functional ingredient in human food. *Lebensm-Wiss. U. Technol.* V36 709-718.
42. Silveira A., Souza L., Badiale E. 2000. Avaliação nutricional de uma massa alimentícia seca à base de plasma bovino. *Alimentos e nutrição.* V11 51-65

43. Silveira A., Souza L., Badiale E. 1999. Avaliação da qualidade tecnológica de massa alimentícia seca à base de plasma bovino. Revista do Instituto Adolfo Lutz. V58 N2 39-44.
44. Terrel et. al. 1979. Plasma protein isolate effects on physical characteristics of all-meat extended Frankfurters. J. Food Sci. V44 1041-1044.
45. Torres M. R.; Ramos A. J. 1997. Aspectos funcionales y nutricionales de las proteínas sanguíneas: empleo en la industria cárnica. Alimentaria V65.
46. Valdés R. D. 1998. Recuperación de las proteínas del plasma de sangre de cerdo, conservación e incorporación en queso tipo manchego. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química, UNAM.
47. Viana et. al. 2005. Quality of ham pate containing bovine globin and plasma as fat replacers. Meat Sci. V70 153-160.
48. Voet D. Voet J. G. 1992. Bioquímica. Ediciones Omega S. A. Barcelona España.
49. Yousif A. M.; Cranston P.; 2003. Incorporation of bovine dry blood plasma into biscuit flour for the production of pasta. Lebensm-Wiss. U. Technol. V36 295-302.